

Министерство образования и науки Российской Федерации

Владивостокский государственный университет
экономики и сервиса

В.Н. САВЧЕНКО
В.П. СМАГИН

КОРИФЕИ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ИХ ТВОРЕНИЯ

Учебное пособие

Владивосток
Издательство ВГУЭС
2004

ББК 20я73

С 12

Рецензенты: В.В. Юдин, д-р физ.-мат. наук, профессор, зав. каф. физических основ технологий информационных средств ДВГУ;

В.С. Пушкарь, д-р геогр. наук, профессор, Тихоокеанский институт географии ДВО РАН

Савченко В.Н., Смагин В.П.

С 12 КОРИФЕИ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ИХ ТВОРЕНИЯ: Учеб. пособие. – Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2004. – 216 с.

Данное учебное пособие является третьей частью КУРСА КОНЦЕПЦИЙ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ, изданного в 2002–2003 годах. Первая часть КУРСА содержит теоретический и фактологический материал развития основных идей и концепций естествознания, вторая часть – материал для проведения практикумов по данному курсу. В третьей части представлены краткие научные биографии и некоторые оригинальные первоисточники ученых, оказавших наиболее важное влияние на развитие естествознания.

Предназначено для студентов гуманитарных и социально-экономических специальностей вузов, но может быть полезно преподавателям данной дисциплины и широкому кругу лиц других специальностей и профессий, в том числе студентам естественно-научных специальностей, интересующимся вопросами истории, становления и развития классического, неклассического и пост-классического естествознания, а также проблемами естествознания новейшего времени.

ББК 20я73

© Издательство Владивостокского государственного университета экономики и сервиса, 2004

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	5
Часть I. АНТИЧНОЕ ВРЕМЯ.....	7
Фалес.....	10
Анаксимандр.....	14
Лао-цзы.....	17
Пифагор.....	20
Анаксагор.....	29
Платон.....	31
Аристотель.....	40
Часть II. СРЕДНЕВЕКОВЬЕ.....	70
АРАБСКОЕ СРЕДНЕВЕКОВЬЕ.....	70
Мухаммед аль-Хорезми.....	71
Ибн Сина (Авиценна).....	73
ЗАПАДНОЕВРОПЕЙСКОЕ СРЕДНЕВЕКОВЬЕ.....	77
Роберт Гроссетест (Линкольнский).....	79
Роджер Бэкон.....	81
Часть III. ВОЗРОЖДЕНИЕ.....	84
Николай Коперник.....	85
Джордано Бруно.....	93
Галилео Галилей.....	95
Рене Декарт.....	98
Часть IV. НОВОЕ ВРЕМЯ.....	106
Исаак Ньютон.....	106
Лавуазье.....	111
Жан Батист Ламарк.....	115
Николай Лобачевский.....	116
Чарлз Дарвин.....	119
Грегор Мендель.....	120
Бернхард Риман.....	122
Дмитрий Менделеев.....	125
Людвиг Больцман.....	128
Анри Пуанкаре.....	133

Часть V. СОВРЕМЕННОСТЬ.....	138
Герман Минковский.....	138
Альберт Эйнштейн.....	143
Нильс Бор.....	159
Эрвин Шрёдингер.....	170
Луи де Бройль.....	179
Вернер Гейзенберг.....	187
Поль Дирак.....	200
Курт Гёдель.....	210
ЛИТЕРАТУРА.....	212

ПРЕДИСЛОВИЕ

Вданной завершающей третьей части нашего *Курса концепций современного естествознания* ставится задача ознакомить изучающих идеи и концепции классического и современного естествознания с научными биографиями и творениями тех великих людей, которые своими работами заложили основы и фундамент современной науки.

Мы привели здесь в точном хронологическом порядке 33 кратких научных биографии выдающихся ученых, оказавших значительное влияние на развитие естествознания от античных времен до современности. Среди творений мы выбирали такие, которые или совсем не содержат математики или содержат её в минимальном количестве, с тем, чтобы максимально облегчить нашим читателям понимание представленных текстов и показать образ и стиль мышления ученого. В некоторых случаях оригинальный материал сочетается с комментарием, позволяющим сократить текст, либо дать разъяснение трудных мест. Надеемся, что более близкое знакомство с учеными прошлых эпох позволит полнее и точнее понять проблемы, которые они ставили, которые их волновали, которые они пытались разрешить, некоторые из которых не решены до сих пор.

Мы осознаем, что в наше пособие не попали имена не менее великих и выдающихся ученых, чем те, которые в нем представлены. Нам представляется, что более или менее полный хронологический список должен был бы быть таким (выделены те имена ученых, о которых мы здесь написали): **Фалес, Анаксимандр, Лао-цзы, Пифагор, Анаксагор**, Демокрит, Гиппократ, *Платон, Аристотель*, Евклид, Аристах, Архимед, Птолемей, Гален, **аль-Хорезми, Ибн Сина (Авиценна), Роберт Гроссетест, Роджер Бэкон**, Николай Кузанский, Леонардо да Винчи, **Николай Коперник**, Теофраст Парацельс, **Джордано Бруно**, Фрэнсис Бэкон, **Галилео Галилей**, Иоганн Кеплер, **Рене Декарт**, Пьер Ферма, Блез Паскаль, Роберт Бойль, Роберт Гук, **Исаак Ньютон**, Готфрид Лейбниц, Леонард Эйлер, Карл Линней, Михаил Ломоносов, Шарль Кулон, Жозеф Лагранж, **Антуан Лавуазье, Жан Ламарк**, Клод Бертолле, Пьер Лаплас, Жорж Кювье, Карл Гаусс, Йенс Берцелиус, Майкл Фарадей, Карл Бэр, **Николай Лобачевский**, Уильям Гамильтон, Маттиас Шлейден, **Чарлз Дарвин**, Теодор Шванн, Луи Пастер, **Грегор Мендель**, Александр Бутлеров, **Бернхард Риман**, Джеймс Максвелл, **Дмитрий Менделеев**, Август Вейсман, **Людвиг Больцман**, Илья Мечников, Иван Павлов, Гендрик Лоренц, Евграф Федоров, **Анри Пуанкаре**, Зигмунд Фрейд, Джозеф Томсон, Макс Планк, Пьер Кюри, Владимир Вернадский, **Герман Минковский**, Томас Морган, Эрнест Резерфорд, Ма-

рия Склодовская-Кюри, **Альберт Эйнштейн**, Пьер Тейяр де Шарден, **Нильс Бор**, **Эрвин Шрёдингер**, Николай Вавилов, Александр Фридман, Эдвин Хаббл, **Луи де Бройль**, Александр Опарин, Петр Капица, Борис Белоусов, Энрико Ферми, **Вернер Гейзенберг**, **Поль Дирак**, Георгий (Джордж) Гамов, **Курт Гёдель**, Лев Ландау, Фрэнсис Крик, Илья Пригожин, Джеймс Уотсон, Мюррей Гелл-Манн, Бенуа Мандельброт.

Представленный список можно удвоить и утроить, например, за счет практически не представленных здесь нобелевских лауреатов в области естествознания. Надеемся, что когда-нибудь нам удастся написать обо всех названных и не названных здесь великих ученых.

Мы выражаем глубокую благодарность нашим рецензентам проф. В.В. Юдину и проф. В.С. Пушкарю за ценные замечания, способствовавшие улучшению книги.

ЧАСТЬ I.

АНТИЧНОЕ ВРЕМЯ

*Бывает нечто, о чем говорят:
«Смотри, вот это новое»;
но это было уже в веках,
бывших прежде нас.*

Екклесиаст

Уйти далеко означает вернуться.

Лао-цзы

Попытки отыскать корни современного естествознания отправляют нас в глубины веков, к истокам знания – к древней мифологии. Австрийский философ Карл Поппер (1902–1994) не раз сопоставлял науку и миф, видя миф в основе чуть ли не любой научной теории. Само рождение науки он представлял как критику мифа, порождающую новый миф, все более и более рациональный (от латинского *ratio* – *рацио* – разум). Таково было, например, рождение идеи о Солнечной системе, впервые возникшей у Анаксимандра в VI в. до н.э., предположившего, что Земля неподвижно висит (или парит) в пространстве. Однако и более древние мифы носили космогонический и антропоморфный характер: толковали единое происхождение мира и жизни, причем иногда настолько изощренно, что некоторые их идеи едва начинают только сейчас проникать в современную науку (как говорят: «новое – хорошо забытое старое»). Такова, например, индийская идея циклического мироздания, в котором разные боги живут в разных временах! Какими бы ни были некоторые мифы несостоятельными, было бы неразумно выбирать из них только аналоги нашим идеям, отбрасывая остальные. Первоначально, как и любые сказочные повествования, миф воспринимался целиком в качестве истины, а потом, по прошествии времен, также целиком вставал в ряд классической литературы в качестве вымысла (вспомните, например, «Легенды и мифы Древней Греции» Н. Куна).

Мифы, безусловно, не научные трактаты, основывающиеся на логике, а посему полны ряда логических и семантических недостатков,

анализ, выявление, преодоление и искоренение которых способствовали развитию методов творческого, аналитического научного мышления.

Создание мифологического образа (мифологема) уже и есть объяснение окружающего мира. Самое простое, но и, обратим специально ваше внимание, опасное – придумывать мифологемам рациональное толкование. Но следует помнить, что великий китайский мыслитель Конфуций говорил: «Изучение наук без размышления – бесполезно, размышление без изучения – опасно». Поскольку любой миф полон противоречий, то ответ мифологов прост: миф отвечает на определенный вопрос и вне него равнодушен к противоречиям. Это *равнодушие мифа к противоречию* первый и, можно сказать *главный его недостаток*, он не исправляется рациональным толкованием мифа, а его исключение искажало бы целостность повествуемого сюжета. Миф, по большому счету, не несет познавательной (эвристической) ценности, поэтому с ним нельзя спорить логически, ему можно противопоставлять только другой миф, как нечто также целостное. Для логики мифа характерно *petitio principii*, т.е. подмена основания, на котором «доказательство покоится на предрешенном основании или на молчаливом допущении, требующем еще доказательства». Этот недостаток мифа примем во внимание, как отмечалось, во-первых.

Во-вторых, столь же важно, как на недостаток, указать на *символичность* мифа. Миф оперирует с символом, знаком как с реальной сущностью, не отличает объект от его знака, не желая сопоставлять ни размеры, ни какие-либо другие характеристики объектов, ни соответствие следствия причине. Например, Геракл – символ несокрушимой силы, поэтому он может бороться с гигантом и победить, хотя сам не гигант, ничем не выделяется среди обычных людей. Также другой пример, произвольно меняются размеры в пещере циклопа Полифема, приютившего у себя Одиссея и его команду: его овец Одиссей хочет взять на свой небольшой корабль, т.е., как будто размеры их обычны, но затем воины прячутся у них в шерсти под брюхом, т.е. овцы вырастают до слоновьих размеров.

В-третьих, миф *не отличает происхождение от сущности, описывает историю вопроса вместо ответа на сам вопрос*, полагает родословную самым важным объектом повествования, более важным, чем наличные свойства (кстати, по этому признаку, безусловно, мифологичными следует считать как книги Ветхого, так и книги Нового заветов, например «Бытие», «Числа», «От Матфея святое благовествование» и др.).

В-четвертых, миф *моделирует реальность вместо её анализа*: сходство путает с тождеством, любой конфликт трактует как смертную борьбу (гипертрофирует ситуацию).

В-пятых, *логику выявления признаков миф подменяет расчленением объекта* (например, Гефест разрубает голову Зевсу, чтобы тот родил мудрость – Афины).

В-шестых, миф *ставит выше мифическое (сакральное) время, чем текущее (профанное)*: всё важное для судеб мира миф помещает в прошлое, обеспечивая, тем самым, вторичную сакрализацию времени – сказанное давно умершими авторами рассматривается как нечто особо важное, как опровержение новых данных.

И наконец, в-седьмых, миф *выражает безусловную (заранее предопределенную, предрешенную) систему ценностей*: враг героя заслуживает любой кары, он, можно сказать, генетически не может быть прав. Следует указать, что список недостатков мифов можно продолжать и продолжать, но уже отмеченного вполне достаточно, чтобы развивать на критике мифов новую логику и стиль мышления.

Поразительно, и этого не следует забывать никогда, что *«дологическое мышление»*, как отмечал французский философ, этнограф и мифолог, автор теории такого мышления Люсьен Леви-Брюль (1857–1939), не только характерно для первобытного общества, но более того, *«логическое и первобытное мышление сосуществует во все времена»*. Постигая, развивая логику научного мышления вместо логики мифотворчества, следует всегда помнить, что *основные стереотипы мышления вечны и сосуществуют впараллель*, нисколько не меняясь в прогрессирующем обществе. Одним из таких устойчивых стереотипов мышления, небезопасных в современную эпоху, является уверенность в превосходстве западного рационального, формального, знакового знания и мышления над восточным интуитивным, мистическим, целостным знанием и мышлением, когда-то имевшим зачатки и в западной (греческой) мысли (Гераклит). Преодоление этого стереотипа (заблуждения), без всякого сомнения, будет способствовать новому подъему науки, точнее, без его преодоления подъем просто невозможен.

Естествознание, выросшее в процессе переработки древней мифологии, является продуктом человеческой цивилизации (цивилизаций). Оно несет в себе черты единства происхождения как самого мира (Вселенной), так и самого человека (независимо от того, где человек жил и живет, какой имел и имеет сейчас цвет кожи или к какой расе относится, на каком языке говорил и говорит), но имеет, хотим мы этого или не хотим, определенные национальные и культурные корни и особенности.

Английский историк Арнольд Тойнби (1889–1975) выделял в человеческой истории 13 самостоятельных цивилизаций, русский социолог и философ Николай Данилевский (1822–1885) – 11 цивилизаций, немецкий историк и философ Освальд Шпенглер (1880–1936) – всего 8 цивилизаций: вавилонскую, египетскую, народа майя, античную, индийскую, китайскую, арабскую, западную. Мы выделяем здесь только те цивилизации и те периоды в истории человечества, которые сыграли наиболее выдающуюся роль в возникновении, становлении и развитии натурфилософии и естест-

вознания. В основном это, конечно, античная греко-римская и западная цивилизации и главные их периоды – античное время, Средневековье, Возрождение (Ренессанс), Новое время и Новейшее время.

Так, в античное время, в которое начинается формирование будущей европейской философии и науки, наблюдается тенденция обращения мудрецов, мыслителей к природе, космосу. Но эта нарождающаяся философская тенденция коренным образом отличается от предшествующей мифологической направленности описания. Возникновение новой тенденции связано с определенным уровнем абстрактного (рационального) мышления, которое способно отразить действительность иным образом, чем при помощи аллегории или мифологической персонализации. Возникает стремление рационально ответить на вопросы: *что является основным принципом, началом мира (космоса) и какие принципы, начала или силы определяют его развитие.*

Вопрос о первоначале мира (бытия, сущего) являлся основополагающим в древнегреческой онтологии и остался ей в наследие от мировоззренческой проблематики мифологии. Но если мифология решала этот вопрос по принципу – *кто родил сущее?*, то новые мыслители и мудрецы ставили вопрос по принципу поиска *субстанционального начала мира – из чего все произошло?* Так в греческой философии и лексике появились два новых термина для обозначения первоосновы, первопринципа, из которого возникает все остальное: первый (*stoicheion – стойхейон*) – термин, означающий элемент, ядро, основу в логическом смысле слова, и второй (*arche – архэ, архе*) – термин, означающий первоматерию, праматерию, исходное состояние вещей, древнейшую форму в историческом смысле слова. Впервые сознательно вопрос о первоосновах всего сущего – *стойхейоне, стихиях, элементе и архе, праматерии*, был поставлен Фалесом Милетским, основателем милетской (ионийской) школы.

ФАЛЕС

Нам дано откровение более древнее, чем какое бы то ни было из написанных, – природа.

Фридрих фон Шеллинг

Невежество – тяжкое бремя.

Фалес

Фалес (ок. 625–547 гг. до н.э.), скорее грек, чем, как не исключают многие, финикиец из знатного рода, был тем первым в

истории мировой цивилизации человеком, которого по праву можно считать не только *отцом греческой философии* (так его называл Аристотель), но и *праотцом* греческой, западноевропейской и мировой науки. Родился он, по-видимому, в исчезнувшем в веках колониальном Милете (в Малой Азии, ныне территория Турции), стоявшем тогда на берегу Ионийского моря. Ни одна из его работ, впрочем, как и его биография, не дошли до наших дней, но на протяжении многих столетий, начиная с книг древнегреческих историков и писателей Геродота, Ксенофонта, Диогена Лаэртгия, Цицерона, Апулея и особенно Аристотеля, с его именем связывают многочисленные философские размышления и научные открытия в астрономии, математике, метеорологии и географии.

В античности ему были приписаны сочинения, по одним источникам написанные в прозе, по другим – в поэтической форме, от которых до нас дошли только их названия: «О началах» (другое название «О природе»), «О солнцестоянии» («О солнцевороте»), «О равенстве», «Морская астрология».

В ту пору философов, пытавшихся познать сущность, субстанциональную основу природы, называли *физиками*, *физиологами* (от греческого слова *phisis* (*физис*, *фисис*, иногда *фюсис*), означавшего *природа*, в античной медицинской практике понятие *природа* означало органическое произрастание, применявшееся к растениям, животным и человеку; сравните с современным словом *физиология*). (Аристотель позднее следующим образом резюмировал понятие *природа*: «... природою в первом и основном смысле является сущность..., а именно сущность вещей, имеющих начало движения в самих себе, как таковых».) Следует особо принять во внимание, что *phisis* происходит от греческого глагола, означающего *рождаю*. (Кстати, в этимологии и семантике русского слова *природа* лежит тот же глагол – *рождать*). Так вот, согласно Фалесу, рождением своим мир обязан *воде* (вслед за Гомером, который в «Илиаде», и Гесиодом, который в «Теогонии», говорят, что источником возникновения всего сущего являются титан *Океан* и нимфа *Тетфида*).

По-видимому, положение Фалеса «*вода есть основа всего сущего*» – главное, если не единственное, его достоверное философское суждение. Неизвестно, обосновывал ли сам Фалес это суждение, поскольку Аристотель в «Метафизике» отметил, что «... к этому предположению он, можно думать, пришел, видя, что пища всех существ – влажная и что само тепло из влажности получается и ею живет (а то, из чего возникает, это и есть начало всего). Таким образом, он отсюда пришел к своему предположению, а также потому, что семена всего, что есть, имеют влажную природу, а у влажных вещей началом их природы является вода».

Воду Фалес понимал не как конкретную форму или персонификацию мифологической силы, а как аморфное, текущее сосредоточение материи. При этом *вода* Фалеса есть основополагающий принцип как в смысле *стойхейон*, так и в смысле *архе*. Такую точку зрения Фалеса на воду разъяснял Аристотель, когда излагал его учение – вода это и элемент материи, и стихия природы, и первооснова, общее, субстрат всех вещей, первоначало, видоизменения которого и дают различные состояния. Все остальное (такие *стихии*, как *земля, воздух, огонь*) возникает путем «сгущения» или «разрежения» этой первоматерии. Фалес утверждал, что все вещи возникают из *воды* и, разрушаясь, вновь превращаются в *воду*.

Фалес этим своим философским положением о первородной роли *воды*, как первоосновы всего сущего, произвел переворот в мировоззрении современников. Ему первому из людей пришла мысль о единстве мироздания, мысль, которую невозможно переоценить. Эта великая идея и в философии, и в естествознании, родившись однажды, осталась в памяти людей навсегда, как и имя её великого автора – Фалеса.

В своих научных исследованиях, как и в философских, Фалес также был последовательным в попытках объяснить наблюдаемые явления поиском причин непосредственно в окружающем его мире.

В астрономии он известен своим предсказанием солнечного затмения, имевшего место 28 мая 585 г. до н.э., и установлением факта, что из всех созвездий север наиболее точно определяется по созвездию Малой Медведицы. По свидетельству Диогена Лаэртия (Лаэртского), некоторые «полагают, что он первым наблюдал за движением светил и первым предсказал солнечные затмения и солнцестояния». Более того, свое предсказание солнечного затмения Фалес сделал, зная его причину, о чем свидетельствуют Ксенофан, Демокрит, Гераклит, Геродот, Аэций, заявляя, «Фалес первым сказал, что Солнце затмевается, когда Луна, по природе своей землистая, проходит через него по прямой линии; тогда её отражение получается на диске, словно в зеркале». В отношении других особенностей небесных светил он также придерживался естественнонаучных взглядов, утверждая, что «светила землистого состава, но воспламенены», что Луна заимствует свой свет от Солнца. Небесную сферу он, опираясь на знания жрецов Аккада, Шумера, Египта, разделил на семь зон, кругов (по числу известных к тому времени светил – Луны, Солнца, Меркурия, Венеры, Марса, Юпитера и Сатурна), ввел вместо лунного солнечный календарь, определив продолжительность года в 365 дней и разделив его на 12 тридцатидневных месяцев, а выпавшие из месяцев 5 дней поместил в начало года, как это было принято тогда в

Египте. Об этом свидетельствует Диоген Лаэртский: «Также, согласно некоторым, он первым открыл годовое движение Солнца и первым сказал, что величина Солнца составляет одну семьсот двадцатую часть круга, проходимого Солнцем, и что точно так же величина Луны относится к величине круга, проходимого ею».

Не чуждо Фалесу было давать объяснения и земным явлениям, например, подъему вод в Ниле и магнетизму. Согласно Аэцию, «Фалес полагает, что пассаты, дующие по направлению к Египту, вздымают воды Нила, так как вода в устьях не имеет выхода по причине набегающего моря». (Но только в наше время было установлено, что Нил разливается в результате летнего таяния снегов в одном его истоке и летних дождей в другом).

В математике (геометрии) он сформулировал пять теорем и установил ряд равенств: вертикальных углов, треугольников с равной стороной и равными прилегающими к ней углами, углов при основании равнобедренного треугольника, разделенных диаметром частей круга; а также впервые Фалес вписал прямоугольник в круг, в честь чего он якобы принес в жертву быка (другие утверждают, что впервые это сделал Пифагор).

Уже в 582 г. до н.э. он был провозглашен первым из полулегендарных *семи мудрецов* древней Греции (среди них также Клеобул, Солон, Хилон, Питтак, Биант, Периандр), которым приписываются знаменитые краткие изречения, отдельные из которых начертаны у входа в храм Аполлона в Дельфах: «Большинство людей дурные» (Биант); «Будь предусмотрителен» (Хилон); «Наблюдай во всем меру» (Клеобул); «Замечай удобное время» (Питтак); «Познай самого себя» (Солон); «Поручительство причиняет горе» (Фалес). У Фалеса было много других великих изречений, вот некоторые из них: «Не перенимай от отца дурного»; «Какие услуги окажешь родителям, такие и сам ожидай в старости от детей»; «Что невыносимо? – Невоспитанность»; «Не верь всем подряд». Также считают, что изречение «Познай самого себя», наряду с Солоном, высказал и Фалес.

Закончить очерк о Фалесе лучше всего словами Апулея: «Фалес Милетский, несомненно, самый выдающийся из тех семи мудрецов (он ведь и геометрии у греков первый открыватель, и природы точнейший испытатель, и светил опытейший наблюдатель), малыми линиями открыл величайшие вещи: круговороты времен года, ветров дуновения, звезд движения...громов дивные громыхания, планет (*sidera*) извилистые пути, Солнца годовые повороты..., а также [объяснил] нарождающейся Луны прибывание, стареющей убывание, затмевающейся преграды. Мало того, уже на склоне старческих лет он придумал боже-

ственный расчет [пропорцию, ratio], относящийся к Солнцу, [вычислив] сколько раз своей величиной [= диаметром] Солнце меряет ту окружность, которую пробегает».

АНАКСИМАНДР

Целое – это такое всё, части которого могут меняться, а оно при этом – неизменно.

Анаксимандр

Анаксимандр (610–547 гг. до н.э.) друг и соратник Фалеса в милетской школе, признается всеми первым, употребившим термин *первоначало*, *первопричину* (*архэ*) для обозначения начала всего сущего. О его жизни ничего определенного неизвестно, за исключением может только того, что свои произведения, в том числе сочинение «О природе» он писал прозой, что положило начало многим одноименным трудам античных авторов. От этого сочинения сохранились несколько словосочетаний и один цельный связный фрагмент. Известны названия и других его сочинений – «Карта земли» и «Глобус».

Охарактеризуем прежде всего Анаксимандра как философа (они же *физики*, они же *физиологи*). Фалес, отыскивая начало всего сущего, пришел, как уже отмечалось, к выводу, что им была *вода*. Но Анаксимандр, мыслящий более абстрактно, не мог с этим конкретным предметным началом согласиться, полагая, что вода, как некий единичный предмет, не может заключать в себе *всех предметов, всего сущего*. Таковым, по мнению Анаксимандра, могло быть только что-то бесконечное, беспредельное, безграничное: «Начало и основа всего сущего – *апейрон*». *Апейрон* происходит от *апейрос*, что означает «беспредельный, безграничный, бесконечный», и тогда *апейрон* – это нечто *беспредельное, безграничное, бесконечное*.

Наиболее емкая и глубокая интерпретация анаксимандровой философы, как полагают современные авторы, была дана Симпликием, не только дословно воспроизведшего подлинный фрагмент из труда Анаксимандра, но и указавшего при этом на наиболее вероятное основание принятия последним именно такой трактовки первоначала: «Из учивших, что начало – единое движущееся бесконечное, Анаксимандр Милетский, сын Праксиды, преемник и ученик Фалеса высказал, что началом и стихией сущего является Беспредельное, первым введя такое название начала. Он говорит, что начало не есть ни вода и, вообще, ни

одна из так называемых стихий элементов, но некоторая иная беспредельная природа, из которой возникают все небеса и все миры в них».

Великое абстрактное порождение Анаксимандра многолико, поскольку оно же и нечто неопределенное, безразличное к чему-либо, ибо, в противном случае, могло бы быть сведено к какому-то определенному началу, или смеси начал, или отношению к ним.

Свой апейрон Анаксимандр понимал как беспредельное, бесконечное «беспокойство» материальной субстанции (все античные авторы соглашались считать его материальным, вещественным), как движение чего-то, что бесконечно в пространстве, материально по сути, но неопределенно в ощущениях. Это дает основание Анаксимандру предложить следующую не столько абстрактную, сколько физическую картину становления мира.

Первичная сущность, апейрон, необходимо должна быть единым целым, *Единым, но Всем*. Она (сущность) включает в себе множество элементов, из которых состоят все окружающие нас предметы, и элементам этим требуется только отделиться от первичной сущности, чтобы стать отдельными явлениями природы. Возникновение как таковое, есть разложение, выделение из беспредельного, бесконечного. И это выделение происходит от вечного движения, которое само есть условие беспредельного, бесконечного. Симпликий так разъяснял способ возникновения из анаксимандровой философии единичных вещей: «*А из чего возникают все вещи, в то же самое они и разрешают согласно необходимости. Ибо они за свою нечестивость несут наказание и получают возмездие друг от друга в установленное время*» (курсив – слова из фрагмента Анаксимандра, а далее слова Симпликия. – В.С., В.П.). Так говорит он в чересчур поэтических выражениях. Очевидно заметив, что четыре стихии превращаются одна в другую, он не счел возможным признать какую-то одну из них лежащей в основе других, но принял в качестве субстрата нечто от них отличное. По его же учению, возникновение вещей происходит не от качественного изменения стихии, но вследствие того, что выделяются противоположности по причине вечного движения. Поэтому-то и Аристотель поставил его рядом с последователями Анаксагора... Противоположности же суть теплое и холодное, сухое и влажное...».

Таким образом, Анаксимандр полагает, что беспредельное, бесконечное находится в состоянии постоянного зачатия, что ничего иного и не происходит, кроме постоянного выделения и соединения (сочленения) известных неизменяющихся элементов так, что с полным правом можно заключить, что только *части целого беспрестанно меняются, но*

целое остается неизменным. (Вот где дано основание всем известным законам сохранения и основание целостности мира и самоорганизации в нем; здесь же и модель взаимопревращений в мире элементарных частиц и модель Большого Взрыва, положившего начало Вселенной).

Как ученый, астроном и космолог Анаксимандр придерживался, как свидетельствуют античные историки (Аэций), сугубо механической модели Космоса и мнения о центральном положении Земли, которую опоясывают несколько светящихся колец: «По Анаксимандру, кольцо Солнца в 28 раз больше Земли. Оно подобно колесу колесницы, имеющему обод, наполненный огнем. Этот огонь обнаруживается сквозь отверстие в некоторой части обода как бы разрядами молнии... Это и есть Солнце... Лунное кольцо в 19 раз больше Земли. Оно подобно колесу колесницы, имеющему овод, наполненный, как и кольцо Солнца, огнем. Оно также лежит наискось и имеет одно испускание. И это как бы разряды молнии... Лунное затмение бывает, когда отверстие на поверхности лунного кольца закрывается... Звездное кольцо (наиболее приближенное к Земле) в 9 раз больше земного... в нем множество отверстий и множество испусканий... Это звезды». Саму Землю Анаксимандр представлял как цилиндр, высота которого равна трети его ширины, которая, ни на что не опираясь, парит, удерживаясь в центре сферической Вселенной в силу совершенно одинаковых расстояний её от всех границ Вселенной. В дополнение ко всему этому Анаксимандру впервые удалось построить модель небесной сферы – глобус, а для Земли начертить географическую карту.

Анаксимандру, как инженеру и конструктору, приписывается изобретение *гномона*, устройства, инструмента, пригодного для определения полдня и солнцестояний, для астрономического изучения Солнца, Луны, планет и звезд. Гномон – это простейшие солнечные часы, известные издревле на Востоке, представляют собой стержень, установленный вертикально на размеченной горизонтальной площадке. Время дня определяется по направлению и длине тени: самая короткая тень гномона в полдень, а в течение года – в день летнего солнцестояния, а самая длинная – в день зимнего солнцестояния.

Анаксимандр также сделал ряд причинных объяснений метеорологических явлений: молнии и грому, ветру, дождю, землетрясениям. Вот как об этом писал Аэций: «По мнению Анаксимандра, всё это происходит от ветра. А именно, когда ветер, будучи окружен густым облаком, с силою вырвется оттуда благодаря своей тонкости и легкости, тогда разрыв производит шум, а разделение облака, вследствие его черноты, производит блеск». И еще, согласно римскому историку Аммиану Мар-

целлину, «Анаксимандр говорит, что земля, ссыхаясь вследствие чрезмерной сухости, сильной жары и размокая после дождей, дает довольно большие трещины, в которые сверху приникает бурный воздух в чрезмерном количестве, и так, благодаря им, будучи потрясена сильным ветром, она сдвигается со своих мест. По этой причине землетрясения приходится или на жаркие времена, или на времена чрезмерного падения небесных вод. Вот поэтому-то древние поэты и теологи называли Нептуна, силу влажной субстанции, Землеколебателем и Потрясателем земли».

Подытоживая великие деяния мыслей Анаксимандра, следует согласиться с теми, кто считает, что его абстрактное беспредельное, бесконечное (апейрон) имеет, тем не менее, сильно выраженный физический (природный) характер, поскольку оно есть то же, что все предметы. Сколько бы ни было его беспредельное, бесконечное отвлеченным, оно не есть символ, а есть просто описательный термин для обозначения первичного факта бытия, есть начало бытия, начало реального мира.

ЛАО-ЦЗЫ

*Тот, кто постигает науки,
увеличивается с каждым днем;
тот, кто постигает дао,
уменьшается с каждым днем.*

Лао-цзы

Покой главное в движении.

Лао-цзы

Лао-цзы (подлинное имя Ли Эр) (579 – 499 гг. до н.э.) основатель самого мистического учения античного естествознания и философии – *даосизма*. Лао-цзы также приписывается авторство классического даосского философского трактата – «Дао дэ цзин» («Книга пути и добродетели»). Согласно сведениям, сообщаемым Сыма Цянем (II век до н.э.) в «Исторических записках» («Ши цзи»), Лао-цзы (буквальный перевод этого имени – Старый учитель) жил в (VI–V) в. до н.э. в царстве Чжоу. Служил он, по одной версии, хранителем библиотеки, по другой – историографом при дворе династии Чжоу, где возможно встречался с Конфуцием. Разочаровавшись в возможности осуществления своего учения в Китае, Лао-цзы отправился путешествовать на Запад.

Впоследствии личность Лао-цзы была мифологизирована (это дало повод некоторым современным исследователям усомниться в подлин-

ном его существовании и превратить Лао-цзы в полулегендарную личность), а при династии Хань (206–220 гг. до н.э.) уже почиталась как высшее даосское существо – Лао-цзюнь («Престарелый государь»). По значению и популярности Лао-цзы уступает как мыслитель только Конфуцию. Действительно, помимо того, что Конфуций написал безмерно почитаемый китайцами канон «Ши цзин» («Книгу песен»), считается, что он обучил более 3 тысяч учеников, 72 из которых стали выдающимися личностями.

Учение даосов изложено в знаменитом трактате «Дао дэ цзин», состоящем из двух частей. Первая часть – «Дао цзин» («Книга о дао», т.е. *о высшем пути, или принципе*) и вторая – «Дэ цзин» («Книга о дэ», *о собственной силе*), хотя существенных отличий в их содержании нет. Современный текст даосского трактата состоит из 81 главы и насчитывает 5 тысяч иероглифов.

(Второе важное даосское сочинение – «Чжуан-цзы», которое гораздо больше «Дао дэ цзин» по объему. Его автор Чжуан-цзы жил, как утверждается в некоторых источниках, двумя столетиями позже Лао-цзы. Согласно современным исследованиям, «Чжуан-цзы», а возможно, и «Лао-цзы» (так иногда называют «Дао дэ цзин») не могут быть приписаны индивидуальным авторам, являясь, скорее, сборными произведениями, составленными из даосских трактатов, написанных разными авторами в разное время).

Лао-цзы как мыслитель, как философ призывал людей к непосредственному созерцанию природы, к тихому индивидуальному размышлению, к уединенному скромному существованию и даже к отшельничеству, где никто бы не мог помешать познанию сущности бытия. Он, полагая, что истина внутри нас, что каждый из нас есть часть природы, что эту природу мы способны видеть и слышать дыхание её естества, был сторонником некоего *естественного пути*, который ассоциировался у него с понятием *дао*, фигурировавшим и в текстах конфуцианского канона «Ши цзин» («Книга песен»). Но понимал он *дао* иначе, чем Конфуций, для которого *дао* – путь развития Китая и нравственно-политического поведения человека, а не всеобъемлющее мировоззренческое понятие:

«*Дао*, которое может быть выражено словами, не есть *вечное* [истинное] *дао*. Имя, которое может быть названо, не есть *вечное* [истинное] имя. <Именно> безымянное есть *начало* Неба и Земли, а обладающее именем есть мать [конкретных] вещей. Поэтому тот, кто свободен от страстей, видит чудесную тайну, а кто имеет страсти, видит конечные формы».

В цитированном фрагменте провозглашена новая для своего времени глубокая идея: *первооснова бытия* не может быть познана в *рациональных формах*. Первоначало Вселенной – это *тайна*, которая может открыться только тем, кто не подвержен житейским страстям. Так закладывается будущий фундамент для *медитации* и *алхимической мистики*, которые получают господствующее положение в Средневековом Китае.

Китайцы, подобно индийцам, считали, что существует высшая реальность, лежащая в основе многообразия вещей и явлений, наблюдаемых нами, которая объединяет их: «Есть три термина: *полное, всеохватывающее, целостное*. Они отличаются друг от друга, однако та реальность, которую они стремятся описать, одна и та же, – *Единственное*» (Чжуан-цзы). Вот это *Единственное* и есть *дао*.

Невозможно перечислить все характеристики *дао*, но вот хотя бы некоторые. Основными позитивными характеристиками *дао*, по Лао-цзы, являются ненасильственность, спонтанность, отсутствие всякого напряжения:

«Кто поднялся на цыпочки, не может долго стоять. Кто слишком широко шагает, не может долго идти. Кто выставляется, того не заметят. Кто хвастается, тот не прославится. Кто нападает, того когда-нибудь побьют. Кто сам себя возвышает, тот никогда не возвысится. Таких не любят. Поэтому человек, следующий естественным *дао*-путем, никогда не сделает этого».

Дао, по мысли Лао-цзы, не может быть выражено словами («Кто говорит, что знает *дао*, *дао* не знает»), оно не является *понятием*, оно и не *представление*, оно слишком *неопределенно*, его основное свойство – *бестелесность* и *бесформенность*, которые почти автоматически ассоциируются с понятиями *вечности* и *бесконечности*:

«Смотрю на него и не вижу, а потому называю его *невидимым*. Слушаю его и не слышу, а потому называю его *неслышимым*. Пытаюсь схватить его и не могу, а потому называю его *бестелесным*. Оно бесконечно и не может быть выражено словами. Оно есть и одновременно его нет (*чем не современная виртуалистика*. – Авт.), а потому называю его *формой без форм*». И еще: «Однако в его глубине и темноте скрыты тончайшие частицы. Эти тончайшие частицы обладают высшей *действительностью* и *достоверностью*» (*чем не современный мир элементарных частиц*. – Авт.). Но и это еще не все *дао*, *дао* – это *пустота*: «Тридцать спиц соединяются в одной ступице, образуя колесо, но употребление колеса зависит от пустоты между спицами. Из глины делают сосуды, но употребление сосудов зависит от их пустоты. Полезность две-

рей и окон состоит в пустоте, да и пользование домом тоже зависит от пустоты в нем. Вот почему полезность вещи зависит от её пустоты».

«Пустота» *дао* влечет за собой «пустоту» в действии, т.е. *бездействия*. Это также становится отличительным признаком даосизма. *Начало* вещей – это *покой*, который является их *сущностью*. Но в другом месте Лао-цзы говорит о дао как о *непрерывно движущемся*, т.е. как о некоей энергии и силе.

Лао-цзы учил, что с помощью *дао* можно дать исчерпывающий ответ о происхождении и способе существования любой вещи. Оно является одновременно естественным законом природы и общества, поведения и мышления человека. В XX столетии учение о *дао* оказалось востребованным физическим естествознанием (например, Нильс Бор писал следующее: «Мы можем найти параллель урокам теории атома в эпистемологических проблемах, с которыми уже сталкивались такие мыслители, как Лао-цзы и Будда, пытаясь осмыслить нашу роль в грандиозном спектакле бытия – роль зрителей и участников одновременно»). Фритьоф Капра, американский физик, 30 лет назад, в 1974 году, написал книгу о параллелях между современной физикой и мистицизмом Востока, назвав её «*Дао физики*». Видим – дао везде!

ПИФАГОР

*Эволюция есть закон Жизни,
Число есть закон Вселенной,
Единство есть закон Бога.*

Пифагор

Пифагор Самосский (ок.570–ок. 500 гг. до н.э.) (Пифагор – это не его имя, а *прозвище*, которое значит – «убеждающий речью») один из самых знаменитых и известных людей за всю историю человечества. Многие относят его к *лику великих посвященных*, к равным среди таких, как Рама, Кришна, Гермес, Моисей, Орфей, Платон, Иисус Христос.

Пифагор был тем мыслителем, который впервые ввел слово «*философия*» (от греч. *фило* – любовь и *софия* – мудрость), истолковал его как *любовь к мудрости* и слово «*космос*», которому придал практически современное понимание, а также был по существу праотцом математики и основателем одной из первых (если вообще не первой, как и милетская) в Древней Греции философских школ. Для большинства людей он известен по знаменитой «*теореме Пифагора*», в современной алгебраической трактовке выражающей *метрику плоского евклидова пространства* (евклидовой геометрии), т.е. устанавливающую правило вычисле-

ния расстояния между двумя точками на плоскости. В первоизданной же геометрической трактовке теорема формулируется так: «Квадрат, построенный на гипотенузе прямоугольного треугольника, равновелик сумме квадратов, построенных на его катетах».

Есть мало сведений о его жизни, которые можно было бы считать достоверными. Почти верно то, что его отец Мнесарх (Мнезарк) был в состоянии дать сыну хорошее образование, а Пифагор с раннего детства обнаружил большие способности к наукам. Познав всё от своих учителей на Самосе, Пифагор покидает остров и первоначально оказывается на о. Лесбос, где учится астрологии, предсказанию затмений, тайнам чисел, медицине, затем в Милете он становится учеником Фалеса и Анаксимандра, в Финикии он постигает тайны сидонских жрецов. Наконец он доходит до давней своей цели – Египта, где достигает вершин знаний и мудрости, но попадает в двенадцатилетний персидский плен и оказывается в Вавилоне. В плену он приобщается к восточной астрологии и мистике, астрономии, медицине и арифметике, постигая их у персидских магов и халдейских мудрецов. Из плена его освобождает персидский царь Дарий Гистасп, прослышавший о знаменитом греке. Пифагору к этому времени почти шестьдесят лет и он решает вернуться на родину, но не на Самос, а в основанный в Южной Италии греками город-колонию Кротон. Здесь проявилось все величие Пифагора, возникла его знаменитая школа. В ней он сам и его ученики учили медицине, принципам политической деятельности, астрономии, музыке, этике и многому другому. Велика личная заслуга Пифагора во всех этих науках.

В математике, как количественной основе естествознания, заслуга Пифагора в том, что он первым пришел к следующим мыслям: в геометрии, во-первых, должны рассматриваться абстрактные идеальные объекты, и, во-вторых, свойства этих идеальных объектов должны устанавливаться не с помощью измерений на конечном числе объектов, а с помощью рассуждений, справедливых для бесконечного числа объектов. В этом и только в этом по Пифагору заключена сущность математического доказательства.

В основе натурфилософского учения Пифагора и его учеников о Вселенной лежало *число* («самое мудрое в мире – число», «числу же всё подобно» и «все вещи суть числа», – говорил Пифагор, отдавая дань математической сущности природы). Вот пример силы аналитического ума Пифагора, взятый нами из книги Папюса (с. 25) в отношении гармонии космоса, основанной на музыкальной гармонии: «Одна музыкальная струна, – говорит Пифагор, – издает звуки такие же, как и другая струна двойной длины, если сила, её натягивающая, в четыре раза больше; так точно притяжение планеты превышает в четыре раза притяжение другой планеты, находящейся от неё на вдвое большем расстоянии. В общем, чтобы музыкальная струна звучала в унисон с

более короткой струной того же рода, *сила её натяжения должна быть увеличена пропорционально квадрату её длины*. Таким образом, чтобы тяготение одной планеты было равно тяготению другой, более близкой к Солнцу, она должна быть увеличена пропорционально своему расстоянию к Солнцу. Если предположить, что от Солнца к каждой планете *проведены струны*, то для достижения созвучия пришлось бы увеличить или уменьшить силу натяжения сообразно силе притяжения каждой из них» (*курсив везде наш. – В.С., В.П.*).

Вызывает восхищение, как из исследованного музыкального сходства отношений Пифагор извлек свое учение о «гармонии сфер» (космологию), которого позднее придерживались многие великие мыслители и ученые античности, в том числе Евдокс, Гиппарх, Аристотель и Птолемей. Поразительны в приведенном отрывке следующие два момента. Во-первых, Пифагор за 2000 лет (!) до Ньютона практически сформулировал основное положение закона всемирного тяготения – *квадратичную зависимость тяготения от расстояния* (правда, как видно, не обратную квадратичную зависимость, а прямую, но это потому, что он придерживался идеи о «гармонии или музыке сфер»). Во-вторых, *Солнце, а вовсе не Земля*, занимает у Пифагора *центральное положение* среди всех небесных светил, задолго до аналогичной идеи у Аристарха Самосского (за 300 лет!) и Николая Коперника (за 2000 лет!). Следует также добавить, что Пифагором была высказана и догадка о шарообразности Земли, опередившая своё время на сотни лет.

Не менее, если не сказать более, важно то, что согласно учению пифагорейцев наблюдаемый мир *прерывен (дискретен)*, в нем возможно *движение*, и началом мира, наряду с числом, была *пустота*. Именно в пустом пространстве они двигали точку, чтобы образовалась линия, затем двигали линию, чтобы образовалась плоскость. Точка, линия и плоскость, некие абстрактные (идеальные), телесные сущности выделялись на пустом пространственном фоне. Кстати, это все отмеченное нами выше и указанное пифагорейцами несовместимо с воззрениями элейской школы логиков, в которой *не признавались ни пустота, ни движение*.

Аристотель впоследствии критиковал пифагорейцев за принятие в качестве начал (*первозлементов*) чистых математических сущностей, не признавал он основополагающим пифагорейский конструктивный и умозрительный мир чисел и геометрических фигур. В единице, десятке, семерке (а в Китае всегда было популярно число 5, в Индии – 24, Зороастр верил в число 3 и т.д.) он не усматривал никакого конструктивного начала, поэтому боролся с пифагореизмом. Логика Аристотеля, тесно соприкасающаяся с диалектикой, софистикой и риторикой, по своей

природе противостояла математике, которой поклонялись пифагорейцы, впрочем, как поклонялся ей и учитель Аристотеля Платон.

Суть удивительного учения Пифагора, сочетающего математику, астрономию, медицину, мистику, всего того, чему он учился долгие годы своих странствий и плена, заключалась в некоей связи космического порядка и людской морали, где сам человек – это макрокосмос, а душа его отражает гармонию тела. Медицина – средство восстановления нарушенной гармонии, а музыка – инструмент очищения (катарсиса) души. Музыка, по мнению пифагорейцев, несет те же целительные для тела функции, что и медицина.

О пифагорийском учении

Диоген Лаэртский сообщает об учении Пифагора следующее:

«Начало всего – единица; единице как причине подлежит как *вещество* неопределенная двоица; из единицы и неопределенной двоицы исходят все числа; из чисел – точки; из точек – линии; из них – плоские фигуры; из плоских – объемные; из них – чувственно воспринимаемые тела, в которых четыре основы – *огонь, вода, земля и воздух*; перемещаясь и превращаясь как целое, они порождают мир – одушевленный, разумный, шаровидный, в середине которого Земля; и Земля тоже шаровидна и населена со всех сторон (существуют даже антиподы: наш низ – для них верх). В мире равнодольны свет и тьма, холод и жар, сухость и влажность; если возобладает жар, наступает лето, если холод – зима, если сухость – весна, если влажность – осень, если же они равнодольны, то наступают лучшие времена года...

Солнце, Луна и прочие светила суть боги, ибо в них преобладает тепло, а оно причина жизни. Луна берет свой свет от Солнца. Боги родственны людям, ибо человек причастен к теплу, поэтому над нами есть божий промысел. Солнце испускает лучи сквозь эфир, даже холодный и плотный (холодным эфиром является воздух, а плотным – вода)...

Душа человека разделяется на три части: разум, рассудок и страсть. Рассудок и страсть есть и у животных, разум – только у человека. Власть души простирается от сердца до мозга: та часть ее, которая в сердце, – это страсть, а та, которая в мозге, рассудок и разум; потоки души – это наши чувства. Разумное бессмертно, остальное смертно. Душа питается от крови; движения души – это вихри незримого эфира; душа вместе с кровью распространяется по венам и артериям. Выйдя из умершего тела, душа летает по воздуху. Душами полон весь окружающий воздух, называются они демонами и героями; от них посылаются людям сны и знаменья недугов или здоровья (и не только людям, но

также животным); к душам же обращены и наши молитвы, гадания и все подобное (VIII, 24–32)».

Космос у пифагорейцев символически выражался *тетрактидой* («четверицей»), т.е. суммой первых четырех чисел: $1+2+3+4=10$, содержащей основные музыкальные интервалы – октаву (2:1), квинту (3:2) и кварту (4:3). *Единица* была основой числа и одновременно в качестве *точки* она являлась *образующей* геометрических объектов: двойка символизировала *линию*, тройка – *плоскость* (треугольник), четверка – пространственный *объем* (пираиду). Шар являлся самой прекрасной из пространственных фигур и круг из плоских. Пифагорейцы, заложив основы теории чисел, в частности их делимости, хорошо ощущали внутреннее богатство, красоту и сложность внешне однообразного и монотонного натурального ряда. Эти свои ощущения они пытались передать с помощью симметричных геометрических фигур. Таким образом, учение пифагорейцев о числах не было чисто *символическим*. Исследуя *симметрические* свойства геометрических фигур, они, по сути, рассматривали их *алгебраические* свойства, которыми сейчас занимается *теория групп*. *Филолай*, который впервые опубликовал тайное учение пифагорейцев, называл такой способ анализа *арифметическим*:

«И в плоскостях, и в объемных телах первые элементы суть точка, линия, треугольник, пирамида, а они содержат число десять и получают в нем завершение. Четверка – в углах или основаниях пирамиды, шестерка – в ребрах, и того десять. Опять же четверка – в расстояниях между точкой и линией и концах линии, шестерка в сторонах и углах треугольника, так что опять десять. Число десять получается и в геометрических фигурах, если их рассматривать *арифметически*. Действительно, первый треугольник – равносторонний, который в известном смысле имеет одну линию и один угол; я говорю «одну», так как он имеет равные линии и углы, а равное всегда неделимо и одного вида (сейчас бы сказали одну *образующую* группы третьего порядка]. Второй треугольник – полуквадрат; имея одно различие сторон и углов, он отвечает двойке [группа второго порядка]. Третий – половина равностороннего, он же полутреугольник (гемитригон); все его элементы не равны между собой, и сумма их равна трем.

То же самое можно обнаружить и в объемных телах, продвигаясь до четырех, так что и в этом случае в сумме получается десятка. В самом деле, первая пирамида, имеющая в основании равносторонний треугольник, оказывается в известном смысле обладающей одной линией и одной плоскостью в силу их равенства. Вторая, воздвигнутая на квадратном основании, – двумя, так как она имеет одно различие – между

углом при основании, образуемым тремя плоскостями, и углом при вершине, образуемым четырьмя, откуда следует, что она подобна двойке. Третья пирамида, построенная на полуквадрате, подобна тройке: помимо различия, которое мы наблюдали в полуквадрате как плоской фигуре, она имеет еще одно: отличие угла при вершине, так как этот угол лежит на плоскости, перпендикулярной средней стороне (гипотенузе) основания, и, следовательно, третья пирамида подобна тройке. Аналогичным образом четвертая пирамида подобна четверке, поскольку она построена на полутреугольном основании. Таким образом, указанные фигуры получают завершение в числе десять. То же и при возникновении физических тел: первое начало, из которого возникает величина, – точка, второе – линия, третье – плоскость, четвертое – объемное тело».

Следующая цитата из Прокла также во многом проясняет основы пифагорейского учения:

«Пифагор, сын Мнесарха, самосец, впервые назвавший философию этим именем, полагал началами *числа* и *числовые пропорции*, которые он называет «гармониями», а *элементами* – сочетания обоих этих начал, так называемые *геометрические элементы*. С другой стороны, он полагает началами *единицу (монаду)* и неопределенную *двоицу (диаду)*. Из этих начал у него первое соответствует *творящей* и *формальной* причине, т.е. *уму* или *богу*, второе – *страдательному* и *материальному*, т.е. *видимому космосу*. Природой числа он полагает *декаду*, так как все эллины и все варвары считают до десяти, а дойдя до десяти, опять заворачивают к единице. А потенция десяти, говорит он, заключается в четырех и четверице... Душа наша, говорит он, также состоит из четверки: ее составляют *ум* (1), *знание* (2), *мнение* (3), *ощущение* (4), от которых происходят всякое искусство и всякая *наука* и благодаря которым мы *разумные существа*».

Много места в своей «Метафизике» пифагорейцам отводит Аристотель. О них он говорит так:

«В это же время и раньше так называемые пифагорейцы, занявшись математикой, первые развили ее и, овладев ею, стали считать ее началами всего существующего. А так как среди этих начал числа от природы суть первое, а в числах пифагорейцы усматривали (так им казалось) много сходного с тем, что существует и возникает, – больше, чем в огне, земле и воде (например, такое-то свойство чисел есть справедливость, а такое-то – душа и ум, другое – удача, и, можно сказать, в каждом из остальных случаев точно так же); так как, далее, они видели, что свойства и соотношения, присущие гармонии, выразимы в числах; так как, следовательно, им казалось, что все остальное по своей природе

явно уподобляемо числам и что числа – первое во всей природе, то они предположили, что элементы чисел суть элементы всего существующего и что вся Вселенная есть гармония и число. И все, что они могли в числах и гармониях показать согласующимся с состояниями и частями Неба и со всем мироустройством, они сводили вместе и приводили в согласие друг с другом; и если у них где-то получался тот или иной пробел, то они стремились восполнить его, чтобы все учение было связанным. Я имею в виду, например, что так как десятка, как им представлялось, есть нечто совершенное и охватывает всю природу чисел, то и движущихся небесных тел, по их утверждению, десять, а так как видно только девять, то десятым они объявляют «противоземлю»... Но вернемся к цели нашего обсуждения, т.е. к выяснению того, какие начала бытия полагают пифагорейцы... Так вот, судя по всему, и они тоже считают число началом и как *материю* вещей, и как переменные и постоянные *свойства*, элементами числа они считают *четное* и *нечетное*, причем одно из них – *ограничено*, другое – *безгранично*, единица одновременно является и четным, и нечетным числом; Небо, как было сказано раньше, – это целая совокупность чисел.

Другие пифагорейцы утверждают, что имеется десять начал, расположенных попарно: конечное и бесконечное, четное и нечетное, единичное и множественное, правое и левое, мужское и женское, покоящееся и движущееся, прямое и кривое, свет и тьма, добро и зло, квадрат и треугольник (*Метафизика*, 985 b 20 – 986 a 25)».

Аристотель противопоставляет пифагорейцев «физикам» («физикам-элементникам» милетской школы), критикуя первых за принятие в качестве начал чистых математических сущностей; позиция физиков-элементников ему, очевидно, ближе, чем позиция пифагорейцев:

«Что касается так называемых *пифагорейцев*, то они оперируют более неуместными началами и элементами, чем *философы-физики* (причина этому та, что они заимствуют их не из области *чувственно воспринимаемого*, поскольку математические предметы – за исключением относящихся к ведению астрономии – лишены движения), и тем не менее они постоянно рассуждают о *природе* и исследуют ее. Так, они рассуждают о возникновении Вселенной и наблюдают за тем, что происходит с ее отдельными частями, при этом, строго следуя *наблюдаемым фактам*, пытаются применить свои начала и принципы для объяснения всех этих вещей, *словно соглашаясь с философами-физиками в том, что бытие всецело исчерпывается тем, что воспринимается чувствами и что объемлет видимая Вселенная*. А между тем, как мы сказали, причины и начала, которые они полагают, *пригодны больше к тому, чтобы восходить к высшим уровням бытия, чем для рассуждений о природе*. Каким

же все-таки образом возможно *движение*, когда в основу положены только *конечное* и *бесконечное*, *четное* и *нечетное* – на сей счет они ничего не говорят, равно как не объясняют, каким образом без *движения* и *изменения* в основаниях может существовать всюду наблюдаемое возникновение и уничтожение, или, например, очевидный факт – движение светила по небу. Далее, даже если допустить вместе с ними, что из их абстрактных элементов образуется *протяженная величина*, даже если доказать это, то все равно неясно, почему одни тела легкие, а другие тяжелые? В самом деле, исходя из тех начал, которые они кладут в основу, они тем не менее скорее рассуждают о *математических*, чем о *чувственных* телах. Вот почему об огне, земле или других подобных телах они не сказали ровным счетом ничего такого, что им действительно свойственно по природе: по-моему, им просто нечего было сказать об *этом* (*Метафизика*, 989 b 29 – 990 a 15)».

Следующие фрагменты из «Метафизики» показывают, что аристотелевская критика была направлена во многих отношениях мимо основных постулатов пифагорейцев: они не понимали друг друга. Аристотель и пифагорейцы находились как бы в различных мирах: первый – в *феноменологическом* и *чувственном*, вторые – в *конструктивном* и *умозрительном* царстве чисел и геометрических форм:

«Итак, те, кто считает, что *идеи* существуют и что они *числа*, пытаются, правда, вынося каждое за пределы множества и принимая его за нечто единое, так или иначе показать, почему оно существует; но так как их доводы лишены убедительности и несостоятельны, то и *числу* нельзя – по крайней мере на этом основании – приписывать *обособленное существование*. Пифагорейцы же, видя в чувственно воспринимаемых телах много свойств, имеющих у чисел, *объявили вещи числами*, но не существующими отдельно, а такими, из которых непосредственно состоят вещи. Почему так? Потому что свойства чисел имеются в гармонии звуков, в строении неба и во многом другом... <Но> математические предметы не существуют отдельно; *если бы они существовали отдельно, то их свойства не были бы присущи телам*. Пифагорейцы, стало быть, в этом отношении не заслуживают упрека; однако *так как они из чисел делают природные тела*, из неимеющего тяжести и легкости – имеющее тяжесть и легкость, то кажется, что они говорят о другом небе и других телах, а не о чувственно воспринимаемых (XIV, 3).

Можно было бы также поставить вопрос, какая *польза* от чисел, от того, что пропорция смеси выражается числом, будь то рациональным или избыточным? В действительности, смесь меда и молока несколько не будет более целительной, если их соотношение будет равно 3:3; на-

против, она была бы более полезна, если бы без всякого определенного соотношения ей сообщили больше молока или больше меда...

Если же все должно быть причастно *числу*, то многие вещи по необходимости окажутся *тождественными*, так как одно и то же число будет соответствовать двум *различным* вещам. Так, например, есть определенное число обращений Солнца, Луны, а также число дней для жизни каждого из животных. Так что же мешает одним из этих чисел быть квадратами других или кубами, в одних случаях равными, в других – двукратными? Да ничего не мешает! Пусть вещи вращаются в этих числовых отношениях, если уж все связано с числом. Очевидно, под *одно и то же* число могли бы подходить *различные* вещи, поэтому, если для нескольких вещей было бы подведено *одно и то же* число, то они были бы *тождественны* между собой, так как принадлежали бы к *одному и тому же виду*: например, Солнце и Луна были бы тождественными предметами. Однако на каком основании числа суть причины? Да, есть *семь* гласных в греческом алфавите, *семь* нот образуют гамму, *семь* звезд в созвездии Плеяд, через *семь* лет у животных выпадают зубы (кстати, лишь у некоторых), *семь* вождей шли против Фив. Так что же? Вождей было *семь* или Плеяды состоят из *семи* звезд потому, что такова именно *природа* этого числа? А может быть, вождей было семь, потому что было семь *ворот*, или по какой-нибудь другой причине, а Плеяд семь по нашему счету? Почему в Медведице их двенадцать (другие народы там насчитывают больше). Точно так же они называют буквы **X**, **Y**, **Z** созвучиями и утверждают, что раз музыкальных созвучий три, то и этих звуковых сочетаний в алфавите тоже должно быть три, а что таких сочетаний может быть бесчисленное множество, это их мало заботит (ведь сочетание ГР также можно обозначить одним знаком)...

Эти хваленые сущности (четное и т.п.), которые имеются у чисел, равно как их противоположности (нечетное и т.п.) и вообще все относящееся к математике так, как о них говорят пифагорейцы, – все они, по крайней мере при таком рассмотрении, похоже, исчезают, так как ни одна из математических сущностей не может быть *причиной* ни в одном из четырех модусов (формальном, материальном, двигательном и целевом) (см. в биографии Аристотеля о четырех причинах движения – В.С., В.П.). Правда, сторонники этого взгляда считают, что в числах имеется определенное *благо*, что в ряду *прекрасного* находятся *нечетное*, *прямое*, *квадратное* или *степени некоторых чисел* (совпадают же, говорят они, времена года и такое-то число) и все прочее, что они выводят из математических положений, все имеет такой характер. Поэтому-то оно и походит на *случайные совпадения*. Действительно, это только *случайности*, пусть они близкие друг к другу, но составляют они одно, поскольку имеет-

ся какое-то соответствие между ними, ибо в каждом роде сущего есть нечто соответствующее чему-то: как у линии *прямое*, так у плоскости, пожалуй, *ровное*, у числа – *нечетное*, а у цвета – *белое*...

Вот какие выводы следуют из этого учения, и их можно было бы привести еще больше. Но уже то, что объяснить возникновение чисел столь мучительно и что свести концы с концами здесь невозможно, свидетельствует, по-видимому, о том, что *математические предметы* вопреки утверждениям некоторых нельзя отделять от *чувственно воспринимаемых вещей* и что они *не начала* этих вещей (XIV, 6)».

АНАКСАГОР

Во всем есть часть всего.

Анаксагор

Анаксагор (500–428 гг. до н.э.) родился в г. Клазомены на полуострове Малая Азия, где в те отдаленные времена существовали многочисленные греческие колонии. 30 лет своей жизни он провел в Афинах, куда был приглашен из Милета, где был учеником Анаксимена, афинским стратегом, вождем демократов Периклом. Здесь он основал Афинскую школу натурфилософии и излагал свои философские представления о Вселенной.

Анаксагор сформировал свое собственное представление о началах, о которых Аристотель писал в «Метафизике», что у Анаксагора «начала не ограничены [по числу]», что существует «неопределенное множество» начал. Сам Анаксагор называл их «семенами всех вещей», Аристотель же – «гомеомериями», «подобночастными», т.е. такими, части которых подобны целому. Гомеомерии бесконечно делимы, ибо, сколько не дробить бытие, в небытие его превратить нельзя. Поэтому «в малом нет наименьшего, но всегда есть меньшее». Отсюда возникает основной принцип Анаксагора, который известен в двух формулировках: «Всё во всём» и «Во всём есть часть всего», который распространяется на все предметы и на сами гомеомерии тоже (сегодня укрепляется точка зрения, что Анаксагор предвосхитил этим своим принципом современное понятие *фрактальности объектов природы*, одним из главных качеств которого является *скейлинг* (самоподобие)).

В отношении Вселенной Анаксагор высказал, обосновывал наблюдениями и развивал новую космогоническую идею, отличную от идей своих учителей и предшественников. Он первым из греков рассмотрел не циклическое изменение, а эволюционное развитие Вселенной – от состояния хаотически смешанных элементов – стихий (гомеомерий, хотя в сохранившихся фрагментах из сочинения Анаксагора «О приро-

де» такого термина нет) – до упорядоченного Космоса. По его учению, в неподвижной первобытной массе элементов под воздействием некоего активного агента, «нуса» («мирового ума, разума»), возникает вихревое движение, втягивающее в себя всё более далекие области вещества.

Вращение приводит к разделению первоначально смешанных гомеомерий на слои более легкие (эфир или огонь) и более тяжелые (воздух). [Эфир (с греч. *воздух над облаками*) – у Анаксагора, Эмпидокла, пифагорейцев – тончайшее первовещество, у Платона и Аристотеля также «пятый элемент» («квинтэссенция»), который по значению, однако, является первым, заполняя небесное пространство над Луной]. Первый устремляется к периферии, второй – к центру вихря, сгущаясь там в Землю, облака, воду и все земные вещи. Сгущению частиц помогает «*стремление подобного к подобному*», такой космогонический принцип формулирует Анаксагор.

Таким образом, Земля как центральная часть вихря сначала быстро вращалась, и от неё отрывались... куски скал, которые, разогреваясь при пролете сквозь *огненный эфир*, раскалялись и стали светилами. Тем временем, набирая извне все большую массу вещества, вихрь, а с ним и его центральная часть – Земля замедляли свое вращение, и к настоящему времени, как считал Анаксагор, Земля стала неподвижной (или почти неподвижной!), а внешние части вихря (звездная сфера) еще делают один оборот в сутки. При этом саму Землю Анаксагор считал (видимо, исходя из зрительных впечатлений) имеющей форму низкого цилиндра, на одном из торцов которого и живут люди.

Откуда почерпнул эту дерзкую идею Анаксагор? По свидетельствам современников, Анаксагору стало известно о падении на Землю в 467 (или 470) г. до н.э. во Фракии железной или железно-каменной глыбы «с два воза!» Именно это известие породило у него грандиозную мысль – откололся кусок Солнца! (Похожая мысль появится в XVIII веке у Жоржа-Луи де Бюффона, когда он будет наблюдать пролет кометы Галлея около Солнца, и у Джемса Джинса в 1917 г., автора *приливной* космогонической модели). Следовательно, Солнце представляет собой глыбу раскаленного железа! (Сейчас один из американских астрофизиков развивает именно такую гипотезу о Солнце). Величину его Анаксагор впервые назвал огромной – с целый полуостров Пелопоннес (занимавший треть Греции!).

Анаксагор высказывал и другие смелые гипотезы. Так, тогда всеми мыслителями разделялось мнение, что из-за абсолютного совершенства идеально сферичной и однородной, вмещающей в себя все Вселенной она, как таковая, ничем себя не может проявлять, а потому она неощутима, непознаваема! Но между тем мы её ощущаем! Значит, весь видимый мир –

всего лишь иллюзия?! Так сформировался первый «космологический» парадокс – противоречие между ожидаемым и ощущаемым.

Разрешение этого парадокса и предложил Анаксагор. Он перенес качество абсолютного совершенства, непознаваемости со всей Вселенной в целом на её бесчисленные качественные элементы, наполнив Вселенную самостоятельно существующими элементами качеств – элементами холода, цвета, вкуса, сухости, влажности и т.д., сочетания которых и образуют все ощущаемые нами вещи. И каждую вещь, как и состоящую из них Вселенную, можно по этой причине изучать и познавать.

Из своей космогонии Анаксагор сделал логичный вывод – Луна, как и Земля, должна быть неровной, иметь горы и долины и даже, возможно, обитаема! (Кстати, в отношении происхождения жизни, он – основоположник идеи панспермии). Вслед за своим учителем Анаксименом Анаксагор правильно объяснял затмения – загораживанием одного небесного тела другим, а не их временным погасанием, как думали тогда многие.

Интересны и другие его мысли. Млечный Путь – это некое отражение света звезд; кометы – «скопища планет, испускающих пламя»; падающие звезды – «подобие искр, выбрасываемых воздухом»; молния – результат «трения туч». Последнее, пожалуй, свидетельство знания греками эффектов электризации трением. Падающим звездам Анаксагор давал и такое «физическое» объяснение: они держатся на небе, прижимаясь к звездной сфере центробежной силой, а когда их вращение замедляется (небо стареет, ветшает), то часть их может сорваться и упасть.

Интересовался Анаксагор также медициной, биологией и политикой. И вот за многие и земные, и небесные «грехи», в том числе не в последнюю очередь в «покушении» на божественную природу главного светила – Солнца, подвергся изгнанию из Афин, удалился на север страны в Лампасак и окончил там дни свои в 428 году до н.э.

ПЛАТОН

*Философия – это сумма добавлений
и примечаний к Платону.*

Альфред Норт Уайтхед

Сущность вещей – вечная тьма.

Николай Михайловский

Самый выдающийся мыслитель и философ Древней Греции – Платон (настоящее имя Аристокл, тогда как Платон его прозвище с детства – «широкоплечий») (427–347 гг.) принадлежал разным историческим эпохам и в естествознании продолжил и завершил мето-

дологическую линию Пифагора. Он учился у Сократа, затем у Кратила, последователя Гераклита и Парменида, у пифагорейцев. Он соединил учения Гераклита, Пифагора и Сократа: о чувственно воспринимаемом он рассуждал по Гераклиту, об умопостигаемом – по Пифагору, а об общественном – по Сократу, и не признавал Платон только атомизма Демокрита. Они оба, являясь представителями конструктивной и дискретной (фактически математической) картины сущностей мира, использовали принципиально различные подходы: Демокрит в основном опирался на представления, взятые из материального мира физических тел, тогда как Платон пользовался понятиями, поставляемыми из мира идеальных сущностей, в частности математикой. По Платону, мир чувственных вещей не есть мир истинно сущего; чувственные вещи возникают и погибают; в них нет ничего прочного и неизменного. *Подлинная сущность чувственных вещей, их причины – бестелесные формы, постигаемые умом.* Эти причины (формы, основы, первоначала) вещей он называет видами или, гораздо реже, *идеями* (по-русски «идея» – это мысль, сущность, понятие, образ, причина, модель, замысел, план). *Платоновские идеи существуют не субъективно в нашем сознании, а объективно, т.е. они являются реальным бытием вещей, истинным их существованием,* в то время как сами материальные вещи по-настоящему не существуют (в точности как, например, *сегодняшняя ситуация в мире элементарных частиц с самыми «элементарными» из всех элементарных частиц – кварками, принципиально не наблюдаемыми микрообъектами*). Если мыслить категориями атомистов, то для них мир идей – это мир пустоты, т.е. небытия, ничто; согласно же учению Платона, *именно материя есть абсолютное небытие, пустота, ничто, и, лишь соединяясь с идеями, она проявляет себя в качестве таковой, так что идея есть совершенное существование объекта (материи), его истинное бытие.*

Основываясь на вышеуказанных положениях, Платон нарисовал впечатляющую картину истинного мира – *мира идей*, представляющего собой иерархически упорядоченную структуру. Мир же вещей, в котором мы живем, возникает, подражая миру идей, из мертвой, косной материи; создателем всего выступает Бог-демиург, само созидание подчинено математическим закономерностям, которые Платон (как и Пифагор) однозначно установил, тем самым оматематизируя мир, что явилось собой великое провидение в будущие века.

В те же античные времена платоновская физика представляла собой набор умозрительных (читай – *теоретических*) рассуждений о связи строения вещества и космоса с *геометрическими* (другой математики попросту не было) *фигурами*. Так, им одновременно сообщалась пространственная мера *пяти правильных многогранников* – тетраэдра (пи-

рамида) (четырёхгранника) для огня, гексаэдра (куба) (шестигранника) для земли, октаэдра (восьмигранника) для воды, икосаэдра (двенадцатигранника) для воздуха и всему космосу – форма додекаэдра (двадцатигранника). (Эти *пять платоновых тел* позже сыграли решающую роль в творческих исканиях великого немецкого астронома *Йоганна Кеплера*).

Итог натурфилософского творчества Платона можно охарактеризовать тем, что:

– человеку открыта возможность рационального анализа эмпирического мира, основанная на упорядоченности как космоса, так и познающего человеческого разума;

– умозрительный анализ обнаруживает некий вневременной порядок во всем; сущность данного нам мира – количественные (математические) отношения действительности;

– познание сущности мира требует от человека созидательного развития его познавательных способностей, итогом познания может и должно стать духовное освобождение человека.

Умер Платон в возрасте 80 лет. Учение Платона практически в полном объеме собрано в его *диалогах*. Один из его диалогов – «Тимей», представлен ниже в фрагментах с некоторыми комментариями.

Платон. Диалог «Тимей» (фрагменты)

В диалоге «Тимей» Платон наиболее полно отразил свое видение космоса, которое затем было воспринято христианским миром раннего средневековья. Приведем выдержки из этого сочинения, характеризующие конструктивные основные элементы платоновской натурфилософии.

«Рассмотрим же, по какой причине устроил возникновение и эту Вселенную тот, кто благ, никогда и ни в каком деле не испытывает зависти. Будучи чужд зависти, он пожелал, чтобы все вещи стали как можно более подобны ему самому. Усмотреть в этом след за разумными мужами подлинное и наиглавнейшее начало рождения и космоса было бы, пожалуй, вернее всего. Итак, пожелавши, чтобы все было хорошо и чтобы ничто по возможности не было дурно, бог позаботился обо всех видимых вещах, которые пребывали не в покое, но в нестройном и беспорядочном движении; он привел их из беспорядка в порядок, полагая, что второе, безусловно, лучше первого. Невозможно ныне и было невозможно издревле, чтобы тот, кто есть высшее благо, произвел нечто, что не было прекраснейшим; между тем размышление явило ему, что из всех вещей, по природе своей видимых, ни одно творение, лишённое ума, не может быть прекраснее такого, которое наделено умом, если сравнить то и другое как целое; а ум отдельно от души ни в коем оби-

тать не может. Руководствуясь этим рассуждением, он устроил *ум* в *душе*, а *душу* в *теле* и, таким образом, построил Вселенную, имея в виду создать творение прекраснейшее и по природе своей наилучшее. Итак, согласно правдоподобному рассуждению, следует признать, что наш *космос* есть *живое существо*, наделенное *душой* и *умом*, и родился он поистине с помощью божественного провидения.

Коль скоро это так, мы сейчас же должны поставить другой вопрос: что же это за живое существо, по образцу которого устроитель устроил космос? Мы не должны унижать космос, полагая, что дело идет о существе некоего частного вида, ибо подражание неполному никоим образом не может быть прекрасным. Но предположим, что было такое живое существо, которое объемлет все остальное живое по особям и родам как свои части, и что оно является тем образцом, которому более всего уподобляется космос, ведь как оно вмещает в себе все умопостигаемые живые существа, так космос дает в себе место нам всем прочим видимым существам. Ведь бог, пожелавши возможно более уподобить мир прекраснейшему и вполне совершенному среди мыслимых предметов, устроил его как единое видимое живое существо, содержащее все сродные ему по природе живые существа в себе самом.

Однако правы ли мы, говоря об одном небе, или вернее было бы говорить о многих, даже неисчислимо многих? Нет, оно одно, коль скоро оно создано в соответствии с первообразом. Ведь то, что объемлет все умопостигаемые живые существа, не допускает рядом с собой иного; в противном случае потребовалось бы еще одно существо, которое охватывало бы эти два и частями которого бы они оказались, и уже не их, но его, их вместившего, вернее было бы считать образцом для космоса. Итак, дабы произведение было подобно все совершеннейшему живому существу в его единственности, творящий не сотворил ни двух, ни бесчисленного множества космосов, лишь одно это однородное небо, возникши, пребывает и будет пребывать.

Итак, телесным, а потому видимым и осязаемым – вот каким надлежало быть тому, что рождено. Однако видимым ничто не может стать без участия *огня*, а осязаемым – без чего-то твердого, твердым же ничто не может стать без *земли*. По этой причине бог, приступая к составлению тела Вселенной, сотворил его из *огня* и *земли*. Однако два члена сами по себе не могут быть хорошо сопряжены без третьего, ибо необходимо, чтобы между одним и другим родилась некая объединяющая их связь. Прекраснейшая же из связей такая, которая в наибольшей степени единит себя и связуемое, и задачу эту наилучшим образом выполняет пропорция, ибо, когда из трех чисел – как кубических, так и квадратных – при любом среднем числе первое так относится к средне-

му, как среднее к последнему, и, соответственно, последнее к среднему, как среднее к первому, тогда при перемещении средних чисел на первое и последнее места, а последнего и первого, напротив, на средние места выяснится, что отношение необходимо остается прежним, а коль скоро это так, значит, все эти числа образуют между собой единство.

При этом, если бы телу Вселенной надлежало стать простой плоскостью без глубины, было бы достаточно одного среднего числа для сопряжения его самого с крайними. Однако оно должно было стать трехмерным, а трехмерные предметы никогда не сопрягаются через средний член, но всегда через два. Поэтому бог поместил между ними возможно более точные соотношения, дабы *воздух* относился к *воде*, как *огонь* к *воздуху*, и *вода* относилась к *земле*, как *воздух* к *воде*. Так он сопряг их, построив из них небо, видимое и осязаемое.

На таких основаниях и из таких составных частей числом четыре родилось тело космоса, упорядоченное благодаря пропорции, и благодаря этому в нем возникла гармония, так что разрушить его самотождественность не может никто, кроме лишь того, кто сам его сплотил.

При этом каждая из четырех частей вошла в состав космоса целиком: устроитель составил его из всего огня, из всей воды, и воздуха, и земли, не оставив за пределами космоса не единой их части или силы. Он имел в виду, во-первых, чтобы космос был целостным и совершеннейшим живым существом с совершеннейшими же частями; далее, чтобы космос оставался единственным и чтобы не было никаких остатков, из которых мог бы родиться другой, подобный, и, наконец, чтобы он был недряхлеющим и непричастным недугам. Устроителю пришло на ум, что если тело со сложным составом извне окружено теплом, холодом и другими могучими силами, то, в недобрый час на него обрушиваясь, они его подточат, свергнут в недуги и дряхление и принудят погибнуть. По такой причине и согласно такому усмотрению он построил космос как единое целое, составленное из целостных же частей, совершенное и непричастное дряхлению и недугам.

Очертания же он сообщил Вселенной такие, какие были бы для нее пристойны и ей сродны. В самом деле, живому существу, которое должно содержать в себе все живые существа, подобают такие очертания, которые содержат в себе все другие. Итак, он путем вращения округлил космос до состояния сферы, поверхность которой повсюду равно отстоит от центра, то есть сообщил Вселенной очертания, из всех очертаний наиболее совершенные и подобные самим себе, а подобное он нашел в мириады раз более прекрасным, чем неподобное. Всю поверхность сферы вывел он совершенно равной и притом по различным сооб-

ражениям. Так, космос не имел никакой потребности ни в глазах, ни в слухе, ибо вне его не осталось ничего такого, что можно было бы видеть или слышать. Далее, его не окружал воздух, который надо было бы вдыхать. Равным образом ему не было нужды в каком-либо органе, посредством которого он принимал бы пищу или извергал обратно уже переваренную: ничто не выходило за его пределы и не входило в него откуда бы то ни было, ибо входить было нечему. Тело космоса было искусно устроено так, чтобы получать пищу от своего собственного тления, осуществляя все свои действия и состояния в себе самом через себя. Ибо построивши его нашел, что пребывать самодовлеющим много лучше, нежели нуждаться в чем-либо. Что касается рук, то не было никакой надобности что-то брать ими, против кого-то обороняться, и потому он счел излишним прилаживать их телу, равно как и ноги или другое устройство для хождения. Ибо такому телу из семи родов движения он уделил соответствующий род, а именно тот, который ближе всего к уму и разумению. Поэтому он заставил его единообразно вращаться в одном и том же месте, в самом себе, совершая круг за кругом, а остальные шесть родов движения были устранены, чтобы не сбивать первое. Поскольку же для такого круговращения не требовалось ног, он породил это существо без голеней и без стоп.

Весь этот замысел вечносущего бога относительно бога, которому только предстояло быть, требовал, чтобы тело космоса было сотворено гладким, повсюду равномерным, одинаково распростертым во все стороны от центра, целостным, совершенным и составленным из совершенных тел. В его центре устроитель дал место *душе*, откуда распространил ее по всему протяжению и в придачу облек ею тело извне. Так он создал небо, кругообразное и вращающееся, одно-единственное, но благодаря своему совершенству способное пребывать в общении с самим собой, не нуждающееся ни в каком другом и довольствующееся познанием самого себя и содружеством с самим собой. Предоставив космосу все эти преимущества, бог дал ему блаженную жизнь (29d – 36b)».

Для иллюстрации *телеологического принципа* приведем следующий фрагмент, в котором Платон рассказывает, как Бог создал человека.

«Итак, боги, подражая очертаниям Вселенной, со всех сторон округлой, включили оба божественных круговращения в сфероидное тело, то самое, которое мы ныне именуем головой и которое являет собой божественную нашу часть, владычествующую над остальными частями. Ей в помощь они придали все устроенное ими же тело, позаботившись, чтобы оно было причастно всем движениям сколько их ни есть; так вот, чтобы голова не катилась по земле, всюду покрытой буграми и ямами,

затрудняясь, как тут перескочить, а там выбраться, они даровали ей эту вездеходную колесницу. Поэтому тело стало продолговатым и, по замыслу бога, сделавшего его подвижным, произрастало из себя четыре конечности, которые можно вытягивать и сгибать; цепляясь ими и опираясь на них, оно приобрело способность всюду продвигаться, высоко неся вместилище того, что в нас божественнее всего и святее. Таким образом и по такой причине у всех людей возникли руки и ноги. Найдя, что передняя сторона у нас благороднее и важнее задней, они уделили ей главное место в нашем передвижении. Сообразно с этим нужно было, чтобы передняя сторона человеческого тела получила особое и необычное устройство; потому-то боги именно на этой стороне головной сферы поместили лицо, сопрягши с ним все орудия промыслительной способности души, и определили, чтобы именно передняя по своей природе часть была причастна руководительству.

Из орудий они прежде всего устроили те, что несут с собой свет, то есть глаза, и сопрягли их с лицом вот по какой причине: они замыслили, чтобы явилось тело, которое несло бы огонь, не имеющий свойства жечь, но изливающий мягкое свечение, и искусно сделали его подобным обычному дневному свету. Дело в том, что внутри нас обитает особенно чистый огонь, родственник свету дня, его-то они уплотнили как следует в глазную ткань, но особенно в середине, чтобы она не пропускала ничего более грубого, а только этот чистый огонь. И вот когда полуденный свет обволакивает это зрительное истечение и подобное устремляется к подобному, они сливаются, образуя единое и однородное тело в прямом направлении от глаз, и притом в месте, где огонь, устремляющийся изнутри, сталкивается с внешним потоком света. А поскольку это тело, благодаря своей однородности, претерпевает все, что с ним ни случится, однородно, то стоит ему коснуться чего-либо или, наоборот, испытать какое-либо прикосновение, и движения эти передаются уже ему всему, доходя до души: отсюда возникает тот вид ощущения, который мы именуем зрением.

Когда же ночь скроет родственный ему огонь дня, внутренний огонь как бы отсекается: наталкивается на то, что ему не подобно, он терпит изменения и гаснет, ибо не может слиться с ближайшим воздухом, не имеющим в себе огня. Зрение бездействует и тем самым наводит сон. Дело в том, что, когда мы при помощи устроенных богами природных укрытий для глаз, то есть век, запираем внутри себя силу огня, последняя рассеивается и уравнивает внутренние движения, отчего происходит покой. Если покой достаточно глубок, то сон почти не нарушается грезами, но если внутри остались еще сильные движения, то они сообразно своей природе и месту порождают соответствующие по

свойствам и числу изображения, отражающиеся внутри нас и вспоминающиеся после пробуждения как совершившееся вне нас (44d – 46a).

Как бы там ни было, нам следует считать, что причина, по которой бог изобрел и даровал нам зрение, именно эта: чтобы мы, наблюдая круговращения ума в небе, извлекли пользу для круговращения нашего мышления, которое сродни тем, небесным, хотя в отличие от их невозмутимости оно подвержено возмущению; а потому, уразумев и усвоив природную правильность рассуждений, мы должны, подражая безупречным круговращениям бога, упорядочить непостоянные круговращения внутри нас. О голосе и слухе должно сказать то же самое – они дарованы богами по тем же причинам и с такой же целью. Ради этой цели устроена речь, она сильно способствует ее осуществлению; так и в музыке: все, что с помощью звука приносит пользу слуху, подавно ради гармонии. Между тем гармонию, пути которой сродни круговращениям души, Музы даровали каждому рассудительному своему почитателю не для бессмысленного удовольствия, хотя в нем только и видят нынче толк, но как средство против разлада в круговращении души, долженствующее привести ее к строю и согласованности с самой собой. Равным образом, дабы побороть неумеренность и недостаток изящества, которые проступают в поведении из нас, мы из тех же рук и с той же целью получили ритм.

Все до сих пор нами сказанное, за незначительными исключениями, описывало вещи, как они были созданы *богом-умом* <телеологично>. Однако рассуждение наше должно перейти к тому, что возникло силой *необходимости* <детерминированно>, ибо из сочетания *ума* и *необходимости* произошло смешанное рождение нашего космоса. Правда, ум *одержжал верх над необходимостью*, убедив ее обратить к наилучшему большую часть того, что рождалось. Таким-то образом и по таким-то причинам путем победы *разумного* убеждения над *необходимостью* была вначале построена эта Вселенная; и если мы намерены представить ее рождение так, как оно совершалось на деле, нам следует привнести также и вид неупорядоченной <неразумной, но необходимой> *причинности* вместе со способом действия, который по природе этой причине принадлежит (47b–48a)».

Известно, насколько неприемлемо для Платона было учение Демокрита о *материальных* атомах. Однако атомы как *геометрические тела* служили идеальным объектом для *математического моделирования* в духе пифагорейцев, и Платон не преминул воспользоваться удобным случаем.

«Теперь должно сказать, каковы же те четыре <имеются в виду воздух, огонь, вода и земля> рожденных *тела* <атома, частицы>, *прекраснейшие* из всех, которые не похожи друг на друга, однако способны, разрушаясь, друг в друга перерождаться. Если нам удастся попасть в точку, у нас в руках будет истина о рождении земли и огня, а равно и тех элементов, что стоят между ними как средние члены пропорции. Тогда мы никому не уступили бы в том, что нет видимых тел более прекрасных, чем эти, притом каждое из них прекрасно в своем роде. Поэтому надо приложить старания к тому, чтобы привести в соответствие четыре отличающихся красотой рода тела и доказать, что мы достаточно поняли их природу. Из двух названных раньше треугольников равнобедренный получил в удел одну природу, тогда как неравнобедренный – бесчисленное их множество. Из этого множества нам должно избрать наилучшее, если мы хотим приступить к делу надлежащим образом. Что ж, если кто-нибудь выберет и назовет нечто еще более *прекрасное*, предназначенное для того, чтобы создавать эти четыре тела, мы подчинимся ему не как врагу, а как другу; нам же представляется, что между множеством треугольников есть один *прекраснейший*, ради которого мы оставим все прочие, а именно тот, который в соединении с подобным ему образует третий треугольник – равносторонний. Обосновать это было бы слишком долго (впрочем, если бы кто изобличил нас и доказал обратное, мы охотно признали бы его победителем). Итак, нам приходится отдать предпочтение двум треугольникам как таким, из которых составлено тело <частица> огня и трех остальных тел: один из них равнобедренный, а другой таков, что в нем квадрат большей стороны в три раза больше квадрата меньшей.

Но мы обязаны более четко определить одну вещь, о которой прежде говорилось вскользь. В самом деле, нам казалось, будто все четыре рода могут последовательно перерождаться друг в друга, но такая видимость была неправильной. Ведь четыре рода действительно рождаются из выбранных нами треугольников: три рода слагаются из одного и того же неравнобедренного треугольника и только четвертый род – из равнобедренного, а значит, не все роды могут разрешаться друг в друга и рождаться один из другого путем соединения большего количества малых величин в малое количество больших и обратно. Если это и возможно, то лишь для вышеназванных первых трех родов, ведь коль скоро все они произошли из единой основы, то при разрушении более крупных тел из их частей может составиться множество малых, принимающих свойственные им очертания; и, наоборот, если разъединить много малых тел на отдельные треугольники, они образуют единое количество

однородной массы, из которой возникает одно большое тело иного вида. Вот как обстоит дело с их переходом друг в друга (53d – 54d).

Остается необъяснимым, почему тела, распределившись по родам, не прекращают взаимопроникающее движение и перемещение? Скажи же и об этом. Дело в том, что круговращение Вселенной, включающее в себя эти роды, по причине своей закругленности и природного стремления замкнуться на себе все сжимает и не позволяет ни одной части пространства остаться пустой. Огонь имеет наибольшую способность во все внедряться, воздух непосредственно за ним следует, ибо занимает второе место по тонкости своих *частиц*, и так далее; ведь то, что образовалось из самых *крупных частиц*, имеет в своем составе больше всего оставшегося между *частицами* пустого места; а то, что возникло из самых *мелких частиц*, – меньше всего. Значит, когда происходит сжатие, *меньшие частицы* проникают в промежутки между *большими*; и вот когда они оказываются рядом, так что *меньшие частицы* селятся разорвать связь между большими, а большие сжимают воедино меньшие, происходит перемещение их всех либо вверх, либо вниз к своим прежним местам. Ведь любое тело, меняя свою величину, будет менять и свое местоположение. Именно таким образом и под действием указанных причин происходит непрерывное воспроизведение неоднородности, а уж она, в свою очередь, поддерживала и будет поддерживать впредь вечное движение тел (58a – c)».

АРИСТОТЕЛЬ

*Платон мне друг, но истина дороже.
Аристотель*

*Господа философы удивительные
люди. В чем они меньше всего
понимают, о том они больше
всего говорят.*

Людвиг Бюхнер

Величайшим ученым и философом античности был *Аристотель* из Стагир (384–322 гг.), ученик Платона (во многом не соглашавшийся с ним), учитель и воспитатель Александра Македонского (356–323 гг.). Творчество Аристотеля велико и разнообразно, им были охвачены все доступные для его времени отрасли знания. Чтобы понять физику и космологию Аристотеля, необходимо познакомиться с его *логикой* (само слово *логика* появилось впервые у Зенона (336–262) из

Китиона, основателя *стоицизма*), под которой он понимал собственно *аналитику*, т.е. *теорию умозаключений*. Его аналитика есть основной метод познания, в котором, прежде всего, нужно уметь определить сущность предмета.

Аристотель рассматривал самые разнообразные способы доказательства. Если через определение можно раскрыть сущность простых вещей, то через умозаключение (вывод) осуществляется анализ сложных вещей, связывающих материю и форму. Характеристика указанного логического метода дается Аристотелем в терминах субъект (сущность) и предикат (свойства), в результате чего задача всякого доказательства сводится к выводу (умозаключению) того, что некоторый предикат принадлежит данному субъекту. Этот вывод (умозаключение) в логике Аристотеля называется *силлогизмом* (с греч. – *исчисление*). Определения и силлогизмы связаны категориями *род* (общее) и *вид* (частное). Так, при определении вещи род соответствует материи и возможности существования вещи, а вид – это ее форма и действительность. По отношению к понятию силлогизма Аристотель указывал: «*Нельзя, следовательно, вести доказательство, переходя из одного рода в другой, как, например, нельзя геометрические положения доказать арифметическим способом*».

Исследуя проблему доказательства (что будет исключительно важно для понимания всего последующего материала учебного пособия), Аристотель вводит три вида недоказуемых начал – *аксиомы, предположения и постулаты*. *Аксиомы* – это недоказуемые положения, распространяющиеся сразу на несколько родов наук. Например, указывает Аристотель, аксиомой является положение: две величины остаются равными, если у них отнять равные части. Вообще, аксиомы формулируются в рамках философии; она (как род) охватывает частные науки (как виды); поэтому все аксиомы философии будут справедливы, например, для физики. *Предположениями* Аристотель называет положения (начала), которые сами по себе доказуемы, но в пределах данного рассуждения принимаются без доказательства. *Предположения всегда оговариваются условиями*. Если это условие не признается, *то предположение переходит в разряд постулатов*.

Совокупность аксиом, предположений, постулатов, определений, силлогизмов – все это сфера, главным образом, умозрительной деятельности, предмет *дедуктивной науки*, которая разворачивается *по направлению от общего к частному*. Однако существует *обратный познавательный процесс* – *от частного к общему*, что является предметом *индуктивной науки*. Под частным, или даже единичным, Аристотель понимал прежде всего чувственно воспринимаемое, т.е. то, что поставляет

нам *фюзис, физика (природа)*. Отсюда индукция позволяет навести мосты между опытным знанием и теоретическим. *Цель науки Аристотель видел в полном определении предмета, достигаемом только путем соединения дедукции и индукции*: 1) знание о каждом отдельном свойстве должно быть приобретено из опыта; 2) убеждение о том, что это свойство существенно, должно быть доказано умозаключением особой логической формы – *категорическим силлогизмом*.

Аристотелем были сформулированы *три закона логического мышления*: 1) *закон тождества: каждая объективно истинная и логически правильная мысль или понятие о предмете должны быть определенными и сохранять свою однозначность на протяжении всего рассуждения и вывода*; 2) *закон противоречия: не могут быть одновременно истинными два несовместимых высказывания – два противоположных утверждения или утверждение и отрицание – об одном и том же предмете в одном и том же отношении; одно из них будет обязательно ложным*; 3) *закон исключенного третьего: два противоречащих высказывания об одном и том же предмете, взятом в одно и то же время и в одном и том же отношении, не могут быть вместе истинными или ложными (или А, или не А)*.

Четвертый закон формальной логики – *закон достаточного основания* – был сформулирован много позднее великим немецким мыслителем Готфридом Лейбницем (1646–1716): *всякая мысль, чтобы стать несомненной, должна быть обоснована другими мыслями, истинность которых доказана или самоочевидна*. Но ещё раньше, в XIV веке, английский философ Уильям (из Оккама) высказался так: *«Ничто не должно приниматься без основания, если оно не известно или как самоочевидное, или по опыту»*.

Аристотель строит свое естествознание исключительно с помощью этих законов или силлогизма, т.е. формально логического вывода, не опираясь на арифметико-геометрическое конструирование, характерное для Платона. Кстати, здесь Аристотель допускал ошибку, утверждая: *«Математической точности нужно требовать не для всех предметов, а лишь для нематериальных»*, – вот почему этот математический способ не подходит для рассуждающего о природе, ибо вся природа, указывал Аристотель, материальна. (*Сейчас мы знаем, что естествознание как наука существует в основном в математической форме*).

Достоверное знание он добывал в результате введения определения и дедуктивного доказательства, посылки знаний находил путем индукции или наведения, а вот *вероятностное знание – диалектическим путем*. Диалектика у Аристотеля, в отличие от Платона, – предваритель-

ный метод познания действительности; она только подготавливает ум исследователя к познанию настоящей истины.

Космос у Аристотеля был (в этом он следовал Евдоксу) *геоцентрического происхождения*: Земля, имеющая форму шара, пребывает в центре Вселенной; область Земли имеет в своей основе четыре элемента «стихий»: землю, воду, воздух и огонь; область неба имеет *пятый элемент – эфир*, из которого состоят небесные тела (поиски эфира продолжают по сей день).

Геоцентрическая модель космоса Евдокса, Гиппарха и Аристотеля, далее переработанная и развитая Птолемеем, заняла господствующее положение в космологии не только поздней античности, но и вплоть до окончания средневековья, до XVI века.

Аристотель впервые рассмотрел вопрос о форме Земли и других небесных тел на основании данных наблюдений. Так как во время лунных затмений тень, отбрасываемая Землей на лунный диск, имеет всегда круглую форму, он пришел к заключению, что Земля и, по аналогии, другие небесные тела имеют шарообразную форму. Вместе с тем Аристотель признавал Землю, безусловно, центром Вселенной. Солнце и Луна в системе мира Аристотеля являются ближайшими к Земле небесными телами, планеты располагаются на больших (дальше) расстояниях. Вселенная ограничена сферой звезд, отстоящей от Земли в девять раз дальше, чем Солнце. При этом Вселенная представляется конечной, и все тела, расположенные внутри нее, неизбежно должны были тяготеть к Земле, как к центральному телу.

В пользу утверждения о неподвижности Земли и центральном положении её во Вселенной Аристотель, в частности, приводил следующее соображение. Если бы Земля перемещалась в пространстве, то наблюдатель, движущийся вместе с Землей, должен бы был наблюдать изменения положения звезд на небесной сфере. Однако такие смещения никто не наблюдал, следовательно, Земля неподвижна (*видимые перемещения звезд (параллакс)*), обусловленные движением Земли вокруг Солнца, были обнаружены лишь в XVIII веке). Этот довод не только во времена Аристотеля, но и позднее, в продолжение почти 2000 лет, был серьезнейшим аргументом в пользу неподвижности Земли, так же как видимое суточное движение звезд оставалось решающим доводом в пользу центрального положения Земли во Вселенной. *Кстати, так же ошибочно Аристотель утверждал, что скорость падения тел зависит от их веса, и что движение тел возможно только под действием сил.* Оба эти утверждения были опровергнуты только в начале Нового Времени Галилеем и Ньютоном. Ошибочно Аристотель (принципиально не принимая атомы и, как следствие этого, пустоту Демокрита) *утверждал*

и *отсутствие пустоты*, мотивируя это тем, что в ней (пустоте) движение тел продолжалось бы без изменений и вечно; тем самым Аристотель, сформулировав правильно тезис (мысль) о движении, прошел мимо одного из величайших открытий в области естествознания – *принципа инерции или принципа относительности движения*, открытие которого принадлежит Галилею, а первоначальная формулировка Ньютону, а еще позднее Пуанкаре и Эйнштейну.

Суть учения Аристотеля дошла до нас в работах Андроника Родосского (I в. до н.э.), который без учета хронологической последовательности представил интерпретации идей Аристотеля, теории которого претерпели значительную эволюцию в течение его жизни. Вероятно самым значительным вкладом Аристотеля в науку явилась *логика*, основанная, как было указано выше, на *силлогизмах* и *дедуктивном анализе*, вместо платоновской, основанной на диалектике; аристотелевская модель почти без изменений была главенствующей до XX века.

Ниже приводятся фрагменты из ряда произведений Аристотеля, посвященных вопросам естествознания.

Аристотель: «Физика»

Книга I. В науке о природе надо попытаться определить прежде всего то, что относится к *началам*. Естественный путь к этому ведет от более понятного и явного *для нас* к более явному и понятному *по природе*. Начал может быть *много* или оно *одно*, оно может быть *подвижным* или *неподвижным*. Анализ *одного* и *неподвижного* бытия, о чем говорили Парменид и Мелисс, не относится, собственно, к исследованию природы. Ведь начало есть начало чего-нибудь или каких-нибудь вещей. Ясно также, что природные вещи *подвижны* – это следует из многочисленных фактов по *индукции*.

Что же касается Мелисса и Парменида, то они допускают множество ошибок в своих рассуждениях. Например, Мелисс думает, что если все возникшее имеет начало, то невозникшее его не имеет. Нелепо далее, и то, что для всякой вещи он признает начало, но не для времени. Потом, почему бытие должно быть неподвижным, если оно едино? Ведь часть его, например вода, движется сама по себе. Почему же не может аналогичное движение совершать и все сущее? Ложно и то, что слово «сущее» понимается однозначно, как «одно», между тем оно имеет несколько значений.

Все физики идут по двум направлениям: одни кладут в основу сущего какой-нибудь *телесный субъект* – огонь, воздух или воду – и все остальное получают путем *разрежения* и *уплотнения*; другие же пред-

полагают наличие *противоположностей*. Однако и те, кто говорит, что все едино и неподвижно (Мелисс и т.д.), и те, кто говорит о редком и плотном (Фалес и т.д.), и Демокрит со своим полным и пустым, из которых одно он называет *сущим*, другое – *не-сущим*, – все они так или иначе говорят о противоположностях. И это вполне разумно, так как начала не выводятся ни друг из друга, ни из чего-либо другого, а, наоборот, из них все вытекает, поэтому в началах *потенциально* должно содержаться все разнообразие вещей.

Потом, *бледное* возникает из своей противоположности – *смуглого*; оно не может, например, возникнуть из *образованности*, так как *образованность* скорее возникнет вслед за *невежественностью*. Подобным же образом обстоит дело во всех других случаях: все возникающее будет возникать и все исчезающее исчезать или из противоположного, или в противоположное. Противоположное существует не по одному признаку и не по их бесконечному числу (в противном случае сущее было бы *непознаваемым*), и поскольку уж выбрано конечное число начал, то лучше это сделать по *Эмпедоклу*.

Все *возникает* из лежащего в основе *субстрата* и *формы*: ведь *образованный человек* слагается некоторым образом из *человека* как субстрата, и *образованности* как формы. Субстрат по числу – един (человек), по виду – двойствен (образованный или необразованный); форма же едина (образованность); поэтому можно говорить, что имеются только два начала (субстрат и форма), но возможно – что и три (субстрат и две противоположные формы).

Элейцы говорили, что *ничто из существующего не возникает и не уничтожается*, так как возникающему необходимо возникать или из сущего, или из не-сущего, но ни то, ни другое невозможно: ведь сущее не возникает (ибо оно уже есть), а из не-сущего ничто не может возникнуть (ибо что-то должно лежать в основе). Между тем врач строит дом не как врач, а как строитель; становится седым не поскольку он врач, а поскольку он брюнет; но лечит он и становится невежественным в медицине, поскольку он именно врач. А так как мы правильнее всего говорим, что врач делает что-либо или испытывает какое-либо действие или из врача что-нибудь получается, если он испытывает или дает это или становится этим лишь поскольку он является врачом, то ясно, что слова «возникать из не-сущего» означают «поскольку оно не-сущее». Этого элейцы и не могли различить.

Точно таким же образом из *сущего* возникает другое *сущее*; в этом смысле оно возникает аналогично тому, как из животного возникает животное и из определенного животного определенное животное, например, когда собака родится от собаки и лошадь от лошади.

Книга 2. Из всех существующих вещей одни существуют *по природе* (естественно), то есть имеют в самих себе начало движения и покоя, будь то в отношении места, количественного увеличения и уменьшения или качественного изменения; другие существуют в силу иных причин. Земля, огонь, воздух, вода, растения, животные – существуют *по природе*; ложе, плащ, созданные искусственно, не имеют никакого врожденного стремления к изменению или имеют его лишь постольку, поскольку они оказываются состоящими из камня, земли или их смешение; поэтому существуют *неестественно*.

Некоторым кажется, что природа и сущность природных вещей – это то первое, само по себе бесформенное, что заключается в каждом из них, например, природа ложа – дерево, а статуи – медь. Поэтому одни считают природой всего существующего огонь, другие – землю или воздух, или воду, третьи – их сочетания, четвертые – все вместе элементы. Каждый считает свои элементы вечными, а все прочее возникает и гибнет бесчисленное множество раз. Таков один способ определения природы: она есть *первая материя*, лежащая в основе каждой вещи, которая имеет в себе начало движения и изменения. По другому же способу размышления природа есть *форма* и *идея* (*эйдос*), согласно своему определению каждая вещь скорее тогда называется своим именем, когда она существует в действительности, а не в возможности.

После того как нами определено, в скольких значениях употребляется слово «природа», следует рассмотреть, чем отличается *математик* от *физика*. Так как природа двояка, она есть и *форма*, и *материя*, то ее следует изучать и *формально* и *материально*. *Математика* изучает только *форму*; дело *физики* познавать и *ту и другую природу*, но до какого предела физика должна изучать *форму* – это решать уже *философии*.

Наше исследование предпринято ради знания, а знаем мы каждую вещь только тогда, когда известна *причина*. Причина указывает на *субстрат*, *форму*, *начало движения* или *цель*. К причинам относят также *случай* и *самопроизвольность*. Однако источником последних всегда является незнание истинной причины. *Причины*, по которым возникает *случайное*, по необходимости *неопределенны*; отсюда и случай кажется чем-то неопределенным и неясным для человека.

При изучении причины возникновения чего-либо большей частью применяют следующий способ: наблюдают, что за чем появилось, что первое произвело или испытало какое-либо действие, что последнее, и за всем этим последовательно наблюдают во времени. Начало, вызывающее всякое физическое движение, может быть *двоякого* рода, причем одно из них всегда *неестественно*, так как не имеет в себе самом начала движения. Такова *форма*, которая выступает в роли *цели*; следовательно, если *природа* вещей

есть «ради чего», то следует всесторонне ответить на вопрос «почему» *это* имеет место, например: 1) потому, что из этого *необходимо* следует вот это (конкретно ответить: или всегда следует из этого, или в большинстве случаев); 2) если должно произойти это, то оно будет *логическим следствием* из этого (как заключение вытекает из посылок); 3) потому именно, что это *сущность (суть, идея)* бытия (по определению сущности вещи); 4) в силу того, что *так лучше* (причем не вообще лучше, а в отношении именно этой сущности лучше).

Разъясним сказанное на примерах. Ничто не препятствовало тому, чтобы передние зубы животных вырастали острыми, приспособленными для разрезания пищи, а коренные – широкими, годными для пережевывания пищи. Такое расположение зубов было первоначально явлением достаточно *случайным*. Но затем это послужило выживанию этих животных: те, у кого получилось иначе, погибли, подобно тем существам, о которых говорил Эмпедокл, «с телом быка и головой человека». Получилось, что у нынешних животных все части сошлись так, как если бы это произошло с определенной *целью*. Если ласточка строит гнездо, паук тклет паутину, растения производят плоды, корни растут вверх, а не вниз, то все это происходит *по природе* и, вместе с тем, ради какой-то *цели*, которая уже *естественно* присуща вещам. Поскольку природа двояка: с одной стороны она есть *материя*, с другой – *форма*, то именно *форма* будет *целью* и *причиной* в смысле «ради чего». *Необходимость* заключена в *материи*. Физику надлежит говорить о причинах обоого рода, но все же больше о причине «ради чего», так как именно *цель определяет материю*, но не наоборот.

Книга 3. Так как природа есть начало движения и изменения, а предмет нашего исследования – природа, то нельзя оставлять невыясненным, что такое *движение*. *Движение* есть нечто *непрерывное*. Поскольку бесконечное проявляется прежде всего в непрерывном, то, определяя непрерывное, часто приходится пользоваться понятием *бесконечного* (ведь непрерывное бесконечно делимо). Кроме того, движение невозможно без *пустого пространства* и *времени*.

Одно есть *определенный* предмет, другое *количество*, третье – *качество* – это категории *сущего*. О категориях *отношения* говорится в одном случае в смысле *избытка* и *недостатка*, в другом – как о *действующем* и *претерпевающим* или об *источнике движения* и *испытывающем движение*. Движение же помимо вещей не существует; все изменяющееся меняется всегда или в отношении сущности, или в отношении количества, или качества, или места; видов движения или изменения имеется столько же, сколько родов сущего. Из существующего одно существует только в *действительности*, другое – в *возможности*.

Движение есть *действительность* существующего в *возможности*, например, качество действительно изменяется, поскольку это изменение дано в возможности. Состояние движения наступает тогда, когда *действительность* будет именно таковой – не раньше и не позже. Некоторые считают, что движение происходит из-за *разнородности, неравенства и небытия*. Однако ничто перечисленное само по себе не может вызвать движение.

Теперь скажем о *бесконечном*. Пифагорейцы и Платон рассматривают бесконечное *само по себе*, считая его не свойством чего-то другого, но *самостоятельной* сущностью – с той только разницей, что *пифагорейцы* находят его в чувственно воспринимаемых вещах (ведь они и число не отделяют от них) и утверждают, что за звездным небом простирается бесконечность; *Платон* же говорит, что за звездами нет никакого тела и даже идей (так как последние не нуждаются в каком-либо месте), но бесконечное существует в чувственно воспринимаемых вещах и идеях. Пифагорейцы отождествляют бесконечное с *четным числом*, Платон же признает две бесконечности – *большое и малое*.

Никто из тех, кто устанавливает ограниченное число элементов, например воду, воздух или промежуточное между ними, не считает их бесконечными; те же, кто делает элементы бесконечными по числу, как Анаксагор и Демокрит, говорят, что бесконечное есть непрерывное по соприкосновению частиц. Таким образом, все писавшие о природе кладут в основу бесконечного какую-нибудь *другую* природу; все также полагают его *началом*, так как у бесконечного нет начала – оно не возникает и *не уничтожается*; оно *божественно*. Причина существования бесконечного понятна: ведь мышление может не останавливаться – счет может продолжаться бесконечно долго, линию можно мысленно продолжать бесконечно долго и за звездами можно представить другое пространство. В бесконечных вещах возможность принимается за действительность.

Невозможно, чтобы *бесконечное*, существуя само по себе, вместе с тем было полностью отделено от чувственных вещей. Если бесконечное не будет протяженной величиной или каким-нибудь множеством и будет абсолютно независимой сущностью, то оно предстанет чем-то неделимым: ведь делимое всегда есть некая величина или множество; если вещь не делима, то она не бесконечна. Если же бесконечное существует как свойство вещи, то оно никогда не будет началом этой вещи, подобно тому, как невидимое <как свойство> не будет <истинным> началом речи, хотя голос и невидим.

Далее, как возможно бесконечному быть чем-то, что существует само по себе, если не существуют сами по себе число и величина, кото-

рым бесконечное присуше как некое состояние? Ведь ему меньше необходимости существовать самому по себе, чем числу или величине. Ясно также, что не может бесконечное существовать как *актуальное* (*действительное*) бытие, как *сущность* или как *начало*. Ведь если оно *действительно* делимо на части, любая часть, взятая от него, будет бесконечной, а это невозможно, чтобы целое было бесконечным и его части оставались бы бесконечными. Если бесконечное является *сущностью* и не относится к какому-либо субстрату, то быть бесконечным и бесконечное – одно и то же, следовательно, оно неделимо или делимо на бесконечные части; таким образом, будем иметь следующий случай. Наконец, если оно сущность и *начало*, то, как часть воздуха остается воздухом, так и часть бесконечного – бесконечным, следовательно, оно не имеет частей и неделимо.

Вопрос о том, может ли находиться бесконечное в математических, мысленных и не имеющих величины вещах, относится скорее к философии; мы же сейчас рассматриваем чувственные вещи. Здесь уместно спросить, существует ли тело бесконечной протяженности? Если рассматривать этот вопрос *логически*, то можно прийти к выводу, что такого тела нет: ведь чувствами бесконечно протяженную величину ощутить нельзя, да и выраженную числом ее тоже невозможно будет сосчитать. Если же рассматривать этот вопрос с более *физической* точки зрения, то отрицательный ответ следует из следующего: оно не может быть ни *сложным*, ни *простым*. Сложным не может быть тело, поскольку элементы ограничены по числу; быть бесконечным каждому элементу невозможно, поскольку тело есть то, что имеет во все стороны протяжение, а бесконечное протяжение невозможно из логических рассуждений. Но бесконечное тело не может быть и простым, так как если бы один из элементов был бы бесконечным, то для других бы место уже не нашлось, а это не так: все вещи, из чего они состоят, в то и разрешаются, так что чувственно воспринимаемое тело обязательно должно находиться на ряду с воздухом, огнем, землей и водой, чему запрещено быть.

Бесконечное, *полученное путем прибавления*, в некотором смысле есть то же самое, что и бесконечное, *полученное путем деления*. Однако бесконечное, полученное путем прибавления, не может превзойти любую величину, ибо тогда было бы нечто большее, чем Вселенная, а бесконечное, полученное путем деления, именно таково.

Бесконечное *величины*, *движения* и *времени* – нетождественны, но определяются как последующее по отношению к предыдущему. Так, движение бесконечно, потому что такова величина, в отношении которой происходит перемещение или качественное изменение; время бесконечно в силу движения.

Поскольку мы разделили причины на четыре рода, очевидно, *бесконечное* есть *причина* в смысле *материи*, а существующий сам по себе субстрат есть *непрерывное* и *чувственно воспринимаемое*. Повидимому, и все другие пользовались бесконечным как материей: нелепо ведь делать его объемлющей формой.

Книга 4. Наряду с понятием бесконечного физику необходимо уяснить понятие *места* – существует оно или нет и как существует, и что оно такое. Ведь существующие вещи, как все признают, где-нибудь да находятся, несуществующие нигде не находятся; где, в самом деле, находятся козлоолень или сфинкс? Самым обыкновенным видом движения является движение в отношении места, которое мы называем перемещением. Но немало трудностей заключает в себе вопрос, что такое место, поскольку оно не представляется одним и тем же понятием, если его рассматривать всесторонне. Заметим, что мы не встречали ни детального, ни даже предварительного анализа этого понятия.

Что место есть *нечто* – это ясно из взаимной перестановки вещей: где раньше находилась вода, там сейчас может находиться вино или воздух; само же место кажется чем-то *отличным* от всего, что в нем появляется. Далее, перемещение простых физических тел, например огня, земли и им подобных, показывают не только то, что место есть нечто, но также и то, что оно имеет и какую-то *силу*. Ведь каждое из тел, если ему не препятствовать, устремляется к своему месту – одно вверх, другое вниз, а верх, низ и прочие из шести направлений суть части и виды места. Они – верх, низ и т.д. – таковы не только в отношении нас (ведь для нас они не всегда тождественны, а становятся таковыми в зависимости от нашего положения, так что одна и та же вещь нередко бывает и справа), но и в самой природе каждое из этих мест определено особо. А именно, верх находится там, куда устремляется огонь и все легкое, низ там, куда устремляется земля.

Далее, утверждающие существование *пустоты* называют ее местом, так как пустота, если бы она существовала, была бы местом, лишенным тела. Но *сила места* является удивительным его свойством и, пожалуй, самым *первым*, так как то, без чего не существует ничего – а без места ничего существовать не может, – необходимо должно быть первым (ведь место не исчезает, когда находящиеся в нем тела исчезнут, значит оно самое первое). Однако трудно решить, что такое место – масса ли тела или какая-нибудь иная сущность. Ясно, что оно имеет три измерения: длину, ширину и глубину, которыми определяется и всякое тело. Но невозможно, чтобы место было телом, потому что в этом случае в одном и том же месте оказались бы два тела.

Место не может быть *элементом* или состоять из них, будь оно *телесным* или даже *бестелесным*: элементы чувственно воспринимаемых тел есть тела, а место не является телом; из умопостигаемых элементов не возникает никакой величины. Далее, место не относится ни к одной из четырех причин: оно не может быть ни материей существующих вещей, ни их формой, ни началом движения, ни целью. Потом, если место относится к нечто существующему, то где его место? Если все существующее находится в некотором месте, то должно существовать и место для места; так можно рассуждать до бесконечности. К стати сказать, апории Зенона связаны с этой проблемой. А как быть с растущими телами? На основании сказанного необходимо, чтобы и место выросло вместе с ними, если место каждого тела не меньше и не больше его. Все это вынуждает нас задать вопрос не только о том, что такое место, но и существует ли оно вообще.

По-видимому, *место есть нечто вроде сосуда*: ведь сосуд есть как бы переносимое место, сам же он не имеет ничего от его содержимого. И вот, поскольку место отделимо от тела, постольку оно не есть *форма*, но поскольку объемлет его, постольку оно отличается и от *материи*. Если сосуд не будет ничем из содержащегося в нем, то место не будет ни материей, ни формой, а чем-то *особым*, ибо материя и форма принадлежат той вещи, которая в этом месте находится. Далее, как могло бы что-нибудь стремиться к своему месту, если бы место было материей или формой? Невозможно ведь быть местом тому, чему не присущи верх или низ; следовательно, место надо искать среди таких вещей. Место существует, но что оно представляет из себя – это пока неясно.

Место не стали бы исследовать, если бы не было *движения относительно места*. Мы считаем, что и небо находится в определенном месте главным образом потому, что оно постоянно в движении. Движущееся же движется или совершенно *самостоятельно* или по *принуждению*; в свою очередь, по принуждению движется как то, что способно двигаться *само по себе*, например, части тела или гвоздь в корабле, так и то, что не способно двигаться само по себе, а *нуждается в своем носителе*, как, например, бледность или знание перемещаются туда, куда идет человек, обладающий этими свойствами.

Если *место* не есть ни *форма*, ни *материя*, ни *протяженность*, которая всегда существует *особо*, наряду с перемещающимся телом, то необходимо, чтобы место было *границей объемлющего тела*, поскольку оно соприкасается с объемлемым (под *объемлемым* я понимаю тело, способное *двигаться* путем перемещения; *границы* существуют вместе с тем, что они ограничивают). Именно *первая неподвижная граница объемлющего тела* – это и есть место.

При таком определении места разрешаются и все затруднения. Нет необходимости ни увеличиваться месту вместе с телом, ни быть месту у точки, ни двум телам находиться в одном и том же месте, ни существовать протяженности, ибо где есть протяженность тела, там находится само тело, место же тела его граница; причем в месте может находиться не все вообще существующее, а только *способное к движению* тело. Отсюда понятно, почему каждое тело стремится к своему месту: ведь тела, расположенные друг за другом, *родственны*; когда они как бы сращены, они не испытывают взаимного влияния, но стоит их начать разделять, как они тут же проявят свое родство и устремятся друг к другу.

Дело физика также рассмотреть, что такое *пустота*, существует она или нет, и в каком виде существует. Признающие пустоту считают ее как бы местом и сосудом: он кажется полным, когда содержит в себе массу, когда же лишится ее – пустым, как будто пустое и полное место одно и то же, только бытие их неодинаково. Однако нет никакой необходимости признавать пустоту, которая только-то и нужна была для объяснения движения. *Качественно изменяться* может и наполненное тело; *движение по отношению к месту* может происходить, поскольку тела могут уступать друг другу место одновременно, даже при отсутствии промежутков между телами. Это очевидно из вихревых движений сплошных тел и из движений жидкостей. Возможно также и *уплотнение* тела не путем вхождения в пустоту, а вследствие вытеснения одного другим, например, при сдавливании воды из нее вытесняется воздух; возможно и *увеличение* не только за счет вхождения в тело чего-нибудь, но и путем *качественного изменения*, например, когда вода *превращается* в воздух.

Далее, если каждому из простых тел по природе присуще определенное стремление (например, огню вверх, земли вниз), то, очевидно, не пустота будет причиной такого стремления. При более тщательном рассмотрении для признающих пустоту как нечто необходимое, поскольку существует движение, получается скорее обратное: ни один предмет не может двигаться, если имеется пустота. Ведь подобно тому, как, по утверждению некоторых, Земля покоится вследствие одинаковости всех направлений, точно так же будет необходимо покоиться и пустоте, ибо нет оснований двигаться сюда больше, сюда меньше: это пустота и в ней нет различий.

Никто не сможет сказать, почему тело, приведенное в движение, где-нибудь остановится, ибо почему оно скорее остановится здесь, а не там? Следовательно, ему необходимо или покоиться, или двигаться до бесконечности, если только не помешает что-нибудь более сильное. Далее мы видим, что одно и то же тело перемещается быстрее по двум

причинам: или из-за различий в плотности среды, через которую оно проходит (воздух, вода), или из-за различия в тяжести тела. Тела, имеющие большую силу тяжести или легкости при условии одинаковости форм, скорее (по времени) пройдут равные пространства в том числовом отношении, в каком указанные величины находятся друг к другу. То же, следовательно, должно быть и при прохождении через пустоту. Но это невозможно: по какой причине они стали бы двигаться скорее? Следовательно, *в пустоте все тела будут иметь равную скорость*, что невозможно.

Существует *единая* материя для всего противоположного – теплого и холодного и т.д.; из существующего в *возможности* возникает сущее в *действительности*, материя не *отделима* от своих свойств, только по своему бытию она есть нечто *особое*; она одна и для цвета, и для тепла, и для холода, и для малого, и для большого. Последнее ясно из следующего: когда возникает воздух из воды, та же самая материя становится другим телом не путем присоединения чего-либо, а просто, что было в *возможности*, становится *действительностью*; и обратное превращение воды в воздух идет так же; один раз превращение идет из *малой* величины в *большую*, другой – из *большой* в *малую*. Теплым из холодного и холодным из теплого становится *одна и та же* материя; из теплого она может стать еще более теплой, причем тепло не возникает в материи – оно там всегда существовало в форме *возможности*.

Здесь уместно сравнение с *кривизной линии*, которая может быть меньшей или большей *для одной и той же* линии; чтобы получить *меньшую* кривизну линии из *большой*, для этого не понадобится другая линия; точно так же происходит и с материей. Добавим, что тяжелое и твердое кажется плотным, а противоположное им, легкое и мягкое, – *редким*. Что касается пустоты, то ее нет в *редком* – ни вообще, ни в частности.

После сказанного следует перейти к *времени*. Что время или совсем не существует, или едва существует, будучи чем-то неясным, можно предполагать на основании следующего. Одна его часть *была*, и ее уже нет, другая – только *будет*, и ее еще нет; из этих частей слагается и все *бесконечное* время, и каждый его *конечный* отрезок. То, что слагается из *несуществующего*, не может, как кажется, быть причастным к *существованию*. Не легко усмотреть, остается ли «теперь», которое разделяет прошедшее и будущее, всегда единым и тождественным или становится каждый раз другим.

Время не есть *движение*, но и не существует без него: когда нам кажется, что прошло какое-то время, вместе с тем происходит и какое-то движение. «Теперь» следует за движущимся предметом подобно тому, как время следует за движением. Время есть *число* перемещения, а

«теперь», как и перемещаемое, есть как бы *единица*, которая всякий раз прибавляется к числу. В некотором отношении «теперь» соответствует точке, так как точка и соединяет длину и разъединяет ее: она служит началом одного отрезка и концом другого.

Ясно также, что время не называется *быстрым* и *медленным*, а только *большим* и *малым*, *долгим* и *коротким*. Поскольку оно *непрерывно*, оно долгое и короткое, поскольку оно *число* – большое и малое, а быстрым и медленным не бывает, так как оно равномерно, повсюду *одно и то же*.

Так как время – *мера движения*, то оно будет и *мерой покоя*, ибо всякий покой проходит во времени. Не надо думать, что находящееся во времени так же необходимо движется: ведь время не есть движение, а только *число* движения; в числе же движения возможно быть и покоящемуся. А именно, покоится не всякое движение, а то, что, будучи по природе *способным* к движению, лишено его.

Книга 5. Все *изменяется* или 1) по совпадению, например, когда мы говорим «вот идет образование», так как идет человек, которому случилось быть образованным; или 2) вообще говорится об изменении вследствие нахождения чего-нибудь в предмете, например, когда мы говорим, имея в виду части предмета, что тело выздоравливает, потому что выздоравливает глаз или грудь, а они суть части тела; или, наконец, 3) само по себе и первично. То же относится и к *движению*: одно движется по совпадению, другое вследствие того, что в нем движет какая-нибудь часть, третье первично само по себе, например, врач исцеляет, а рука ударяет.

Если *категории* разделяются на *сущность*, *качество*, *место*, *время*, *отношение*, *количество*, *действие* и *страдание*, то должно существовать три типа движения: *движение качества*, *количества* и *относительно места*. Для категории *сущности* движения нет, так как нечто существующее ей не *противоположно*. Это же касается и категорий *времени* и *отношения*. Нет также движения ни для *действующего* и *претерпевающего*, ни для всего *движимого* и *движущегося*, так как нет движения движения, возникновения возникновения, вообще изменения изменения. Так как не существует движения ни *сущности*, ни *отношения*, ни *действия*, ни *претерпевания*, то остается только движение в отношении *качества*, *количества* и *места*, ибо в каждом из них имеется своя *противоположность*.

Книга 6. С помощью обычных рассуждений легко уяснить себе, что *пространственная величина* непрерывна, если *время* непрерывно, поскольку в половинное *время* проходит *половинный путь*, и вообще в

меньшее время – меньший путь, ибо одни и те же деления будут и для времени, и для длины. И если одно из них бесконечно, то будет бесконечно и другое; причем в каком смысле бесконечно одно, в точно таком же смысле будет и другое. Например, если время бесконечно в отношении *концов*, то и длина будет бесконечна в отношении *концов*; если время бесконечно в отношении *делимости*, то и длина в отношении *делимости*; если время бесконечно в обоих указанных отношениях, то в обоих будет бесконечна и величина.

Поэтому ошибочно рассуждал Зенон, когда сказал, что невозможно пройти *бесконечное* множество предметов, коснувшись каждого из них, в *конечное* время. Ведь *длина*, *время* и вообще все непрерывное называются бесконечными в двояком смысле: или в отношении *деления*, или в отношении *концов*. Бесконечного в количественном отношении нельзя коснуться в конечное время, а бесконечного в отношении деления – можно, так как само время бесконечно именно в таком смысле.

Зенон рассуждает неправильно и еще в одном случае. Он говорит, если тело покоится в момент, когда оно находится в равном себе месте, а перемещающееся тело в момент «теперь» находится именно в равном себе месте, то летящая стрела неподвижна. Но это неверно, потому что время не слагается из неделимых «теперь»; это касается и любой другой непрерывной величины.

Вообще существуют *четыре рассуждения Зенона о движении*, доставляющие большие затруднения тем, кто пытается их разрешить. *Первое* – «Дихотомия» – отрицает движение на том основании, что перемещающееся тело должно дойти сначала до половины прежде, чем до конца. Это рассуждение мы уже разобрали. Второе называется «Ахиллес и черепаха». Оно состоит в том, что самое медленное существо никогда не может быть настигнуто самым быстрым, ибо преследующему необходимо прежде придти в место, откуда уже двинулось убегающее, так что более медленное всегда должно будет на какое-то расстояние опережать преследующего. Это рассуждение отличается от предыдущего тем, что взятая величина делится не на две равные, а на различные части. Утверждение, что опережающее не может быть настигнуто, ошибочно: черепаха будет настигнута Ахиллесом, если Зенон допустит прохождение *ограниченного* расстояния. Третье затруднение касается летящей стрелы, которое мы тоже разобрали. <Четвертое затруднение, которое называется «Ристалище, или стадион», слишком громоздко и поэтому нами здесь не рассматривается>.

Книга 7. Все движущееся чем-нибудь приводится в движение. Если оно не имеет *начала движения* в самом себе, то оно, понятно, приводится чем-то другим. Непосредственно движущее – не в смысле «ради че-

го», а в смысле «начала движения» – существует вместе с движением; я говорю «вместе», потому что между ними нет посредника, общего и для *движимого* и для *движущего*. Так как существует три рода движения: в отношении *места*, в отношении *качества* и в отношении *количества*, то должны существовать и три рода движущего, а именно перемещающее, вызывающее качественное изменение и обуславливающее количественный рост и убыль. Если толкающее и тянущее тело находится вместе с толкаемым и притягиваемым, то ясно, что между *движимым* с места на место и *движущим* нет ничего в промежутке (хотя это вытекает и из *определения*). Нет ничего между изменяющимся и вызывающим *качественное* или *количественное* изменение.

Книга 8. Возникло ли когда-нибудь *движение*, не будучи раньше, и исчезнет ли оно снова так, что ничто не будет двигаться? Или оно не возникло и не исчезнет, но *всегда было* и *всегда будет*, непрекращающееся, существующее как некая жизнь для всего *естественно* образовавшегося?

Одни предметы приводятся в движение *неподвижным* и *вечным*, поэтому движутся всегда; другие же – *движущимся* и *изменчивым*, поэтому и сами должны изменяться. Если необходимо, чтобы движение продолжалось вечно, то это движение должно быть *первым* и *непрерывным*, поскольку именно *первый* двигатель (*перводвигатель*) сообщает такое движение, которое будет единым, постоянным, непрерывным и первым. А так как существуют три рода движений: движение в отношении *величины* (количественное), в отношении *состояния* (качественное) и в отношении *места*, которое мы называли *перемещением*, то именно этому третьему движению и необходимо быть первым.

Невозможно, чтобы *количественный* рост происходил без наличия предшествующего *качественного* изменения, так как растущее иногда увеличивается за счет однородного, иногда же за счет неоднородного (пища считается противоположным, присоединяющимся к противоположному, а все возникающее возникает, когда однородное присоединяется к однородному). Следовательно, необходимо, чтобы качественное изменение было переходом в противоположное. Но если происходит качественное изменение, должно существовать нечто изменяющее и делающее из *теплого* в *возможности* тепло в *действительности*. Таким образом, очевидно, что движущее ведет себя неодинаково, но иногда находится *ближе*, иногда *дальше* от качественно изменяемого. А это не может произойти без перемещения. Следовательно, если движение должно существовать нечто, то необходимо, чтобы и *перемещение* было всегда первым из движений.

Далее, начало всех *качественных* состояний есть *сгущение* и *разрежение*, так как *тяжелое* и *легкое*, *мягкое* и *твердое*, *теплое* и *холодное* являются по сути некоторого рода *сгущениями* и *разрежениями*. Сгущение же и разрежение есть *соединение* и *разделение*, в результате которых, как считают, происходит *возникновение* и *гибель* существ. А то, что соединяется и разъединяется, необходимо *изменяет место*. Но и *количественная* величина растущего и убывающего также *изменяет место*.

Всякое перемещение может быть или *круговым*, или *прямолинейным*, или *смешанным*; причем первые два будут *первичнее* последнего, ибо оно составлено из них. Круговое же движение *первичнее* прямолинейного, поскольку оно *проще* и *совершеннее*. Ведь по прямой нельзя перемещаться бесконечно (такой бесконечности и не существует, но если бы даже она и существовала, то все равно ничто не могло бы таким образом двигаться, так как бесконечную прямую преодолеть невозможно). Движение по конечной же прямой, когда тело возвращается назад, будет уже составлено из двух движений, когда тело не возвращается назад, будет несовершенным. А совершенное *первичнее* несовершенного и по *природе*, и по *определению*, и по *времени*.

Далее, то, что может быть *вечным*, первичнее того, что не может им быть. Движение по кругу может быть вечным; но никакое другое движение быть вечным не может, так как рано или поздно движение прекратится.

Вот и выходит, что именно *круговое* движение едино и непрерывно, а не прямолинейное. Круговое движение *первично*, оно является *мерой* для всех других движений и оно всегда *равномерно*. Движение по *прямой* всегда происходит *неравномерно*, ибо все движется быстрее, по мере того как удаляется от состояния покоя; только у кругового движения нет ни начала, ни конца в нем самом (они находятся вовне).

И вращающийся *шар* в некотором отношении *покоится*, а в некотором *движется*. Все это вытекает из свойства его центра: он и *начало*, и *середина*, и *конец*; так что из-за его расположения вне сферической поверхности невозможно остановиться вращению (сфера все время будет вращаться вокруг центра, не достигая конца движения). Вследствие этого и говорят, что сфера как целое *покоится*, но при этом поверхность ее постоянно движется.

Итак, о том, что движение вечно было и будет, и какое начало вечного движения, а затем какое движение является первым и какой вид движения только и может быть вечным, и что первый двигатель неподвижен – ибо всем этом сказано достаточно. Теперь скажем о том, что этот перводвигатель по необходимости не имеет частей и никакой *величины*.

Пусть A – движущее, B – движимое, Γ – бесконечное время. Пусть D будет двигать какую-нибудь часть B , например E . Разумеется, это произойдет в течение времени, не равном Γ , так как в большее время двигается большая величина; следовательно, это время Z небесконечно. Последовательно прибавляя все время к D какую-нибудь величину, я исчерпаю A , а прибавляя к E , исчерпаю B ; время же я не исчерпаю, отнимая всегда равную величину, так как оно бесконечно; таким образом, целое A будет приводить в движение все B за конечное время Γ . Следовательно, невозможно сообщить бесконечное движение с помощью конечной величины.

Перводвигатель неподвижен, он не может иметь *величины*, поскольку, если он будет иметь величину, то она должна быть либо конечной, либо бесконечной. То, что бесконечное не имеет величины, было доказано раньше, а то, что конечное не может обладать бесконечной силой и что конечное не может приводить что-либо в движение бесконечно долго, это доказано теперь. Таким образом, перводвигатель работает *непрерывно* в течение *бесконечного* времени; он не имеет *частей* и вообще не является какой-либо *величиной*.

Аристотель: «О возникновении и уничтожении»

Книга 1. Что касается *возникновения* и *уничтожения* тех вещей, которые по своей природе возникают и уничтожаются, то нужно одинаково для всех них разобрать причины и дать им определение; нужно, далее, выяснить, что такое *количественный* рост, и *убыль*, и *качественное* изменение и следует ли полагать, что природа их одна и та же. Из древних философов одни утверждают, что так называемое *простое возникновение* есть *качественное изменение*, другие же полагают, что возникновение отлично от качественного изменения. Тем (Фалес и его последователи), *кто заявляет*, что все *едино* и что все вещи возникают из *одного*, приходится называть *возникновение* *качественным изменением* и утверждать, что то, что в собственном смысле слова возникает, качественно изменяется. А те, кто полагает, что материя *множественна*, как, например, Эмпедокл, Анаксагор и Левкипп, признают, что это разные вещи.

Когда говорят, что начал много, а не одно, то этим делают качественное изменение невозможным. Ведь свойства, благодаря которым, как мы говорим, оно происходит, – это различие элементов. Я имею в виду теплое – холодное, белое – черное, сухое – влажное, мягкое – твердое и каждое из остальных. Поэтому, если невозможно из огня возникнуть воде, а из воды – земле, то из белого не произойдет черное, а из мягко-

го – твердое. Таким образом, ясно, что надо всегда предполагать у противоположностей *единую материю*, идет ли речь об изменении в отношении их *места*, о *количественном росте* и *убыли* или о *качественном изменении*. Причем эта материя существует так же необходимо, как и качественное изменение. Ведь если происходит качественное изменение, то субстрат выступает общей основой для всех свойств, переходящих друг в друга.

Проблема *возникновения* тесно связана с *делимостью* тел. Если *неделимые* величины существуют, то что они такое – тела, как думают Демокрит и Левкипп, или *плоскости*, как сказано в «Тимее». Мы уже говорили в другом месте, что бессмысленно доводить деление до плоскостей. Поэтому более обоснованным является утверждение о существовании неделимых тел. Но и это утверждение содержит множество несуразностей. С помощью атомов, как сказано выше, можно объяснить качественное изменение и возникновение в зависимости от изменения их *формы*, *поворота* или *положения*. Именно так считает Демокрит. Он говорит, что цвета как такового не существует, предмет окрашивается в зависимости от *поворота* атомов. Те же, кто доводит деление до плоскостей, делают всякое объяснение невозможным. Ведь при складывании плоскостей возникают лишь объемные фигуры, здесь нельзя получить какие-то свойства тел.

С *делимостью тел* связаны большие трудности. Предположим, что *тело повсюду делится* и оно действительно разделено. Что же от него в таком случае останется? Величина? Это невозможно, так как тогда осталось бы что-то неразделенное, тело же, как было сказано, делимо повсюду. Однако если не останется ни тела, ни величины, но будет существовать процедура деления, то тело должно состоять либо из одних точек и его составные части не будут иметь протяжения, либо оно вообще будет нечем, так что получится, что оно возникло и составлено из ничего; тело ведь нельзя будет характеризовать *количественно*. Как же выйти из этого сложного положения?

Разъединение и соединение существуют, но не разъединение на неделимые величины (*атомы*) и не соединение из неделимых величин – ведь здесь много несообразного, – и не таким образом, что деление происходит *повсюду* до бесконечности *<актуально>*, но разъединение существует *<потенциально>* на любое число частей, как, впрочем, и соединение. В том, что всякое воспринимаемое чувствами тело и *делимо* в любой точке и *неделимо*, нет ничего нелепого. Ведь в *возможности* оно делимо, а в *действительности* остается неразделенным. Таким образом, соединение и разъединение не определяются как *завершенное* возникновение и уничтожение, вопреки утверждениям некоторых. *Про-*

стое возникновение (уничтожение) не происходит через разъединение и соединение частей, но только через *целое*, когда тело *целиком переходит* из одного состояния в другое. Некоторые думают, что такое изменение является всегда *качественным*. Это не совсем так. Дело в том, что в основе всякого изменения нужно различать *акцидентальное* (свойства, нечто превходящее) и *субстанциальное* (сущностное). Если изменяется и *то и другое*, то имеет место именно *возникновение и уничтожение*; если же изменяются только *свойства*, т.е. нечто *приходящее*, то это называется *качественным изменением*.

Сделав такие различия, мы должны, прежде всего, рассмотреть, существует ли что-нибудь *полностью* возникающее и гибнущее, или на самом деле этого нет и всегда что-то возникает из чего-то, к примеру скажу я, из большого – здоровое или из здорового – большое, из малого – большое или из большого – малое и т.д. Ведь есть *простое* возникновение, нечто происходило бы из *просто* небытия, так что было бы правильно сказать, что некоторым вещам присуще *небытие*. Ведь *определенное* возникновение бывает из небытия в *определенном* смысле, например, из *небелого* или из *некрасивого*, а *простое* возникновение – из *простого* небытия.

«Простое» же означает либо *частное (акцидентальное)* в каждой категории *бытия*, либо *общее и всеобъемлющее (субстанциальное)*. В первом случае будет возникновение сущности из небытия. А чему не суждено быть ни сущностью, ни определенным предметом, тому, ясно, несвойственна ни одна из прочих категорий, таких как *качество, количество, место*, иначе *свойства* (акциденции) были бы отделимы от своих *сущностей* (субстанций). Если же «простое» означает то, что вообще не существует (*небытие*), то это есть общее отрицание всего, поэтому возникающее необходимо возникает из ничего.

Субстрат элементов есть материальная причина непрекращающегося возникновения, потому что он способен изменяться в *противоположное*, а у сущностей возникновение одного всегда есть уничтожение другого и уничтожение одного – возникновение другого; и здесь не следует спрашивать, почему так происходит. *Субстрат* есть одно, а *свойство*, естественно принадлежащее субстрату, – другое, и с каждым из них может происходить изменение. Здесь как раз и нужно отличать *возникновение* от *качественного изменения*. Изменение имеет место тогда, когда воспринимаемый чувствами субстрат, оставаясь тем же, меняется в своих свойствах. Материя – это прежде всего и в собственном смысле слова есть субстрат возникновения и уничтожения, однако в некотором смысле она субстрат и других видов изменения, потому что все субстраты способны принимать определенные противоположности.

Итак, когда изменение по направлению к противоположному отношению к *количеству*, тогда это будет называться *ростом* и *убылью*; когда к *свойству* – то это *изменение качества*; когда к *месту* – то это *перемещение*; когда же *не останется ничего*, что можно отнести либо к количеству, либо к качеству, либо к месту, то это уже будет *возникновением* одного и *уничтожением* другого.

Теперь остановимся более подробно на *количественном росте* (убыли), чем он отличается от *качественного изменения* и *возникновения* (уничтожения), как растет все растущее (убывает все убывающее). Каким должно быть то, за счет чего вещи растут? Ясно, что в возможности это то, что может расти, например, если речь идет о плоти, то *возможности* это мясо, а в *действительности* – нечто другое. Погибнув, это другое становится плотью, однако не оно *само по себе* становится плотью, но то, что растет благодаря ему, иначе было бы *возникновение*. А не *рост*.

Какое же воздействие приводит к росту? Не *смешение* ли наподобие того, как при добавлении воды к вину последнее обращает смесь в вино; или как огонь, охвативший дрова, превращает последние в пламя? Может быть именно так происходит рост *действительной* плоти, когда к ней добавляется нечто, что мы называем плотью в *возможности*? Стало быть, присоединяемое должно быть *вместе* с растущим, ибо если оно *обособлено*, то имели бы *возникновения*, а не рост. Когда мы подкладываем дрова в уже имеющийся огонь, здесь не происходит *возникновения* чего-то нового, а только *рост* существующего.

Далее, скажем о *материи* и о так называемых *элементах*: существуют ли они или нет, а если существуют, то вечны ли они или периодически возникают, а если возникают, то все ли одним способом друг из друга или одни из них первичнее других. Те, кто говорит о возникновении элементов (Анаксагор, Демокрит, Платон), и те, кто считает вещи состоящими из элементов (Эмпедокл) употребляют слова «разъединение», «соединение», «действовать», «претерпевать». Но *соединение* – это *смешение*, а как происходит смешение, не разъяснили. Изменяться же в *качестве*, разъединяться и соединяться <количественно> невозможно, если нет чего-то *действующего* и чего-то *претерпевающего*. А там, где имеет место действие и претерпевание, там должна лежать в основе единая *сущность*. Если начать рассматривать действие, претерпевание и смешения, то надо будет рассмотреть и *соприкасание*, ведь ни действовать, ни претерпевать вещи не могут без соприкасания. Поэтому нужно рассмотреть три вещи: *соприкасание*, *смешение* и *действие*. Начнем с первого.

Соприкасаются тела в том случае, если они имеют общую границу и если способны двигать и быть приведенными в движение. А так как движущее не всегда одинаковым образом приводит в движение движимое им, но в одних случаях нуждается и само в движущем, а в других остается неподвижным, то ясно, что так же обстоит дело с *действующим*. Ведь и о действующем говорят, что оно на что-то действует или что оно движет. Хотя здесь имеется различие.

В самом деле, не всякое движущее способно *действовать*, если только действующее понимать как противоположное претерпевающему. Вещи претерпевают, когда движение понимается как *свойство*. Свойство же – это то, в отношении чего происходит только *качественное изменение*, например белизна, тепло. Но приводить в движение – это нечто большее, чем просто действовать. Итак, *касающимися* называются две вещи, которые занимают определенные *места* и одна из которых (действующая) способна двигать, а другая (претерпевающая) – быть приводимой в движение.

Теперь надо сказать о том, что такое *действовать* и *претерпевать*. О действии и претерпевании следует рассуждать так же, как о *приводящем в движение* и *находящемся в движении*. Слово «двигать» можно понимать двояко: приводиться в движение может и то, *в чем* находится начало движения, и то, *на что* направлено движение. Действующее подобно врачу, и про вино мы говорим, что оно исцеляет. При этом ничто не мешает первому члену движения оставаться *неподвижным* (в некоторых случаях это даже необходимо, например, когда речь идет о перводвигателе Вселенной), но последнему члену движения всегда нужно *двигаться*. Если *действующее* не из одной и той же материи (*сущности*) с *претерпевающим*, то первое не испытывает движения, как, например, врачевание, способствуя исцелению, не испытывает никакого воздействия от исцеляемого; пища же (вино, например), воздействуя на живой организм, сама испытывает превращение.

Одни полагают, что всякое *воздействие* осуществляется благодаря наличию каких-то *пор*. Одни говорят, что именно таким образом мы видим, слышим и воспринимаем всеми остальными чувствами и что вещи видимы через воздух и воду, т.е. через прозрачные вещества, только благодаря этим порам, которые, хотя и часты, сами невидимы из-за своей малости, причем чем их больше, тем они более прозрачны. Некоторые же, как, например, Эмпедокл, относят это не только к действующим и претерпевающим вещам, но и к *смешивающимся* веществам, поры которых соответственно подходят друг другу.

Наиболее *последовательное* объяснение всех вещей на основе единого учения дали Левкипп и Демокрит. Более подробное рассмотрение

того, что происходит с неделимыми телами (атомами), мы сейчас оставим в стороне, скажем только в виде небольшого отступления, что каждое неделимое тело не *подвержено воздействию* (ведь испытывать воздействие модно лишь через пустоту) и не *способно оказывать воздействие* (ведь атом не может быть ни *холодным*, ни *твердым* сам по себе, как некая фигура). Нелепо также приписывать тепло одной лишь *шаровидной фигуре*; ведь тогда необходимо, чтобы его противоположность – *холод* – относилась к какой-то другой фигуре.

Далее, нелепо, чтобы эти свойства – *тепло* и *холод* – были *присущи* атомам, а *тяжесть* и *легкость*, *твердость* и *мягкость* – нет. Демокрит, правда, в отличие от Левкиппа, утверждает, что чем больше атом, тем он тяжелее, а значит, и теплее. Если они таковы, то они не смогут воздействовать друг на друга, в частности, *горячее* на *теплое*. Предположим, имеется *твердый* атом, значит, существует и *мягкий* атом. Ведь *мягкое* называется так именно потому, что имеется какое-то *воздействие*, ибо *мягкое* проявляется как *податливое*. Нелепо также, чтобы атомам ничего, кроме фигуры, не было *присуще*, а если и *присуще*, то лишь что-то одно, например, одному *холод*, другому *тепло*. В равной степени невозможно и то, чтобы один атом обладал сразу несколькими противоположными свойствами: невозможно представить себе атом, который одновременно и *холодный* и *горячий*.

Далее, нелепо также, чтобы *малые* атомы существовали, а *большие* нет. Конечно, большие тела скорее ломаются, чем малые, так как чаще испытывают на себе удары. Однако почему атомарность (неделимость) в целом проявляется только в малом? И еще: одна ли природа у всех этих тел или одни от других отличаются тем, что одни имеют, например, нечто *огненное* в своем протяжении, другие – нечто *землистое*? Если у них всех одна сущность, то что их обособило (разделило)? Или почему они при соприкосновении не становятся чем-то одним, как вода, когда она встречается с водой же? Чем последний случай отличается от предыдущего? Если они различны, то в чем это различие? Ясно, что если имеется такое различие, то именно его надо принимать за начало, а не фигуры. Если бы они действительно различались, то действовали и испытывали воздействие при встрече друг с другом. А что приводит их в движение? Если нечто отличное от них, то они будут подвержены воздействию, а если каждый атом движется сам по себе, то внутри себя он должен быть *делим*, так как всегда есть нечто *движущее* и нечто *движимое*.

Для тех, кто говорит, что воздействие происходит из-за наличия каких-то там *пор*, сообщаем, что эти поры совершенно ни при чем, так как любое воздействие может происходить и при заполненных порах (поры – это геометрия, а она, как уже выяснилось, не играет большой

роли при взаимодействиях). Далее, как можно видеть сквозь тела при тех условиях, про которые они говорят? При соприкосании поры окажутся заполненными и прозрачными, о которой они говорят, не будет. Чем такое тело будет тогда отличаться от тела, не имеющего пор? В общем, признавать поры излишне: если нет никакого взаимодействия через соприкосание, то и через поры оно не произойдет; если же взаимодействие существует, то оно произойдет и в отсутствии пор. Смешно выдумывать какие-то там поры, когда признана повсюду делимость.

Добавим еще вот что: если величина не повсюду делима и существуют атомы или плоскости, то не может быть и тела, *полностью подверженному воздействию, и непрерывного* тела. А если это неверно и всякое тело повсюду делимо, то нет разницы в том, как говорить: «быть разделенным» или «быть делимым». Мы видим, как одно и то же тело, будучи *непрерывным*, может стать и *жидким* и *твердым*, и все это происходит не из-за разделения и соединения, не из-за поворотов и не из-за соприкосания каких-то атомов, как утверждает Демокрит, а из-за *качественного изменения* в результате *взаимодействия*, которое происходит сразу во всем теле.

Нам остается, применяя тот же способ исследования, рассмотреть *смешение*. Мы не говорим, что дрова *смешались* с огнем, но говорим: *огонь возникает*, а дрова *уничтожаются*. Равным образом, мы не говорим же, что пища *смешивается* с телом или что форма *смешивается* с воском, придавая ему определенные очертания. Мы также не говорим, что тело *смешивается* с белизной или что свойства и состояния могут *смешиваться* с вещами. Ошибаются те (Анаксагор, например), кто утверждает, что когда-то все вещи были *вместе, смешаны*. Ведь не любая же вещь может быть смешана с любой.

Одни вещи, как было уже сказано, способны *действовать*, другие – *претерпевать*. При этом одни, у которых материя одна и та же, способны взаимодействовать, другие, у которых материя не одна и та же, действуют односторонне. В последнем случае смешения не получается, в частности, врачебное искусство нельзя просто перемешать с организмом, чтобы сделать его здоровым.

Среди тел, способных взаимодействовать и претерпевать, некоторые легко делимы, и когда большое количество одного из них соединяется с малым количеством другого, то это вызывает не смешение, а рост преобладающего вещества. Так, например, капля вина не смешивается с десятью тысячами капель вина, а теряя форму, целиком превращается в воду. Если же их количества сопоставимы, то они изменяют свою сущность в сторону преобладающего количества, становясь не каким-то совершенно другим веществом, а чем-то средним и общим. Ясно также,

что смешиваться могут только те вещества, которые содержат в себе противоположности.

Книга 2. Итак, мы сказали, каким образом телам, изменчивым по природе, присущи смешение, касание, действие, претерпевание, а также с чем, как и по какой причине происходит простое возникновение и простое уничтожение. Говорили также о количественном росте и убыли, о том, что значит изменяться в качестве и чем оно отличается от возникновения и уничтожения. Остается рассмотреть так называемые *элементы тел*.

Мы утверждаем, что существует некая *материя воспринимаемых* чувствами тел, но она не существует отдельно от них, и ей всегда сопутствуют *противоположности*, а из противоположностей выделяются и так называемые *элементы*. Поэтому *началом* следует считать, прежде всего, *воспринимаемое чувством материальное, тело в возможности*, затем – *противоположности*, например, теплое и холодное, а уж последними – огонь, воду и прочее, т.е. *элементы*. Так как мы исследуем начала воспринимаемого чувствами *осязаемого* тела, а осязаемое – это такое тело, которое мы воспринимаем через *прикосновение*, то очевидно, что не все противоположности тела составляют его исходную *основу*, а лишь те, которые связаны с *касанием*. Противоположности по прикосновению следующие: теплое – холодное, сухое – влажное, вязкое – хрупкое, шероховатое – гладкое, грубое – тонкое. Однако три последних пары свойств могут быть сведены к первым двум, так что существуют только четыре основных свойства: *теплое, холодное, сухое и влажное*.

Итак, поскольку имеются четыре основных свойства и между ними возможны шесть сочетаний, противоположности же по природе своей не соединяются попарно (ведь одно и то же не может быть теплым и холодным или сухим и влажным), то ясно, что могут существовать четыре сочетания основных свойств – *теплого и сухого, горячего и влажного, холодного и влажного, холодного и сухого*. Разум подсказывает, что эти сочетания сообразны с телами, которые кажутся простыми, т.е. *огнем, воздухом, водой и землей*. Ведь огонь горяч и сух, воздух тепел и влажен (воздух похож на испарение), вода холодна и влажна, земля холодна и суха, так что различия надлежащим образом распределены между первичными телами и число их соответствующее.

Так как мы раньше установили, что *простые тела возникают друг из друга*, а вместе с тем и наши *чувства* показывают, что они так возникают (иначе не было бы *качественного изменения*, ведь качественное изменение имеет место в отношении свойств осязаемых вещей), то надо

сказать, как происходит их *превращение друг в друга* и может ли каждое из них возникнуть из каждого, или одни могут, а другие нет.

Ясно, что *всем элементам по природе свойственно превращаться друг в друга*. Ведь *возникновение есть переход в противоположное из противоположного*. Элементы же все друг другу противоположны, потому что их различия суть противоположности. У одних элементов оба свойства противоположны, например у огня и воды (один элемент сух и горяч, другой – влажен и холоден), у других – только одно, как, например, у воздуха и воды (первый влажен и тепел, второй влажен и холоден). Поэтому ясно, что в общем каждому из них свойственно от природы возникать из каждого. И нетрудно увидеть, как это происходит в каждом отдельном случае. Все будет возникать из всего, но возникновение их будет различаться степенью – *быстроты и медленности, легкости и трудности*.

Изменение одного в другое происходит *быстро* там, где имеется совпадение некоторых свойств, там же, где этого нет, оно бывает *медленным*, потому что одному свойству легче измениться, чем многим. Так, например, если в огне изменится одно свойство, то будет воздух (ведь огонь, как мы сказали, горяч и сух, а воздух тепел и влажен, так что, если влажное берет верх над сухим, то получится воздух), а из воздуха получится вода, если холод возьмет верх над теплом (ведь воздух, как мы видели, тепел и влажен, а вода холодна и влажна, так что если изменится теплее, то получится вода). Тем же путем из воды получается земля, а из земли – огонь. Ведь и у тех, и у других имеются совпадающие свойства: вода влажна и холодна, земля холодна и суха. Поэтому, если влажное будет преодолено, получится земля. А так как огонь сух и горяч, земля холодна и суха, то если холодное уничтожится, из земли получится огонь.

Поэтому ясно, что *возникновение у простых тел происходит по кругу* и что подобный способ изменения самый *легкий*, потому что у следующих друг за другом элементов имеются совпадающие свойства. Вода может возникнуть из огня, а земля – из воздуха, равно как и воздух и огонь – из воды и земли, но это более *трудно* из-за одновременного изменения нескольких свойств. Ведь если из воды возникнет огонь, то неизбежно исчезнут холодное и влажное, а если из земли – воздух, то неизбежно исчезнут и холодное, и сухое. Точно так же, если из огня и воздуха возникают вода и земля, то с необходимостью изменятся оба свойства. Такое возникновение требует больше времени. Если же у каждого из двух элементов уничтожится по одному свойству, то переход совершится легче, но это не будет последовательный переход – из огня и воды получатся земля и воздух, а из воздуха и земли – огонь и вода. Ведь

когда вода лишится холода, а огонь сухости, то получится воздух (от одного останется теплое, а от другого – влажное), а когда огонь потеряет тепло, а вода влагу, то получится земля, потому что от одного останется сухость, от другого – холод. Подобным путем возникают огонь и вода из воздуха и земли: когда воздух лишится тепла, а земля сухости, то возникнет вода (ведь от одного останется влага, а от другого – холод), когда же воздух лишится влаги, а земля – холода, то получится огонь, потому что от первого останется тепло, а от второй сухость, а они, как мы видели, суть свойства огня. То, что огонь возникает именно так, подтверждается показаниями чувств: ведь огонь – это чаще всего пламя, пламя же – это горящий дым, дым же состоит из воздуха и земли.

Но если в каждом из двух элементов, которые возникают друг из друга, устранить одно свойство, то не может быть перехода в какое-либо простое тело, потому что в обоих останется либо одно и то же свойство, либо противоположные, а простое тело не может возникнуть ни из того, ни из другого. Например, если огонь лишится сухости, а воздух влаги, то в обоих останется тепло, а если оба лишатся тепла, то останутся противоположности – сухость и влажность. Так же обстоит дело и в других случаях: во всех элементах, последовательно возникающих друг из друга, присутствуют одно тождественное и одно противоположное свойство. Очевидно, что при переходе одного элемента в другой исчезает одно какое-то свойство, а при переходе двух элементов, когда возникает третий, исчезает большее число свойств. Итак, нами сказано, что все элементы возникают из всех, и о том, как они переходят друг в друга.

Такие, как Эмпедокл, говорят, что элементов тел больше, чем один, и что они не превращаются друг в друга. Удивительно, как они могут утверждать, что элементы сопоставимы друг с другом. Однако Эмпедокл именно так и говорит: «Все они равны». Если их сопоставлять по количеству, то все сопоставляемые элементы должны содержать то, чем они измеряются. Например, если из одной чаши воды получится десять чаш воздуха, то у обоих было нечто общее, поскольку они измеряются одной и той же мерой. Если же они не сопоставимы по количеству в том смысле, что из такого-то количества одного получилось такое-то количество другого, а сопоставимы по тому, насколько они способны действовать (например, если чаша воды может произвести такое же охлаждающее действие, как и десять чаш воздуха), то в этом случае они сопоставляются по количеству, хотя не как количество, а насколько они способны действовать.

Интенсивность, пожалуй, можно сопоставлять, не измеряя ее количества, а устанавливая соответствие: например, эта вещь столь же горяча, как та бела. Но когда речь идет о качестве, то слова «как та вещь»

означают подобие вещей, а не их равенство по количественному признаку. Если простые тела не превращаются друг в друга, как считает Эмпедокл, то кажется нелепым сопоставление их не только по соответствию, но и по измерению их интенсивностей, т.е. что такое-то количество огня во столько-то раз больше воздуха, потому что они равным или сходным образом горячи. Ведь если одна и та же вещь стала больше по величине, то соотношение ее с сопоставимой вещью соответственно увеличится ввиду их однородности.

Согласно Эмпедоклу, даже рост возможен только при помощи прибавления. Ведь огонь, по его мнению, возрастает от огня: «Тело земли – из земли, из эфира – эфир вырастает». А это и есть прибавление. Однако растущее растет, по-видимому, иначе. И намного труднее ему объяснить естественное возникновение. Ведь порождаемое природой возникает или всегда, или большей частью одинаковым образом, а то, что отклоняется от этого, всегда или большей частью самопроизвольно или случайно.

Какова *причина* того, что от человека всегда или большей частью рождается человек, а от пшеницы пшеница, а не маслина? Почему именно так составлена кость? Ведь из случайных сочетаний элементов ничего не возникает, но, как он сам утверждает, все возникает в определенном соотношении. В чем причина этого? Это, конечно, не огонь или земля. Но и не *любовь*, и не *вражда*, потому что *любовь* – причина только соединения, а *вражда* – разъединения. *Причина* же этого – *сущность* вещи, а не только смешение и разделение смешанного.

Так же и о *движении* говорит он упрощенно. Ведь недостаточно сказать, что *любовь* и *вражда* приводят в движение, если не указать, что *любви* свойственно двигать таким-то образом, а *вражде* таким-то. Нужно было либо *определить* это, либо *предположить*, либо же доказать это точно или приблизительно, или как-то еще иначе.

Нелепо также думать, что *душа* состоит из элементов или есть один из них. Ведь каким тогда образом будут присущи ей разные свойства? Например, образованность, память или забывчивость? Ведь если душа – огонь, то ясно, что ей будут присущи те же свойства, что и огню, в той мере, в какой она является огнем. Если же душа состоит из смеси элементов, то ей присущи телесные свойства. Однако на самом деле никакие свойства души не телесны. Впрочем, это предмет другого исследования.

Все смешанные тела, которые находятся в средней части Вселенной, состоят из всех простых тел. Так, земля содержится во всех, потому что каждое простое тело находится прежде всего и больше всего в свойственном ему месте, а вода – потому что составное должно иметь границы, а из простых тел только она легко поддается ограничению. К тому же земля не может быть без влаги (влага ее связывает).

Так как некоторые вещи возникают и уничтожаются, а возникновение происходит в средней области Вселенной, то нужно сказать и о том, сколько имеется начал для всякого возникновения, и о том, каковы они. Число и род начал те же, что и у начал вечных и первичных: одно существует как *материя*, другое – как *форма*. Должно быть в наличии еще и третье начало; им является *движение*. Так как движение в отношении места, как мы уже сказали, вечно, то и *возникновение* необходимо должно быть *непрерывным*. Приближая и удаляя порождающую силу, перемещение сделает возникновение безостановочным. Вместе с тем очевидно правильность и прежнего нашего утверждения о том, что не *возникновение*, а *перемещение* есть первый род изменения. Ведь имеется гораздо больше смысла в том, что именно *бытие* есть причина возникновения *небытия*, чем наоборот. *Перемещаемое* существует, а *возникающее* нет, поэтому перемещение первичнее возникновения.

Как уже говорилось, *возникновение* и *уничтожение* всегда будут происходить *непрерывно* и никогда не прекратятся. В этом заключен глубокий смысл, ибо мы утверждаем, что *во всем природа всегда стремится к лучшему*. «Быть» лучше, чем «не быть» (сколько значений имеет слово «бытие» – сказано в другом месте), однако бытие не присуще всем вещам из-за их удаленности от начала. Поэтому *Бог* завершил мировое целое тем способом, который оставался: он сделал возникновение безостановочным. Ведь именно так бытие больше всего может быть продолжено, потому что постоянное возникновение ближе всего к вечной сущности. Причина этого, как мы уже не раз говорили, – *перемещение по кругу*, ибо единственно оно непрерывно. Поэтому ему подражают и прочие вещи, которые превращаются друг в друга согласно своим свойствам и возможностям, например *элементы*. В самом деле, всякий раз, когда из воды возникает воздух, из воздуха – огонь, а из огня – снова вода, мы говорим, что *возникновение совершило свой круг*, потому что вернулось к исходной точке. Поэтому прямолинейное перемещение, подражающее круговому, также становится *непрерывным*.

После этого понятен и вопрос, который у некоторых вызывает затруднение: так как всякий элемент стремится в свое собственное место, то почему тела не разместились за бесконечно долгое время как им надлежало разместиться и не остановились? Причина этого в том, что они *переходят друг в друга*: Если бы каждое из них пребывало в своем месте и не менялось под влиянием соседнего, то они уже давно бы разделились. Но они меняются из-за двоякого движения (перемещения места и смены своего качественного состояния), и эти изменения не позволяют ни одному из них оставаться в своем надлежащем месте.

ЧАСТЬ II.

СРЕДНЕВЕКОВЬЕ

Арабское средневековье

*Сфера философии вращается вокруг
вопросов «откуда?» и «каким образом?»
аль-Фараби*

*Мы воспринимаем только одновремен-
ность, а не причинность. Причинность
есть не что иное, как воля Бога,
заставляющая два явления
обыкновенно следовать одно за другим.
аль-Газали*

В средневековье арабский Восток первоначально был хранителем античных традиций, а Запад – котлом, где в великих переселениях и завоеваниях создавались современные нации и те центры образования и науки, которые усваивали, хранили и перерабатывали античное наследство, продвигая дальше все более точное отображение мира.

К возникновению того, что принято называть *арабской культурой*, прямое отношение имеет разрушение сложившейся за предыдущее тысячелетие самой прогрессивной на тот период *греческой античной системы образования и науки*. Начато оно было римским императором Юстинианом в 529 году введением запрета на преподавание греческой философии во всех подвластных Восточной Римской империи (Византии) городах, в том числе закрытием Платоновской академии в Афинах. Отвергнутые и запрещенные ученые переселяются в Персию (Иран), где при дворе царя Хосрова I возникают первые зачатки будущей арабской научной мысли. Здесь появляются первые переводы античных авторов сначала на сирийский (арамейский), а затем и арабский языки.

Невосполнимый урон всей будущей арабской и современной западной культуре нанес халиф Омар I, разрушивший в 640 году Александрийскую библиотеку. В течение VII–XII вв. арабская экспансия

распространилась на Иран, Египет, Сирию, Индию и Месопотамию, образуя в результате громадное государство – Халифат, от Гибралтара до Инда, включая весь север Африки, Аравию, Палестину, Сирию, Иран, Среднюю Азию и северо-западную Индию, а чуть позже и юг Пиренейского полуострова.

Научными центрами, иногда их называют даже университетами, арабского Халифата в разные столетия средневековья были города Кордова (с 755 г.) в Испании, Багдад (с 795 г.) в Ираке, Каир (с 972 г.) в Египте, Дамаск в Сирии, Самарканд, Бухара, Исфахан в Средней Азии, Газни в Афганистане, Марага в Азербайджане.

Виднейшими представителями пятисотлетнего средневекового периода арабской науки явились *Джабир-ибн-Хайян (Гебер) (721–815)*, *Мухаммед аль-Хорезми (IX в.)*, *Абу ар-Рази (865–925)*, *Абу-Наср Мухаммед аль-Фараби (ок.870–ок.950)*, *Ибн аль-Хайсам (Алхазен) (ок.965–1039)*, *Абу-ар-Рейхан Ибн Ахмед (по прозвищу аль-Бируни) (973–1048)*, *Хусейн Абу-Али Ибн Сина (Авиценна) (980–1037)*, *Омар Хайям (ок.1048–после 1122)*, *Абу Хамид Мухаммад Ибн Мухаммед аль-Газали (1059–1111)*, *Аверроэс (по прозвищу Ибн Рушд-Толкователь) (1126–1198)*, *Мухаммед Улугбек (1394–1449)*.

МУХАММЕД АЛЬ-ХОРЕЗМИ

*Жизнь коротка,
но слава может быть вечной.*

Цицерон

Мухаммед бен Муса аль-Хорезми (787–850), великий математик, астроном и географ родился в Хивах в семье состоятельного торговца. Начальное и среднее образование получил в Хорезме, а затем в Мерве и Багдаде. Сведений о жизни аль-Хорезми почти не сохранилось, но дошло до нас, что в Багдаде при халифе аль-Мамуне он играл важную роль в «Байт ул-Хикма» («Дом мудрости») – первой на Востоке академии с огромным хранилищем рукописей и книг.

В первой половине IX века аль-Хорезми создает математический трактат «Китаб аль-джебр валь-мукабала» («Книгу о восстановлении и противопоставлении»), которая обессмертила его профессиональную деятельность и его имя, так как впоследствии в латинских переводах использованный им прием восстановления *аль-джебр* при решении уравнений первой и второй степеней превратился в общепринятый термин *алгебра*, означающий особый раздел математики, отличный от арифметики, а имя аль-Хорезми в латинской транслитерации Algorithm-

mus превратилось в термин *алгоритм*, что первоначально означало всю систему десятичной позиционной арифметики. Впоследствии термин алгоритм стал пониматься в математике как правило выполнения операций в определенном порядке (последовательности).

У аль-Хорезми слова *аль-джебр* и *валь-мукабала*, стоящие в заглавии его трактата, означали две простейшие операции при решении уравнений, содержащие неизвестные, их квадраты и свободные члены. Аль-Хорезми называет неизвестное *корнем*, а при решении различных видов уравнений предлагает переносить отрицательные члены уравнений из одной части уравнений в другую, называя это восстановлением (*аль-джебр*), тогда как вычитание равных членов из обеих частей уравнения при этом он называет противопоставлением (*валь-мукабала*).

В трактате аль-Хорезми все математические выражения и все промежуточные действия при решении уравнений записаны словами, вот почему алгебру того времени и более поздних времен называли риторической, т.е. словесной. В отличие от греков, которые решали до него простые и квадратные уравнения только геометрическим путем, аль-Хорезми использует геометрические построения лишь для пояснения справедливости своего риторического решения.

Суть геометрического метода состояла в сравнении площадей, являющихся геометрическим соответствием членов уравнения. Поясним это на примере решения квадратного уравнения $xx + ax = b$. Вообразим квадрат со стороной $x + a/2$, так что его площадь S равна

$$S = xx + (a/2)(a/2) + 2x(a/2) = (xx + ax) + (a/2)(a/2).$$

Но по условию задачи $xx + ax = b$, значит $S = b + (a/2)(a/2)$, а с другой стороны, $S = (x + a/2)(x + a/2)$. Таким образом, приравняв правые части, получаем, что $(x + a/2)(x + a/2) = b + (a/2)(a/2)$, и отсюда находим искомый корень $x = -(a/2) + \sqrt{b + (a/2)(a/2)}$, где *sqrt* обозначает операцию извлечения квадратного корня, и здесь же учтено, что во времена аль-Хорезми не были еще известны отрицательные числа, а потому перед *sqrt* стоит только знак *плюс* (знак *минус* введет Франсуа Виет в 1591 году).

Это был колоссальный шаг вперед в развитии математики, шаг от геометрической алгебры через риторическую алгебру (правда, длиной в семь с лишним веков) к алгебре символической, алгебре Виета и Ньютона. В своем арифметическом трактате «О числах и действиях над ними» аль-Хорезми, в основном, следовал индийско-арабским образцам счета, и именно через него европейцы познакомились с индийским методом записи чисел, включающим употребление нуля и позиционное значение цифр. В алгебраическом же трактате аль-Хорезми превзошел как индийских, так и греческих математиков. Интересно следующее его замечание о практическом использовании математики: «*Я составил*

краткую книгу об исчислении аль-джебр и аль-мукабалы, заключающую в себе простые и сложные вопросы арифметики, ибо это необходимо людям при делении наследства, составлении завещаний, разделе имущества и в судебных делах, в торговле и всевозможных сделках, а также при измерении земель, проведении каналов, в геометрии и прочих разновидностях подобных дел.

В 840–845 гг. по поручению халифа аль-Мамуна аль-Хорезми создал «*Китаб сураат алард*» («*Книгу картины Земли*» или, другое название «*Изображение Земли*») – первый географический трактат на арабском языке и единственный из его трудов, дошедший до наших дней в рукописи. В трех частях этого великого труда содержатся таблицы городов, таблицы гор, описания расположения морей, островов и рек, карта Нила, карта береговых линий, карта Азовского моря и др. карты. Помимо этого приведены географические координаты 2402 географических объектов, что дало возможность известному русскому востоковеду И. Крачковскому написать: «Следует признать, что ни один европейский народ на первых шагах своего развития не в состоянии похвалиться произведением, которое можно было бы сравнить с этим древнейшим памятником арабской географии».

Умер аль-Хорезми в преклонном возрасте, подарив человечеству также не упомянутые ранее книги «*Зижд*» – астрономические таблицы, «*Книгу о построении астролябии*», «*Книгу о действиях с астролябией*» и «*Книгу о солнечных часах*».

ИБН СИНА (АВИЦЕННА)

Жить – значит мыслить

Цицерон

Авиценна (Хусейн Абу-Али Ибн Сина) (980–1037), гениальный таджикский (по другим сведениям – персидский) энциклопедист, автор нескольких сотен (точное число их не известно) научных трудов, в том числе по медицине (он был практикующим врачом и это было главным его делом), физике, алхимии, музыке, математике, философии, психологии, астрономии, языкознанию и др. наукам, родился в селении Авшана близ Бухары в семье сборщика налогов.

Начальное образование маленький Хусейн получил от отца, а с 5 до 10 лет посещал мусульманскую школу – мектеб в Бухаре, где в совершенстве овладел Кораном (зная наизусть все его суры), грамматикой, стилистикой, поэтикой. Арифметикой, алгеброй, логикой, евклидовой геометрией, птолемеевой астрономией Хусейн занимался с 10 лет под

руководством известного философа аль-Натали, а также других учителей, которых вскоре всех превзошел, после чего до 18 лет занимался самообразованием, а после уже научным творчеством.

Медициной, согласно сложившейся на среднем Востоке традиции, Хусейн занялся в возрасте 12 лет. Чтобы узнать строение человеческого тела, он всегда, когда возникала возможность, обследовал трупы, оставшиеся после сражений (ислам запрещает вскрывать тело умершего человека). *«Затем я пристрастился к науке врачевания – писал он в автобиографии, – и стал читать книги, посвященные ей. А медицинская наука не из трудных наук, и, конечно, я преуспел в ней в кратчайшее время, что известные врачи того времени стали приходить ко мне за советом. Посещал я и больных, и в результате достигнутого мною опыта открылись передо мной такие врата исцеления, что это не поддается описанию. А было мне в это время шестнадцать лет».*

Широко известен факт о лечении Ибн Синой тяжело заболевшего бухарского эмира Мансура, который в знак благодарности за свое излечение, разрешил Ибн Сине пользоваться знаменитым бухарским книгохранилищем Семанидов – династии, утвердившейся на троне после завоевания Ирана арабами. Там он совершенствовался в вопросах исламского права, медицине и метафизике, считавшейся тогда основным разделом философии. Возможно, именно в это время у Ибн Сины зародилась мысль создать энциклопедический труд по медицине, где можно было бы найти название болезни со всеми её признаками, а также указание на то, отчего она возникает и как её можно лечить. Так началась подготовка материала для будущего «Канона медицины» (имеет также название «Канон врачебной науки»), над которым Ибн Сина работал долгие годы. В период с 1002 по 1024 годы он подвергся преследованиям со стороны турецкого султана Махмуда Газневида, желавшего заполучить ко своему двору многих прославленных ученых и в том числе Ибн Сину, с чем последний никак не хотел согласиться. Так, где-то в 1010–1012 г. Ибн Сина покидает Хорезм и попадает сначала в Гурган, феодальное княжество на юго-восточном побережье Каспийского моря, затем в 1014 г. в города восточного Ирана Рей и Казвин, а с 1015 по 1024 гг. пребывает в Хамадане на востоке Ирана при дворе эмира Шамс ад-Даула. В Гургане он познакомился с Абу аль-Джуджани, который стал его верным учеником и биографом, сопутствовавшим ему до конца его жизни. В Хамадане его научная и врачебная деятельность успешно сочетается с весьма активным участием в политических и государственных делах эмирата в качестве визиря. В этот период он начал работу над многотомной философской энциклопедией «Книга исцеления». После смерти Шамс ад-Дауда Ибн Сина вынужден был перебраться в Исфахан ко двору Ала ад-Даула, где с 1024 года до конца жизни провел свои

наиболее плодотворные годы. В эти годы он написал или завершил свои основные многотомные энциклопедические естественнонаучные, философские и медицинские труды – «Книгу исцеления» (в сокращенном изложении – «Книга спасения» и «Книга знания»), из которых последняя написана на родном ему языке фарси), «Книгу указаний и наставлений» и «Канон врачебной науки» (в 5-ти частях).

Свои книги Ибн Сина в основном писал по ночам, поскольку все дни напролет он был занят при дворе халифа – либо лечил, либо выполнял административные обязанности. Интересно, со слов его биографа Абу аль-Джуджани, что писал Ибн Сина исключительно при музыкальном сопровождении. Научная работа не прекращалась никогда, где бы ни оказывался Ибн Сина, даже в тюрьме, куда он попадал не раз, ученый продолжал мыслить. Объем проделанной мыслителем работы не подвластен простому смертному, его работоспособность не знала границ.

Ибн Сина отличался феноменальной памятью и остротой мысли. Возможно только раз в жизни он испытал затруднения в понимании научного труда при штудировании Аристотелевой «Метафизики»: «Замысел сей книги оказался столь неясен, что она была вот уже сорок раз как прочитана и запомнилась мне наизусть, а я все равно не мог уразуметь её назначения. Отчаявшись, я сказал себе: вот книга, к постижению которой нет единого пути». Но помог случай при покупке одной философской книги. «Покупаю, – вспоминает он, – и оказывается, что это сочинение Абу-Насра аль-Фараби о целях книги «Метафизика». Вернувшись домой, я тотчас принялся за чтение, и предо мной разом раскрылись цели этой книги, ведь она еще прежде мне запомнилась наизусть». Книги он не читал в привычном понимании, а перелистывал, задерживая внимание только на тех страницах, где разбирались наиболее трудные вопросы.

В созданных им трудах нашли отражение все интересовавшие Ибн Сину науки – логика, психология, астрономия, физика, арифметика, геометрия, алхимия, метафизика, философия Аристотеля и неоплатоников и, конечно, физиология и медицина.

Энциклопедическая «Книга исцеления», в основном философский труд, содержит раздел «Физика», где, в частности, он исследовал вопросы природы движения, силы, пустого пространства и геометрической оптики. Так, объясняя явления света истечением материальных частиц, Авиценна считал скорость света очень большой, но конечной, расходясь в этом отношении с Аристотелем и большинством его последователей, полагававших, что свет мгновенно распространяется в прозрачной среде. Признавая наличие в мире нематериальной божественной субстанции, Авиценна в то же время утверждал вечность и неуничтожимость материи.

Великий Авиценна, знаток химии, медицины, лекарств и многого другого, широко применял во врачебной практике разнообразные химические вещества и вместе с предшественниками создал основы рациональной фармации, но в противовес им категорически отрицал возможность трансмутации (превращения) металлов.

Главным медицинским трудом Ибн Сины, принесшим ему поистине мировую славу и латинизированное имя Авиценна, является *«Канон врачебной науки»*, ставший известным в Европе с XII века под названием *«Canon medicine»* во множестве рукописей, а в печатном виде с 1473 года. В течение многих веков, соперничая по числу изданий только с Библией (16 изданий за последние 27 лет XV века), Канон служил основным учебным пособием в европейских университетах. В нем содержались в изобилии идеи, получившие признание и развитие лишь много веков спустя. К ним относятся такие, как необходимость внедрения экспериментального метода в патологию и фармацию, утверждение естественнонаучной сущности медицины как области научной и практической деятельности, идеи связи медицины с химией, взаимосвязи организма с окружающей средой и роли этой среды в патологии, неразрывной связи психического и телесного, провидческое предположение Авиценны о невидимых существах, возбудителях «лихорадочных» (инфекционных) заболеваний, передающихся при посредстве воздуха, воды и почвы и др.

Умер Ибн Сина в 1037 году в возрасте 57 лет, не оставив после себя потомства и не познав радостей семейной жизни, заболев во время очередного военного похода Ала ад-Даула, которого он всегда сопровождал, и, несмотря на попытки самолечения, умер от болезненного истощения. Одними из последних его слов были: *«Управитель, что ведал доселе моим телом, управлять отныне не способен, во врачевании теперь уже проку нет»*. Похоронили Ибн Сину в Хамадане возле городской стены, но по прошествии восьми месяцев прах Ибн Сины был перевезен в Исфахан и погребен в мавзолее Ала ад-Даула.

Авиценна. «Канон врачебной науки» (Раздел 4. (Фрагмент)).

Первое действие души заключается в деятельности того органа, через посредство которого силы души распределяются этим духом по прочим органам, а так же в том, что из всех органов именно этот орган возникает первым и оказывается местом рождения духа. Таким органом является сердце, о чем свидетельствует то, что было выявлено при искусных вскрытиях. Таким образом, душа должна быть связана прежде всего с сердцем, но она не может быть связана сначала с сердцем, а затем – с мозгом, ибо, после того как она оказалась связанной с первым органом, тело уже стало одушевленным. Что же касается второго орга-

на, то она действует в нем, несомненно, лишь через посредство этого первого органа. Душа наделяет животное жизнью через сердце, однако силы, вызывающие другие действия, могут существовать благодаря определенному истечению от сердца к другим органам, так как это истечение должно исходить от первого органа, с которым оно связано. Именно в мозгу получает завершение смесь духа, которая способна нести силы ощущения и движения к органам таким образом, что, благодаря этому, последние оказываются пригодными к тому, чтобы соответствующие действия исходили от них. Точно так же обстоит дело с печенью и силами питания. Однако именно сердце есть таким образом первое начало, с которым печень связана прежде всего и с помощью которого силы питания проникают в другие органы и действуют в них.

Чувственное восприятие происходит не посредством мозга и не в нем, а в других органах, таких как кожа, глаз, ухо, хотя из этого отнюдь не следует, что мозг не является определенным началом. Равным образом сердце может быть началом и для сил питания – хотя действия их происходят в печени, и для сил воображения, вспоминания и представления – хотя действия их происходят в мозгу... Для мозга были созданы нервы, а для печени – вены, так что мозг и печень суть два первых начала чувственного восприятия, движения и питания или, лучше сказать, два вторых начала. Если сила созидания и творения течет от сердца к мозгу и тем самым определяет становление мозга, то нет ничего особенного в том, что в мозгу в свою очередь берет свое начало определенный орган, через который мозгу передается от сердца ощущение и движение, или в том, что от сердца проникает в мозг орган, через который оно передает ему ощущение и движение...

Мы допускаем, что нервы берут свое начало в мозгу, а содействие им оказывает сердце...

Западноевропейское средневековье

Самый темный час – перед рассветом.

Пауло Коэльо «Алхимик»

*Там, где это возможно, соединяй
веру с разумом.*

Северин Бозций

В эпоху первых столетий западного средневековья (V–XI вв.), которую принято называть «темной порой», античное наследие постепенно забывалось (и в конечном итоге забылось), научные традиции античности утрачивались, поскольку стимулы к углубленному

изучению природы и её закономерностей, из-за всеобщего упадка западноевропейской цивилизации после крушения римского мирового владычества, отсутствовали.

Но, в основном, античное наследие сохранялось и развивалось в арабском мире и пришло в Европу после крестовых походов (1096–1270 гг.) на Ближний Восток (в Сирию, Палестину, Северную Африку), организованных западноевропейскими католиками под знаменем борьбы против «неверных» (мусульман), освобождения Гроба Господня и Святой Земли (Палестины). *Привнесение на территорию Европы остатков античной культуры и науки – главный непреходящий итог этих походов.* С этого времени становится возможной *систематическая экспериментальная наука* благодаря бурно развивающейся промышленности, металлургии, химии, вооружению, медицине, использованию движущей силы воды, появлению новых инструментов, постепенному преодолению влияния церкви в вопросах объяснения природы мира.

Основными передаточными звеньями между античной эпохой и западным средневековьем, помимо упомянутых ранее авторов арабской науки, были также труды римских христианских философов и писателей *Северина Бозция* (ок. 480–524), *Кассиодора* (ок. 487–578) и *Марциана Капеллы* (IV–V вв.). Указанные ранние просветители средневековья сформировали деление научного знания на семь дисциплин или «свободных искусств» и связали их с семью «столпами Дома премудрости», упоминаемого в Библии. Эти семь «свободных искусств» обычно перечисляют в таком порядке: сначала *грамматика, риторика и диалектика*, которые составляли начальное «трехпутье» или «тривий» (отсюда слово «тривиальный»), а затем *арифметика, геометрия, астрономия и музыка*, которые образовывали «квадривий». Науки западного средневековья все более и более приобретают характер теологический, богословский (общеизвестно средневековое выражение «*философия – служанка богословия*»), изучение природы как таковой подменяется её символическим истолкованием в мистическом или морально-назидательном духе, так же как уже было отмечено выше и в Византии (единые корни шли из эллинистического мира, из александрийской школы).

Из более поздних авторов, внесших значительный вклад в развитие средневекового естествознания, были англичанин Аделяр Батский (время его деятельности 1116–1142 гг.), французы братья Тьерри (Теодорих) и Бернард Шартрские (деятели первой половины XII века), Альберт Больштедский (Альберт Великий, Альбертус Магнус) (ок.1193–1280), итальянец Фома (Тома) Аквинский (1225–1274) – родоначальник томизма, англичане Роберт Большеголовый (Гроссетест) или Роберт Линкольнский (1175–1253) и Роджер Бэкон (ок.1214–ок. 1292), поляк Эразм

Витело (ок. 1230–ок.1275), англичане Томас Брадвердин (XIII век) и Уильям Оккам (ок. 1285–1349), французы Жан Буридан (ок. 1300 – ок. 1358) и Николай Орем (ок. 1323–1382) и немец Николай Кузанский (1401–1464).

РОБЕРТ ГРОССЕТЕСТ (ЛИНКОЛЬНСКИЙ)

*«Почему можно назвать
матерью всех наук.*

Артур Шопенгауэр

Роберт Гроссетест (Большоголовый или Линкольнский) (1175–1253), магистр, а затем, с 1230 года и канцлер (ректор) Оксфордского университета, в 1235 стал епископом Линкольна, был францисканцем по убеждениям, членом католического монашеского ордена, основанного итальянцем Франциском Ассизским в 1208 году. Францисканцы исповедовали совершенную бедность, проповедь, уход за больными, строгое послушание папе Римскому, одевались в темно-коричневую шерстяную рясу с веревкой вокруг тела и узловатым бичом, на голове носили круглый короткий клобук и на ногах сандалии. В Оксфордском же университете францисканцы как ученые исповедовали квадривиум – арифметику, геометрию, астрономию и музыку, т.е. естественнонаучные взгляды, в первую очередь представления Аристотеля, благодаря попавшим к ним античным греческим и арабским текстам, привезенным первым их английским переводчиком Альфредом Английским (умершим около 1220 года).

Гроссетест, знаток еврейского, греческого и арабского языков, стал переводить Аристотеля непосредственно с оригинала, писал комментарии к ним, но стал известен благодаря собственным трактатам, важнейшим из которых стал трактат «О свете или о начале форм». В нем, как и в других своих работах, он придерживается руководящей идеи, формулируя её такими словами: *«Изучение линий, углов, фигур в высшей степени полезно, ибо без них мы ничего не поймем в натуральной философии. Абсолютно во всем универсуме и его частях они имеют смысл»*. Он высказывает мысль, которая потом будет укреплена его учеником Роджером Бэконом, что изучение явлений начинается с опыта, посредством их анализа (resolutio) устанавливается некоторое общее положение, рассматриваемое как гипотеза. Отправляясь от неё, уже дедуктивно (compositio) выводятся следствия, опытная проверка которых устанавливает их истинность или ложность. Уже одно это дает основание счи-

тать, что с Гроссетеста вообще начинается наука и в целом английская интеллектуальная традиция.

Развитие идей Гроссетест проводит в области, которую принято называть «метафизикой света», исходно придерживаясь при этом креационистской позиции (креационизм, от лат. creatio – создание, сотворение, – принцип, в соответствии с которым Бог из *ничего* сотворил живую и неживую природу, тленную, преходящую, пребывающую в постоянном изменении). Однако его натурфилософская позиция в духе уже тогда зарождающегося деизма уменьшала творческую роль Бога (может быть поэтому к концу своей жизни он будет отлучен от церкви папой Иннокентием IV). Так вот, согласно Гроссетесту, Бог (хотя имя его он в трактате не упоминает) создает вначале некий светящийся пункт (точку), который, мгновенно расширяясь, рождает огромную сферу, где слиты начала материи и формы. На поверхности сферы материя более разрежена, но она сгущается к центру. Такую поверхность Гроссетест и называет небом, «первым телом», образованным единством первой материи и первой формы. Последняя ограничена в пространстве. Ниже неё расположены еще восемь небесных сфер и четыре земные (последняя из них – сфера Луны). Самой главной мыслью в космологии Гроссетеста является мысль о свете, геометрические законы распространения которой составляют основополагающие, главные *законы мироздания, вполне доступные человеческому познанию*. Это не аристотелева качественная физика, объясняющая движение тел их стремлением к своему «естественному месту». В свете, как явлении, трактуемом как субъективное начало, Гроссетест видел естественный источник природной активности, воздействия вещей друг на друга. Простейшие законы распространения света, изучаемые геометрией, как бы выражают природную экономию света.

Весь мир, универсум, оказывается результатом саморазрастающейся светящейся массы (практически *современная инфляционная гипотеза раздувающейся вселенной из вакуума*). Эта тончайшая субстанция (субстанция – *то, что существует само по себе, не зависит ни от чего другого, некая объективная реальность*) образует не только краски радуги (особенно много Гроссетест уделял изучению именно радуги), но и звуки, не только растения, но и животных. Более того, связь души и тела осуществляется также посредством света. Душа распространяется по всему телу, и её связь с ним носит световой характер! (*Сейчас мы знаем, что любой живой организм, человеческий в том числе, прежде всего электромагнитная система, т.е. световая*). На этом пути Гроссетест впервые сенсуализирует человеческую мысль, рассматривая чувствен-

ные ощущения и ум проявлениями одного и того же светового (*сейчас мы бы сказали – электромагнитного*) начала.

Особо следует отметить увлечение Гроссетеста математикой, точнее суммированием бесконечных рядов чисел, в котором он весьма преуспел. Он научился отличать сходящиеся ряды от расходящихся, скорости расходимости рядов. Он заметил, что сумма натуральных чисел растет гораздо медленнее, чем сумма их квадратов, а сумма квадратов – медленнее, чем сумма последовательных степеней числа 2. Так, можно сказать, закладывался анализ бесконечно больших и бесконечно малых величин, который приведет через 400 лет Ньютона и Лейбница к открытию теории флюксий или дифференциального и интегрального исчисления.

Помимо упоминавшейся уже работы «О свете или о начале форм» Гроссетест написал также трактаты «О единой форме всех вещей», «О потенции и действии», «Об истине представления», «О познании Бога», «О свободной воле», комментарий к «Аналитике» Аристотеля – «Софистические опровержения», комментарий к его «Физике», перевел «Этику».

Гроссетест стал основателем средневекового натурализма и оксфордской школы философов, которые наибольшее внимание уделяли вопросам естествознания. Возможно, что его учеником был Роджер Бэкон, величайший философ и естествоиспытатель XIII столетия.

РОДЖЕР БЭКОН

На опыте удостоверено.

Роджер Бэкон

Роджер Бэкон (1214–1292) (по прозвищу «доктор Мирабилис» (*doctor mirabilis*) – «Удивительный доктор»), родился в Англии в богатой дворянской семье и явился истинным основателем западного эмпирического естествознания. Как и его возможный учитель Гроссетест, Бэкон также был францисканцем (вступил в него в зрелом возрасте), испытывая в связи с этим то полную поддержку со стороны власти предрежущих (при папе Клименте IV), то их немилость (со стороны Иеронима Д'Асколи, главы ордена), которая привела его в зрелом возрасте к трехгодичному тюремному заключению. В течение своей долгой жизни он преподавал как в Оксфорде, так и в Париже (в Сорбонне).

Бэкон вошел в историю науки как яркий пропагандист её возможностей, её преобразовательной силы – «Знание – сила», этим прагматичным утверждением мы обязаны Бэкону. Он, по-видимому, был первым, кто употребил понятие «опытная наука». Бэкон в своих работах (а написал он Главный труд (*Opus maius*), Второй труд (*Opus secundus*), Меньший труд (*Opus minus*), Третий труд (*Opus tertium*) и др. сочине-

ния) указывал ряд препятствий к постижению истины и выдвинул в связи с этим способы их преодоления. Вот то, что мешает достижению подлинной мудрости: *«Пример жалкого и недостойного авторитета, постоянство привычки, мнение несведущей толпы и прикрытие собственного невежества показной мудростью. Ими опутан всякий человек и охвачено всякое состояние, ибо в жизни, науках и всяком занятии доводами: это передано нам предками; это привычно; это общепринято, следовательно, этого должно придерживаться»*. В противовес житейским догмам он предлагает *три способа познания: вера в авторитет, рассуждение и опыт*. Авторитет сам по себе совершенно недостаточен, если он не опирается на рассуждение. Но и рассуждение сможет достичь своей убедительности только тогда, когда оно опирается на опыт. Подведя итог, Бэкон дает такую обобщающую формулировку своего эмпиризма: *«Опытная наука – владычица умозрительных (читай – теоретических. – Авт.) наук»*.

В своем учении об опыте как основе познания Бэкон различал *внутренний опыт* – мистическое «озарение», объект которого Бог, и *внешний опыт* – чувственное знание, открывающее тайны природы. Помимо чисто теоретических рассуждений в области философии, теологии, математики, физики, оптики, Бэкон занимался практическими делами в алхимии, первым в Европе описал технологию изготовления пороха в сочинении «Эпистола».

Интересны рассуждения Роджера Бэкона о математике, поскольку именно в ней он видит основание ко всем наукам, ибо, *«не зная её, нельзя знать ни прочих наук, ни мирских дел»*. Во-первых, все прочие науки используют математические примеры, так как все природные изменения происходят с увеличением или уменьшением, что, в свою очередь, должно быть измерено. Во-вторых, математические знания как бы врожденны нам, они предшествуют другим знаниям и располагают нас к другим знаниям. В-третьих, «математика была открыта первой из всех частей философии», и это относится ко всем её частям – геометрии, арифметике, гармонии, астрономии, а потому её надо изучать самой первой. В-четвертых, для нас естественен путь от простого к сложному, а математика – наука самая легкая, ибо она доступна уму каждого, даже уму самых грубых духовных лиц, даже если другие науки им недоступны, и, кроме того, дважды прослушав, человек способен больше понять в математике, чем после десяти прослушиваний в других частях философии. В-пятых, в математике мы можем достичь безошибочной истины и несомненной достоверности, потому что в ней есть доказательства, исходящие из необходимой причины. А доказательства позволяют познать истину. В других же науках столько много сомнений, различных

мнений, ошибок, исходящих от человека. В метафизике не может быть иного доказательства, кроме как через следствие. Точно так же ни в логике, ни в грамматике, как это ясно, не может быть неопровержимых доказательств из-за слабости самого предмета этих наук. Таким образом, только в математике, единственной из наук, имеются неопровержимые доказательства, исходящие из неопровержимых причин. В других же науках имеются сомнения, противоречия, зависящие от нас, не позволяющие прийти к согласию, и все потому, что в них нет исходящих из присущих им свойств опытов изображения и исчисления, через которые приходят к достоверному знанию.

С помощью этой «трансформирующей явления науки» (математики) Бэкон предполагал возможность реорганизации мира по образу некоей «христианской республики», в которой философия была бы подчинена теологии.

Роджер Бэкон в «Письме о тайных делах искусства и природы и о ничтожестве магии» предвосхитил многие поздние открытия, полагая, что можно будет с невероятного расстояния читать мельчайшие буквы и пересчитывать пылинки и песчинки, допускал возможность построить машины, способные двигать самые большие корабли быстрее, чем целый отряд гребцов, не исключал возможность сделать аппарат, позволяющий летать по воздуху, подобно птицам.

Итак, Роджер Бэкон призывал ученых своего времени перейти от авторитетов к вещам, от мнений к источникам, от споров к опыту, от книг к природе. Некоторые из его идей шли вразрез с мнением властей, из-за чего он подвергся преследованиям, и публикация их была запрещена церковью и орденом. В 1277 г. за нарушение этого запрета его лишают права преподавания, изгоняют из Оксфордского университета и Англии. С конца 1277 и до 1292 г. Бэкон находился в изгнании во Франции. В последний год своей жизни он незаконно возвратился в Англию после смерти своего главного сначала покровителя, а затем преследователя – папы Клеменса IV.

Умер Роджер Бэкон в 1292 году, тогда же, как полагают, был составлен его «Компендиум теологии». Один из современных историков науки американец Джордж Сартон так охарактеризовал противоречивость личности Роджера Бэкона: «Бэкон очень верил в единство знания, но это единство объяснял подчинением всех знаний теологии... Такая мешанина мистицизма и научного позитивизма была главной характерной чертой Бэкона... Бэкон не был философом, но он был величайшим мыслителем всех веков».

ЧАСТЬ III.

ВОЗРОЖДЕНИЕ

С середины XV века Европа вступает в период революционных преобразований цивилизационного процесса. Изменяется все – экономические отношения, государственное устройство, культура, образовательная система и наука. В науке особо выделяется естествознание, развитию которого содействовали как минимум два обстоятельства. Во-первых, начавшаяся робко в средневековье ломка основ религиозного мышления и рождение нового научного мышления получают мощную поддержку со стороны великих реформаторов естествознания, таких как Леонардо да Винчи, Николай Коперник, Теофраст Парацельс, Джордано Бруно, Фрэнсис Бэкон, Галилео Галилей, Иоганн Кеплер, Рене Декарт, Пьер Ферма, Блез Паскаль, Роберт Гук, благодаря которым наука превращается в самостоятельный фактор духовной и культурной жизни, в реальную основу нарождающегося нового мировоззрения. Во-вторых, наряду с наблюдением и миросозерцанием, характерным для науки античного и раннего средневекового периодов, в науку внедряется эксперимент, который становится в ней ведущим методом исследования, радикально расширяя сферу познаваемой реальности и усиливая познавательную мощь естествознания. Господствующим методом мышления становится *метафизика*, так что этот период развития естествознания можно называть метафизическим, который уступит место диалектическому только в XIX столетии. Наибольшие успехи достигаются в области механики, завершённой и систематизированной в своих основаниях к концу XVII века, в результате чего решающее значение приобретает формирующаяся механистическая картина мира, ставшая на три столетия универсальной научной картиной мира. В её рамках осуществлялись познания не только физических и химических, но также и биологических и антропологических явлений и событий. Идеалы механистического естествознания становятся основой теории познания и методологии науки. Возникают философские учения о человеческой природе, обществе и государстве, выступающие в XVI–XVIII веках как разделы общего учения о едином мировом механизме.

НИКОЛАЙ КОПЕРНИК

*Мое время и я – не соответствуют
друг другу; это ясно*

Артур Шопенгауэр

Великий польский астроном Николай Коперник (1473–1543), родившийся в богатой купеческой семье, в 10 лет остался сиротой и воспитывался дядей, каноником, а затем епископом Вармилом. Восемнадцати лет Коперник поступил в Краковский университет, по окончании его в 1496 г. продолжил обучение в Италии в Болонье, Падуе, Ферраре, изучая там каноническое право, медицину. В 1503 году он вернулся в Польшу, где со временем занял церковную должность каноника во Фромборке, но так и не принял духовный сан. К 1507 г. Коперник закончил разработку своей первой схемы гелиоцентрической системы, согласно которой Земля вращалась вокруг Солнца, а не наоборот, как было принято в астрономии со времен Евдокса, Гиппарха, Аристотеля и Птолемея. Некоторое количество копий схемы, сделанных от руки, ходило среди ученых-астрономов, и поэтому Коперник вскоре стал считаться выдающимся астрономом. В 1513 г. он был приглашен участвовать в юлианской реформе календаря, и в 1533 г. его исследования были представлены папе Клементу VII его секретарем. В 1536 г. кардинал Шонберг обратился к Копернику с просьбой опубликовать сделанные им открытия. К этому времени он уже закончил написание своего выдающегося труда «Об обращении небесных сфер», астрономического трактата, отстаивающего гелиоцентрическую гипотезу.

Несмотря на то, что в ряде пунктов Коперник следовал формальной модели Птолемея, представленной в «Альмагесте», например, сохранив традиционное представление об ограниченности и сферичности Вселенной, а также положение о том, что всем небесным телам свойственно только движение по окружностям, в трактате содержались радикальные взгляды о Вселенной. Центром Вселенной, по Копернику, во-первых, была не Земля, и, во-вторых, согласно его учению, единственного общего центра для движения всех небесных тел не существовало, т.е. Коперник не признал центра Вселенной ни за какой областью космоса. Осознавая новизну своих идей и опасаясь критики, которую они могли вызвать, будучи опубликованными, Коперник отказался от публикации своей работы. Она была опубликована по настоянию и вмешательству протестанского астронома Георга Иоахима фон Лаухена, известного как Г.И. Ретик (Rheticus), который посещал Коперника в период с 1539 по

1541 г. и убедил его в необходимости напечатания трактата, взяв заботу об этом на себя.

Книга вышла за несколько недель до смерти автора; текст трактата был предварен анонимным предисловием, написанным издателем Андреасом Осиандером, в котором система Коперника представлялась как гипотеза, что было сделано из предосторожности и противоречило убеждению Коперника, твердо уверенного в своей правоте. В 1616 г. книга была запрещена католической церковью, однако распространение новых идей невозможно было удержать. Открытие Коперника дало мощнейший толчок для развития и движения естествознания по новому пути.

Ниже приводятся фрагменты (и комментарий) главного труда всей жизни Коперника «Об обращении небесных сфер».

Николай Коперник. «О вращениях небесных сфер» (Книга первая). («De Revolutionibus Orbium Celestium»)

«Пусть не входит никто, не знающий геометрии»

Платон

Книга первая может быть разделена по содержанию на две части. Главы с первой по одиннадцатую включительно посвящены качественному (описательному) изложению гелиоцентрической системы мира, сопровождаемому убедительной критикой основных положений геоцентризма. Главы с двенадцатой по четырнадцатую содержат основные теоремы из планиметрии и тригонометрии (в том числе и сферической), необходимые автору для построения математической теории движения планет на основе гелиоцентрической системы.

Эти главы были изданы в Виттенберге отдельной книгой под названием «О сторонах и углах треугольников» в 1542 году и характеризуют Николая Коперника как выдающегося математика своего времени. Небезынтересно, например, отметить тот малоизвестный факт, что так называемую «среднюю арифметическую величину», которую ныне широко применяют и в физике, и в механике, и в экономике, впервые эффективно использовал и оценил ее значение для математики Коперник. Любопытен в этом смысле и эпиграф к его сочинению «Пусть не входит никто, не знающий геометрии» – надпись, помещенная по преданию, на дверях Платоновой Академии. Коперник подчеркивает эпиграфом строгий математический характер своей теории.

Во второй главе Книги Первой Николай Коперник очень красиво и убедительно доказывает, что Земля имеет шарообразную форму, приво-

дя как доводы древних ученых, так и свои собственные. Только в случае выпуклой Земли при движении вдоль любого меридиана с севера на юг звезды, находящиеся в южной части неба, поднимаются над горизонтом, а звезды, находящиеся в северной части неба, опускаются к горизонту или совсем исчезают под горизонтом. Но, как совершенно правильно замечает Коперник, только в случае шаровидной Земли движениям на одном и том же расстоянии вдоль разных меридианов соответствуют одинаковые изменения высот небесных светил над горизонтом. Далее, по мере удаления корабля в море, для наблюдателя, оставшегося на берегу, сначала исчезает корпус корабля, а потом исчезает постепенно и мачта.

Четвертая глава заканчивается фразой: *«Почему я прежде всего считаю необходимым тщательно исследовать, в каком отношении Земля находится к небу, чтобы мы, исследуя самое высшее, не забывали более близкого и в таком заблуждении не приписывали небесному того, что свойственно Земле»*.

По нашему мнению, эта фраза наилучшим образом характеризует исследовательское кредо великого естествоиспытателя, выражавшееся в том, что всякое явление требует детально анализа и изучения и нечто видимое не может приниматься на веру за действительное. Здесь очень хорошо видно принципиальное различие между подходом Коперника и Птолемея к геометрической картине мироздания.

Все произведение Николая Коперника базируется на одном принципе, свободном от предрассудков геоцентризма и поразившем ученых того времени. Это – *принцип относительности механических движений*, согласно которому всякое движение относительно. Понятие движения не имеет смысла, если не выбрана система отсчета (система координат), в которой оно рассматривается.

Хотя этот принцип относительности неоднократно встречается в разных частях трактата Коперника, он особенно отчетливо сформулирован в пятой главе Книги Первой.

«Действительно, всякое представляющееся нам изменение места, – говорит Коперник, – происходит вследствие движения наблюдаемого предмета или наблюдателя или, наконец, вследствие неодинаковости перемещений того или другого, так как не может быть замечено движение тел, одинаково перемещающихся по отношению к одному и тому же (я подразумеваю движение между наблюдаемым и наблюдателем). А ведь Земля представляет собой то место, с которого наблюдается упомянутое небесное круговращение и открывается нашему взору».

Отсюда вытекает, что поскольку наблюдатель находится на Земле, он не может непосредственно видеть само движение Земли, но оно мо-

жет быть косвенно обнаружено в движении звездного неба, при этом вся видимая часть Вселенной перед взором земного наблюдателя должна двигаться с той же скоростью, но в противоположном направлении.

Вспомним, что эпоха Коперника предшествовала эпохе Галилео Галилея (1564–1642), Рене Декарта (1596–1650) и Исаака Ньютона (1643–1727), в которой будут открыты основные законы механики и будет установлен динамический принцип относительности движения. Коперник же, конечно, подразумевал под принципом относительности движений не динамический, а кинематический принцип относительности. Поэтому следует передать содержание приведенного выше отрывка следующим образом: *если два объекта имеют одинаковую по величине и направлению скорость относительно выбранной системы координат, то они имеют нулевую скорость друг относительно друга (неподвижны друг относительно друга)*. Во всех других случаях один объект будет двигаться относительно другого со скоростью, равной разности их скоростей относительно системы координат.

Идея об относительности движений небесных объектов неоднократно в неявной форме высказывалась еще древними математиками и философами: Филолаем (470–399 гг. до н.э.), Евдоксом Книдским (408–355 гг. до н.э.), Гераклитом Понтийским (4-й век до н.э.), Аристархом Самосским (310–230 гг. до н.э.) и другими.

Так, выдающийся представитель пифагорейской школы, современник Сократа Филолай поместил в центр мироздания Огонь, вокруг которого вращаются десять сфер: сфера неподвижных звезд, сферы пяти известных в древности планет (Меркурий, Венера, Марс, Юпитер, Сатурн), сферы Луны и Солнца, сфера Земли и, наконец, сфера Противоземли – Антихтона. Вне этих десяти сфер, обнимая мироздание, пылает другой вечный огонь. К сожалению, до нас дошли лишь отрывки рукописей Филолая, причем подлинность отдельных отрывков сомнительна. Одновременно с Филолаем подобную систему мира пропагандировал пифагорец Гикет из Сиракуз.

Ученик Платона Гераклит и пифагорец Экфант признавали Землю центром мира (космоса) и суточное вращение звезд объясняли вращением Земли вокруг своей оси, и, конечно, они отказались от гипотезы Филолая о существовании центрального огня.

Согласно доктрине Евдокса все планеты закреплены на концентрических сферах, вращающихся вокруг Земли. Наблюдаемые неравномерности в их движении он объяснил тем, что оси вращения сфер наклонены друг к другу.

Высшее достижение античной науки, относящееся к гелиоцентрической доктрине, связано с именем приверженца пифагорейской гипоте-

зы движения Земли Аристарха Самосского. Аристарх исходил прежде всего из того положения, что Солнце в несколько сотен раз больше Земли, а раз это так, то нелогично предположить, что более массивное тело, Солнце, обращается вокруг менее массивного, Земли. Согласно Аристарху Земля должна обращаться вокруг Солнца. Эта гипотеза в корне противоречила общепринятым тогда взглядам, согласно которым Солнце «величиной с Пелопонесс». Так же как и Гераклит, Аристарх не признавал существование центрального огня. Он считал, что Солнце само играет роль центрального огня и дает Земле свет и тепло. Таким образом, Земля становилась у него рядовой планетой, совершающей один оборот вокруг Солнца за один год.

Все эти замечательные гипотезы древних мыслителей, основанные на относительном восприятии движений, сыграли огромную роль в развитии естествознания и философии, но только у Коперника относительность восприятия движения приобрела форму научного принципа астрономии.

Интересны и оригинальны соображения Коперника, приведенные в шестой главе и касающиеся размеров видимой части Вселенной:

«Небо неизмеримо велико по сравнению с Землей и представляет бесконечно большую величину; по оценке наших чувств Земля по отношению к нему как точка к телу, а по величине как конечное к бесконечному».

В этой главе, название которой «О неизмеримости неба по сравнению с величиной Земли», достаточно ясно выражены взгляды ее автора на размеры Вселенной. Из этих слов мы видим, что Коперник придерживался правильных взглядов на размеры Вселенной, хотя происхождение мира и его развитие он объяснял деятельностью божественных сил.

В седьмой и восьмой главах дана убедительная критика геоцентризма древних астрономов. Если бы Земля обладала вращением вокруг оси, то тогда благодаря центробежному эффекту, который был хорошо известен уже в древности, Земля распалась бы на части. Раз этого нет, отсюда следует, рассуждал Птолемей, что Земля неподвижна, а вокруг нее движется все небесное. Но в таком случае, замечает Коперник, небо распалось бы еще быстрее, так как небесная сфера с многочисленными звездами обладает намного большими размерами, чем Земля, и, следовательно, центробежный эффект на нее еще больше. Не означает ли это на самом деле, говорит Коперник, что небесный свод неподвижен, а Земля, как маленькая частица в мироздании, обладает суточным вращением? Эти рассуждения Коперника для его времени были революционными, поскольку он отвергал точку зрения древних столпов науки, низ-

водил небо с его пьедестала и применял как к земным явлениям, так и к небесным, одни и те же закономерности.

Ради справедливости следует сказать, что Коперник придерживался аристотелевых взглядов на форму движений. Аристотель учил, что, кроме равномерных круговых движений небесных светил и вертикальных прямолинейных движений тяжелых и легких земных тел, все иные движения насильственны и прекращаются сами собой. Круговое движение, по Аристотелю, присуще только небесным телам. Признавая аристотелеву точку зрения, Коперник вместе с тем отвергал различие между земным и небесным. Он считал, что круговое движение должно быть присуще не только небесным светилам, но и Земле. По его мнению, прямолинейное движение может быть только тогда, когда тело выводится насильственно из его положения. В этом случае тела стремятся объединиться с однородными, тяжелые земные предметы – с Землей, а легкие пары – с воздухом.

Коперник уже предчувствовал законы тяготения, правда, только для однородных предметов. Об этом мы можем судить по следующим его словам:

«Мне кажется, что тяжесть есть не что иное, как естественное стремление, сообщенное божественным промыслом всем мировым телам, сливаться в единое и цельное, принимая форму шара. Это стремление к соединению присуще, может быть, и Солнцу, и Луне и другим подвижным светилам и составляет вероятную причину их шаровидности».

Лишь 76 лет спустя, после выхода в свет книги Коперника, великий астроном Иоганн Кеплер при выводе своих знаменитых законов планетных доказал, что наряду с круговыми движениями небесных тел существуют и движения по эллиптическим орбитам, причем движения по таким орбитам происходят неравномерно.

В десятой главе описывается картина гелиоцентрической системы мироздания и приведен знаменитый рисунок, на котором указано расположение небесных сфер:

«Действительно, известно, что эти планеты (имеется в виду Сатурн, Юпитер, Марс) находятся ближе к Земле всегда около времени своих восходов вечером (т.е. когда они бывают в противостоянии с Солнцем, а Земля занимает место между ними и Солнцем), а всего дальше они бывают от Земли около времени своих заходов вечером, когда скрываются вблизи Солнца, и Солнце, очевидно, бывает между ними и Землей».

Как же определялись в то время относительные расстояния до планет? Существовавшие тогда астрономические инструменты позволяли

сравнительно точно измерять угловые расстояния между небесными светилами, а определение расстояния планеты от наблюдателя можно было выполнить по скорости перемещения относительно звезд.

Теория Коперника открывает еще одну возможность в этом отношении, а именно: только гелиоцентрическая система мира дает простое объяснение тому факту, почему величина прямого и попятного движения у Сатурна относительно звезд меньше, чем у Юпитера, а у Юпитера меньше, чем у Марса, но зато на один оборот число смен прямых движений на попятные у Сатурна больше, чем у Юпитера, а у Юпитера больше, чем у Марса.

Если Солнце и Луна всегда движутся в одном направлении среди звезд с запада на восток, то планеты иногда движутся и в обратном направлении – с востока на запад. Поэтому с древних времен говорят, что планеты обладают прямым и попятным движением, а их путь относительно звезд, кажущихся нам неподвижными, имеет петлеобразный вид. Коперник дал абсолютно правильное объяснение этому интересному и загадочному явлению. Все объясняется тем, что Земля в своем движении вокруг Солнца догоняет и обгоняет внешние планеты: Марс, Юпитер, Сатурн (и открытые позже Уран, Нептун и Плутон), а сама в свою очередь также оказывается в роли догоняемой и обгоняемой внутренними планетами, Венерами и Меркурием, по той причине, что все они имеют различные угловые скорости относительно Солнца. Это явление и приводит к появлению видимых попятных движений планет относительно звезд. Звезды не обладают прямым и попятным движением, так как они находятся на «неизменной высоте», и, следовательно, они настолько далеки от Земли, что отражение движения Земли вокруг Солнца в видимом перемещении звезд не может быть замечено земным наблюдателем. Коперник оказался абсолютно прав. Спустя триста лет, в тридцатых годах XIX столетия, были измерены расстояния до ближайших звезд, и они оказались громадными (расстояние от Земли до ближайшей к нам звезды Проксима Центавра в 270 000 раз больше, чем расстояние от Земли до Солнца).

Интересны взгляды Коперника на природу, характеризующие его как глубокомыслящего естествоиспытателя:

«Но должно скорее следовать мудрости природы, которая как бы больше всего боится произвести что-нибудь излишнее или бесполезное, но зато часто одну вещь обогащает многими действиями».

Чтобы полностью объяснить кинематику небесной сферы, Копернику пришлось допустить, что Земля обладает тремя движениями (они описаны в главе одиннадцатой Книги Первой):

1. Суточное вращение Земли в направлении с запада на восток.
2. Годовое движение Земли вокруг Солнца, представляющее собой чистое вращение и происхождение в плоскости зодиакального круга также с запада на восток.
3. Деклинационное годовое движение, противоположное годовому вращению.

Вводя эти три движения, Коперник стремился объяснить, почему земная ось должна при движении Земли вокруг Солнца оставаться всегда параллельной самой себе. Он понимал, что иначе трудно объяснить наблюдаемую смену времен года. Но, придерживаясь аристотелевых принципов и не зная еще механического закона инерции, он считал, что земная ось, будучи предоставленной самой себе, при движении Земли вокруг Солнца будет сохранять постоянный наклон к плоскости эклиптики и описывать коническую поверхность вокруг оси эклиптики, делая по ней один оборот в течение года. Чтобы уничтожить это ненаблюдаемое движение, Коперник ввел деклинационное годовое движение земной оси.

Преемники Коперника вскоре обнаружили ошибку и отбросили деклинационное движение.

Земля в действительности вращается подобно волчку. Ее ось описывает коническую поверхность, но не за год, а примерно за 26 000 лет. Это движение оси Земли называется прецессией. Прецессионные эффекты в движении небесной сферы были обнаружены еще в глубокой древности. Вводя третье движение Земли, Коперник использовал неточное равенство зодиакального и деклинационного периодов для объяснения прецессионного движения земной оси.

Исчерпывающее динамическое объяснение явления прецессии (древние астрономы, например Гиппарх, называли это явление предварением равноденствий) впервые было дано Ньютоном в его знаменитом трактате «Математические начала натуральной философии». Прецессия обусловлена притяжением экваториального избытка земной массы Луны и Солнцем и естественно, что во времена Коперника, когда еще не было ни динамики, ни данных о сплюснутости Земли, не могло существовать и правильного объяснения процессии. Из-за лунно-солнечного притяжения земная ось поворачивается относительно звезд на 50'' в год, и поэтому полный оборот она совершает примерно за 26 000 лет. Вращение земной оси приводит в свою очередь к тому, что направление на точку весеннего равноденствия также сдвигается относительно звезд, и, следовательно, направление на Солнце в день весеннего или осеннего равноденствия относительно звезд не остается неизменным.

Таким образом, Книга Первая дает нам полное описание сущности революционной доктрины Коперника, освободившей науку от порочных положений геоцентризма. Научные положения Коперника поразили своей новизной и ясностью весь тогдашний ученый мир. Но нужно было не только выдвинуть эти гениальные идеи. Нужно было также дать по возможности строгое обоснование всех положений, выдвинутых в Книге Первой.

ДЖОРДАНО БРУНО

*Порой в Великой Книге Тайн природы
мне удастся кое-что прочесть.*

*Вильям Шекспир
«Антоний и Клеопатра»*

Джордано Бруно (1548–1600), единственный из ученых всех времен и народов, который был приговорен к смерти и мученически принял её на костре в Риме в Ватикане за свои научные убеждения. Родился Филиппо (имя Джордано он получит в 1563 г. при вступлении в Орден доминиканцев, а в 1572 примет монашеский сан) в городке Нола близ Неаполя в почтенной семье военного, но бедного дворянина.

С раннего детства Бруно отличался выдающимися способностями, которые он стал проявлять в доминиканском монастыре Неаполя, где сохранялись традиции схоластической учености, заложенные Альбертом Большштедтским Великим и его учеником Фомой Аквинским. Большая эрудиция, глубочайшее знание сочинений Аристотеля и его еврейских, арабских и христианских комментаторов, каббалы, учения средневековых евреев о Едином, трудов Аль-Газали, Авверроэса, Фомы Аквинского, Николая Кузанского и многого другого было результатом десяти лет обучения в монастыре. Как выдающегося представителя будущей славы доминиканского ордена Бруно специально возили на смотрины в Рим к папе. За эти годы обучения богословию он, благодаря своему гению, выработал свое самостоятельное и независимое от церкви мировоззрение, которое, однако, приходилось тщательно скрывать от всех и вся. Уже в 1576 году его не совсем ортодоксальные слова и поступки (к тому времени он прочитал книгу Николая Коперника «Об обращении небесных сфер» и др. сочинения итальянских гуманистов) дали пищу для подозрений его в ереси, в которой он в конце концов и был обвинен. С этого момента начинаются скитания по Европе, которые приводят в 1581 году в Париж, где ему удастся прочитать курс лекций в Сорбонне. Студенты потом вспоминали, что говорил он быстро, «так скор он был в

соображении и столь великой обладал мощью ума», но главное, что поражало их, – это то, что Бруно «одновременно думал и диктовал».

В Париже Бруно издал свои первые книги, среди них трактат «О теньях идей» (1582), сочинения по искусству памяти и реформе логики. Молва о необычных способностях нового профессора и его поразительной памяти дошла до короля Генриха III, который стал оказывать ему протекцию и покровительство. Бруно был принят в светских кругах Парижа, обладая множеством достоинств – фантастической эрудицией, остроумием, галантностью, свободным владением, помимо родного итальянского, латынью, французским, испанским и греческим языками, позднее английским.

Но в 1583 Бруно вынужден покинуть Париж из-за возрастающего усиления католицизма даже при дворе французского короля и направиться в Лондон в составе посольской делегации, имея на руках рекомендательное письмо от Генриха III. Здесь он начинает читать лекции в Оксфорде и толкует о вещах, которым неуютно в стенах богословской аудитории: о бессмертии души и тела, как последнее разлагается и видоизменяется, как душа, покинув плоть, затем долгим процессом образует вокруг себя новое тело. Он также утверждает, что Земля имеет лишь приблизительно шарообразную форму, у полюсов она сплюснута; Солнце вращается вокруг своей оси; «... Земля изменит со временем центр тяжести и положение свое к полюсу»; неподвижные звезды суть также солнца; вокруг этих звезд вращаются, описывая правильные круги или эллипсы, бесчисленные планеты, но они невидимы вследствие большого расстояния; миры и даже системы их постоянно изменяются и, как таковые, они имеют начало и конец. Лекции Бруно были приняты сначала холодно, затем с открытой враждебностью, полным запретом чтения их.

Здесь же в Лондоне в 1584 он начинает работу над шестью «Итальянскими диалогами», ставшими первым систематическим изложением его философии, три из которых являются космологическими, особенно диалог «О бесконечности, Вселенной и мирах». Этот, более чем другие, привел его на костер. В противоположность дуализму подлунного и надлунного миров Аристотеля в нем и в труде «О причине, начале и едином» (1584) Бруно отстаивал существование единой субстанции, в которой форма и материя тесно связаны между собой и где любое различие исчезает, ибо в бесконечном единстве бытия все противоположности совпадают. Но и отсюда он вынужден уехать, скитания его по Европе продолжились.

В 1591 году он вернулся в Венецию по приглашению патриарха Джованни Мосениго, который надеялся с помощью магического искус-

ства, считая, что им владеет Бруно, добиться большей власти, славы и богатства. Однако его надеждам не суждено было сбыться и он доносит на Бруно инквизиции. Начинается затяжной процесс, сначала в Венеции, затем с 1593 в Риме, где он 7 лет провел, подвергаясь не раз пыткам, в тюрьме Санто-Офисियो. Защищаясь от обвинений, Бруно ссылаясь в свое оправдание на принятую в те схоластические годы двойственную точку зрения на истину, благодаря которой философия и теология, наука и вера могли сосуществовать рядом, не мешая друг другу. Когда это не помогало, он готов был покаяться (за 8 лет до казни), упасть перед судьями на колени и говорить: «Я смиренно умоляю Господа Бога и вас простить мне все заблуждения, в какие только я впал; с готовностью я приму и исполню все, что вы постановите и признаете полезным для спасения моей души. Если Господь и вы проявите ко мне милосердие и даруете мне жизнь, я обещаю исправиться и загладить все дурное, содеянное мною раньше». Но уже в 1599 он не станет признавать своей вины и в записках, представленных Инквизиции, он продолжал отстаивать свою правоту. В конце сентября ему дали последний срок – 40 дней. В декабре Бруно снова заявил судьям, что он не станет отречься. 8 февраля 1600 года он был приговорен к смерти, сдан в руки светским властям, с поручением им подвергнуть его «самому милосердному наказанию и без пролития крови» – такова была изуверская формула, означавшая требование сжечь живым. Известны его слова, сказанные после оглашения приговора: «Вы, быть может, с большим страхом произнесите этот приговор, чем я его выслушиваю!»

Погиб он 17 февраля 1600 года на площади Цветов в Риме; ни мольбы, ни стоны не вырвалось из его груди; пока длилась казнь, пока он был жив, его взор был обращен к небу. Так закончил великую жизнь великий сын человечества – Джордано Бруно.

ГАЛИЛЕО ГАЛИЛЕЙ

*Дайте мне материю и движение,
и я построю вам из этого Вселенную*

Рене Декарт

Галилео Галилей (1564–1642), итальянский гений, титан мысли и дела, родился в городе Пизе в знатной, но обедневшей семье. Кстати, бедность не дала ему возможность закончить Пизанский университет, в котором он изучал медицину, но, тем не менее, в 1589 он сумел получить в этом университете должность преподавателя математики, которую начал изучать самостоятельно с 1585. (До Галилея фак-

тически самоучкой был Авиценна, после него будет Майкл Фарадей). Несколькими годами позже, в 1592, он перешел в Падуанский университет, где занял кафедру математики, которую до него годом раньше безуспешно пытался занять Джордано Бруно (как тесен мир!), и оставался на ней до 1610 года. Именно в эти годы он сделал большую часть своих научных открытий, но не в области математики, а в механике, физике и астрономии.

Все основные открытия Галилея изложены в его двух главных книгах – «Диалог о двух главнейших системах мира – птолемеевой и коперниковой» (1632) и «Беседы и математические доказательства, касающиеся двух новых отраслей науки, относящихся к механике и местному движению» (год издания – 1638). Последняя книга была написана «узником инквизиции», тогда уже старым, больным и полуслепым человеком, окончательно потерявшим зрение в 1637. В последней книге, имеющей непреходящую ценность для науки, новыми и притом универсальными оказались не только сами вопросы, но и методологические принципы их решения, которые с тех пор кладутся в основу любого научного исследования.

Появление «Бесед» можно считать концом периода «цитатной науки», опиравшейся на авторитеты Аристотеля и других канонизированных церковью мыслителей, на цитаты и их толкование, и *началом современного естествознания*. Именно поэтому, говоря о величайших творцах физики, по праву называют имена: Аристотель – Галилей – Ньютон – Эйнштейн. «Беседы» разбиты на «дни», каждый из которых посвящен специальному вопросу. Вот как начинается Галилей «день третий» (сравните с книгой «Бытие» Моисея, с первой её главой!).

«Мы создаем совершенно новую науку, предмет которой является чрезвычайно старым. В природе нет ничего древнее движения, но именно относительно него философами написано весьма мало значительного. Поэтому я многократно изучал на опыте его особенности... до сего времени либо неизвестные, либо недоказанные... Говорят, что естественное движение падающего тяжелого тела есть движение ускоренное. Однако в какой мере нарастает ускорение, до сих пор не было указано... Было замечено также, что бросаемые тела или снаряды описывают некоторую кривую линию; но того, что линия является параболой, никто не указал».

Далее Галилей, ни разу не употребив на 600 страницах книги математических формул (через два века подобное проделает Фарадей, излагая законы электромагнетизма!), исследуя движение твердого тела, напишет: 1. «...Скорости, приобретаемые одним и тем же телом при движении по наклонным плоскостям, равны между собой, если высоты этих наклонных плоскостей одинаковы»; 2. «Если тело, выйдя из со-

стояния покоя, падает равномерно ускоренно, то расстояния, проходимые им за определенные промежутки времени, относятся между собой, как квадраты времени». (Между прочим, широко распространяемая легенда о том, что Галилей проводил свои эксперименты, бросая тела с Башни знаний в Пизе, не соответствует действительности). Для проверки своих доводов Галилей создает расчетную модель – предполагает, что у падающего тела скорость меняется либо пропорционально времени, либо пропорционально квадрату времени, т.е. феноменологически ставится вопрос не **почему** тело падает, а **как** падает! Впервые в истории науки ставится эксперимент, который должен проверить расчетную модель. Целенаправленный эксперимент есть то, что Галилей ввел в качестве неотъемлемого элемента научного исследования. Последующие рассуждения привели его к открытию закона инерции, одного из главнейших законов природы, и того, что возможно движение в отсутствии действия каких-либо сил.

Важным и непреходящим является также то, что Галилей учил и научил, во-первых, **не доверять кажущимся очевидностям**. Во-вторых, он писал (как завещание): *«Философия написана в величайшей книге, которая постоянно открыта нашим глазам (я говорю о Вселенной); но нельзя её понять, не научившись прежде понимать её язык и различать знаки, которыми она написана. Написана же она языком математическим, и знаки её суть треугольники, круги и другие математические фигуры, без которых человеку невозможно понять ни одного содержащегося в ней слова*». Здесь – зерно метода математического естествознания.

Читая эту книгу, которая, по сути, была *энциклопедией физики* начала XVII века, можно только поражаться разносторонности интересов Галилея, его пытливости, его наблюдательности, обилию полученных результатов. Здесь излагается метод определения скорости света, объясняется явление резонанса, указывается на одинаковый период качаний паникадила в церкви, что положит начало основам теории колебаний и т.д. Он услышал в 1609 году об изобретении в Голландии прибора, который позднее будет назван телескопом, и этого для него достаточно, чтобы из органной трубы и двух линз самому построить «зрительную трубу». Это позволило ему открыть горы на Луне, пятна на Солнце (хотя далеко не первым из людей), фазы Венеры, спутники Юпитера.

Но были в его биографии и трагические годы. Уже в 1604 году он высказался в поддержку учения Коперника, но в 1616 г. церковь запретила ему пропагандировать идеи Коперника, а в 1623 г. новый папа Урбано VII, почитатель Галилея, сделал намек, что этот запрет больше не будет действовать. После этого в течение шести лет Галилей пишет и издает на итальянском языке (если бы он написал его на латыни, то воз-

можно не было бы никакого последовавшего преследования) в 1632 г. с разрешения церковной цензуры свой знаменитый «Диалог» и тут же подпадает под суд римской инквизиции по обвинению в нарушении запрета 1616 года. Отделался он сравнительно мягким приговором, но вынужден был отречься от поддержки учения Коперника и также от того, что Земля движется вокруг Солнца.

Последние годы его жизни прошли на родовой вилле в Артчетри, омраченные смертью дочери Вирджинии (всего у него было две дочери и сын), слепотой и подорванным здоровьем. Но здесь он успел закончить свою последнюю, ранее упоминавшуюся величайшую работу – «Беседы». «Беседы» и «Диалог» положили начало европейской науке, а Галилео Галилей стал её родоначальником.

РЕНЕ ДЕКАРТ

*Невозможно достигнуть никакого
знания иначе, как путем интуиции
и индукции*

Рене Декарт

Великий французский философ, физик и математик, представитель классического рационализма, родоначальник научного метода Рене Декарт (латинизированное имя Картезий) (1596–1650) получил начальное образование в иезуитском колледже Ла Флеш (1604–1612), затем продолжил в университете Пуатье, где защитил диссертацию на ученую степень бакалавра и лиценциата прав. В течение последующих трех лет находился в войсках, до тех пор, пока 10 ноября 1619 года в трех последовательных снах Декарт не пережил свое знаменитое *прозрение*, которое привело впоследствии к созданию им его *метода – метода дедукции*. Это был такой сон, из которого молодой ученый заключает, что именно на него возложена божественная миссия обновления всех наук. Оставив службу, он предпринял серию путешествий по Европе и в 1629 г. поселился в Нидерландах. Первые пять лет он посвятил в основном разработке собственной системы мира, а также концепции человека и устройства человеческого тела – исследованиям, которые он практически закончил в 1633 г. Однако узнав об осуждении инквизицией Галилея, ученый воздерживается от публикации своей работы, появившейся лишь посмертно.

В 1637 г. Декарт опубликовал свое первое эпохальное произведение «*Рассуждение о методе*», представленное как пролог к трем научным эссе, включая *Рассуждение – «Метафизические размышления»*

(1641) и «Начала философии» (1644). Его философские размышления приводят к тому, что он начинает во всем сомневаться: и в традиционных мнениях, и в истинности чувственного познания. Несомненным остается для него лишь факт сомнения как способа мышления. Декарт, таким образом, делает знаменитый вывод: «*Cogito ergo sum*» – «**Я мыслю, следовательно, я существую**». На основании этого вывода Декарт снова приобретает доверие к разуму, т.е. становится отцом *рационализма*. Метод Декарта, предложенный в этих трудах для всех наук и дисциплин, состоял в том, чтобы расчленять сложные задачи на части все более простые до обнаружения их первичных элементов (*редукционизм*), простых идей, которые предстают перед сознанием со всей очевидностью, и действовать исходя из этих идей путем синтеза, к восстановлению всего расчлененного ранее комплекса. Таким образом, Декарт явился родоначальником *метода дедукции* в науке.

Наследие Декарта – важный этап в истории философии. Как выразился Гегель в своих *Лекциях по истории философии*, Декарт в сущности был: «...настоящим основоположником современной философии в том отношении, что взял мысль за принцип. Невозможно себе представить всю степень того влияния, которое этот человек оказывал на свою эпоху и на наше время. Он – настоящий герой, пересмотревший самые начала вещей и снова создавший почву для философии, на которую та, наконец, вернулась по истечении целого тысячелетия».

Трудно определить, какое произведение является главным в наследии Декарта. Что выбрать – «*Рассуждение о методе*» (1637) или «*Метафизические размышления*» (1641), вот в чем гамлетовский вопрос. Оба сочинения оказали огромное влияние на развитие философии. Более того, оба вписывались в общий замысел автора: поставить философскую мысль на новое, прочное основание. Мы остановили свой выбор на «*Рассуждении о методе*», хотя оно и написано раньше. *Размышления* более проработаны, но лишь потому, что появились в качестве пояснений к *Рассуждениям*, не слишком благожелательно воспринятых философским миром, к которому обращался Декарт.

Дело в том, что современники воспринимали Декарта весьма неоднозначно. С юности он интересовался прикладными науками. Находясь на службе в армии и познакомившись с Исааком Безкманом, молодым голландским ученым, он начинает заниматься физикой, математикой и геометрией. Декарт стремится разработать универсальный метод решения всех геометрических задач, какими бы сложными они ни были (ноябрь 1619 года). Идея дальше в научном поиске, он задается вопросом: *нельзя ли создать еще более общий метод, позволяющий разрешить все проблемы, возникающие перед человеческим разумом, к какой бы об-*

ласти знания они не относились. К тому времени Декарт уже понимает, что все науки подобны ветвям одного дерева и составляют в совокупности единое целое. Начинает он с геометрии. В 1628 году Декарт выдвигает также ряд метафизических идей, развив их позже в *Размышлениях*. Но все-таки в основном в то время он еще занимается физикой и пишет работу «Мир, или Трактат о свете». Для того, чтобы показать сферу применения своего метода, он публикует трактаты «Диоптрика», «Метеоры» и «Геометрия».

«*Рассуждение о методе*» было задумано как своего рода предисловие ко всем этим книгам. Поскольку это произведение было встречено ученым миром без особого интереса, он решает его переработать, переделав структуру. В результате в свет вышли *Размышления*, принятые ничуть не лучше. Тогда философ излагает основные принципы своего сочинения в форме учебного пособия «*Начала философии*» (1644) в надежде, что широкая публика («достопочтенные люди») окажет ему лучший прием: ведь просвещенным умам необходима философия, которая должна быть, в первую очередь, мудростью, иначе говоря, средством развивать интеллект и улучшать нравы. Затем он пишет весьма значимое предисловие к французскому изданию *Начал* (1647). Долгое время Декарт ведет обширную переписку на моральные темы с принцессой Елизаветой Богемской. На основе этих писем его последнее сочинение «*О страдательных состояниях души*» (Париж, 1649).

Научные очерки, следовавшие за этой книгой, представляли обобщение его физических теорий, среди которых выделяется формулирование закона инерции и приложение метода к математике (аналитической геометрии). Основы своей механической физики, считавшей протяженность главным свойством материальных тел, Декарт отнес к метафизике, изложенной им в 1641 г. Его физика впоследствии была заменена на ньютоновскую, но его метод дедукции остался жить навечно.

В последние годы Декарт переезжает в Швецию по приглашению королевы Христины, где силы оставляют его и где он умирает 11 февраля 1650 года.

Ниже комментируется его главная книга «*Рассуждение о методе*».

Рене Декарт. «*Рассуждение о методе, чтобы верно направлять свой разум и отыскивать истину в науках*» (1637)

В очень коротком предисловии Декарт сообщает, что *Рассуждение* состоит из шести частей.

1. СООБРАЖЕНИЯ, КАСАЮЩИЕСЯ НАУК

«Здравомыслие есть вещь, распространенная справедливее всего». Если между людьми существуют различия во мнениях, то вовсе не по той причине, что они способны познать истину, а другие нет, а потому, что некоторые люди хорошо управляют своим разумом («своим здравомыслием»), а другие плохо. Декарт поясняет, что собирается рассказать о методе, который ему посчастливилось открыть.

Философ начинает с рассказа о своей учебе в колледже Ла Флеш, где превосходные преподаватели помогли ему открыть для себя гуманитарные науки, философию и математику. Позже Декарт изучал также юриспруденцию и немного – медицину. Но эти занятия не дали философу *«ясной и отчетливой»* уверенности в том, что узнал все, необходимое для жизни. Вот почему, не желая изучать науку лишь по книгам, Декарт отправился в путешествие, чтобы своими глазами посмотреть на мир. Однако в людских нравах он обнаружил не меньше разнообразия, чем во мнениях философов. И тогда ученый решил искать истину только лишь в себе самом.

2. ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА МЕТОДА

Найдя убежище вдали от людской суеты. Декарт много размышлял над тем фактом, что во всех областях знания произведения, удовлетворявшие его в интеллектуальном отношении, всегда принадлежали лишь одному-единственному автору. Поэтому он отвергает все утверждения, содержащиеся в разнообразных источниках, и признает только те, что ему подсказывает собственный разум.

С превеликой осторожностью философ замечает, что его скромные предположения вовсе не претендуют на то, чтобы стать всеобщими правилами. Впрочем, они едва ли могут широко применяться, поскольку лишь немногие умы могут пройти путь, пройденный автором. Из всех наук, которые изучал Декарт, критике неподвластны лишь логика, геометрия и алгебра. Размышляя над этими науками, философ вывел четыре правила, положенные им в основу метода точного мышления:

- *«Никогда не принимать за истинное ничего, что я не признал бы таковым с очевидностью, то есть тщательно избегать поспешности и предубеждения и включать в свои суждения только то, что представляется моему уму столь ясно и отчетливо, что никоим образом не сможет дать повод к сомнению.*

- *Делить каждую из рассматриваемых мною трудностей на столько частей, сколько потребуется, чтобы лучше их разрешить.*

- Располагать свои мысли в определенном порядке, начиная с предметов простейших и легкопознаваемых, и восходить мало-помалу, как по ступеням, до познания наиболее сложных, допуская существование порядка даже среди тех, которые в естественном ходе вещей не предшествуют друг другу.

- Делать всюду перечни *«столь полные, и образы столь всеохватывающие»*, чтобы быть уверенным, что ничего не пропущено».

Выведа эти четыре правила, автор решил применить их к самому простому из всех возможных объектов – к математике. Считая, что вся геометрия по существу сводится к воображению и чисто алгебраическим расчетам, Декарт решил применить алгебраический подход к решению геометрических задач. Это позволило ему впервые решить некоторые проблемы и разработать общие способы решения задач, ранее считавшихся принципиально неразрешимыми. Ученый также предположил, что этот метод вполне пригоден для применения в философии и других науках, но, считая себя еще слишком неподготовленным, отложил проверку этой гипотезы на более позднее время.

3. НЕСКОЛЬКО ПРАВИЛ МОРАЛИ, ИЗВЛЕЧЕННЫХ ИЗ ЭТОГО МЕТОДА

В иерархии наук мораль стоит на последнем месте. Ведь само ее существование предполагает, что все остальные науки уже сложились. Однако жизнь не стоит на месте. Она требует от философа действия еще до разработки четких моральных принципов. И Декарт принимает на вооружение несколько временных практических правил. Он не считает их безусловно истинными, но лишь полезными для того, чтобы жить счастливо, пока нет ничего лучшего:

Первое правило заключается в подчинении законам и обычаям своей страны, исповедании религии, привитой в детстве, и следовании самым умеренным взглядам самых рассудительных из окружающих.

Второе – однажды определившись, следовать даже самым сомнительным мнениям, как если бы они были бесспорными.

Третье – стараться переделать себя самого, а не судьбу. Лучше изменить свои желания, чем пытаться улучшить мировой порядок.

Декарт рассматривает все людские занятия и выбирает из них лучшее: философию. Он решает посвятить себя этой эпохе. Десять лет ученый ездит по свету, стремясь усовершенствовать на практике свой метод.

4. ДОВОДЫ, ДОКАЗЫВАЮЩИЕ СУЩЕСТВОВАНИЕ БОГА И БЕССМЕРТИЕ ДУШИ (ОСНОВАНИЯ МЕТАФИЗИКИ)

Декарт приступает к метафизике как только обретает достаточную уверенность в собственных силах. Ученый не желает признавать ничего, что не является *«ясным и отчетливым»*. Все остальное он подвергает сомнению. Но для того, чтобы понять ложность чего бы то ни было, следует мыслить. А значит, должен реально существовать тот, кто мыслит. И, соответственно, первый принцип метафизики Декарта – *«Я мыслю, следовательно, я существую»*. Но что именно существует? – Мысль, независимая от любой материальной субстанции. Мысль (душа) отчетливо отлична от тела. Согласно первому принципу метафизики, это положение очевидно, поскольку оно ясно и отчетливо. И на этом основании философ заключает, что ясность и отчетливость идей является тем критерием, который позволяет установить истину.

Из этого рассуждения следует существование Бога. Акт мышления, благодаря которому философ осознает свое существование, заключается в сомнении. Сомнение же – признак несовершенства. Следовательно, человек несовершенен. Но сама идея несовершенства предполагает существование идеи совершенства. Какова причина существования этой идеи? Поскольку причина должна быть столь же реальна, как и ее следствие, значит, идея совершенства предполагает наличие совершенного существа: Бога, который, таким образом, действительно существует.

Если несовершенное существо обладает идеей совершенства, значит, оно не является творцом своего существования. Иначе оно наделило бы себя всеми мыслимыми достоинствами. Следовательно, должен существовать Бог, творец нашего бытия и идеи совершенства, присутствующей в нашем сознании. Отсюда автор выводит совершенство Бога. У Бога нет никаких недостатков. Все, что существует на свете, зависит от Него. Без Него ничто не могло бы существовать, ни единого мгновения.

Доказав существование Бога, Декарт переходит к внешним объектам, которые подвергает сомнению, как и все прочие. Используя все тот же критерий ясности и отчетливости, он рассматривает свойства геометрической протяженности и ряд теорем, которые мы здесь опускаем. Это дает философу еще одно доказательство бытия Божьего. Красота и ясность геометрических построений со всей очевидностью говорят о том, что они также даны свыше. Однако, рассматривая идею о совершенном существе, можно прийти к выводу, что предполагает необходимость его существования, подобно тому, как любое свойство треугольника заключено в идее треугольника. Следовательно, Бог существует.

Зная это с уверенностью, можно без труда вывести отсюда существование внешнего мира. Если Бог совершенен, то Он и правдив. Если

бы наши ясные и отчетливые идеи оказались ложными, это значило бы, что Он нас обманывает. Но это невозможно. Мы должны лишь быть внимательными, чтобы не стать жертвами ложных ощущений и иллюзий. Мы уверены, что не совершаем ошибки, заявляя о существовании геометрической протяженности. Это единственная вещь в мире, которую мы можем воспринимать ясно и отчетливо.

5. НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФИЗИКИ. ДВИЖЕНИЕ СЕРДЦА. РАЗЛИЧИЕ МЕЖДУ ДУШАМИ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

Из своих метафизических рассуждений Декарт выводит ряд физических истин. Он вкратце излагает содержание своего «Трактата о свете». Отталкиваясь от проблемы света, ученые приводят в систему все известные ему знания: о солнце, от которого свет исходит, о небе, через которое он проходит, о Земле и других планетах, его отражающих, и о человеке, его наблюдающем. Природу можно, таким образом, объяснить исключительно на основании принципов геометрической протяженности. Даже законы движения выводятся из божественного совершенства.

Ученые спорят об истории возникновения мира. Возможно, что все происходило иначе, чем считал Декарт, но он убежден, что Бог мог создать мир, будучи первопричиной процесса его зарождения.

Далее Декарт переходит к вопросу о движении сердца. Он утверждает, что сердце – орган горячий. Кровь, попадает в желудочки сердца, резко увеличивается там в объеме, происходит диастола (расширение полостей сердца. – *Примеч. Пер.*). Затем кровь проходит через артерии, что проявляется в виде пульса. Сердце сжимается (систола), после чего в него вновь поступает кровь... Весь процесс повторяется. Таким образом, движение сердца подчиняется законам физики. Тепло животных также образуется в результате механического движения. Поэтому животных можно в сущности считать простыми автоматами.

Отсюда Декарт делает вывод, что у животных нет души. Доказательство этого состоит в том, что они лишены разума, поскольку не могут говорить. В этом и заключается их коренное отличие от человека. Даже самый глупый человек уже говорит, а самое умное животное – нет. Иначе говоря, животные являются лишь усовершенствованными автоматами. Этот анализ позволяет опровергнуть возражения вольнодумцев против бессмертия души – ведь те говорят: «Если душа человека бессмертна, то столь же бессмертна и душа животного». В своих философских рассуждениях Декарт заходит еще дальше: он доказывает независимость души от тела.

6. ЧТО НЕОБХОДИМО, ЧТОБЫ ПРОДВИНУТЬСЯ ВПЕРЕД В ИССЛЕДОВАНИИ ПРИРОДЫ. ПРИЧИНЫ, ПО КОТОРЫМ ФИЛОСОФ НАПИСАЛ ЭТУ КНИГУ

Декарт не стал публиковать свой «Трактат о свете», поскольку как раз в это время пришло известие об осуждении Галилея. Философ спрашивает себя, должен ли он вообще обнародовать свои произведения. Он колеблется и выдвигает на суд читателя аргументы «за» и «против».

Аргументы в пользу публикации: ученый считает, что заложил основы науки, способной улучшить участь человечества, сделав его хозяином и собственником природы и открыв возможности математического подхода к медицине. Однако для дальнейшего развития этой науки потребуется провести еще немало опытов (а значит, понадобятся помощники и деньги на расходы).

Аргументы против: труд на благо людей может привести к утрате еще большего блага – собственного спокойствия. После публикации автору придется иметь дело с многочисленными оппонентами. Он считает, что любой спор бесплоден и лишь изнуряет спорщиков. Что касается проведения опытов, то возникает новая проблема – распространения и использования их результатов.

Так и не придя к однозначному выводу, ученый делит свой труд на две части: на *Опыты* и *Рассуждение*. Те, кто прочтет их, возможно, сочтут, что ему следует продолжать работу в этом направлении. Ведь философу нужна не выгодная должность, а единственно лишь возможность свободно заниматься любимым делом.

ЧАСТЬ IV.

НОВОЕ ВРЕМЯ

Период Нового времени явился периодом открытий всеобщей связи, зарождения и утверждения эволюционных идей в естествознании, и как таковой характеризуется стихийным проникновением в науку диалектики, сменившей в ней метафизику прошлых эпох. Новой становится энергетика, промышленность, европейская цивилизация на первый план выдвигает физику, химию, геологию, биологию, медицину. Изучаются взаимопревращения форм энергии и видов вещества (Карно, Ломоносов, Майер, Джоуль, Уатт, Гельмгольц, Бертолле, Лавуазье), зарождаются эволюционная теория (Ламарк, Дарвин, Уоллес), палеонтология (Кювье), эмбриология (Бэр), клеточная теория (Шванн, Шлейден, Вирхов), генетика (Мендель). В середине XIX столетия последовали открытия структуры органических химических соединений (Кекуле, Бутлеров), периодической системы элементов (Менделеев), химической термодинамики и кинетики (Вант-Гофф, Гиббс), основ научной физиологии (Сеченов), электродинамики (Эрстед, Ампер, Фарадей, Максвелл). Новое научное знание явно не укладывалось в рамки механистического объяснения природы и общества и требовало переосмысления на базе более глубокого и широкого синтеза наук. Вызревала новая неклассическая парадигма науки, которая укрепится в начале XX века.

ИСААК НЬЮТОН

*Был этот мир глубокой тьмой окутан,
Да будет свет. И вот явился Ньютон.*

Александр Поуп

Великий корифей классического естествознания английский физик, математик, астроном, алхимик, теолог и механик Исаак Ньютон (1642–1727), родившись в семье преждевременно умершего небогатого землевладельца, с трех лет оказался на попечении бабушки, будучи брошенным матерью. Эта душевная травма, по мнению ряда его

биографов, привела в дальнейшем к неуравновешенности его характера, склоности и склонности к ипохондрии (чрезмерному вниманию к своему здоровью, мнительности). Первоначальное образование получил в Королевской школе Грэнтхэма, которое продолжил с 1661 г. в Кембридже, где изучал физику и математику, но, судя по всему, не отличился на этом поприще. Эпидемия чумы, разразившаяся осенью 1665, заставила его покинуть Лондон и вернуться на родину в Вулсторп. Во время вынужденных каникул он набросал основы своих будущих научных трудов, в частности *гипотезу о всемирном тяготении*, задавшись якобы вопросом, почему яблоко падает по направлению к центру Земли, а не следует по другим траекториям (правдоподобнее, что его интересовал вопрос о том, почему Луна не падает на Землю). К тому же периоду относятся его заметки по «*Теории истечения*» (где он ввел представление о *корпускулах света*) и эксперименты по *дисперсии солнечного света* посредством преломляющей линзы. В 1667 по возвращении в Кембридж был избран членом Тринити-колледжа и через два года занял должность своего учителя Исаака Барроу на кафедре математики (в последующие годы эту самую знаменитую в мире кафедру занимали Поль Дирак, Стивен Хокинг). В 1672, за 15 лет до публикации своего основного труда – «*Математические начала натуральной философии*», за открытия в области оптики, которые, несомненно, были значительными, Ньютон был избран членом Королевского общества (академиком). Это положило начало как его известности, так и нескончаемым спорам по поводу его приоритета в этих открытиях, в частности, с Робертом Гуком, в результате чего трактат по оптике был опубликован только в 1704 г., уже после смерти Гука. С 1676 г. Ньютон посвятил несколько лет разработке основ *дифференциального исчисления, алхимии и библейским исследованиям*. Тогда он разработал теорию исчисления бесконечно малых величин и обобщил до любого показателя формулу, выражающую степень суммы двух слагаемых (бинома) через степени этих слагаемых, которую за несколько лет до этого он вывел для показателя второй степени (знаменитый *бином Ньютона*). Переписка с Гуком, начатая в 1679 г., способствовала возникновению нового интереса к вопросам динамики тел, главным образом к теоретическому обоснованию законов движения планет, открытых Иоганном Кеплером. Подобные результаты имелись также у Ньютона, и известный астроном Галлей, в обход другого астронома Джона Флэмстида, ранее снабжавшего Ньютона астрономическими данными, побудил Ньютона опубликовать свои результаты по этой проблеме. Участие Галлея предопределило публикацию в 1687 году Ньютоном «*Начал*», важнейшего научного труда его и последующих эпох, содержащего математическую формулировку за-

кона всемирного тяготения и трех законов динамики. В нем автор на основе проведенных опытов доказывает, что однородное тело сферической формы оказывает притягивающее воздействие на точки, расположенные вне его, и ведет себя так, как если бы вся его масса была сосредоточена в его центре. После английской революции в 1688 г. Ньютон был избран представителем университета (Кембриджа) в парламент, в 1696 был назначен директором Монетного двора. В 1701 г. оставил преподавание в университете, а в 1703 г. был избран президентом Королевского общества, стал первым ученым, посвященным за научные успехи в рыцарское звание, и находился на этом посту до своей смерти.

Научное творчество Ньютона сыграло неограниченную роль в истории развития как физики, так и всего естествознания и всей мировой культуры. По словам Альберта Эйнштейна, «Ньютон был первым, кто попытался сформулировать элементарные законы, которые определяют временной ход широкого класса процессов в природе с высокой степенью полноты и точности» и «... оказал своими трудами глубокое и сильное влияние на все мировоззрение в целом».

Ниже приведены небольшие фрагменты из «Начал» с некоторым комментарием.

Исаак Ньютон. «Математические начала натуральной философии»

Прямая цель «Начал» – доказательство закона всемирного тяготения, как неизбежно вытекающего из применения принципов механики к движениям небесных тел. План книги такой. Сначала вводятся определения основных понятий – массы, количества движения, силы и др., затем идут аксиомы или законы движения. Книга первая – решение задач динамического характера, относящихся к движению материальных тел и твердых тел, здесь же вводится понятие о центральной силе и делаются попытки поставить обратную задачу. Цель второй книги – опровергнуть вихревую теорию Декарта, основная тема – гидродинамические задачи, законы движения тел в средах с трением, волновое движение, простейшие случаи вихревых движений. И третья книга – «О системе мира», ради которой замыслено всё сочинение, в которой он выводит предпосылает «Правила философских умозаключений». В первом издании он ограничивается тремя такими правилами:

«Правило I. Не должно требовать в природе других причин, сверх тех, которые истинны и достаточны для объяснения явлений.»

По этому поводу философы утверждают, что природа ничего не делает напрасно, но было бы напрасным совершать многим то, что может

быть сделано меньшим. Природа проста и не роскошествует излишними причинами вещей.

Правило II. Посему, поскольку возможно, те же причины должны приписывать проявлениям природы одинакового рода.

Правило III. Такие свойства тел, которые не могут быть ни усилены, ни ослаблены и которые оказываются присущими всем телам, над которыми возможно производить испытания, должны быть почитаемы за свойства всех тел вообще».

В третьем издании «Начал» прибавлено еще одно:

«Правило IV. В экспериментальной философии предложения, выведенные из явлений помощью общей индукции, должны быть почитаемы за точные или приближенно верные, несмотря на возможность противных им гипотез, пока не обнаружатся такие явления, которыми они еще более уточняются или же окажутся подверженными исключениям.

Этому правилу должно следовать, чтобы доводы индукции не уничтожались гипотезами».

В этом и состоит физическая программа Ньютона как программа суммы принципов и отказ от гипотез. Истинные причины правила I и есть сами принципы. Цель правил – указать тот путь, который неизбежно приводит к закону всемирного тяготения.

Для определения массы, количества движения и силы Ньютон устанавливает необходимые понятия времени, пространства, места и движения. «Эти понятия общеизвестны, – говорит Ньютон, – однако необходимо заметить, что они относятся обыкновенно к тому, что постигается нашими чувствами. Отсюда происходят неправильные суждения, для устранения которых необходимо вышеприведенные понятия разделить на абсолютные и относительные, истинные и кажущиеся, математические и обыденные.

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

II. Абсолютное пространство по самой своей сущности, безотносительно к чему бы то ни было внешнему, остается всегда одинаковым и неподвижным.

III. Место есть часть пространства, занимаемое телом, и по отношению к пространству бывает или абсолютным, или относительным.

IV. Абсолютное движение есть перемещение тела из одного абсолютного его места в другое, относительное – из относительного в относительное... Вместо абсолютных мест и движений пользуются относительными; в делах житейских это не представляет неудобства, в философских необходимо отвлечение от чувства. Может оказаться, что в действительности не существует покоящегося тела, к которому можно было бы относить места и движения прочих».

На основании определений Ньютон устанавливает три знаменитых аксиомы движения:

«I. Всякое тело продолжает удерживаться в своем состоянии покоя или равномерного и прямолинейного движения, пока и поскольку оно не понуждается приложенными силами изменить это состояние.

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

III. Действию всегда есть равное и противоположное противодействие, иначе взаимодействия двух тел друг на друга между собой равны и направлены в противоположные стороны».

С точки зрения чисто механической идея о врожденности тяготения материи и о действии на расстояние без посредства всякого агента, разумеется, казалось Ньютону бессмысленной, что он и высказывал неоднократно. Эти высказывания часто цитировались как якобы очевидное доказательство сочувствия Ньютона гипотезе эфира. В действительности Ньютон находил из этого затруднения совсем неожиданный, мистически-религиозный выход. Почти всегда цитируют часть следующего отрывка из одного письма Ньютона от 25 февраля 1693 г. д-ру Бентли, автору лекций на тему «Опровержения атеизма»: «Непостижимо, – пишет Ньютон, – чтобы неодушевленная грубая материя могла без посредства чего-либо нематериального действовать и влиять на другую материю без взаимного соприкосновения, как это должно бы происходить, если бы тяготение в смысле Эпикура было существенным и врожденным в материи. Предполагать, что тяготение является существенным, неразрывным и врожденным свойством материи, так что тело может действовать на другое на любом расстоянии в пустом пространстве, без посредства чего-либо передавая действие и силу, – это, по-моему, такой абсурд, который немислим ни для кого, умеющего достаточно разбираться в философских предметах. Тяготение должно вызываться деятелем, постоянно действующим по определенным законам. Является ли, однако, этот деятель материальным или нематериальным, решать это я представил моим читателям».

В этом состоит своеобразное завещание Ньютона и современникам и своим потомкам, в данном случае нам. Пока мы эту задачу не решили.

ЛАВУАЗЬЕ

В мире царит зло

Эзон

Лавуазье Антуан Лоран (1743–1794), будущий великий французский химик и основатель научной химии, родился в Париже в одной из самых богатых семей Франции. Отец его, юрист, прокурор при Верховном суде, желал видеть сына адвокатом. Лавуазье охотно и блестяще постигал основы юриспруденции в колледже Мазарино Парижского университета, завершив обучение в 1764 году получением диплома лицензиата права, и там же, не менее упорно и как будто без всякой видимой необходимости основательно изучал естественные науки. Мечтал молодой правовед и о лаврах писателя.

Как оказалось, все эти три увлечения пригодились ему на жизненном пути. Его научные работы написаны прекрасным литературным языком, а знание права помогли ему в бизнесе, которым он занялся сразу по окончании университета, отказавшись от юридической карьеры. Талантливый человек часто талантлив во всем, за что бы он не брался. Так и Лавуазье, в любом деле проявлял главные свои черты – светлый ум, предельную методичность во всем и поразительную способность к напряженному систематическому труду, которые отличали всю его жизнь.

В 1768 году в возрасте 25 лет Лавуазье был избран в адъюнкты Академии наук, практически еще не имея каких-либо серьезных научных заслуг, скорее всего благодаря своему богатству, влиятельным связям и, главное, прекрасным рекомендациям известных ученых, сумевших оценить трудолюбие и талант молодого исследователя. Возлагавшиеся на него научные надежды он оправдал уже на следующий год, проведя блестящее гидрохимическое исследование «О природе воды».

В том же 1768 году он вступает в Генеральный откуп – компанию чрезвычайно богатых и влиятельных финансистов, арендовавших у правительства право взимания государственных налогов, а также право монопольной торговли солью, табаком и вином. Поразительно, как в этом молодом человеке сочетаются глубочайший интерес к науке и деловая практическая хватка. Дела откупа, которые он вел блестяще, со свойственной ему методичностью и основательностью, давшие ему миллионное состояние, оказали роковое влияние на его судьбу и темным пятном легли на его репутацию ученого. Имя Лавуазье приобрело негативную известность в народе, даже не подозревавшем, что этот ге-

неральный откупщик прежде всего гениальный ученый, величайший химик своей эпохи, признанный лидер науки Франции и всего мира.

Главным в химии для Лавуазье стало использование метода количественного анализа, точного измерения – точного взвешивания компонент реагентов до и после реакции. Его первая значительная работа (1764 г.) была посвящена изучению состава минерального гипса (кстати, совместно с геологом Гетаром им был составлен минералогический атлас Франции). Лавуазье принял сторону шотландского химика Джозефа Блэка и английского физика и химика Генри Кавендиша, которые применяли измерение при изучении химических реакций, но использовал более систематический подход, что позволило ему доказать несостоятельность старых теорий, уже не только бесполезных, но и мешавших развитию химии.

Для подтверждения или опровержения концепции трансмутации элементов и веществ (например, воды в землю) он в течение 101 дня кипятил воду в сосуде, в котором водяной пар конденсировался и возвращался обратно в колбу, так что возможность какой-либо потери вещества в процессе опыта исключалась. Поэтому 1769 год, год опубликования работы «О природе воды», принято считать годом начала современной химии.

Революционными в химии стали работы Лавуазье, посвященные реакциям горения (следует вспомнить, что в 1766 г. он получил Золотую медаль Французской академии наук за трактат об усовершенствовании способов уличного освещения), начатые им в 1772 году изучением процессов окисления фосфора и серы. Двумя годами позже он опубликовал работу под скромным названием «Об обжиге олова в закрытом сосуде», в которой впервые был установлен количественный состав атмосферы и дано однозначное и глубокое объяснение роли кислорода (открытого до того независимо друг от друга англичанином Джозефом Пристли и шведом Карлом Шееле) при окислении и горении. Тогда же Лавуазье дает объяснение процесса дыхания, изучая его совместно с будущим выдающимся математиком и космологом *Пьером Лапласом*, как разновидности окисления. Кстати, открытым в те годы кислороду, азоту и водороду названия дал Лавуазье (кислород – *oxy genes – рождающий кислоту*, азот – безжизненный, поскольку в его атмосфере гибли живые организмы, позднее переименованный в *nitron genes – рождающий селитру*, так как азот является составной частью минерала селитры, и водород – *hydro genes – рождающий воду*). В том же 1772 году Лавуазье удостоивается принятия в члены Академии, становится «бессмертным», как принято называть академиков во Франции.

Эти работы и продолжающийся их цикл по нагреванию и обжигу металлов (олова, свинца и др.) в закрытых сосудах с ограниченным объ-

емом воздуха (1777 – «О горении вообще», 1783 – «Размышления о флогистоне») были направлены на опровержение концепции *флогистона*, предложенной столетием раньше немецким врачом и химиком *Георгом Эрнстом Шталем* (1660–1734). Обдумывая результаты проведенных им опытов, Лавуазье пришел к мысли, что если учитывать все вещества, участвующие в химической реакции, и все образующиеся продукты, то изменения *в весе никогда наблюдаться не будет*. Другими словами, он заключил, что масса никогда не создается и не уничтожается, а лишь *переходит от одного вещества к другому*, что стало известно как *закон сохранения массы*. Так Лавуазье в 80-х годах был переоткрыт открытый еще в 1748 г. *Михаилом Ломоносовым* всеобщий *закон сохранения материи и движения*. В письме к Леонарду Эйлеру 5 июля 1748 года Ломоносов писал: *«Все встречающиеся в природе изменения происходят так, что если к чему-либо нечто прибавилось, то это отнимается у чего-то другого. Так, сколько материи прибавляется какому-либо телу, столько же теряется у другого... Так как это всеобщий закон природы, то он распространяется и на правила движения, столько же теряет от своего движения, сколько сообщает другому, им движтому»*. В 1756 г. Ломоносов, повторив опыт английского химика и физика Роберта Бойля по обжигу металлов, почти на 30 лет раньше Лавуазье высказал мысль, что увеличение массы металлов при обжигании следует приписать присоединению частиц воздуха. И в отличие от своих современников, Ломоносов исключил «огненную материю» из числа химических агентов (эти работы Ломоносова были опубликованы на русском языке и, к сожалению, не получили своевременной известности в Западной Европе).

На основе новых представлений Лавуазье тогда же, в 80-х годах совместно с соотечественниками химиками К. Бертолле, Л. Гитоном де Морво, А. Фуркуа разрабатывает проект рациональной химической номенклатуры и опубликовывают его в 1787 году. Была разработана система, основанная на логических принципах. По названию соединения, предложенному этой номенклатурой, можно было определить те элементы, из которых оно состоит. Например, оксид кальция состоит из кальция и кислорода, хлорид натрия – из натрия и хлора, сульфид водорода – из водорода и серы и т.д. Четкая система приставок и суффиксов была разработана таким образом, что стало возможным судить о соотношении входящих в состав веществ элементов. Так, углекислый газ (диоксид углерода) богаче кислородом, чем угарный газ (монооксид углерода). В то же время хлорат калия содержит больше кислорода, чем хлорит калия, в перхлорате калия содержание кислорода еще выше, тогда как хлорид калия совсем не содержит кислорода. Предложенная система вскоре стала общепринятой.

Эти, тогда совершенно новые взгляды, Лавуазье изложил в «Начальном курсе химии», в котором подвел итог своим великим открытиям (действительно великим, полностью преобразовавшим химию того времени). Это был первый учебник по химии в современном понимании. В нем были приведены 33 химических элемента, из которых два – *свет* и *теплород*, внесенные ошибочно, были позднее истолкованы не как материальные субстанции, а как формы энергии. Новая теория была слишком революционной, чтобы сразу быть понятой и поддержанной. В Германии, например, последователи Г. Шталаля, руководствуясь «патриотическими» чувствами, публично сожгли портрет Лавуазье.

Велики и другие заслуги Лавуазье и в химии, и в физике. Так, он разложил водяной пар на водород и кислород и снова синтезировал из них воду; ввел понятие теплотворной способности топлива и теплоемкости тел; совместно с другим великим французом Лапласом изобрел калориметр. В 1785 году он удостоился чести возглавить Французскую академию наук. А в 1789 году основал журнал *Анналы химии* (*Annales de chimie*) – одно из первых периодических изданий в мировой науке.

Особое место в его жизни занимало пороховое дело. В 1775 году Лавуазье предложил правительству упразднить Пороховой откуп и передать дело в руки государства. Став одним из руководителей вновь созданного *Управления порохов и селитр*, весь свой талант химика, инженера, финансиста он подчиняет одной цели – создать лучший в мире порох и наладить его производство во Франции. В том 1775 году даже поселяется в Арсенале – официальной резиденции Управления порохов и селитр. И эта цель им была достигнута. Так, выступив в качестве союзника на стороне молодой Северной Америки в войне против Англии, артиллерия союзников оказалась недостижимой для англичан из-за большей дальности стрельбы.

В 1789 году произошла Великая французская революция, которая оказалась трагической лично для Лавуазье, его семьи и мировой науки. 8 августа 1793 году Академия наук была распущена, несмотря на отчаянный призыв Лавуазье как её президента к новым властителям: *«Граждане, время не ждет. Если вы допустите, чтобы ученые, которые составляли бывшую Академию наук, удалились в деревню, занялись бы иными вложениями в общество и предались бы более прибыльным профессиям, организация наук будет разрушена, и полувек не хватит на то, чтобы воссоздать поколение ученых»*.

23 декабря 1793 года Лавуазье и некоторые его коллеги были исключены из Комиссии мер и весов как люди, *«не заслуживающие доверия по недостатку республиканской доблести и ненависти к королям»*. Лавуазье к тому времени уже около месяца находился в тюрьме вместе с другими генеральными откупщиками, хотя он еще в 1791 г. вышел из

этой организации. 8 мая 1794 года он и другие откупщики, представшие перед революционным трибуналом, были осуждены на смерть. На просьбу о снисхождении к великому ученому председатель трибунала холодно ответил: «La patri n'est pas besoin desavants» – «Родина не нуждается в ученых». В тот же день Лавуазье был гильотинирован.

«Достаточно было всего лишь одного мгновения, чтобы отрубить эту голову, и потребуется, вероятно, целое столетие, чтобы породить ей подобную», – с горечью сказал великий математик Лагранж, когда ему сообщили о казне.

Но равную по величию Лавуазье голову Франция не родила и за два последующих столетия.

ЖАН БАТИСТ ЛАМАРК

*Пусть не говорят, что я не сказал
ничего нового: новизна
в расположении материала*

Блез Паскаль

Жан Батист Ламарк (1744–1829) родился в местечке Базантин во Франции в обедневшей аристократической семье, в которой был одиннадцатым ребенком. До 16 лет по настоянию отца получал богословское образование в иезуитской школе, но после его смерти оставил школу и вступил добровольцем в пехоту, в которой прослужил семь лет, выйдя с военной службы по слабому состоянию здоровья на пенсию в 1768 году. Переехав в Париж, Ламарк стал изучать медицину и ботанику.

После десяти лет упорного труда он опубликовал большое сочинение в трех томах – «Флора Франции», в котором впервые была дана систематическая классификация растений по дихотомическому признаку, сделавшее его имя известным в научном мире. В 1769 он был избран членом Парижской академии наук, долгие годы продолжал работать в этой области и в 1781 был назначен главным ботаником французского короля. В период французской революции он назначается в Национальном музее естественной истории главой Отдела животных без скелета, которых впоследствии назовет беспозвоночными, и разделит Отдел на существующие до сих пор группы паукообразных, насекомых, ракообразных и иглокожих. Учение Ламарка уже как зоолога изложено в его 7-томном труде «Естественная история беспозвоночных» (1815–1822). Но еще раньше он сделает грандиозную работу, которая оказалась невос требованной современниками.

Примерно к шестидесяти годам Ламарк знал о животных и растениях практически все, что было известно в науке того времени. Он задумал дать объяснение законам развития живой природы, раскрыть законы эволюции органического мира. Тогда только некоторые из ученых высказывали догадки об изменчивости видов, но только Ламарку с его колоссальным запасом знаний (в период с 1799 по 1810 гг. он опубликовал одиннадцать томов по метеорологии, которой самозабвенно увлекался, впрочем, как и физикой, и химией, и палеонтологией, и гидрологией) удалось решить эту проблему.

И вот в 1809 он публикует, пожалуй, главный труд его жизни – «Философию зоологии», в которой речь идет не только о животных, но и о всей живой природе. Этот труд мало кто понял, если не сказать больше, что его никто не понял. Наполеон Бонапарт, которому Ламарк преподнес свою книгу, так выбранил его, что тот не мог удержаться от слез. Несмотря на все это, Ламарк заслуженно считается творцом первой эволюционной теории, предшественником Дарвина.

В своей книге Ламарк отстаивал три позиции или три причины, три закона, по которым происходит изменение видов органического мира, их эволюция. Первая заключается в том, что весь органический мир *сам по себе стремится непрерывно изменяться и улучшаться* – это его неотъемлемое внутреннее свойство, которое Ламарк назвал *стремлением к прогрессу*. Вторая причина эволюции – это воздействие на организмы той обстановки, жизненной среды, в которой они живут. Третий закон, который позже развился и превратился в течение, известное в наши дни как *ламаркизм*, гласит о том, что приобретенные в процессе эволюции характеристики *наследуются*.

Ламарк первым ввел сам термин, обозначающий науку о живом – *биология*, и, несмотря на явные великие заслуги перед этой наукой, считается не основателем, а, скорее, предтечей этой науки.

Умер Ламарк в 1829 году в Париже на руках своей дочери Корнелии в возрасте 85 лет, слепым, в нищете.

НИКОЛАЙ ЛОБАЧЕВСКИЙ

*Господь Бог создал целые числа,
всё остальное – дело рук человеческих.*

Леопольд Кронекер

Гениальный русский математик Николай Иванович Лобачевский (1792–1856), «Коперник геометрии», по определению выдающегося английского математика Уильяма Клиффорда, внес неоценимый

вклад в науку, создав первую неевклидовую геометрию. Представляют несомненный интерес его работы в области математического анализа и алгебры, а помимо того по вопросам физики, астрономии и механики твердого тела. Увлечения астрономией помогли ему увериться в правильности его геометрической системы, утверждение которой на русской земле происходило при полном непонимании и без какой-либо поддержки со стороны отечественных коллег-математиков, в том числе самых выдающихся, например М.В. Остроградского.

Точная дата рождения в Нижнем Новгороде (даже год) великого математика неизвестна – то ли 1792, то ли 1793. Его отец умер вскоре после рождения сына (как часто это случалось у великих мыслителей мира сего), так что Лобачевский вместе со своими двумя братьями закончил Казанскую гимназию только лишь благодаря беззаветной жертвенности своей матери (точно как и в случае с Менделеевым). После окончания гимназии он поступил в возрасте 14 лет в новоорганизованный Казанский университет (и оказался за всю его историю, включая современную, самым великим выпускником), где в то время в большинстве случаев преподавателями состояли профессора, приглашенные из разных стран Европы.

Еще будучи студентом первого курса, Лобачевский обратил на себя внимание немецкого профессора Бартельса, который взялся лично руководить обучением необыкновенно одаренного юноши. Это оказалось Лобачевскому очень необходимо, так как своим вольнодумством и многочисленными шалостями он часто вызывал неудовольствие университетского начальства. Мнение Бартельса о том, что «Лобачевский как студент отличается такими способностями и имеет такие достижения, что в любом из германских университетов он был бы признан выдающимся студентом...», представленное сенату университета, предотвратило исключение будущего великого ученого из университета.

Закончил он университет в 1811 г. и был оставлен ассистентом Бартельса, а спустя три года был назначен адъюнктом-помощником профессора. Уже в это время в возрасте 23 лет он написал и хотел издать свою первую работу под заглавием «Геометрия», однако *работа пролежала в архиве больше 70 лет (!), потому что никто из членов Академии не мог её понять!* В 24 года он становится профессором, в 28 – деканом факультета физических и математических наук, а еще через 5 лет был назначен ректором университета, и оставался им в течение почти 20 лет.

На протяжении 1829–1840 годов Лобачевский опубликовал ряд работ, в частности, в 1829 – «Сжатое изложение основ геометрии со строгим доказательством теоремы о параллельных», хотя доложил эту рабо-

ту на кафедре 24 февраля 1826 года. Это и есть дата рождения неевклидовой геометрии, геометрии Лобачевского. В этой работе он принял знаменитую аксиому, противоречащую аксиоме Евклида, а именно: *через данную точку, лежащую на одной и той же плоскости, что и данная прямая, можно провести бесконечное количество прямых, параллельных данной*. Аксиома же Евклида гласит, что через такую точку можно провести только *одну* параллельную прямую. Прямые Лобачевского входят в угол, стороны которого он назвал прямыми, параллельными данной.

Геометрия Лобачевского представляет собой величайшее открытие в математике. Он доказал, что могут существовать различные теории геометрии, отличные от евклидовой и не противоречащие друг другу (практически одновременно с Лобачевским это удалось доказать венгру Яношу Больяи и немцу Карлу Гауссу, но только теория Лобачевского оказалась самой основательной из всех). Несмотря на величие работы, современники не обратили на неё никакого внимания, так как ничего не поняли. Но это не обескуражило Лобачевского, и в ряде новых работ он многократно и по-разному обосновывал неевклидову геометрию и показал пример использования её в интегральном исчислении. И все же его идея нашла полное признание и применение как в математике, так и в физике только лишь много лет спустя после его смерти, благодаря поддержки и развитию его теории, которую она получила в работах немецких математиков Бернхарда Римана и Феликса Клейна. В физике, например, закон суммирования скоростей в теории относительности основан на методе суммирования отрезков, предложенном Лобачевским.

В 1846 году исполнилось 30 лет работы Лобачевского заведующим кафедрой и в соответствии с действующими тогда в России правилами он должен был уйти с этого поста. Но сенат университета, учитывая его заслуги, единогласно решил оставить его на кафедре. Спустя несколько лет Николай Иванович потерял зрение и свою последнюю работу «Пангеометрия» диктовал. В 1855 г., закончив этот труд, посвятив его 50-летию Казанского университета, он обратился к министру просвещения с просьбой предоставить ему годичный отпуск и денежную помощь для лечения. Министр же в своем докладе императору Александру II предложил уволить Лобачевского «как бесполезного» и получил на это его согласие.

Подавленный неурядицами, смертью сына, больной и ослепший Николай Иванович Лобачевский скончался 12 февраля 1856 года на 65-м году с верой в то, что его работа будет понята и продолжена учеными будущих поколений.

ЧАРЛЗ ДАРВИН

Тайна начала всех начал неразрешима для нас.

Чарлз Дарвин

Чарлз Дарвин (1808–1882) родился в городе Шрусбери в Великобритании в многодетной семье преуспевающего врача и приходился внуком известному английскому медику, философу, натуралисту и поэту Эразму Дарвину. В детстве и отрочестве он не проявил никаких способностей к учебе, обнаружив только интерес и любовь к собиранию растений, минералов, раковин, насекомых, монет, печатей, автографов, рано пристрастился к рыбалке и охоте. В Эдинбургском университете отец повелел ему в 1825 изучать медицину, но и здесь Чарлз не выказал никакого интереса. Он согласился после уговоров отца посвятить себя духовному поприщу и, намереваясь принять сан священника, поступил на богословский факультет Кембриджского университета в возрасте 20 лет. Закончил он Кембридж в 1831 в числе «многих», т.е. удовлетворительно, не более.

В выборе дальнейшего жизненного и, как оказалось, научного пути ему помог профессор ботаники Джон Хенслоу. Зная о глубоком интересе Дарвина к природе, он предложил ему место натуралиста в экспедиции в Южную Америку. Перед отплытием в руки Дарвина попала одна из немногих книг, которая оказала заметное влияние на его развитие – книга английского геолога Чарлза Лайеля, величайшего ученого того времени, оказавшегося близким по духу самому Дарвину.

Экспедиция продолжалась целых пять лет и по настоящему стала *его университетом*. Здесь произошло рождение и становление великого ученого. Дарвин на подсознательном уровне выделял те факты и явления, которые находились в теснейшей связи с фундаментальными проблемами естествознания. Особенно его интересовали семейства переходных форм органического мира, которые были для большинства натуралистов того времени «не в чести», по поводу чего он впоследствии написал: *«Оно (семейство. – Авт.) принадлежит к числу тех, которые, соприкасаясь с другими семействами, в настоящее время только затрудняют натуралистов-систематиков, но в конце концов могут действовать познанию великого плана, по которому были созданы организованные существа»*. Материалов, собранных в экспедиции, оказалось так много, что хватило на двадцать лет работы! В работе он неспешен и аккуратен до щепетильности. Гипотезу об эволюции видов он начал разрабатывать еще на экспедиционном корабле «Бигл», и эта ра-

бота продолжалась 21 год, с 1837 по 1858, пока он не решился опубликовать главную книгу своей жизни – «Происхождение видов путем естественного отбора» (1859). Гипотеза «пангенезиса» – результат двадцатипятилетних размышлений над вопросами о причинах наследственности. Книга «О выражениях ощущений» писалась в течение 33 лет! Один из опытов над земляными червями длился 29 лет!

Книга «Происхождение видов» имела оглушительный успех ишла как много сторонников, так и противников. Она и сегодня не оставляет ученых равнодушными к проблеме эволюции, поскольку касается наитруднейшего из научных вопросов – происхождения жизни. Один из его ярких сторонников – немецкий биолог Эрнст Геккель – сумел выделить в учении Дарвина то, что стало называться дарвиновской триадой – *изменчивость, наследственность и естественный отбор*, вот главные факторы эволюции по Дарвину. Все последующие его книги, а их было много, включая «Происхождение человека и половой отбор» (1871), где он выдвинул гипотезу о происхождении человека от обезьяноподобного предка, были дополнением к его главному труду.

Дарвин получил признание и многочисленные награды при жизни, что редко бывает в жизни ученых. В семейной жизни он был вполне счастлив. Ум его с годами не ослаб, не помрачился, и лишь смерть 19 апреля 1882 года прервала его могучую работу.

ГРЕГОР МЕНДЕЛЬ

*Ты из себя должен познать
природу, а не себя из природы*

Артур Шопенгауэр

Грегор Мендель (1822–1884) родился в крестьянской семье в городе Хайзендорф, в Селезии, на территории современной Чехии, но часто называется то австрийским, то чешским, то австро-венгерским ученым-биологом. Еще бы – ведь речь идет об основоположнике теории наследственности – генетике, так что есть повод ломать копыта. При жизни Мендель не был признан, его открытия были «переткрыты» в 1900 году, принесли ему, и это печально, только посмертную славу великого ученого.

Уже в начальной школе он обнаружил выдающиеся математические способности, но денег на обучение не было. Выход был найден – в 1843 г. он поступает в Августинский монастырь Кёнигсклоссен рядом с городом Брюнном (теперь Брно), вместо светского имени – Иоганн, получает мирское – Грегор. Через 4 года, приняв сан священника, двадца-

типятилетний монах Грегор Мендель направляется учителем в среднюю школу, проживая в аббатстве святого Томаса (Брюнн). Для продолжения учебы и научной работы с 1851 по 1853 годы находится в Венском университете, где становится доктором математических наук, а в 1854 г. назначается профессором Королевской школы в Брюнне.

В 1856 году Мендель провел первые опыты по скрещиванию (гибридизации) семян гороха и анализу наследования их признаков. С этого момента увлекся наукой, трудясь в крохотном, менее двух с половиной соток земли, монастырском садике. Он высевал горох на протяжении восьми лет, манипулируя двумя десятками разновидностей этого растения, различных по окраске цветков и по виду семян. Он проделал десять тысяч опытов (физик Майкл Фарадей – 18 тысяч, и все зарегистрировал и записал в лабораторный журнал!)! Изучая, например, форму семян у растений, полученных в результате скрещиваний, он ради выявления закономерностей передачи лишь одного признака («гладкие» – «морщинистые») подверг анализу 7324 горошины, каждую рассматривая в лупу, сравнивая и описывая их форму! Эта была большая, фантастически большая рутинная работа, в которой можно было бы погрязнуть навеки. Действительно, выбрав для опытов самоопыляющиеся сорта гороха, Мендель на первой стадии опытов выделял чистые постоянные признаки вида и методично отбирал часть семян, скрещивал по двое эти растения между собой способом искусственного опыления. И вот то, что сделало Менделя великим, а его работу в области биологии революционной, состояло в осуществлении им не только впервые в практике как такового биологического эксперимента (а не просто наблюдения), но и в установлении, также впервые, количественных статистических отношений в биологических процессах (в конкретном биологическом эксперименте), именно соотношений в передаче наследуемых горохом признаков, выразившихся соотношениями целых чисел, таких как 3:1, 1:1 или 1:2:1. Это позволяет назвать Менделя «Галилеем в биологии».

Завершение его титанического труда в 1865 г. увенчалось открытием трех законов о наследственности или *законов Менделя*. Первый – закон единообразия гибридов первого поколения (все гибридные растения первого поколения одинаковы и проявляют признак одного из родителей); второй – закон расщепления гибридов второго поколения (среди гибридов второго поколения появляются растения как с доминантными (подавляющими), так и с рецессивными (подавляемыми) признаками в соотношении 3:1); третий – закон независимого комбинирования признаков или закон независимого расщепления (два признака в потомстве ведут себя независимо и во втором поколении встречаются во всевозможных сочетаниях).

Удивительно, но никто не понял и не оценил этот адский труд. Но Менделю все же удалось опубликовать найденные им законы в трудах скромного провинциального Общества естествоиспытателей города Брюна (Брно) под названием «Опыты над растительными гибридами». Трудно сказать, читал ли кто-нибудь эту работу, но один точно был, по крайней мере тот, кто через 34 года вспомнит об этой публикации, когда эти же законы «откроют» сразу и независимо друг от друга несколько других биологов – Хуго де Фриз, Карл Корренс и Эрих Чермак-Зейзенегг.

В 1868 Грегор Мендель стал аббатом в монастыре, бросил научную работу, чтобы заниматься своими прямыми обязанностями. Так наука потеряла своего великого сына, непревзойденного гения в биологии.

Умер Мендель в 1884, ни сколько не поколебленный в своей правоте, говоря: «Мое время еще придет». Эти слова начертаны на его памятнике, установленном перед монастырским садиком, где он ставил свои опыты.

БЕРНХАРД РИМАН

*Говорят, что между двумя
противоположными явлениями
находится истина. Ни в коем
случае! Между ними лежит проблема*

Йоганн Гете

Выдающийся немецкий математик Бернхард Риман (1826–1866) родился в семье лютеранского священника и первоначально готовил себя к карьере церковника. Поступив в лицей Ганновера, он изучает древнееврейский язык и пытается доказать истинность Книги Бытия путем математических рассуждений. В 20 лет он поступает в Гёттингенский университет, который оставляет год спустя и переезжает в Берлин, где учится у таких математиков, как Штайнер, Якоби и особенно Дирихле, оказавшего огромное влияние на Римана. Его карьера прерывается революцией 1848 г., во время которой он служил прусскому королю. В 1851 г. он защищает докторскую диссертацию в Гёттингене, высоко оцененную Гауссом, в которой представил теорию сложных переменных величин, и в особенности то, что теперь принято называть *римановскими поверхностями*. За свою недолгую жизнь он значительно обогатил математическую науку: ввел топологические методы, интеграл Римана, приближение Римана, метод Римана для тригонометрических рядов, матрицы Римана для теории абелевых функций, дзета-функции Римана и др. Однако самым известным его вкладом в науку и в

естествознание была геометрия, отличная от евклидовой и Лобачевского, основанная на другой аксиоматике и подробно изложенная им в его знаменитой вступительной лекции в Гёттингенском университете 10 июня 1854 г. «О гипотезах, лежащих в основании геометрии», впервые опубликованной после его смерти в 1868 г. Геометрия Римана строится на поверхности сферы и ограничивает фигуры этой поверхностью. Спустя семьдесят лет Эйнштейн доказал свою модель искривленного материей пространства-времени, приняв, что геометрия Римана представляет собой более точное отражение мира, чем геометрия Евклида.

Эйнштейн отмечал в статье «Неевклидова геометрия и физика»: «Заслуга Римана в развитии идей о соотношении между геометрией и физикой двояка. Во-первых, он открыл сферическую (эллиптическую) геометрию, которая является антитезой гиперболической геометрии Лобачевского. Таким образом, он впервые указал на возможность геометрического пространства конечной протяженности. Эта идея была сразу воспринята и привела к постановке вопроса о конечности физического пространства. Во-вторых, Риман имел смелость создать геометрии более общие, чем геометрия Евклида или неевклидовы геометрии в более узком смысле... Он пришел к смелой мысли, что геометрические отношения тел могут быть обусловлены физическими причинами, т.е. силами. Таким образом, путем чисто математических рассуждений он пришел к мысли о неотделимости геометрии от физики; эта мысль нашла свое фактическое осуществление семьдесят лет спустя в общей теории относительности, которая соединила в одно целое геометрию и теорию тяготения».

Умер Риман от туберкулеза, немного не дожив до 40 лет.

Б. Риман (1826–1866)

Фрагменты Философского содержания. Натурфилософия.
(Из сборника статей «Альберт Эйнштейн и теория гравитации».
М.: Мир, 1979. С. 34–35)*

3. Тяготение и свет

Данное Ньютоном объяснение движения падающих тел и небесных тел заключается в принятии следующих допущений.

1. Существует бесконечное пространство, обладающее свойствами, указанными в геометрии, и весомые тела, измеряющие свое положение в нем не иначе как непрерывно.

2. В любой момент всякая весома́я точка имеет нечто, определенное по величине и направлению и обуславливающее ее движение (материя в состоянии определенного движения). Мерой движения является скорость¹.

Объясняемые посредством этих допущений явления еще не ведут к допущению различных масс весомых тел.

3. В любой момент во всякой точке пространства существует нечто определенное по величине и направлению (сила ускорения), что сообщает находящейся там весома́й точке – какова бы она ни была – определенное движение, складывающееся геометрически с движением, которым она уже обладает.

4. В каждой весома́й точке существует нечто определенное по величине (абсолютная сила тяготения), что порождает во всякой точке пространства силу ускорения, обратно пропорциональную квадрату расстояния от этой весома́й точки, и пропорциональную присущей этой точке абсолютной силе тяготения; эта сила ускорения складывается геометрически со всеми другими силами ускорения, приложенными к этой точке².

Существующую согласно 3, в каждой точке пространства определенную по величине и направлению силу ускорения я пытаюсь объяснить движением некоей субстанции, наполняющей все бесконечное пространство, а именно: допускаю, что направление ее движения совпадает с направлением силы ускорения, а скорость ее пропорциональна величине силы ускорения. Эту субстанцию можно представлять себе как физическое пространство, точки которого движутся в геометрическом пространстве.

На основании этого допущения все воздействия весомых тел на весома́е тела передаются в пустом пространстве посредством названной субстанции. Таким образом, формы движения, лежащие в существе света и тепла, посылаемых небесными телами, суть не что иное, как формы движения этой субстанции. Но названные явления, именно тяготение и распространение света сквозь пустое пространство, – единственные, которые должны были бы быть объяснены только движением этой субстанции.

¹ Если бы материальное тело было в пространстве одно, оно или не изменяло бы своего положения в нем, или же двигалось бы в пространстве по прямой линии с постоянной скоростью.

Этот закон движения не может быть обоснован принципом достаточного основания. То, что тело продолжает свое движение, должно иметь причину, которую следует искать во внутреннем состоянии материи.

² Одна и та же весома́я точка в двух различных местах претерпела бы изменения движения, которые по направлению совпали бы с силами, а по величине были бы пропорциональны силам. Отношение силы к изменению движения поэтому всегда одно и то же для определенной весома́й точки. Но для различных весомых точек оно различно. Оно называется массой точки.

Я допущу дальше, что действительное движение субстанции в пустом пространстве составляется из движения, которое должно быть допущено для объяснения явления тяготения, и из движения, которое должно быть допущено для объяснения явления света.

Дальнейшее развитие следствий, вытекающих из этой гипотезы, распадается на две части, поскольку требуется исследовать:

1) законы движения субстанции, позволяющие дать объяснение явлений,

2) причины, объясняющие само возникновение этого движения.

Первая задача – математическая, вторая – метафизическая. По поводу последствий я сразу же замечу, что движение субстанции не следует пытаться объяснить притяжением и отталкиванием ее частиц. Такого характера объяснения широко применяются в физике не вследствие их очевидности (особой разумности) и – кроме электричества и тяготения – не вследствие их особой легкости, а вследствие того обстоятельства, что закон всемирного тяготения Ньютона – вопреки ожиданиям его творца – так долго не допускал более глубокого объяснения³.

*Впервые опубликовано в сб. «Bernhard Riemann's gesammelte mathematische Werke und wissenschaftlicher Nachlass» (Тойбнер, Лейпциг) в 1876 г. (Здесь с незначительными исправлениями перепечатан отрывок из книги Б. Риман. Сочинения. М.:Л.: Гостехиздат, 1948. С. 471–473).

ДМИТРИЙ МЕНДЕЛЕЕВ

*Все настоящие русские
люди философы*

Федор Достоевский

Дмитрий Иванович Менделеев (1834–1907), великий русский химик, родился в заштатном русском городе Тобольске, в Сибири. В его семье было семнадцать братьев и сестра, а он был четырнадцатым в ней ребенком. Отец умер, когда ему было 13 лет, в 15 он окончил гимназию, и вот тогда мать, Мария Дмитриевна, решила покинуть Тобольск. Сначала они переехали в Москву, затем в Петербург, с которым

³ Ньютон говорил: «Мысль о том, чтобы способность возбуждать тяготение могла быть неотъемлемым, внутренне присущим свойством материи, и чтобы одно тело могло воздействовать на другое через пустоту на расстоянии, без участия чего-то такого, что переносило бы действие и силу от одного к другому, представляется мне столь нелепой, что нет, как я полагаю, человека, способного мыслить философски, кому она пришла бы в голову».

практически оказалась связанной вся его последующая жизнь. Как ни хотела мать, чтобы он поступил в университет, этого им не удалось, так что образование он получил на физико-математическом факультете в Главном педагогическом институте Петербурга, поступив в него в 1850 г. Уже студентом он был замечен профессурой, один из которых, химик Воскресенский, предложил ему разработать метод исследования минералов ортита и пироксена, привозимых из Финляндии. Так, еще до окончания института появляется в печати его первая научная статья. Закончил он институт с золотой медалью и с присуждением титула «Старший учитель».

После окончания он направляется учительствовать в Одессу, где все силы сосредотачивает на подготовке магистерской диссертации, которую блестяще защищает осенью 1856 года в Петербургском университете, и там же в начале 1857 становится приват-доцентом.

Вскоре его отправляют в двухгодичную стажировку в Германию в Гейденберг, где он знакомится с лучшими учеными-химиками того времени и в 1860 г. волею случая оказывается участником Первого международного химического конгресса в Карлсруэ. К тому времени в химии еще сохранялась путаница с атомными и молекулярными весами, что не позволяло точно решить вопрос о системе элементов (и непонятно было, есть ли вообще эта система) и, конечно, отрицательно сказывалось на развитии самой химии. Инициатором обсуждения этой проблемы на конгрессе стал итальянский химик Станислао Канинциаро, который достаточно ясно и убедительно изложил свою точку зрения на атомный вес и его значение для химии. Эта проблема глубоко запала в исследовательскую душу молодого Менделеева.

После защиты докторской диссертации в 1865 г., посвященной исследованию изменений удельного веса в зависимости от процентного содержания спирта в воде (им было установлено, что самую большую плотность имеет спиртовой раствор с соотношением между молекулами спирта и воды 1:3), он становится профессором сразу двух петербургских вузов – университета и технологического института. Проведенное исследование стало ключевым в гидратной теории растворов (существует легенда, что Менделеев в результате этого исследования предложил выпускать 40-градусную водку, так это чистый вымысел).

Вскоре после защиты докторской он приступает к написанию учебника по неорганической химии и подготовке 2-го издания написанной еще в 1861 книги «Органическая химия», куда должно было войти описание химических элементов. Менделеев глубоко погрузился в проблему систематизации химических элементов и сумел раньше других её

решить, хотя решение витало в воздухе уже давно, но как оказалось нужен был гений Менделеева!

Так, в 1864 английский химик Джон Ньюлендс (1837–1898) расположил известные химические элементы в порядке возрастания атомных весов, установил закономерность, которую назвал *законом октав*, так как в его таблице каждый восьмой элемент обладал свойствами, сходными с первым, девятый – со вторым и т.д. Заметим, в музыкальной октаве семь нот, восьмая нота начинает новую октаву. Но это была далеко не менделеевская таблица, в ней было столько недостатков, что не удалось даже опубликовать её где-либо. Еще двумя годами раньше французский геолог Александр де Шанкартуа (1820–1886) также расположил элементы в порядке возрастания атомных весов и отметил их на так называемом «винтовом» графике, но и эта работа прошла незамеченной.

Как известно, Менделеев обратил внимание на периодичность изменения валентности у элементов, расположенных в порядке возрастания атомных весов. Основываясь на увеличении и уменьшении валентности, Менделеев разбил элементы на *периоды*. Первый период включает только один водород (инертные элементы, занимающие последний столбец в таблице, – гелий, неон, аргон и т.д., тогда еще не были открыты, это сделают много позже, в 1894–1898 гг., шотландский химик Уильям Рамзай (аргон, неон, криптон, ксенон) и английский астроном Джозеф Локьер (гелий)), затем следуют два периода по семь элементов каждый. Затем периоды, содержащие более семи элементов (это и есть почти самое главное в открытии Менделеева, периоды, содержащие разное число элементов, а не повторяющиеся октавы Ньюлендса!). Решение проблемы пришло к Менделееву 17 февраля (1 марта) 1869 г., когда им была составлена в течение одного дня (!) таблица, озаглавленная «Опыт системы элементов, основанной на их атомном весе и химическом сходстве». В 1871 г. Менделеев придал своей таблице современный вид. Второе, самое важное, предопределившее весь успех в открытии Менделеева (относится к 1871 г.) состояло в том, что встретившиеся в таблице пустые клетки без элементов, отвечавшие аналогам бора, алюминия и кремния, Менделеев посчитал тогда еще не открытыми и описал их свойства! Он назвал их, соответственно, экабор, экаалюминий и экакремний (*эка* на санскрите означает «одно и то же»). И действительно, вскоре, в течение 15 лет, были открыты экаалюминий – галлий, экабор – скандий и экакремний – германий. После этого в ценности и полезности периодической таблицы уже не могло быть никаких сомнений.

Но не только в химии оставил после себя великий след Менделеев. Наиболее важными стали его открытия и исследования в области распространения тепла в жидкостях, установлении и введении понятия критической точки, изобретении бездымного пороха, разработки промышленного способа фракционного разделения нефти, пропаганде необходимости использования минеральных удобрений в сельскохозяйственном производстве. Кроме прочего он составил, по просьбе министра финансов И.А. Вышнеградского, новый таможенный тариф и сопроводил его книгой «Толковый тариф», которая на многие годы стала основой русской таможенной политики.

Дмитрий Иванович Менделеев был признанным мировым авторитетом, состоял членом более сотни самых престижных академий и научных обществ мира, но так и не стал российским академиком! Слишком много имел завистников. Работал он до последнего дня и скончался утром 20 января 1907 года.

Медаль, учрежденная Русским химическим обществом в честь имени Менделеева, считается одной из самых престижных в мировой химии.

ЛЮДВИГ БОЛЬЦМАН

*Вероятность восполняет
недостаток познания*

Джон Лонк

Величайший австрийский физик и мыслитель Людвиг Больцман (1844–1906 гг.) родился в Вене. С детства проявлял способности вундеркинда, имел разнообразные интересы, которые поощрялись в семье. В 1863 г. поступил в Венский университет, где изучал математику и физику. Первые его научные публикации были посвящены набравшей тогда интерес электродинамике Максвелла и проблемам термодинамики. В 1866 г. он защищает докторскую диссертацию и вскоре получает право читать лекции в университетах. В 1871 году ему удается показать, что второй закон термодинамики может быть выведен из классической механики только с помощью теории вероятности, а в 1877 г. публикует знаменитое соотношение между энтропией и вероятностью термодинамического состояния.

Необратимые процессы в природе, по Больцману, есть процессы перехода из менее вероятного состояния в более вероятное. Обратимые переходы не невозможны, а маловероятны. Это нашло свое выражение в фундаментальной в естествознании H-теореме Больцмана, которая стала

вершиной учения Больцмана о мироздании, формула которой впоследствии была высечена в качестве эпитафии на памятнике над его могилой. Указанная теорема Больцмана *опровергала* потрясший ранее и физиков и простых людей вывод немецкого физика Клаузиуса из второго начала термодинамики о *неизбежной тепловой смерти Вселенной*.

Своей Н-теоремой Больцман заявил: «Тепловая смерть – блеф. Никакого конца света не предвидится. Вселенная существовала и будет существовать вечно, ибо она состоит не из наших «чувственных представлений», как полагают эмпириокритики, и не из разного рода энергий, как полагают остальвадцы, а из атомов и молекул, и второе начало термодинамики надо применять не по отношению к какому-то «эфиру», духу или энергетической субстанции, а к конкретным атомам и молекулам».

Вокруг теоремы разгорелись нешуточные научные споры, которые в конечном итоге морально и физически опустошили Больцмана, сделали его изгоем в научных кругах, так что в результате выпавших на него страданий он впал в глубокую депрессию и 5 сентября 1906 покончил жизнь самоубийством. Больцман был энциклопедически образованным физиком, математиком и философом, оставив после себя работы в разделах механики, оптики, гидродинамики, теории упругости, электродинамики, теории познания, в философии науки.

Он явно не выполнил всю программу жизни, некоторые из его идей остаются загадкой даже в наше время. Сам Больцман писал о себе: «Идеей, заполняющей мой разум и деятельность, является развитие теории», что позднее подтвердил немецкий физик Макс Лауэ: «Его идеал заключался в том, чтобы соединить все физические теории в единой картине мира». (Эту программу безуспешно пытался выполнить в 20–50-е годы XX века Эйнштейн).

Ниже приводится одно из выступлений Людвигу Больцмана.

Л. Больцман ***О значении теории***

Многоуважаемое собрание!

Когда я, несколько дней тому назад, узнал о предстоящем торжестве, я сначала намеревался просить вас отказаться от него. Я спрашивал себя: как может отдельный человек заслужить такие почести? Мы все работаем над единственным великим делом, и каждый, исполняющий свой долг на этом посту, достоин такой же хвалы. Поэтому, когда отдельный человек выделяется из общества, то это, по-моему, может быть отнесено не на счет его личности, а на счет идеи, которую он представляет; отдельный человек может достигнуть большего значения лишь благодаря полной преданности какой-либо идее.

Я решил отказаться от своей просьбы только тогда, когда я отнес все отличия не к своим скромным личным заслугам, а к идее, наполняющей мои мысли и действия, к развитию теории. Для нее мне не кажется слишком великой ни одна жертва, и пусть эта теория, составляющая содержание всей моей жизни, послужит содержанием и сегодняшних благодарственных слов.

Я не был бы настоящим теоретиком, если бы не спросил сперва: что такое теория? Профану бросается в глаза прежде всего то, что она малопонятна, что она окружена целой грудой формул, ничего не говорящих непосвященному. Но эти формулы не являются ее существом. Истинный теоретик экономит в них, сколько может; что можно передать словами, то он и выражает словами. В это же время в книгах практиков формулы фигурируют в качестве украшения слишком часто.

Один из моих друзей определил практика как человека, ничего не понимающего в теории, а теоретика – как мечтателя, вообще не понимающего ничего. Я возражу и на это, выраженное в столь острой форме воззрение.

Я держусь мнения, что задача теории заключается в конструировании существующего исключительно в нас отражения внешнего мира, которое должно служить путеводной звездой во всех наших мыслях и экспериментах, т.е. заключается, так сказать, в завершении мысленного процесса и выполнении в большем масштабе того, что в малом совершается в нас при образовании каждого представления.

Своеобразие человеческого духа заключается именно в том, что он стремится создать себе такое отражение и все более и более приспособлять его к внешнему миру. Поэтому, если даже для изображения некоторых частей этого отражения, ставших весьма сложными, и необходимы запутанные формулы, то все-таки они являются лишь несущественными – хотя и весьма полезными – формами выражения. В нашем смысле Колумб, Роберт Майер, Фарадей – чистейшие теоретики, так как не поиски практической пользы, а отображение природы в их уме служило им руководящей целью.

Первоначальная выработка и постоянное усовершенствование этого отображения и является главной задачей теории. Фантазия – ее колыбель, наблюдающий разум – ее воспитатель. Какими детскими были первые теории вселенной от Пифагора и Платона до Гегеля и Шеллинга! Фантазия была тогда слишком продуктивна, а самопроверки посредством эксперимента недоставало. Неудивительно, что эти теории были осмеяны эмпириками и практиками. Но все-таки они содержали в себе зародыши всех позднейших великих теорий: теории Коперника, атомистика, механической теории невесомых веществ, дарвинизма и т.д.

Несмотря на все насмешки, стремление создать теоретическое воззрение на вещи внешнего мира было непреодолимо в груди человека; из этого стремления непрестанно рождались все новые цветы. Как Колумб направлял свои корабли все время на запад, так и это стремление направляло нас к великой цели.

Когда затем вступили в свои права трезвый экспериментирующий рассудок и умение обращаться со множеством изобретенных аппаратов и машин, старые пестрые образы фантазии были очищены и выправлены; они поразительно быстро выиграли в значении и точном отображении природы, и теперь можно сказать, что теория покорила мир.

Кто не замечает с изумлением, как рабски склоняются вечные созвездия перед законами, которые человеческий разум хотя и не дал им, но подсмотрел у них? И чем абстрактнее теоретическое исследование, тем оно могущественнее. Когда мы подошли к какой-либо арифметической теореме, но не вполне доверяем приведшему нас к ней пути, на котором мы в большей степени были направляемы формулами, чем сами их направляли, и начинаем ее проверять на числовых примерах, то нами еще больше овладевает чувство, что числа безвольно склоняются перед всеми – без исключения – нашими формулами.

Но даже и тот, кто ценит теорию только как дойную корову, не может сомневаться в ее мощи. Разве уже не проникнуты теорией все дисциплины практики, разве они не следуют за этой верной путеводной звездой? Формулы Кеплера и Лапласа не только предсказывают орбиты звезд на небе, но в соединении с вычислениями земного магнетизма Гаусса и Томсона указывают кораблям путь в океане. Колоссальные сооружения – Бруклинский мост, необозримо простирающийся в длину, и Эйфелева башня, беспредельно возвышающаяся к небу, покоятся не только на твердом фундаменте из чугуна, но еще и на более твердом – на теории упругости. Теретики-химики богатели благодаря практическому применению их синтезов. А электротехники? Разве они не возносят постоянно хвалы тем, что им наиболее знакомы – наряду с марками и пфеннигами – имена великих теоретиков Ома, Ампера и т.д.? К сожалению, теоретикам, носившим эти имена, не выпадало такого же счастливого жребия, как химикам, поскольку их формулы принесли плоды для практики только после их смерти. Однако, может быть, уже недалеко то время, когда эти великие имена будут прославляемы в любом хозяйственном счете; в будущем столетии, может быть, каждая кухарка будет знать, на скольких «вольт-амперах» надо жарить мясо и сколько «ом» имеет ее лампа.

Техник-практик обращается со сложными формулами теории электричества обычно с большей уверенностью, чем иной начинающий уче-

ный; ведь техник искупает свою ошибку не только порицанием учителя, но и... наличными деньгами. Почти каждый столяр, каждый слесарь в настоящее время знает, какие преимущества дает ему знакомство с начертательной геометрией, теорией машин и т.д. Я должен еще напомнить о величественной области медицинских наук, где как будто теория постепенно начинает завоевывать себе все больше и больше места.

Можно почти утверждать, что теория, несмотря на ее интеллектуальную миссию, является максимально практической вещью, некоторым образом, квинтэссенцией практики; никакая практическая опытность не в состоянии достигнуть точности вывода теории в области оценок или состояний; но при сокровенности путей теории ее выводы доступны лишь тому, кто владеет ею вполне уверенно. Одна-единственная ошибка в знаке может исказить результат в тысячи раз; эмпирик никогда не ошибается в такой степени. Поэтому никогда не будут исключены такие случаи, когда погруженный в свои идеи мыслитель, думающий лишь об общем, бывает превзойден ловким, имеющим в виду лишь себя практиком, подобно, например, Архимеду, павшему жертвой ворвавшихся в город римлян, и другому греческому философу, наблюдавшему за звездами и споткнувшемуся о камень под ногами. Пусть замолкнет этот обычный вопрос, бросаемый навстречу всякому абстрактному стремлению: какая, собственно, в этом польза? Для чего нужно, хотелось бы спросить, исключительное культивирование жизни, направленной на получение практических выгод за счет того, что единственно дает жизнь жизни, что ее делает ценной, за счет стремления к идеалам?

Но все же теория далека от какой-либо переоценки самое себя; в ее сущности коренятся и ее недостатки, и она сама вскрывает свои ошибки. Уже Сократ считал самым важным познание пробелов своего собственного знания. Все наши представления субъективны. Буддизм доказывает, что даже наш взгляд на бытие и небытие субъективен; собственно сущим он почитает ничто.

Я назвал теорию чисто духовным внутренним отображением, и мы видели, к какому высокому завершению оно способно. Как при этом избежать того, чтобы при постоянном углублении в теорию ее образ не начал казаться собственно бытием? В этом смысле Гегель, кажется, и пожалел, что природа не может осуществить его философской системы во всем ее совершенстве.

Нечто подобное может случиться и с математиком, когда он, непрерывно занимаясь своими формулами, бывает ослеплен их внутренним совершенством, начинает считать собственно сущим их взаимоотношения друг к другу и отворачивается от реального мира. То, на что

жалуется поэт, верно и для теоретика: творения его написаны кровью его сердца, и высшая мудрость граничит с высшим безумием. В этом смысле я разъясняю и слова Гете, без которых нельзя обойтись, когда говорят о теории. Гете ведь был чистейшим теоретиком в нашем понимании этого слова, хотя и избежал этого заблуждения теоретиков. Впрочем, Гете вкладывает свое изречение в уста дьявола, который далее насмешливо говорит: «Презирай... и т.д.»

Если я вначале выставил себя представителем теории, то теперь я не буду отрицать, что познал на самом деле дурное следствие ее очарования. Но что могло бы быть более действительным средством против этого волшебства, что могло бы сильнее вернуть к реальности, как не живой контакт с таким высокоуважаемым собранием, как это? Я благодарю вас за честь, которую вы мне оказали, и прежде всего вас, *rector magnificus*, устроившего этот праздник; затем оратора, всех коллег и гостей, последовавших его зову, и, наконец, смелых сыновей нашей *Alma mater*, рвение, благородное воодушевление которых были моей опорой в течение 18 лет. Да растет и процветает наш университет, и да будет он навсегда тем, что является самым высоким в моих глазах, — убежищем теории.

АНРИ ПУАНКАРЕ

*Что такое истина?
Соответствие наших суждений
явлениям*

Дени Дидро

Великий французский математик, физик, астроном, космолог и философ Анри Пуанкаре (1854–1912) родился в Нанси, первоначальное образование получил в Политехнической школе в Париже (в ней учился также величайший математик Эварист Галуа), затем продолжил учебу в Горнотехнической школе под попечительством выдающегося математика Шарля Эрмита, получив звание горного инженера и ученую степень доктора математики. В 1881 г. был приглашен читать лекции, а в 1886 г. был назначен профессором Сорбонны. Его лекции касались широкого круга вопросов, и тематика их ежегодно менялась: механика и прикладная физика, математическая физика и оптика, теория вероятностей и небесная механика и др. По праву он считается одним из последних, если не последним, в истории науки энциклопедистом и непревзойденным универсалом в математике (надо отметить, что в середине XX века таким же уникальным математиком был наш сооте-

чественник Андрей Николаевич Колмогоров, составивший значительный вклад в 19 математических дисциплинах).

Отличительной чертой научных работ Пуанкаре было их классическое направление, но он указал также пути для развития современной математики. Много и успешно он занимался теорией дифференциальных уравнений с алгебраическими (буквенными) коэффициентами, что привело его к открытию нового класса трансцендентных функций, названных автоморфными. В этих исследованиях он, в частности, пользовался геометрией Лобачевского. Наряду с этим он занимался топологией и основами математики. Применяя математику в астрономии и физике, в 1892–1897 гг. Пуанкаре публикует трехтомный труд под заглавием «Новые методы небесной механики», в котором разделяет взгляды другого великого француза Пьера Лапласа на возникновение Вселенной. Подобно Лапласу, Пуанкаре также работал над развитием теории вероятностей. В возрасте 34 лет он избирается членом Парижской академии наук, а кроме того, он состоял членом 22 иностранных академий и почетным доктором 8 университетов.

Физические исследования Пуанкаре относятся к теории относительности, термодинамике, электричеству, оптике, молекулярной физике. В 1904–1905 он высказал принцип относительности в качестве всеобщего и строгого положения, показал, что невозможно обнаружить абсолютное движение, исходя из представлений об эфире и из уравнений Максвелла-Лоренца. Ввел в науку термины *преобразование Лоренца*, *группа Лоренца* (впоследствии также был, но уже не им, введен в научный обиход термин *группа Пуанкаре*). Независимо от Эйнштейна он заложил основы, но не стал автором специальной теории относительности. Построил первый вариант релятивистской теории гравитации. Пуанкаре оказался первым ученым, поставившим *проблему беспорядка в упорядоченной системе* (в работе о планетарных орбитах). Она не привлекала большого интереса вплоть до 1963 года, когда начался этап современных исследований *динамического хаоса*. В 1889 г. он был отмечен премией за исследование проблемы трех тел, одной из сложнейших в динамике.

Как философ Пуанкаре известен своими трудами по общеметодологическим проблемам науки, тяготел по взглядам к Эрнсту Маху. В интерпретации науки и ее законов является основателем *конвенционализма*. Он не признавал объективного существования материи и в своих работах восхвалял взгляды *агностиков*. Пуанкаре считал, что ценность научной теории заключается не в ее правильности отражения действительности, но в выгоде и целесообразности ее применения.

Ниже публикуется отрывок из его статьи о времени.

А. Пуанкаре

Измерение времени

Пока мы не выходим за пределы области сознания, понятие времени относительно ясно. Мы не только легко отличаем ощущение в настоящем от воспоминания ощущения в прошлом или предвидения ощущения в будущем, но также отлично знаем, что мы хотим сказать, когда утверждаем, что из двух осознанных явлений, о которых мы сохранили воспоминания, одно имело место раньше другого или что из двух осознанных явлений, которые можно предвидеть в будущем, одно будет иметь место раньше другого.

Когда мы говорим, что два осознанных факта одновременны, мы имеем в виду, что они настолько глубоко проникают друг в друга, что анализ не может их разделить, не искажая. Порядок, в котором мы располагаем осознанные явления, не содержит ничего произвольного. Он там продиктован, и мы не можем его изменить.

Я хотел бы добавить лишь одно замечание. Чтобы некоторый комплекс ощущений стал воспоминанием, допускающим классификацию во времени, необходимо, чтобы он перестал относиться к настоящему, чтобы мы потеряли смысл его бесконечной сложности, которая сохраняет его актуальность. Необходимо, чтобы он как бы выкристаллизовался вокруг некоторого центра ассоциаций идей, который будет служить чем-то вроде метки. И только когда наши воспоминания потеряют всякую жизнеспособность, мы сможем их классифицировать во времени подобно ботанику, который располагает в определенном порядке засушенные цветы в гербарии.

С этой точки зрения, психологическое время было бы прерывистым. Откуда возникает чувство, что между некоторыми двумя мгновениями есть еще и другие мгновения? Мы распределяем наши воспоминания во времени, но знаем, что остаются и пустые промежутки. Одним словом, имея психологическое время, мы хотим создать научное и физическое время, но не знаем *насколько*.

Следовательно, есть две трудности.

1. Имеем ли мы право преобразовать психологическое время, которое является качественным, в количественное?

2. Можем ли мы измерить одной и той же мерой факты, происходящие в различных мерах?

Принято, что звездные часы отмечают час, когда соответствующая звезда пересекает меридиан. Другими словами, именно звездные сутки, т.е. продолжительность оборота Земли, и принимают за постоянную единицу времени. На основании нового определения, заменяющего полученное при описании колебаний маятника, принимают, что два пол-

ных оборота Земли вокруг своей оси имеют одну и ту же длительность. Однако астрономы не довольствуются таким определением. Многие из них считают, что морские приливы и отливы являются тормозом на нашей планете, и что вращение Земли постепенно замедляется. Так можно было бы объяснить кажущееся ускорение движения Луны, которое, по видимому, происходит быстрее, чем предсказывает теория, так как наши часы, которыми является Земля, запаздывают.

К сожалению, такая строгость отсутствует. Какой же постулат мы неявно принимаем, когда пользуемся для измерения времени часами? «Почти идентичные причины требуют почти одного и того же времени для порождения почти одинаковых следствий». Следовательно, наше определение приблизительно.

Закон Ньютона есть истина, полученная из опыта. Если мы предположим теперь, что принимается другой способ измерения времени, то опыты, на которых основан закон Ньютона, не сохраняют прежний смысл.

Итак, определение, неявно принятое астрономами, можно резюмировать следующим образом: «Время должно определяться так, чтобы уравнения механики были как можно проще».

Другими словами, не существует способа измерения времени, который был бы более правильным, чем другой. Тот, который принимается, лишь более удобен. Сравнивая часы, мы не имеем права сказать, что одни из них идут хорошо, а другие плохо, мы можем только сказать, что предпочтение отдается показаниям первых часов.

Сначала мы должны спросить себя, как возникла идея воспроизвести в одних и тех же рамках столько не проникающих друг в друга миров. Мы хотели бы представить себе внешний мир и только подобной ценой можем рассчитывать его узнать. Мы никогда не будем иметь такого представления, мы это знаем: наша беспомощность слишком велика. Мы хотим, по крайней мере, чтобы имелась возможность представить бесконечную способность мышления, для которой это представление было бы доступным, что-то вроде великого сознания, которое бы все видело и все распределяло в *своем времени*, как мы распределяем в *нашем времени* то малое, что мы наблюдаем.

Такая гипотеза является очень грубой и неполной, так как эта высшая способность мышления была бы лишь полубожественной. Бесконечная в одном смысле, она была бы ограничена в другом, так как для нее прошлое являлось лишь неким несовершенным воспоминанием. И она не могла бы быть ничем другим, поскольку в противном случае все воспоминания существовали бы для нее в равной мере и для нее не существовало бы времени. Однако мы говорим о времени для всего, что

происходит вне нас, не принимаем ли мы бессознательно эту гипотезу; не ставим ли мы себя на место этого несовершенного бога; и сами атеисты не ставят ли они себя на место, где был бы бог, если бы он существовал?

Может быть, все, что я только что сказал, является причиной, которая заставила нас воспроизводить все физические явления в одних и тех же рамках. Но это нельзя считать определением одновременности, так как гипотетическая способность мышления, если бы даже она существовала, была бы для нас недоступной.

Следовательно, именно причиной мы определяем время. Но как чаще всего мы узнаем, какой из двух факторов, кажущихся нам связанными постоянно, является причиной и какой следствием? Мы считаем, что предшествующий факт (антецедент) является причиной другого, следствия. И тогда время определяет причину. Как освободиться от этого логического противоречия? Мы говорим то *post hoc, ergo propter hoc*, то *propter hoc, ergo post hoc*. Удастся ли нам когда-нибудь выйти из этого порочного круга?

Но перейдем теперь к менее искусственным примерам, чтобы понять определение, принятое учеными, как они его получают, следуя каким правилам вводят одновременность. Я приведу два простых примера: измерение скорости света и определение долготы.

Нужно сделать следующее заключение.

Мы не можем непосредственно на основе интуиции определить ни одновременность, ни равенство двух промежутков времени. Если мы считаем, что у нас есть такая интуиция, мы впадаем в иллюзию. Мы заменяем ее с помощью некоторых правил, которые применяем почти всегда, не отдавая себе в этом отчета. Какова же природа этих правил?

Общего правила нет. Есть множество частных правил, применяемых в каждом отдельном случае. Эти правила не навязываются нам, и можно было бы позаботиться, придумывая другие. Однако от них нельзя отойти, не усложняя формулировку физических законов, законов механики и астрономии.

Следовательно, мы выбираем эти правила не потому, что они верны, а потому, что они наиболее удобны, и мы можем их резюмировать следующим образом:

«Одновременность двух событий или порядок их следования, равенство двух длительностей должны определяться таким образом, чтобы формулировка естественных законов была бы настолько простой, насколько это невозможно. Другими словами, все эти правила, все эти определения являются лишь плодом неосознанного соглашения».

ЧАСТЬ V.

СОВРЕМЕННОСТЬ

ГЕРМАН МИНКОВСКИЙ

*Усилия на ложном пути
множат заблуждения.*

Фрэнсис Бэкон

Выдающийся немецкий математик и физик литовского происхождения Герман Минковский (1864–1909) родился на территории современной Белоруссии под Минском и еще ребенком был увезен родителями в Германию. Получил гимназическое образование, затем окончил в 1885 г. Кёнигсбергский университет, продолжил учебу в Берлинском университете. В 1887–94 гг. работал в Боннском, в 1894–96 гг. в Кёнигсбергском университетах, в 1896–1902 гг. в Политехникуме в Цюрихе (где его студентом был А. Эйнштейн, на которого тогда Минковский не обратил никакого внимания).

Научные интересы в математике проявились с участия в конкурсе, объявленного Парижской академией наук на тему представления натурального числа как суммы квадратов пяти других натуральных чисел, в котором Минковскому удалось получить награду за свою работу. Последующие работы Минковского были посвящены геометрической теории чисел, поэтому он и считается основателем этой отрасли математики. Не исключается, что глубокие и изящные результаты Минковского в этой математике подсказали Давиду Гильберту идею геометризации анализа, что привело к таким важным открытиям, как пространство Гильберта. Другие работы Минковского относятся к геометрии, в частности к геометрии выпуклых тел, достойным продолжателем которых стал советский русский математик Александр Данилович Александров.

В конце своей сравнительно короткой 45-летней жизни Минковский осуществил проект геометризации специальной теории относительности, разработанной Эйнштейном. Эта одна из последних его работ принесла ему мировую известность, и именно в связи с ней чаще всего упоминается его имя. В 1908 г. он выдвинул и осуществил идею

об объединении в единое геометрическое многообразие пространства и времени, получившее название *мира Минковского* или *четырёхмерного пространства-времени Минковского*. В этом *мире* элементы – *события*, происходящие в определенный момент времени в определенной точке пространства. Элементы этого мира (*события*) имеют физическую реальность независимо от системы отсчета. Кроме того, он также постулировал, что все физические законы должны быть инвариантными (неизменными, одинаковыми, независимыми) относительно группы преобразования Лоренца (олоренц – инвариантны). В одной из своих последних работ физико-математического характера вывел феноменологические уравнения электромагнитного поля в любой движущейся среде и развил весь арсенал понятий релятивистской физики (собственного времени, массы покоя и др.). Показал, что теория относительности может рассматриваться как геометрия *«пространства-времени»*. Его имя всегда будет ассоциироваться с этим понятием – понятием *пространств-времени*.

В последние годы своей жизни (с 1902 г.) Минковский заведовал кафедрой в Гёттингене и вместе с Давидом Гильбертом добился того, что это старинное немецкое учебное заведение вновь обратило на себя внимание математиков всего мира, с честью продолжая традиции великого Карла Гаусса.

Ниже приведен фрагмент самой знаменитой лекции Минковского, прочитанной им на съезде естествоиспытателей и врачей и составившей ему всемирную славу.

Г. Минковский ***Пространство и время***

Милостивые господа! Воззрение на пространство и время, которые я намерен перед вами развить, возникли на экспериментально-физической основе. В этом их сила. Их тенденция радикальна. Отныне пространство само по себе и время само по себе должны обратиться в функции и лишь некоторый вид соединения обоих должен еще сохранить самостоятельность.

Сначала я намерен показать, как можно. Исходя из ныне принятой механики, пожалуй при помощи чисто математического рассуждения, прийти к новым идеям относительности пространства и времени. Уравнения ньютоновской механики обнаруживают двойную инвариантность. Их форма сохраняется, во-первых, тогда, когда положенную в основу пространственную координатную систему подвергают любому *изменению положения*, и, во-вторых, тогда, когда состояние движения

этой системы подвергается изменению, именно когда этой системе сообщается какое-нибудь *равномерное поступательное движение*; нулевая точка времени также не играет никакой роли. Чувствуя себя подготовленными для к аксиомам механики, мы привыкли считать аксиомы геометрии уже установленными раньше; поэтому эти две инвариантности, вероятно, редко формулируются вместе, так сказать, не переводя дыхание. Каждая из них означает определенную замкнутую группу преобразований дифференциальных уравнений механики. Существование первой группы рассматривают как основной признак пространства. Ко второй группе охотнее всего относятся с презрением, с тем чтобы затем легкомысленно пройти мимо того обстоятельства, что исходя из физических явлений никогда нельзя решить, не находится ли все-таки пространство, предполагаемое покоящимся, в равномерном поступательном движении. Указанные две группы ведут, таким образом, обособленное существование. Их совершенно разнородный характер, вероятно, и препятствовал объединению. Но как раз объединенная полная группа, как целое, дает пищу для размышления.

Мы попытаемся изучаемые соотношения сделать наглядными графически. Пусть x , y , z будут прямоугольными координатами пространства и пусть t обозначает время. Предметом нашего восприятия всегда является только место и время, вместе взятые. Никто еще не наблюдал какого-либо места иначе, чем в некоторый момент времени, и какое-нибудь время иначе, чем в некотором месте. Но я еще отношусь с почтением к догмату, гласящему, что и пространство и время имеют незначительное существование. Я буду называть пространственную точку, рассматриваемую в какой-нибудь момент времени, т.е. систему значений x , y , z *мировой точкой*. Пусть многообразие всех мыслимых систем значений x , y , z называется *миром*. Я смог бы смело начертить мелом на доске четыре мировые оси. Уже *одна* начерченная ось состоит из целого ряда колеблющихся молекул и участвует вдобавок в движении Земли во Вселенной, т.е. требует достаточно высокой абстракции. Несколько большая абстракция, связанная с числом 4, не представляет затруднений для математика. Для того чтобы нигде не оставлять зияющей пустоты, мы представим себе, что в каждом месте и в каждый момент времени имеется некоторый объект для наблюдения. Чтобы не говорить о материи или электричестве, я буду пользоваться словом «субстанция» для обозначения этого объекта. Обратим наше внимание на субстанциальную точку, имеющуюся в мировой точке x , y , z , t и вообразим, что мы в состоянии снова узнать эту субстанциальную точку во всякое другое время. Пусть элементу времени dt соответствуют изменения dx , dy , dz пространственных

координат этой субстанциальной точки. Мы получаем тогда в качестве изображения, так сказать, вечного жизненного пути субстанциальной точки некоторую кривую в мире, *мировую линию*, точки которой можно однозначно отнести к параметру t во всем интервале от $-\infty$ до $+\infty$. Весь мир представляется разложенным на такие мировые линии, и мне хотелось бы сразу отметить, что, по моему мнению, физические законы могли бы найти свое наисовершеннейшее выражение как взаимоотношения между этими мировыми линиями.

Благодаря понятиям пространства и времени многообразие x, y, z при $t = 0$ и его две стороны: $t > 0$ и $t < 0$ отделяется друг от друга. Если мы ради простоты закрепим нулевую точку пространства и времени, то первая из названных групп механики показывает, что мы можем подвергнуть оси x, y, z в момент $t = 0$ любому вращению вокруг нулевой точки соответственно однородным линейным преобразованиям выражения $x^2 + y^2 + z^2$ в самого себя.

Вторая же группа означает, что мы, также не изменяя выражения механических законов, можем заменить x, y, z через $x - \alpha t, y - \beta t, z - \gamma t$, t с произвольно выбранными константами α, β, γ . На этом основании оси времени может быть дано совершенно произвольное направление в сторону верхней половины мира $t > 0$. Каково же соотношение между требованием ортогональности в пространстве и этой полной свободой в выборе оси времени по направлению вверх? Для того чтобы установить это, возьмем некоторый положительный параметр c и рассмотрим геометрическую фигуру: $c^2 t^2 - x^2 - y^2 - z^2 = 1$. Подобно двуполому гиперболоиду, она состоит из двух полостей, разделенных $t = 0$. Рассмотрим полость в области $t > 0$ и обратимся к тем однородным линейным преобразованиям старых переменных x, y, z, t в новые x', y', z', t' для которых выражение этой полости имеет такой же вид. К этим преобразованиям относятся, очевидно, вращения пространства около нулевой точки. Поэтому для полного понимания остальных преобразований достаточно рассмотреть те из них, у которых y и z остаются неизменными. Изобразим на чертеже пересечение полости с плоскостью осей x и t , т.е. верхнюю ветвь гиперболы $c^2 t^2 - x^2 = 1$ и ее асимптоты. Проведем теперь от начала координат O произвольный радиус-вектор OA' этой ветви гиперболы, затем проведем касательную к ней в точке A' до пересечения с правой асимптотой в точке B' , потом дополним $OA'B'$ до параллелограмма $OA'B'C'$ и, наконец, имея в виду дальнейшее, проведем $B'C'$ до пересечения с осью x в точке O' . Если мы теперь примем OC' и OA' за оси для отсчета координат x', t' с масштабами $OC' = 1, OA' = 1/c$ то указанная ветвь ги-

гиперболы будет иметь своим выражением $c^2t^2 - x^2 = 1$, $t > 0$, и переход от x, y, z, t к $x', yz't'$ явится одним из искомым преобразований. Мы прибавим к описанным преобразованиям любые смещения пространственно-временной нулевой точки и создадим, таким образом, группу преобразований, все еще, очевидно, зависящую от параметра c ; будем обозначать эту группу G_c .

Пусть теперь c беспредельно возрастает, следовательно, $1/c$ стремится к нулю; ясно видно, что ветвь гиперболы будет все более и более приближаться к оси x , угол, образуемый асимптотами, будет увеличиваться, а указанное специальное преобразование в пределе превратится в такое, при котором ось t может иметь любое направление вверх, а ось x' все более и более приближается к оси x . Принимая все это во внимание, ясно что из группы G_c , в пределе при $c = \infty$, получается как раз та полная группа G_∞ , которая относится к ньютоновской механике. При таком положении вещей и имея в виду, что G_c математически понятнее, чем G_∞ , математик в свободном полете фантазии мог бы прийти к мысли, что явления природы в конце концов действительно инвариантны не относительно группы G_∞ , но скорее относительно группы G_c с определенным конечным c , которое только в обычных единицах измерения *чрезвычайно велико*. Такое предвосхищение было бы необыкновенным триумфом чистой математики. Математика в этом вопросе не оказалась находчива. Однако у нее остается удовлетворение от того, что благодаря своим более ранним счастливым предшественникам, с их дальновидным и острым умом, она в состоянии теперь сразу же охватить глубоко идущие следствия подобной перестройки нашего миропонимания.

Я хочу теперь же сказать, о каком значении c будет в итоге идти речь; c будет иметь значение *скорости распространения света в пустоте*. Для того чтобы не говорить ни о пространстве, ни о пустоте, мы можем опять охарактеризовать эту величину как отношение электромагнитной и электростатической единиц количества электричества.

Наличие инвариантности законов природы по отношению к указанной группе G_c нужно было бы понимать следующим образом. Можно, пользуясь всей совокупностью явлений природы, посредством последовательно улучшающих приближений определять со своей возрастающей точностью некоторую координальную систему x, y, z — пространство и время, — при помощи которой эти явления находят свое выражение в виде определенных законов. Но при этом указанная координатная система определяется явлениями природы отнюдь не

однозначно. Оказывается еще возможным, соответственно преобразованиям указанной группы G_e , эту координатную систему произвольно изменять, не изменяя при этом выражения законов природы. Например, можно, назвать и величину t' временем, но тогда необходимо будет пространство определить посредством многообразия трех параметров x', y, z причем теперь физические законы будут точно так же выражаться посредством x', y, z, t' как ранее через координаты x, y, z, t . В соответствии с этим мы будем иметь в мире не одно пространство, а бесконечно много пространств, аналогично тому, как в трехмерном пространстве имеется бесконечно много плоскостей. Трехмерная геометрия становится главой четырехмерной физики. Мы понимаем теперь, почему я в введении сказал, что пространство и время должны быть функциями, и только мир должен сохранить свое существование.

АЛЬБЕРТ ЭЙНШТЕЙН

*Был этот мир глубокой тьмой окутан.
Да будет свет. И вот явился Ньютон.
Но сатана не долго ждал реванша.
Пришел Эйнштейн, и стало всё как раньше.*

Из студенческой песни 60-х гг.

Корифей современного естествознания немецкий физик и мыслитель Альберт Эйнштейн (1879–1953), родом из г. Ульм, не готовил себя к карьере физика-теоретика и, по-видимому, стал им вопреки, а не благодаря обстоятельствам, прежде всего образованию. Действительно, Эйнштейн получил образование в весьма скромном Цюрихском политехникуме, где в те годы (1896–1902) преподавал Г. Минковский, но творческой встречи между ними не произошло, ни тогда, ни позже. Эйнштейн потом как-то сказал, что впервые физика-теоретика в своей жизни он повстречал в свои 29 лет, когда за плечами у него уже было много творческих свершений – и создание специальной теории относительности, и объяснение фотоэффекта, и броуновского движения. Поэтому Эйнштейна можно считать *самородком вселенского масштаба*, интригующей фигурой, стоящей где-то между Богом и Сатаной (как и в шуточной студенческой песне).

Карьерные вехи Эйнштейна таковы: 1900 – окончание Цюрихского политехникума, 1902–1908 – эксперт патентного бюро в Берне, 1909–1913 – профессор Цюрихского политехникума, т.е. в альма-матер, 1911 – профессор Немецкого университета в Праге, 1914–1933 – про-

фессор Берлинского университета и директор Института физики. После прихода к власти в Германии фашистского режима и начавшегося преследования евреев он был вынужден покинуть родину и переехать в 1933 на жительство в США, где до конца жизни работал в Принстонском институте перспективных исследований.

Самая известная работа Эйнштейна была опубликована в 1905 г. и называлась «К электродинамике движущихся тел», но принесла ему известность и славу во всем мире не как специалисту в области электродинамики, а как создателю *специальной теории относительности* или просто *теории относительности*. Бесспорным приоритетом Эйнштейна является основание её на базе двух постулатов: *релятивистском постулате (принципе) относительности*, являющимся обобщением механического галилеевского принципа относительности на любые физические явления (*в любых инерциальных системах явления протекают одинаковым образом* или, как это формулировал выдающийся советский физик Владимир Александрович Фок, *явления не зависят от неускоренного движения*) и *постулате постоянства скорости света (электромагнитных волн) в вакууме (пустоте)*, которые до него вместе никто никогда не рассматривал, а постулат о постоянстве скорости света вообще не выдвигал. Только в соединении эти два постулата позволяли Эйнштейну последовательно построить *релятивистскую механику*, в которой главным и совершенно новым является установление закона взаимосвязи массы и энергии, известного как $E = mc^2$. Это соотношение лежит в основе расчета энергетического баланса ядерных реакций, в основе всей ядерной физики, физики высоких энергий.

Теория относительности позволила отказаться от абсолютных ньютоновских представлений о времени, пространстве, длинах и объединить пространство и время в одно единое четырехмерное многообразие, как это сделал Герман Минковский (см. раздел в нашем пособии, посвященный Г. Минковскому).

Значителен вклад Эйнштейна в создание и развитие квантовых представлений. Он безоговорочно воспринял идею Макса Планка о квантах излучения и распространил её на поглощение атомами квантов света, которые он назвал *фотонами*, объяснил на их основе давно известный к тому времени *фотоэффект*. Именно за теорию фотоэффекта Эйнштейн в 1921 г. был удостоен Нобелевской премии по физике. Наличие квантов света (фотонов) экспериментально в 1922 г. подтвердил американский физик Артур Комптон (1892–1962). Среди выдающихся достижений в квантовой области надо обязательно указать на предсказанное Эйнштейном явление индуцированного излучения, которое много позже легло в основу техники и технологии создания мазеров и лазеров.

В статистической физике в 1905 г. дал объяснение явления броуновского движения и в 1924–1925 гг. создал, независимо от индийского физика Бозе, квантовую статистику частиц с целым спином (статистику Бозе–Эйнштейна частиц, получивших название *бозоны*).

В 1915 г. предсказал и совместно с В. де Гаазом экспериментально обнаружил эффект изменения механического момента при намагничивании тела (эффект Эйнштейна–де Гааза).

В 1915–1916 гг. завершил создание грандиознейшей из современных теорий – общей теории относительности, или релятивистской теории тяготения, установившей связь между пространством-временем Минковского и материей. Основывал теорию на *постулате эквивалентности тяжелой (гравитационной) и инертной масс* и *постулате (принципе) относительности*. *Сущность тяготения, по Эйнштейну, состоит в изменении геометрических свойств, искривлении четырехмерного пространства-времени около тел, образующих поля (любая масса влияет на метрику (геометрию) окружающего пространства)*.

Вывел уравнение, описывающее поле тяготения – уравнение Эйнштейна, которое наряду с ним вывел в несколько иной формулировке великий немецкий математик Давид Гильберт. Для проверки своей теории Эйнштейн предсказал три эффекта: искривление светового луча в поле тяготения массивных тел (например Солнца), смещение перигелия Меркурия и гравитационное красное смещение. Все три эффекта имеют место в реальности и количественно были предсказаны достаточно точно. Но вот постулированные им гравитационные волны не обнаружены до сих пор, что многим позволяет усомниться в достоверности общей теории относительности.

Общая теория относительности обусловила бурное развитие космологии, первый вклад в которую внес сам автор теории, предложивший в 1917 г. модель Вселенной, согласно которой она представляет собой замкнутое трехмерное пространство (трехмерную сферу, так как теория строилась на основе сферической геометрии Римана (см. раздел о Римане)) конечного объема и неизменна во времени (стационарна). Однако эта модель вскоре была заменена другими, так называемыми фридмановскими моделями (по имени предсказавшего их в 1922–1924 гг. выдающегося русского физика и космолога Александра Александровича Фридмана), характернейшей особенностью которых является их нестационарность, т.е. либо увеличение, либо уменьшение Вселенной в размерах. Великий американский астроном Эдвин Хаббл в 1929 г. установил экспериментально факт существования помимо нашей Галактики – Млечного Пути, других галактик, и на основании эффекта Доплера факт разбегания галактик. (Кстати, знание скорости разбегания

позволяет установить возраст Вселенной, который сейчас оценивается в 13–15 млрд лет).

Начиная с 1933 г., работы Эйнштейна были посвящены вопросам космологии и единой теории поля. Однако все попытки построить такую теорию, а об этом же мечтал до него и Людвиг Больцман, окончились неудачей. В те же годы Эйнштейн достаточное время уделял вопросам философии, методологии и популяризации науки. Итогом явилась написанная в 1938 совместно с Леопольдом Инфельдом книга «Эволюция физики». В этой книге авторы, по воспоминаниям Инфельда, хотели выразить лишь ту мысль Эйнштейна, что «в физике имеется несколько принципиальных идей, и они могут быть выражены словами, и что ни один ученый не мыслит формулами». Считается, что авторам это удалось.

Как ученый и человек Эйнштейн фигура сложная и многогранная, его феномен многие пытались и пытаются раскрыть, но скоро вряд ли будет это сделано.

Ниже приводятся две статьи Эйнштейна в тех областях, которые либо он создал сам (теория относительности), либо сделал в ней основополагающие работы (квантовая теория).

А. Эйнштейн. *Собрание научных трудов: В 4 т. М.: Наука. 1966. Т. 2. С.120–129.*

Основные идеи и проблемы теории относительности

Если рассмотреть ту часть теории относительности, которую в настоящее время можно считать, в известном смысле, надежным достоянием науки, то обнаружатся два аспекта, играющие ведущую роль в этой теории.

Во-первых, в центре всего рассмотрения стоит вопрос: существуют ли в природе физически выделенные (привилегированные) состояния движения? (Физическая проблема относительности).

Во-вторых, фундаментальным оказывается следующий гносеологический постулат: понятия и суждения имеют смысл лишь постольку, поскольку им можно однозначно сопоставить наблюдаемые факты. (Требование содержательности понятий и суждений).

Оба эти аспекта можно уяснить, если применить их к частному случаю, например к классической механике. Сначала мы видим, что в каждой точке, занятой материей, существует привилегированное состояние движения, именно: состояние движения материи в рассматриваемой точке. Однако обсуждаемая проблема по существу только начинается с вопроса: существуют ли физически выделенные состояния движения для *протяженных* областей? С точки зрения классической

механики на этот вопрос следует ответить утвердительно: такими физически выделенными состояниями движения являются состояния движения инерциальных систем.

Это высказывание, как и вообще все основы механики в том виде, как ее обычно излагали до теории относительности, далеко не удовлетворяет сформулированному выше «требованию содержательности». Движение можно понимать только как относительное движение тел. В механике, говоря о движении вообще, подразумевают движение относительно системы координат. Но такое понимание не соответствует «требованию содержательности», если систему координат рассматривать просто как нечто воображаемое. Обратившись к экспериментальной физике, можно убедиться, что в ней система координат всегда представлена «практически абсолютно твердым» телом. При этом, далее, делается допущение, что такие твердые тела можно расположить в покое друг относительно друга, подобно телам евклидовой геометрии. В той мере, в какой мы вправе считать абсолютно твердое измерительное тело существующим, удастся привести в соответствие с «требованием содержательности» как понятие «системы координат», так и понятие движения материи относительно этой системы. Вместе с тем такое понимание позволяет согласовать (применительно к нуждам физики) с «требованием содержательности» и евклидову геометрию. Таким образом, вопрос о справедливости евклидовой геометрии приобретает физический смысл; справедливость ее предполагается как в классической физике, так и в специальной теории относительности.

Инерциальная система и время определяются в классической механике лучше всего совместно, с помощью подходящей формулировки закона инерции: оказывается возможным установить такое время и сообщить системе координат такое состояние движения (инерциальная система), чтобы по отношению к ней материальные точки, не подвергающиеся действию сил, не испытывали ускорения; кроме того, по отношению к этому времени допускается, что оно может быть измерено одинаково устроенными часами (системами с периодическим процессом) исходя из любого состояния движения, и что результаты этих измерений будут совпадать. В таком случае имеется бесконечно много инерциальных систем, движущихся друг относительно друга равномерно и прямолинейно, а следовательно, и бесконечно много физически выделенных состояний движения, равноценных между собой. Время абсолютно, т.е. не зависит от выбора конкретной инерциальной системы; оно определяется большим числом признаков, чем это логически необходимо, что, однако, как предполагается в механике, не должно приводить к противоречиям с опытом. Отметим прежде всего, что логическая слабость этого представления, с точки зрения требования содержательности, заключается в том, что у нас нет никакого опытного критерия

для установления того, свободна ли материальная точка от действия сил, или нет; поэтому понятие «инерциальная система» остается до некоторой степени проблематичным. На этот пробел, анализ которого приводит к общей теории относительности, мы пока не будем обращать внимания.

В изложенном рассуждении об основах механики понятие абсолютно твердого тела (а равно и понятие часов) играет фундаментальную роль, которую с известным основанием можно оспаривать. Абсолютно твердые тела осуществляются в природе лишь приближенно, и притом даже не с любой степенью приближения; таким образом, это понятие не удовлетворяет строго «требованию содержательности». Далее, представляется логически неоправданным предпосылать всему физическому рассмотрению понятие абсолютно твердого (или просто твердого) тела, а затем, в конечном счете, строить его (тело) на атомистической основе исходя из первичных физических законов, которые, в свою очередь, сами построены с помощью понятия абсолютно твердого измерительного тела. Мы упоминаем об этих методологических недостатках потому, что они в таком же смысле присущи и теории относительности в том ее схематическом представлении, которое мы здесь излагаем. Разумеется, было бы логически более последовательным начать с существования самих физических законов и только к этому существованию предъявить «требование содержательности», т.е. отнести на самый конец установление однозначной связи с миром опыта, вместо того, чтобы осуществлять ее в несовершенном виде уже для одной искусственно изолированной части теории, а именно: для пространственно-временной метрики. Однако мы еще не продвинулись достаточно далеко в установлении первичных законов природы, чтобы пойти по этому более совершенному пути, не рискуя потерять твердую почву под ногами. В конце наших рассуждений мы увидим, что в новейших исследованиях уже содержится попытка осуществления этого логически более последовательного метода, основанная на идеях Леви-Чивиты, Вейля и Эддингтона.

Из сказанного выше становится также ясно, что следует понимать под «привилегированными состояниями движения». Они являются привилегированными в смысле формулировки законов природы. Системы координат, находящиеся в таких состояниях движения, отличаются тем, что сформулированные в этих координатах законы природы принимают наиболее простой вид. Согласно классической механике, физически выделенными в этом смысле являются состояния движения инерциальных систем. Согласно классической механике, можно различить (абсолютно) неускоренные и ускоренные движения; далее, в классической механике существуют скорости только относительные (зависящие от выбора инерциальной системы), а ускорения и вращения – абсолютные (не зависящие от выбора инерциальной системы). Выразим это так: согласно классической механике существ-

вует «относительность скорости», но не «относительность ускорения». После этих предварительных замечаний перейдем к основному предмету нашего рассмотрения – теории относительности – и охарактеризуем принципиальную сторону ее развития вплоть до настоящего времени.

Специальная теория относительности представляет собой результат приспособления основ физики к электродинамике Максвелла–Лоренца. Из прежней физики она заимствует предположение о справедливости евклидовой геометрии для законов пространственного расположения абсолютно твердых тел, инерциальную систему и закон инерции. Закон равноценности всех инерциальных систем, с точки зрения формулирования законов природы, специальная теория относительности принимает справедливым для всей физики (специальный принцип относительности). Из электродинамики Максвелла–Лоренца эта теория заимствует закон постоянства скорости света в вакууме (принцип постоянства скорости света).

Для того чтобы можно было согласовать специальный принцип относительности с принципом постоянства скорости света, необходимо отказаться от предположения о существовании абсолютного (совпадающего для всех инерциальных систем) времени. Таким образом, мы отказываемся от гипотезы, что одинаково устроенные, произвольно движущиеся и должным образом отрегулированные часы идут так, что показания любых двух из них при встрече друг с другом совпадают. Каждой инерциальной системе приписывается свое, особое время; состояние движения инерциальной системы и ее время определяются в согласии с требованием содержательности тем, что по отношению к ней должен выполняться принцип постоянства скорости света. Существование определенной таким образом инерциальной системы, равно как и справедливость закона инерции в этой системе, постулируется. Для каждой из инерциальных систем время измеряется покоящимися относительно этой системы и одинаково устроенными часами.

Этими определениями вместе с гипотезами, скрытыми в предположении об их непротиворечивости, однозначно устанавливаются законы преобразования пространственных координат и времени при переходе от одной инерциальной системы к другой, так называемые преобразования Лоренца. Их непосредственный физический смысл состоит во влиянии движения относительно рассматриваемой инерциальной системы на форму абсолютно твердых тел (лоренцово сокращение) и на ход часов. Согласно специальному принципу относительности, законы природы должны быть ковариантны относительно преобразований Лоренца; таким образом, теория дает критерий, которому должны удовлетворять общие законы природы. Она приводит, в частности, к видоизмененному ньютоновскому закону движения материальной точки, в которой скорость света в вакууме входит

в качестве предельной скорости, а также к осознанию одинаковой природы энергии и инертной массы.

Специальная теория относительности привела к значительным успехам. Она примерила механику с электродинамикой. Она сократила число логически независимых друг от друга гипотез в электродинамике. Она сделала неизбежным методологический анализ основных понятий. Она объединила законы сохранения импульса и энергии, выявила единство массы и энергии. Однако она все не могла нас вполне удовлетворить – даже независимо от квантовых трудностей, в действительном разрешении которых до сих пор оказывались бессильными все теории. Так же как и классическая механика, специальная теория относительности сохраняет выделение некоторых привилегированных состояний движения – состояния движения инерциальных систем – по сравнению со всеми остальными состояниями движения. С таким сохранением, собственно говоря, труднее примириться, чем даже с выделением одного единственного привилегированного состояния движения, как это делалось в теории покоящегося светоносного эфира, ибо в этой теории по крайней мере мыслилось реальное основание для такого выделения, а именно: светоносный эфир. Более удовлетворительной должна представляться теория, которая с самого начала не выделяет никакого привилегированного состояния движения. Далее, вызывает сомнение уже упомянутая выше неясность в определении инерциальной системы или в формулировке закона инерции. Эти сомнения приобретают решающее значение в свете опытного закона равенства инертной и тяжелой массы, как показывает нижеследующее рассуждение.

Пусть K – инерциальная система без поля тяжести, K' – система координат, равномерно ускоренная относительно K . Тогда поведение материальных точек по отношению к системе K' будет таким же, как если бы K' была инерциальной системой, в которой существует однородное поле тяготения. Таким образом, в свете известных из опыта свойств поля тяжести определение инерциальной системы оказывается несостоятельным. Напрашивается мысль о том, что каждая, любым образом движущаяся система отсчета, с точки зрения формулировки законов природы, равноценна любой другой и что, следовательно, для областей конечной протяженности вообще не существует физически выделенных (привилегированных) состояний движения (общий принцип относительности).

Последовательное проведение этой идеи требует еще более глубокого видоизменения геометрико-кинематических основ теории, чем специальная теория относительности. Дело в том, что вытекающее из последней лоренцово сокращение приводит к следующему результату: по отношению к системе K' , произвольно движущейся относительно некоторой инерциальной системы K (свободной от поля тяготения), законы евклидовой геомет-

рии для пространственного расположения абсолютно твердых (покоящихся относительно K') тел несправедливы. Тем самым теряет смысл, с точки зрения требования содержательности, и декартова система координат. Аналогично обстоит дело и в отношении времени: его определение относительно системы K' на основании показаний одинаково устроенных покоящихся относительно K' часов или на основании закона распространения света уже не имеет смысла. Обобщая, приходим к следующему результату: поля тяготения и метрика представляют собой лишь различные формы проявления одного и того же физического поля.

К формальному описанию этого поля можно прийти путем следующего рассуждения. Для любой бесконечно малой окрестности точки в произвольном поле тяготения можно указать локальную систему координат в таком состоянии движения, что по отношению к этой локальной системе координат не существует поля тяготения (локальная инерциальная система). Для этой инерциальной системы и для этой бесконечно малой области результаты специальной теории относительности мы вправе считать справедливыми в первом приближении. В каждой точке пространства-времени имеется бесконечно много таких локальных инерциальных систем; они связаны между собой преобразованиями Лоренца. Последние характеризуются тем, что они оставляют инвариантными «интервал» ds между двумя бесконечно близкими событиями, определяемый равенством.

Этот интервал может быть измерен с помощью масштабов и часов, так как x , y , z , t означают координаты и время, измененные по отношению к локальной инерциальной системе.

Для описания пространственно-временных областей конечной протяженности нужны произвольные координаты в четырехмерном многообразии, обеспечивающие не что иное, как однозначное обозначение каждой из точек пространства-времени четырьмя числами X_1 , X_2 , X_3 , X_4 , и отвечающие непрерывности этого четырехмерного многообразия (гауссовы координаты). Математическое выражение общего принципа относительности состоит в том, что системы уравнений, выражающие общие законы природы, имеют одинаковый вид во всех таких системах координат.

Так как дифференциалы координат локальной инерциальной системы выражаются линейно через дифференциалы dx^{ν} некоторой гауссовой системы координат, то при использовании последней для интервала ds между двумя событиями величины $g_{\mu\nu}$, являющиеся непрерывными функциями координат x^{ν} , определяют метрику четырехмерного многообразия, поскольку ds определен как величина, измеримая с помощью масштабов и часов (абсолютная). Но именно эти величины $g_{\mu\nu}$ описывают в гауссовой системе координат также и поля тяготения, единство природы которого с физической причиной, определяющей метрику, было нами установлено

ранее. Частный случай справедливости специальной теории относительности в конечной области характеризуется тем, что при подходящем выборе системы координат величины $g_{\mu\nu}$ в этой конечной области не зависят от координат x^ν .

Согласно общей теории относительности закон движения материальной точки в чисто гравитационном поле выражается уравнением геодезической. Действительно, геодезическая является математически наиболее простой кривой, переходящей в прямую в частном случае постоянных $g_{\mu\nu}$. Таким образом, здесь мы имеем дело с переносом закона инерции Галилея в общую теорию относительности.

Установление уравнений поля сводится математически к вопросу о простейших общеквариантных дифференциальных уравнениях, которым могут быть подчинены гравитационные потенциалы $g_{\mu\nu}$. Эти уравнения определены тем, что они должны содержать производные от $g_{\mu\nu}$ по x^ν не выше второго порядка, причем эти производные должны входить в уравнение только линейно. В свете этого условия рассматриваемые уравнения оказываются естественным переносом уравнения Пуассона ньютоновской теории тяготения в общую теорию относительности.

Указанный ход рассуждений привел к теории тяготения, содержащей в качестве первого приближения теорию Ньютона и, сверх того, позволяющей рассчитать движение перигелия Меркурия, отклонение луча света в гравитационном поле Солнца и красное смещение спектральных линий, согласующиеся с результатами наблюдений.

Чтобы завершить построение фундамента общей теории относительности, необходимо еще ввести в нее электромагнитное поле, которое вместе с тем представляет собой, по нашему теперешнему убеждению, тот материал, из которого нам надлежит построить элементарные образования материи. Удастся также без труда перенести максвелловские уравнения поля в общую теорию относительности. Первый перенос вполне однозначен, если только допустить, что эти уравнения не содержат производных $g_{\mu\nu}$ выше первого порядка и что в локальной инерциальной системе они справедливы в их обычной (максвелловской) форме. Далее, уравнения гравитационного поля легко удастся дополнить электромагнитными членами таким (предписываемым уравнениями Максвелла) способом, чтобы они учитывали действие электромагнитного поля.

Эти уравнения поля не дали какой-либо теории материи. Поэтому, чтобы включить в теорию действие весомых масс как источников поля, пришлось (как и в классической физике) ввести в нее материю в приближенном, феноменологическом представлении.

Этим исчерпываются непосредственные следствия принципа относительности. Обратимся теперь к проблемам, примыкающим к изложенному.

Уже Ньютон осознал, что закон инерции неудовлетворителен в одном отношении, о котором здесь не было до сих пор упомянуто; в нем не указывается никакой реальной причины физического выделения состояний движения инерциальных систем по сравнению со всеми другими состояниями движения. В то время как за гравитационные свойства материальной точки ответственными считаются наблюдаемые материальные тела, для инерциальных свойств материальной точки указывается не какая-либо материальная причина, а фиктивная (абсолютное пространство, или инерциальный эфир). Это хотя и не является логически допустимым, но оставляет чувство неудовлетворенности. По этой причине Э. Мах требовал видоизменения закона инерции в том смысле, что инерцию следовало бы понимать как сопротивление тел ускорению по отношению *друг к другу*, а не по отношению к «пространству». При таком понимании следует ожидать, что ускоренные тела одинаково ускоряющие действуют на другие тела (ускорительная индукция).

Изложенное толкование еще больше подкрепляется общей теорией относительности, которая устраняет разграничение между эффектами инерции и тяготения. Оно сводится к требованию, чтобы поле $g_{\mu\nu}$ полностью, с точностью до несуществующего произвола, обусловленного свободой выбора координат, определялось материей. В пользу требования Маха говорит еще и то, что согласно уравнениям поля тяготения ускорительная индукция действительно существует, хотя и является столь слабым эффектом, что возможность ее прямого обнаружения с помощью механических опытов исключена.

Требованию Маха можно удовлетворить в общей теории относительности, если рассматривать мир пространственно конечным и замкнутым. Благодаря этой гипотезе оказывается также возможным считать среднюю плотность материи в мире *конечной*, в то время как в пространственно бесконечном (квазиевклидовом) мире она должна была бы обратиться в нуль. Однако нельзя умолчать о том, что для такого выполнения постулата Маха приходится ввести в уравнение поля член, который не основан на каких-либо опытных данных и ни в коей мере не обусловлен логически остальными членами этих уравнений. По этой причине указанное решение «космологической проблемы» пока нельзя считать вполне удовлетворительным.

Теперь особенно живо волнует умы проблема единой природы гравитационного и электромагнитного полей. Мысль, стремящаяся к единству теории, не может примириться с существованием двух полей, по своей природе совершенно независимых друг от друга. Поэтому делаются попытки построить такую математически единую теорию поля, в которой гравитационное и электромагнитное поля рассматриваются

лишь как различные компоненты одного и того же единого поля, причем его уравнение, по возможности, уже не состоит из логически независимых друг от друга членов.

Теория тяготения (т.е. риманова геометрия – с точки зрения математического форматизма) должна быть обобщена так, чтобы она охватывала также и законы электромагнитного поля. К сожалению, при этой попытке мы не можем опереться на опытные факты, как при построении теории тяготения (равенство инертной и тяжелой массы), а вынуждены ограничиться критерием математической простоты, который не свободен от произвола. В настоящее время наиболее успешной представляется основанная на идеях Леви-Чивиты, Вейля и Эддингтона попытка заменить риманову метрическую геометрию более общей теорией аффинной связи.

Для римановой геометрии характерно предположение, что двум бесконечно близким точкам можно сопоставить «интервал» ds , квадрат которого является однородной квадратичной функцией дифференциалов координат. Отсюда следует (при выполнении некоторых условий существенности) справедливость эвклидовой геометрии в любой бесконечно малой области. Таким образом, каждому линейному элементу (или вектору) в некоторой точке P сопоставляется параллельный и равный ему линейный элемент (или вектор) в любой заданной бесконечно близкой точке P' (аффинная связь).

Риманова метрика определяет некоторую аффинную связь. Если же, наоборот, математически задана аффинная связь (закон бесконечно малого параллельного переноса), то в общем случае не существует такого римановского мероопределения, из которого ее можно было бы вывести.

Важнейшее понятие римановой геометрии, на котором основаны и уравнения тяготения, – «кривизна пространства» – в свою очередь основывается исключительно на «аффинной связи». Если задать такую аффинную связь в некотором континууме, не основываясь с самого начала на метрике, то получается обобщение римановой геометрии, в котором все же сохраняются важнейшие выведенные ранее величины. Находя наиболее простые дифференциальные уравнения, которым можно подчинить аффинную связь, мы вправе надеяться, что натолкнемся на такое обобщение уравнений тяготения, которое будет содержать в себе также и законы электромагнитного поля. Эта надежда и в самом деле оправдалась, но мы не знаем, можно ли рассматривать полученную таким образом формальную связь как действительно обогащение физики, пока из нее не будут получены какие-либо новые физические связи. В частности, теорию поля можно будет признать удовлетворительной, по моему мнению, лишь тогда, когда она позволит описать элементарные электрические частицы с помощью решений, не содержащих особенностей.

Наконец, не следует забывать, что теорию элементарных электрических образований нельзя отделять от вопросов квантовой теории. Перед лицом этой наиболее глубокой физической проблемы современности пока оказалась бессильной и теория относительности. Но если когда-нибудь в результате решения квантовой проблемы форма общих уравнений и претерпит дальнейшие глубокие изменения, – пусть даже совершенно изменятся сами величины, с помощью которых мы описываем элементарные процессы, – от принципа относительности отказываться никогда не придется; законы, выведенные с его помощью, до сих пор сохраняют свое значение по меньшей мере в качестве предельных законов.

Эйнштейн не произнес традиционной речи при вручении ему Нобелевской премии. В сборниках Нобелевских докладов вместо этого включен его доклад, который он сделал в те же дни (11 июля 1923 г.) в Гётеборге на собрании естествоиспытателей северных стран. Доклад был издан и отдельной брошюрой; кроме того, его испанский перевод был издан в Аргентине (Fenix, Buenos Aires, 1924, 4, 103).

В докладе подчеркнута отношение Эйнштейна к привилегированной системе координат – системе, в которой физические законы имеют наиболее простой вид.

Интересен и конец доклада, где Эйнштейн (еще не зная о работе Фридмана) выражает неудовлетворение космологической постоянной, введение которой, по его мнению, логически не обосновано.

В докладе сформулирована программа единой теории поля, над которой Эйнштейн активно работал с 1923 г. до конца жизни.

**А. Эйнштейн. Собрание научных трудов: В 4 т.
М.: Наука. 1966. Т. 3. С. 612–616.**

КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА И ДЕЙСТВИТЕЛЬНОСТЬ

В этой статье я хочу кратко и элементарно изложить, почему я не считаю метод квантовой механики в принципе удовлетворительным. Однако в то же время я хочу заметить, что никоим образом не собираюсь отрицать того, что эта теория представляет выдающийся, в известном смысле даже окончательный, шаг в физическом познании. Мне представляется, что эта теория будет содержаться в более поздней примерно так, как геометрическая оптика в волновой оптике: связи останутся, но основа будет развита и, соответственно, заменена более широкой.

1.

Свободную частицу в некоторый момент времени я представляю себе описываемой (полно в смысле квантовой механики) пространст-

венно ограниченной ψ -функцией. Согласно такому представлению частица не имеет ни точно определенного количества движения (импульса), ни точно определенного положения в пространстве.

В каком смысле должен я теперь представлять себе то, что это описание отражает действительно конкретное положение дел? Мне представляются возможными два близких понимания, которые мы и сопоставим:

а) В действительности (свободная) частица имеет определенное положение в пространстве и определенный импульс, если даже они в этом же индивидуальном случае не могут быть одновременно установлены путем измерения. Согласно этому толкованию, ψ -функция дает *полное* описание реального положения вещей. Это толкование не является общепринятым у физиков. Его понятие привело бы к тому, что от физики потребовалось бы дать, наряду с неполным, полное описание положения вещей и найти законы такого описания. Этим были бы подорваны теоретические рамки квантовой механики.

б) Частица не имеет в действительности ни определенного импульса, ни определенного положения в пространстве; описание с помощью ψ -функции является в принципе полным описанием. Точное местоположение частицы, которое я получаю в результате его изменения, не может быть интерпретировано как местоположение частицы *до* изменения. Точная локализация, которая обнаруживается при изменении, будет проявляться только через неизбежное (несущественное) воздействие изменения. Результат изменения зависит не только от реального положения частицы, но также и от принципиально неполного знания природы механизма измерения. Аналогично обстоит дело и в том случае, когда измеряется импульс или некоторая другая, относящаяся к частице наблюдаемая величина. Это, пожалуй, наиболее предпочтительная у физиков современная интерпретация; следует признать, что в рамках квантовой механики только она естественным образом согласуется с эмпирическими фактами, выраженными в принципе неопределенности Гейзенберга.

Согласно этому толкованию две различные (не только тривиально) ψ -функции описывают всегда две различные реальные ситуации (например, частицы с точно определенным положением в пространстве и, соответственно, частицы с точно определенным импульсом).

Сказанное справедливо, с необходимыми изменениями, также и для описания систем, состоящих из многих материальных точек. Здесь мы признаем также (в смысле интерпретации I «б»), что ψ -функция полностью описывает реальное положение вещей, и что две (существенно) различные функции описывают две различные ситуации и тогда, когда они при прове-

дени полного измерения приводят к совпадающим результатам, измерение будет отчасти приписано не полностью известному влиянию измерительного устройства.

2.

Если спросить, что характерно для мира физических идей, независимо от квантовой теории, то прежде всего бросается в глаза следующее: понятия физики относятся к реальному внешнему миру, т.е. они предполагают идеи о вещах, требующих независимого от воспринимающих субъектов «реального существования» (тела, поля и т.д.); эти идеи, с другой стороны, приводятся в возможно более верное соответствие с чувственными восприятиями. Характерным для этих физических объектов является, далее, то, что они мыслятся распределенными некоторым образом в пространственно-временном континууме. Существенным для этого распределения вводимых в физику объектов является требование существования вещей в некоторый определенный момент времени независимо друг от друга, поскольку они «находятся в различных частях пространства». Без признания такой независимости существования («бытия как такового») пространственно отдаленных друг от друга объектов, которое берет свое начало от обыденного мышления, было бы невозможно физическое мышление в привычном для нас смысле. Без такого чистого обособления было бы неясно так же, как могли формулироваться и проверяться физические законы. Теория поля довела этот принцип до крайности, локализовав в (четырёхмерных) бесконечно малых пространственных элементах лежащие в ее основе независимо друг от друга существующие объекты, а также постулированные для них элементарные законы.

Для относительной независимости пространственно отдаленных объектов (A и B) характерна следующая идея: внешнее влияние A не имеет никакого *непосредственного* влияния на B ; это известно как «принцип близкодействия», который последовательно применяется только в теории поля. Полное упразднение этого основного положения сделало бы невозможной идею о существовании (квази-) замкнутых систем и вместе с тем установление эмпирически проверяемых законов в привычном для нас смысле.

3.

Я утверждаю, что квантовая механика в ее интерпретации (1 «б») не совместима с основным положением 2.

Рассмотрим физическую систему S_{12} , которая состоит из двух подсистем: S_1 и S_2 . Обе эти подсистемы в прошлом могли находиться в физическом взаимодействии. Но мы рассматриваем их в момент времени t , когда это взаимодействие уже отсутствует. Вся система описывается полностью (в смысле квантовой механики) ψ -функцией ψ_{12} с координатами q_1, \dots , и, соответственно, q_2, \dots , обеих подсистем (ψ_{12} будет представляться не как

произведение вида $\psi(q_1, \dots) \psi(q_2, \dots)$, но только как сумма таких произведений). В момент времени t обе подсистемы пространственно разделены друг от друга настолько, что ψ_{12} только тогда отлично от 0, когда q_1, \dots принадлежит ограниченной пространственной области R_1 и q_2, \dots – отдаленной от R_1 пространственной области R_2 .

В этом случае ψ -функции отдельных подсистем S_1 и S_2 прежде всего неизвестны и вообще не существуют. Но методы квантовой механики позволяют определить ψ_2 системы S_2 из ψ_{12} , если к тому же имеется в смысле квантовой механики полное измерение подсистемы S_1 . Из определенной таким образом первоначальной функции ψ_{12} системы S_{12} получают ψ -функцию ψ_2 подсистемы S_2 .

В этом определении, однако, имеет существенное значение то, какого рода полное (в квантово-механическом смысле) измерение подсистемы S_1 предпринимается, т.е. какую наблюдаемую мы измеряем. Если, например, S_1 – одна-единственная частица, то нам позволяется измерить ее координаты, или компоненты ее импульса. Сообразно этому выбору мы получаем для ψ_2 другого рода представление, а именно такое, при котором в зависимости от выбора измерения системы S_1 следует различного рода (статистического) предсказывания о дополнительных предпринимаемых измерениях в S_2 . С точки зрения интерпретации 1 «б», это означает, что сообразно выбору полного измерения в S_1 создаются относительно S_2 различные реальные ситуации, которые описываются разного рода 2, $\underline{\psi}_2$, $\underline{\psi}_2$ и т.д.

С точки зрения *только* квантовой механики это не представляет никакой трудности. Сообразно особому выбору измерения в S_1 , создается именно различная реальная ситуация, и нет необходимости поступать так, чтобы в той же самой системе S_2 одновременно сопоставлялись две или более различные ψ -функции ψ_2 , $\underline{\psi}_2, \dots$

Однако иначе обстоит дело в том случае, когда пытаются одновременно с принципами квантовой механики придерживаться принципа 2 о самостоятельном существовании имеющегося в двух разобщенных частях пространства R_1 и R_2 реального положения вещей. В нашем примере именно полное измерение в S_1 означает физическое вмешательство, которое касается только пространства R_2 . Но такое вмешательство не может непосредственно оказать влияние на физическую реальность в отдаленной пространства R_2 . Из этого следовало бы, что каждое высказывание относительно S_2 , которое мы могли бы получить на основе полного измерения в S_1 , для системы S_2 должно было бы иметь значение также тогда, когда вообще никакого измерения в S_1 не производилось. Это означало бы, что для S_2 должны были бы быть справедливыми одновременно все высказывания, которые можно было бы вывести из положения о ψ_2 или $\underline{\psi}_2$ и т.д. Это, конечно, невозможно, когда ψ_2 , $\underline{\psi}_2$ и т.д. означают отличное друг от друга

реальное положение вещей в S_2 , т.е. когда вступают в конфликт с интерпретацией 1 «б» ψ -функции.

Мне кажется, не подлежит сомнению, что физики, которые считают квантово-механический способ описания принципиально окончательным, будут на эти соображения реагировать следующим образом: они откажутся от требования 2 о независимом существовании имеющихся в различных областях пространства физических реальностей; они могут с полным правом ссылаться на то, что квантовая теория явно нигде не применяет это требование.

Я соглашаюсь с этим, но хочу заметить, что когда я рассматриваю известные мне физические явления и, в особенности, те из них, которые так успешно изучаются с помощью квантовой механики, то я все же нигде не нахожу факта, который казался бы мне достаточно основательным, чтобы отказаться от требования 2. Поэтому я склонен думать, что следовало бы рассматривать описание квантовой механики в смысле 1 «а» как неполное и не прямое описание реальности, которое позже будет заменено опять полным и прямым.

Во всяком случае нужно, по моему мнению, остерегаться того, чтобы при отыскании единой основы для всей физики догматически опираться на схему современной теории.

НИЛЬС БОР

На всякого мудреца довольно простоты.

Народная пословица

Выдающийся датский физик и мыслитель, основной выразитель и интерпретатор современного естествознания, Нильс Бор (1885–1962) родился в профессорской лютеранской семье в Копенгагене. В 1908 г. окончил столичный университет, в 1911–1912 гг. работал в Кембридже у Дж.Дж. Томсона, а в 1912–1913 гг. в Манчестере у Э. Резерфорда. С 1916 г. – профессор Копенгагенского университета и с 1920 г. – бессменный директор созданного им Института теоретической физики, многие годы Мекки физиков-теоретиков всего мира (теперь Институт Нильса Бора). Годы формирования Бора как физика совпали с острым периодом преодоления кризиса в физике из-за проникновения её в микромир, мир атомов и квантов. Работы Планка и Эйнштейна показали необычность закономерностей микромира, требовались идеи принципиально нового характера. Благодаря Бору в 1913 г. наметился отказ от классических

представлений, поскольку созданная им теория планетарного атома водорода (модель Резерфорда) вынужденно базировалась на постулатах (как и Эйнштейн, Бор основывается на постулатах), противоречащих классическим воззрениям. Один из *постулатов утверждал стационарность атомных орбит*, т.е. неизменность энергетического состояния атома, хотя по законам электродинамики он должен был бы излучать, но не излучает, тогда как *другой постулат утверждал скачкообразное изменение энергетического состояния (квантовый переход как скачок)*, происходящего в момент перехода с одной орбиты на другую либо в результате поглощения кванта энергии, либо в результате его излучения. Эта работа породила то, что давно стало называться *квантовыми числами и правилами квантования*. Кроме того, теория Бора с привлечением гипотезы о спине электрона объяснила особенности периодической таблицы элементов Менделеева, позволила ему предложить свой вариант изображения таблицы Менделеева, отличный от широко известного классического варианта. В том же году Бор пришел к представлению об оболочечной структуре атома, основанной на классификации электронных орбит по главному и азимутальному (орбитальному) квантовым числам. За создание теории планетарного атома и за заслуги в изучении строения атома в 1922 г. Бор был удостоен Нобелевской премии.

В 1918 г. он сформулировал принцип соответствия, показывающий, когда именно существенны квантовые ограничения, а когда и достаточно классической физики, а в 1927 г. сформулировал принцип дополнительности, вызвавший многочисленные споры среди физиков о судьбе детерминизма и, принято считать, способствовавший более глубокому пониманию квантовой теории (но почему происходят такие точные квантовые скачки – не понято и не объяснено до сих пор).

Много сделал Бор и для развития ядерной физики. Он – автор теории составного ядра (1936), соавтор капельной модели ядра (1936) и теории деления атомного ядра (1939). Совместно с американским физиком Дж. Уилером (независимо от советского физика Якова Ильича Френкеля) дал количественную интерпретацию деления ядра, предсказал спонтанное деление ядра, имеет заслуги в статистической механике, в философии науки.

Его интернациональная школа физиков является одной из самых уникальных и многочисленных в мировой науке, среди них такие выдающиеся ученые как Ф. Блох, сын О. Бор (тоже Нобелевский лауреат), В. Вайскопф, Х. Казимир, О. Клейн, Х. Крамерс, Лев Давидович Ландау и др.

Ниже приводится один из докладов, прочитанных Нильсом Бором перед конгрессом антропологов и этнографов.

Н. Бор (1885 – 1962)

Философия естествознания и культуры народов
1938

Только с большими колебаниями я принял любезное приглашение обратиться с речью к этому собранию выдающихся представителей антропологической и этнографической наук, ибо с этими науками я, как физик, конечно, не имею близкого знакомства. Однако при этом особом случае, когда само историческое окружение говорит каждому из нас об аспектах жизни, не похожих на те, которые обсуждаются на обычных заседаниях конгрессов, может быть, было бы интересно попробовать несколькими словами привлечь ваше внимание к гносеологической стороне новейшего развития философии естествознания и *его* отношению к общим проблемам человечества. Правда, наши разделы науки далеки друг от друга. Но физикам был преподан урок, указывающий на ту осторожность, с какой надо применять все обычные условия представления всякий раз, как мы имеем дело не с повседневным опытом, и этот урок, мне кажется, подходит для того, чтобы по-новому напомнить нам о хорошо известных гуманитариям опасностях судить с собственной точки зрения о культурах, развившихся в других обществах.

Установить резкое различие между философией естествознания и человеческой культурой, конечно, невозможно. В самом деле, физические науки являются неотъемлемой частью нашей цивилизации; это происходит не только потому, что наше все увеличивающееся овладение силами природы совершенно изменило материальные условия жизни, но также и потому, что изучение этих наук дало так много для выяснения того окружения, на фоне которого существуем мы сами. Как много значило в этом отношении то, что мы больше не считаем себя привилегированными существами, живущими в центре вселенной и окруженными менее удачливыми обществами, обитающими по краям пропасти; благодаря развитию астрономии и географии мы осознали, что все мы живем на небольшой шарообразной планете Солнечной системы, которая в свою очередь является малой частью еще более грандиозных систем. В наши дни мы получили убедительное указание на относительность всех человеческих суждений; это произошло благодаря возобновленному пересмотру предпосылок, лежащих в основе однозначного применения наших даже самых элементарных понятий, вроде понятия о пространстве и времени; раскрыв существенную зависимость всякого физического явления от точки зрения наблюдателя, этот пересмотр много дал для единства и красоты всей нашей картины Вселенной.

Важное значение этих крупных достижений для нашего общего кругозора общепризнано. Что касается того неожиданного гносеологического урока, который был преподан нам за последние годы открытием совершенно новых областей физических исследований, то было бы преждевременно утверждать, что и он получил всеобщее признание. Наше проникновение в мир атомов, до сих пор бывший скрытым от глаз человека, несомненно является смелым предприятием, которое можно сравнить с великими, полными открытий кругосветными путешествиями и дерзкими исследованиями астрономов, проникших в глубины мирового пространства. Как известно, поразительное развитие искусства физического экспериментирования не только устранило последние следы старого представления о том, что грубость наших чувств будто бы навсегда лишает нас возможности получить непосредственную информацию об индивидуальных атомах, но и достигло большего. Эти опыты показали, что сами атомы состоят из еще более мелких частиц, которые можно изолировать и чьи свойства можно исследовать в отдельности. В этом захватывающем поле исследований мы в то же время научились, однако, и тому, что известные до сих пор законы природы, составляющие великое здание классической физики, годятся, только если мы имеем дело с телами, состоящими из практически бесконечного числа атомов. В самом деле, новые знания о поведении отдельных атомов и атомных частиц выявили неожиданный предел для подразделения всякого физического действия – предел, простирающийся далеко за границы старой доктрины об ограниченной делимости материи и придающий каждому атомному процессу своеобразный индивидуальный характер. Это открытие дало совершенно новое основание для понимания той внутренней стабильности атомных структур, которая в конечном счете обуславливает закономерности во всех обычных опытах. Насколько радикальна вызванная этим развитием физики перемена в наших взглядах на описание природы, видно яснее всего из того факта, что даже принцип «причинности, до сих пор считавшийся непрменной основой для всех толкований явлений природы, оказался слишком узким для того, чтобы охватить своеобразные закономерности, управляющие индивидуальными атомными процессами. Конечно, всякий поймет, что понадобились крайне убедительные доводы, чтобы заставить физиков отказаться от самого идеала причинности, но при изучении атомных явлений мы неоднократно научались тому, что вопросы, на которые, как считалось, давно получены окончательные ответы, таят в себе неожиданные для нас сюрпризы. Вы, наверно, все слышали о загадках, касающихся самых элементарных свойств света и материи, – загадках, которые за последние годы ставили в тупик физиков. В самом деле, ка-

жущиеся противоречия, которые мы встречаем в этой области, так же остры, как те, из коих началось развитие теории относительности в начале этого столетия; те и другие противоречия нашли свое объяснение только благодаря более тщательному рассмотрению ограничений, налагаемых самими вновь открытыми опытными фактами на однозначное применение понятий, входящих в описание явлений. В теории относительности решающим было признание того факта, что наблюдатели, движущиеся друг относительно друга, будут описывать поведение данных объектов существенно различным образом; при выяснении же парадоксов атомной физики обнаружился тот факт, что неизбежное взаимодействие между объектами и измерительными приборами ставит абсолютный предел для возможности говорить о поведении атомных объектов как о чем-то, не зависящем от средств наблюдения.

Перед нами стоит здесь гносеологическая проблема, совершенно новая для философии естествознания, где до сих пор всякое описание опытных фактов основывалось на предположении, что можно четко разграничить поведение объектов от средств наблюдения; это предположение уже входит в обычные способы выражения нашего языка. Оно не только вполне оправдывается повседневным опытом, но и составляет даже главное основание классической физики, получившей такое замечательное завершение именно благодаря теории относительности. Однако дело меняется, как только мы переходим к явлениям, подобным индивидуальным атомным процессам, которые по самой своей природе существенно определяются взаимодействием исследуемых объектов с измерительными приборами, характеризующими экспериментальную установку; в этом случае мы вынуждены пристальнее рассмотреть вопрос, какого же рода информацию о таких объектах мы можем получить. В этом отношении мы должны прежде всего отдать себе отчет в том, что цель всякого физического опыта есть получение данных при воспроизводимых и поддающихся словесной передаче условиях. Эта цель не оставляет нам никакого другого выбора, как пользоваться повседневными понятиями, может быть улучшенными терминологией классической физики, не только при описании устройства и работы измерительных приборов, но также и при описании получаемых экспериментальных результатов. С другой стороны, столь же важно понять, что именно это обстоятельство и указывает нам, что ни один результат опыта, касающегося явления, в принципе лежащего вне области классической физики, не может быть истолкован как дающий информацию о независимых свойствах объектов (свойствах объектов самих по себе). Более того, эти результаты внутренне связаны с определенной ситуацией, в описание которой столь же существенно, как и объект, входят и

измерительные приборы, взаимодействующие с объектом. Этот последний факт дает прямое объяснение кажущихся противоречий, которые появляются, если данные об атомных объектах, полученные в разных экспериментальных установках, пытаться комбинировать в связную картину объекта. Информацию о поведении атомных объектов, полученную при определенных условиях опыта, можно, однако, адекватно характеризовать (согласно терминологии, часто употребляемой в атомной физике) как дополнительную к любой информации о том же объекте, полученной в какой-то другой экспериментальной установке, исключающей выполнение первых условий. Хотя такого рода информации не могут быть скомбинированы при помощи обычных понятий в единую картину объекта, они, несомненно, представляют одинаково важные стороны всякого знания исследуемого объекта, какое может быть получено в этой области. Действительно, признание такого дополнительного характера механических аналогий, при помощи которых пытались представить себе индивидуальные акты излучения, привело к вполне удовлетворительному разрешению упомянутых выше загадок о свойствах света. И точно так же, лишь принимая во внимание соотношение дополнительности между различными опытами над поведением атомных частиц, удалось найти ключ для понимания поразительного контраста между свойствами обыкновенных механических моделей и своеобразными законами устойчивости, управляющими атомными структурами и образующими основу для всякого обстоятельного объяснения характерных физических и химических свойств материи.

Конечно, в настоящем докладе я не намерен входить более подробно в такие детали. Но я надеюсь, что мне все же удалось дать вам достаточно ясное представление о том факте, что мы здесь имеем дело не с произвольным отказом от подробного анализа прямо-таки ошеломляющего богатства нашего быстрорастущего опыта в царстве атомов. Наоборот, в понятии дополнительности мы имеем дело с рациональным развитием наших способов классифицировать и понимать новые опытные факты, которые по своему характеру не находят себе места в рамках причинного описания; последнее годится для объяснения поведения объектов, только пока это поведение не зависит от способов наблюдения. Точка зрения дополнительности далека от какого-либо мистицизма, противоречащего духу науки; в действительности она представляет собой последовательное обобщение идеала причинности.

Каким бы неожиданным ни показалось это развитие в области физики, я уверен, что многие из вас заметили близкую аналогию между описанным мною положением с анализом атомных явлений и характерными чертами проблемы наблюдения в психологии человека. Действи-

тельно, мы можем характеризовать общее направление современной психологии как реакцию против попытки разложить психический опыт на элементы, которые можно было бы объединить таким же образом, как это делается с результатами измерений в классической физике. При самонаблюдении, очевидно, невозможно четко отличить сами явления от их сознательного восприятия, и хотя мы часто говорим о том, что мы обратили свое внимание именно на ту или иную сторону психического опыта, при более тщательном рассмотрении оказывается, что на самом деле мы встречаемся во всех подобных случаях со взаимно исключающими друг друга положениями. Мы все знаем старое высказывание, гласящее, что если мы пробуем анализировать наши переживания, то мы перестаем их испытывать. В этом смысле мы обнаруживаем, что между психическими опытами, для описания которых адекватно употребляются такие слова, как «мысли» и «чувства», существует дополнительное соотношение, подобное тому, какое существует между данными о поведении атомов, полученными при разных условиях опыта; такие опытные данные описываются при помощи разных аналогий, взятых из наших обычных представлений. Проводя такое сравнение, я, конечно, не хочу навести на мысль, что есть какая-то более тесная связь между атомной физикой и психологией; я только хотел обратить ваше внимание на гносеологический аргумент, общий обеим областям знания, и таким образом побудить к более пристальному рассмотрению того, насколько решение сравнительно простых физических проблем может помочь разъяснить более запутанные психологические вопросы, с которыми сталкивается жизнь человека и с которыми так часто встречаются в своих исследованиях антропологи и этнологи.

Подходя теперь ближе к нашему предмету – значению подобных точек зрения для сравнения человеческих культур, – мы прежде всего укажем на типично дополнительную связь между типами поведения живых существ, которые определяются словами «инстинкт» и «разум». Правда, любые такие слова употребляются в очень разных смыслах; так, инстинкт может значить «побуждение» и «унаследованное поведение», а разум может означать более глубокое восприятие, так же как и сознательное рассуждение. Однако нас теперь занимает только то, как на практике употребляют эти слова, чтобы отмечать разные ситуации, в которых могут оказаться животные и люди. Конечно, никто не будет отрицать, что мы принадлежим к животному миру, и даже было бы довольно трудно найти исчерпывающее определение, выделяющее человека среди животных. Действительно, трудно оценить скрытые возможности любого живого организма, и я думаю, что среди нас нет человека, на которого подчас не производило бы глубокого впечатления то, до

чего можно выдрессировать цирковых животных. Четкую границу между человеком и животным нельзя было бы провести даже и по признаку способности передавать информацию от одной особи к другой; но, конечно, наша способность к речи ставит нас в этом отношении в существенно другое положение. Это относится не только к передаче практического опыта, но прежде всего к возможности передавать детям путем обучения традиции, касающиеся поведения и способов рассуждения и образующие основу всякой человеческой культуры. Что касается сравнения разума с инстинктом, то прежде всего важно себе представить, что никакое настоящее человеческое мышление невозможно без употребления понятий, выраженных на каком-то языке, которому всякое новое поколение должно учиться заново. Это употребление понятий и представлений фактически сильно подавляет инстинктивную жизнь; оно даже находится в исключительной дополнительной связи к проявлению унаследованных инстинктов. Поразительное превосходство низших животных над человеком в использовании возможностей природы для сохранения и распространения жизни несомненно находит часто свое истинное объяснение в том, что у таких животных мы не можем обнаружить никакого сознательного мышления в нашем смысле слова. Вспомним также удивительную способность так называемых первобытных людей ориентироваться в лесах и пустынях; хотя такая способность, по-видимому, утрачена в более цивилизованных обществах, она может при случае проснуться в любом из нас. Наличие у первобытных людей такой способности могло бы оправдать вывод, что ее применение возможно, только если не прибегать к мышлению понятиями; со своей стороны такое мышление приспособлено для целей, гораздо более разнообразных и более первостепенной важности с точки зрения развития цивилизации. Новорожденного ребенка едва можно считать человеческим существом именно потому, что он еще не пробудился для пользования понятиями; но так как он все-таки принадлежит к человеческому роду, хотя он и беспомощнее большинства молодых животных, он, конечно, обладает органической возможностью получить путем обучения культуру, позволяющую ему занять место в том или ином людском обществе.

Такие рассуждения сейчас же ставят вопрос, действительно ли обоснованно широко распространенное убеждение, что каждый ребенок рождается с предрасположением для восприятия какой-то своей особой человеческой культуры; может быть, мы скорее должны считать, что любая культура может быть насаждена и будет процветать на совершенно разных физических почвах. Конечно, мы здесь затрагиваем предмет еще не разрешенных споров среди генетиков, которые занима-

ются интересными исследованиями о наследовании физических особенностей. В связи с такими спорами мы должны, однако, прежде всего помнить, что различие между генотипом и фенотипом, столь плодотворное для разъяснения наследственности у растений и животных, существенно предполагает второстепенность влияния внешних условий жизни на характерные свойства вида. В случае же характерных свойств культур человеческих обществ проблема, однако, меняется на обратную в том смысле, что основой для классификации здесь являются традиционные обычаи, сформированные в ходе истории данного общества под влиянием естественного его окружения. Эти обычаи так же, как и их предпосылки, должны быть подробно проанализированы в первую очередь; лишь затем можно будет перейти к оценке влияния унаследованных биологических различий на развитие и сохранение соответствующих культур. Действительно, характеризуя разные нации и, более того, разные семейства внутри одной нации, мы в большой степени можем считать биологические признаки и духовные традиции не зависимыми друг от друга; и даже было бы соблазнительно считать прилагательное «человеческий» относящимся, по определению, исключительно к тем признакам, которые не связаны прямо с телесной наследственностью.

С первого взгляда может показаться, что такая позиция означала бы излишнее подчеркивание чисто словесных вопросов. Но весь рост физических наук учит нас тому, что зародыш плодотворного развития часто таится именно в надлежащем выборе определений. Например, если мы подумаем о той ясности, которую внесла в разные отрасли науки аргументация теории относительности, мы действительно увидим, какой прогресс может заключаться в таких формальных усовершенствованиях. Как я уже намекал раньше в моем выступлении, релятивистские точки зрения, без сомнения, могут тоже способствовать более объективному взгляду на соотношения между человеческими культурами; различия между их традициями во многом походят на различия между эквивалентными способами описания физического опыта. Эта аналогия между физическими и гуманитарными проблемами имеет, однако, ограниченный размах, и преувеличение ее привело даже к неправильному пониманию сущности самой теории относительности. В самом деле, единство релятивистской картины мира как раз и влечет за собой возможность для всякого наблюдателя предсказывать в рамках своих собственных представлений, как другой наблюдатель будет описывать свой физический опыт в рамках понятий, естественных для него.

Главными препятствиями для непредубежденной точки зрения на отношение между разными человеческими культурами являются, однако, глубоко коренящиеся различия между традициями, составляющими

тот фон, на котором основывается культурная гармония в разных человеческих обществах; эти различия и исключают всякое простое сравнение между такими культурами. Главным образом именно в связи с этим точка зрения дополнительности выступает как средство справиться с положением. Действительно, при изучении человеческих культур, отличных от нашей собственной, мы имеем дело с особой проблемой наблюдения, которая при ближайшем рассмотрении обнаруживает много признаков, общих с атомными или психологическими проблемами; в этих проблемах взаимодействие между объектом и орудием измерения, или же неотделимость объективного содержания от наблюдающего субъекта, препятствует непосредственному применению общепринятых понятий, пригодных для объяснения опыта повседневной жизни. Особенно при изучении культур первобытных народов этнологи не только отдают себе отчет о риске испортить такую культуру неизбежным контактом, но встречаются, кроме того, и с проблемой воздействия таких исследований на их собственную позицию как людей. Я имею здесь в виду хорошо знакомое исследователям неизвестных стран потрясение их собственных, до тех пор не осознанных предрассудков, которое они испытывают, встретив неожиданную внутреннюю гармонию, которую человеческая жизнь может представить даже при условиях и традициях, радикально отличных от их собственных. В качестве особо убедительного примера я мог бы напомнить вам, до какой степени в некоторых обществах роли мужчин и женщин противоположны нашим не только в отношении домашних и общественных обязанностей, но также и в отношении поведения и интеллекта. Многие из нас, может быть, сначала и откажутся допустить возможность того, что только из-за каприза судьбы люди, о которых идет речь, имеют свою особую культуру, а не нашу, а у нас не их культура, а наша собственная. Всякое сомнение на этот счет уже заключает в себе измену национальному самодовольству, свойственному всякой человеческой культуре, замкнутой в себе. В атомной физике слово «дополнительность» употребляют, чтобы характеризовать связь между данными, которые получены при разных условиях опыта и могут быть наглядно истолкованы лишь на основе взаимно исключающих друг друга представлений. Употребляя теперь это слово в том же примерно смысле, мы поистине можем сказать, что разные человеческие культуры дополнительны друг к другу. Действительно, каждая такая культура представляет собой гармоническое равновесие традиционных условностей, при помощи которых скрытые потенциальные возможности человеческой жизни могут раскрыться так, что обнаружат новые стороны ее безграничного богатства и многообразия. Конечно, в этой области не может быть и речи о таких абсолютно ис-

ключающих друг друга соотношениях, как те, какие имеются между дополнительными данными о поведении четко определенных атомных объектов. Ведь едва ли существует культура, про которую можно было бы сказать, что она полностью самобытна. Наоборот, все мы знаем из многочисленных примеров, как более или менее тесный контакт между разными человеческими обществами может привести к постепенному слиянию традиций, из чего рождается совсем новая культура. Смешение народов в результате эмиграции или завоеваний имеет важное значение для прогресса человеческой цивилизации, и об этом едва ли нужно напоминать. Величайшая перспектива гуманитарных исследований, может быть, и состоит в том, чтобы, все больше и больше расширяя наши знания по истории развития культуры, способствовать тому постепенному устранению предрассудков, которое является общей целью всех наук.

Как я уже подчеркнул в начале своего выступления, внести какой-нибудь непосредственный вклад в решение проблем, обсуждаемых знаатоками на настоящем конгрессе, выходит далеко за мои возможности. Моей единственной целью было дать вам понятие об общей гносеологической позиции, которую мы вынуждены занять в области, столь далекой от людских страстей, какой является анализ простых физических опытов. Я не знаю, однако, нашел ли я нужные слова, чтобы дать вам это общее понятие, и, прежде чем закончу, я позволю себе рассказать вам про один случай, который очень ярко напомнил мне о моих ограниченных возможностях в этом отношении. Я хотел как-то объяснить одной аудитории, что я употребляю слово «предубеждение» без всякого оттенка осуждения других культур, но просто для того, чтобы характеризовать нашу неизбежно несколько предвзятую систему понятий. Для этого я в шутку напомнил о традиционных предубеждениях, которые датчане питают по отношению к своим шведским братьям по ту сторону прекрасного Зунда, расстилающегося за этими окнами; братьям, с которыми мы сражались в течение столетий даже в стенах этого замка и из контакта с которыми мы в течение веков извлекли так много плодотворного вдохновения. Поймите же, какой удар я получил, когда после моего доклада один из слушателей подошел ко мне и сказал, что он не понимает, за что я так ненавижу шведов. Очевидно, я выражался тогда довольно туманно, и боюсь, что и сегодня говорил очень непонятно. Тем не менее я надеюсь, что я все же говорил не настолько неясно, чтобы могли возникнуть подобные недоразумения относительно цели и направленности моих рассуждений.

ЭРВИН ШРЁДИНГЕР

*Вероятностное знание –
вот предел человеческого
разумения.*

Цицерон

Выдающийся австрийский физик-теоретик Эрвин Шрёдингер (1887–1962) родился в Вене. Высшее образование получил в Венском университете (1910) и последующие его карьерные этапы таковы: 1911–1920 физический институт Венского университета, 1920–1921 – профессор в Штуттгарте и Бреслау (Вроцлаве), 1921–1927 – профессор Цюрихского университета, 1927–1933 – Берлинского, 1933–1936 – Оксфордского, 1936–1938 – в Граце, в 1938–1939 – в Генте, с 1940 – в Дублине, 1941–1955 – директор основанного им в Дублине Института высших исследований, с 1956 – профессор Венского университета.

В первые годы научного творчества (1920) Шрёдингер создает теорию цвета, которая легла в основу современной колориметрии. Важнейшей заслугой Шрёдингера является создание на рубеже 1925/26 *волновой механики* или волновой теории движения микрочастиц в атоме: исходя из гипотезы Луи де Бройля (биографию см. ниже) о *волнах материи* и используя классический принцип Гамильтона, он показал, что *стационарные состояния атомных систем* (введенных ранее Нильсом Бором) могут рассматриваться как собственные колебания *волнового поля*, соответствующего данной системе. В основу новой для того времени волновой механики Шрёдингер положил предложенное им уравнение (*волновое уравнение Шрёдингера*), играющее в атомных процессах такую же фундаментальную роль, как законы Ньютона или эквивалентное им уравнение Эйлера-Лагранжа в классической механике. Для описания состояний микрообъектов (например электронов атома) ввел *волновую функцию* или *пси-функцию*.

В 1926 г. доказал эквивалентность своей волновой механики и *матричной механики*, разработанной немецкими физиками *Вернером Гейзенбергом* (биографию см. ниже), Максом Борном и Паскуалем Иорданом, так что они обе оказались составными частями единой *квантовой механики*, получившей дополнительное определение *нерелятивистской*, поскольку уравнение Шрёдингера, основанное на классическом гамильтоновом формализме, оказалось инвариантным не релятивистским преобразованиям пространственных координат и времени Лоренца, а классическим преобразованиям координат и времени Галилея, которые можно называть и нерелятивистскими. В том же 1926 г. Шрёдин-

гер разработал один из основных методов решения своего уравнения – квантовую теорию возмущений (как математическую теорию, унаследованную из небесной механики), как приближенный метод в квантовой механике. За создание волновой механики Шрёдингер удостоился в 1933 г. Нобелевской премии совместно с создателем *релятивистской квантовой механики* английским физиком Полем Дираком.

Но что поразительно, воспитанный на традициях классической физики, основанной на полном лапласовском детерминизме, сам фактически предложивший классический вариант физики микромира, микромира квантов и электронов, Шрёдингер не мог мыслить иначе как физик-классик и не принял квантовую механику как завершённую теорию (в этом он сходилась с Эйнштейном, который также не соглашался с её интерпретацией, данной Бором и Борном). Его не удовлетворяло дуальное (двойственное) корпускулярно-волновое описание микрообъектов со статистической интерпретацией волн, и он безуспешно пытался построить теорию исключительно в терминах волн. Это привело к дискуссии с ведущими физиками того времени, в частности с Бором. «Если мы собираемся сохранить эти квантовые скачки, – сказал как-то в отчаянии Шрёдингер, – то я вообще жалею, что имел дело с атомной теорией!» Да, квантовые скачки не дают покоя и современным физикам!

Дальнейшие исследования Шрёдингера связаны с теорией мезонов, термодинамикой, нелинейной электродинамикой Борна-Инфельда, общей теорией относительности. Он тоже не избежал попыток (как и Больцман, Эйнштейн, Калуца, Клейн) по разработке единой теории поля и тоже безуспешно. В 1943 г. он опубликовал сенсационную книгу под названием «Что такое жизнь. С точки зрения физика», которая вот уже в течение 60 лет остается интересной всё новым и новым поколениям и физиков и биологов. Интересы Шрёдингера были необычайны: он занимался лепкой, написал книгу по греческой философии, исследовал проблемы генетики и т.д.

Ниже приводится отрывок из его книги «Что такое жизнь».

Э. Шредингер. *Что такое жизнь? 2-е изд. М.: Атомиздат, 1972. С. 77–86.*
(1887 – 1961)

VII. ОСНОВАНА ЛИ ЖИЗНЬ НА ЗАКОНАХ ФИЗИКИ?

ДЛЯ ОРГАНИЗМА СЛЕДУЕТ ОЖИДАТЬ НОВЫХ ЗАКОНОВ

В этой последней главе я хочу показать, что все известное нам о структуре живой материи заставляет ожидать, что деятельность живого организма нельзя свести к проявлению обычных законов физики. И не

потому, что имеется какая-нибудь «новая сила» или что-либо еще, управляющее поведением отдельных атомов внутри живого организма, а потому, что его структура отличается от всего изученного нами до сих пор в физической лаборатории. Грубо говоря, инженер, знакомый ранее только с паросиловыми установками, осмотрев электромотор, будет готов признать, что ему еще не понятны принципы его работы. Он обнаружит медь, которую знает по применению в котлах и которую здесь используют в форме длинной-предлинной проволоки, намотанной на катушки; железо, знакомое ему по рычагам и паровым цилиндрам, а здесь заполняющее сердцевину катушки из медной проволоки. Он придет к заключению, что это та же медь и то же железо, подчиняющиеся тем же законам природы, и будет прав. Но одного различия в конструкции будет недостаточно, чтобы ожидать совершенно другого принципа работы. Он не станет подозревать, что электромотор приводится в движение духом, только потому, что его можно заставить вращаться без котла и пара простым поворотом выключателя.

ОБЗОР ПОЛОЖЕНИЯ В БИОЛОГИИ

Развертывание событий в жизненном цикле организма обнаруживает удивительную регулярность и упорядоченность, не имеющих себе равных среди всего, с чем мы встречаемся в неодушевленных предметах. Организм контролируется в высшей степени хорошо упорядоченной группой атомов, которая составляет только очень незначительную часть общей массы каждой клетки. Более того, на основании созданной у нас точки зрения на механизм мутаций мы приходим к заключению, что перемещение всего лишь немногих атомов внутри группы «управляющих атомов» зародышевой клетки достаточно для того, чтобы вызвать весьма определенное изменение наследственных признаков большого масштаба.

Это, вероятно, наиболее интересные факты из тех, которые наука открыла в наши дни. Мы склонны признать их в конце концов не столь уже невозможными. Удивительная способность организма концентрировать на себе «поток порядка», избегая таким образом перехода к атомному хаосу, – способность «пить упорядоченность» из подходящей среды, по-видимому, связана с присутствием «аперiodических твердых тел» – хромосомных молекул. Последние, без сомнения, представляют наивысшую степень упорядоченности среди известных нам ассоциаций атомов (более высокую, чем у обычных периодических кристаллов) из-за той индивидуальной роли каждого атома и каждого радикала, которую они здесь играют.

Короче говоря, мы видим, что существующая упорядоченность проявляет способность поддерживать сама себя и производить упорядоченные явления. Это звучит достаточно убедительно, хотя, считая это убедительным, мы несомненно исходим из явлений, опирающихся на активность организмов. Поэтому может показаться, что получается нечто подобное порочному кругу.

ОБЗОР ПОЛОЖЕНИЯ В ФИЗИКЕ

Как бы то ни было, следует снова и снова подчеркнуть, что для физика такое положение дел кажется не только невероятным, но и чрезвычайно волнующим, поскольку оно не имеет прецедента. Вопреки обычным представлениям, регулярное течение событий, управляемое законами физики, никогда не бывает следствием одной, хорошо упорядоченной группы атомов (молекулы), если, конечно, эта группа атомов не повторяется огромное число раз, как в периодическом кристалле, или как в жидкости, или, наконец, в газе, которые состоят из большого количества одинаковых молекул.

Даже когда химик имеет дело с очень сложной молекулой *in vitro*, он всегда сталкивается с огромным количеством одинаковых молекул. К ним приложимы его законы. Он может сказать вам, например, что через минуту после того, как начнется определенная реакция, половина всех молекул прореагирует, а через две минуты это же произойдет с тремя четвертями молекул. Но будет ли определенная молекула (если предположить, что вы можете за ней проследить) находиться среди тех, которые прореагировали, или среди тех, которые остались нетронутыми, этого он не предскажет. Этот вопрос чистой случайности.

И это не только теоретическое рассуждение. Иногда мы можем наблюдать судьбу отдельной маленькой группы атомов или даже единичного атома. Но всякий раз, когда мы это делаем, мы встречаемся с полной неупорядоченностью, которая только в среднем из большего числа случаев приводит к закономерности.

Такие примеры мы рассматривали в главе I. Броуновское движение малой частицы, взвешанной в жидкости, совершенно беспорядочно. Но если подобных частиц много, то они своим хаотичным движением дают начало закономерному процессу диффузии.

Распад единичного радиоактивного атома поддается наблюдению (его движение вызывает видимые вспышки на флюоресцентном экране). Но если имеется единичный радиоактивный атом, то вероятный период его жизни менее определен, чем срок жизни здорового воробья. Действительно, в отношении этого периода можно сказать только то, что все время, пока атом существует (а это может продолжаться тысячи лет),

вероятность его распада в следующую секунду, велика она или мала, остается всегда той же самой. Это очевидное отсутствие индивидуальной определенности тем не менее подчиняется точному экспоненциальному закону распада большого количества радиоактивных атомов одного и того же вида.

ПОРАЗИТЕЛЬНЫЙ КОНТРАСТ

В биологии мы встречаемся с совершенно иным положением. Единичная группа атомов, существующая только в одном экземпляре, вызывает закономерные явления, которые находятся в тесной связи между собой и окружающей внешней средой. Я сказал – существующая только в одном экземпляре, ибо в конце концов мы имеем пример яйца и одноклеточного организма. Это верно, что на последующих стадиях развития у высших организмов количество этих экземпляров увеличивается. Но в какой степени? Что-нибудь 10^{14} у взрослого млекопитающего, как я себе представляю. Ну и что же! Это только одна миллионная доля этого количества молекул, которое содержится в одном кубическом дюйме воздуха. Хотя сравнительно и большие, но все вместе эти группы атомов образовали бы только крошечную каплю жидкости. И посмотрите, каким образом они распределяются. Каждая клетка дает приют лишь одной из них (или двум, если мы будем иметь в виду диплоидию). Поскольку мы знаем силу этого крошечного центрального аппарата в изолированной клетке, не напоминают ли они нам отдельные пульта управления, разбросанные по всему организму и осуществляющие связь между собой благодаря общему для них коду?

Это, конечно, фантастическое описание, может быть, более подходящее поэту, чем ученому. Однако не нужно поэтического воображения, надо только ясно и твердо поразмышлять, чтобы уяснить себе, что здесь мы встречаемся с явлением, регулярное и закономерное развертывание которого определяется «механизмом», полностью отличающимся от «механизма вероятности» в физике. Ибо это просто наблюдаемый факт, что в каждой клетке руководящее начало заключено в единичной группе атомов, существующей только в одном экземпляре (или иногда в двух), и такой же факт, что оно управляет событиями, служащими образцом упорядоченности. Найдем ли мы удивительным или совершенно естественным, что маленькая, но высокоорганизованная группа атомов способна действовать таким образом, положение остается одинаково беспрецедентным. Оно характерно только для живой материи. Физик и химик, исследуя неживую материю, никогда не встречали феноменов, которые им приходилось бы интерпретировать подобным образом. Такого случая еще не наблюдали, и поэтому теория

не объясняет его, которой мы справедливо гордились, так как она позволила нам заглянуть за кулисы и увидеть, что могущественный порядок точных физических законов возникает из атомной и молекулярной неупорядоченности; теория, открывавшая, что наиболее важный, наиболее общий и всеохватывающий закон возрастания энтропии может быть понят без специального допущения, ибо энтропия – это сама молекулярная упорядоченность.

ДВА ПУТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ УПОРЯДОЧЕННОСТИ

Упорядоченность, наблюдаемая в развертывании жизненных процессов, проистекает из различных источников. Оказывается, существует два различных «механизма», которые могут производить упорядоченные явления: статистический механизм, создающий «порядок из беспорядка», и новый механизм, производящий «порядок из порядка». Для непредвзятого ума второй принцип кажется более простым, более вероятным. Без сомнения, так оно и есть. Именно поэтому физики были горды установлением первого принципа (порядок из беспорядка), которому фактически следует Природа и который один дает объяснение огромному множеству природных явлений и, в первую очередь, их необратимости.

Но мы не можем ожидать, чтобы «законы физики», основанные на этом принципе, оказались достаточными для объяснения поведения живой материи, наиболее удивительные особенности которой, видимо, в значительной степени основаны на принципе «порядок из порядка». Вы ведь не станете ожидать, что два совершенно различных механизма могут обусловить один и тот же закон, как и не будете ожидать, что ваш ключ от двери обязательно подойдет к двери вашего соседа.

Нас не должны поэтому обескураживать трудности объяснения жизни с привлечением обыкновенных законов физики. Ибо это именно то, чего следует ожидать исходя из наших знаний о структуре живой материи. Мы вправе предполагать, что живая материя подчиняется новому типу физического закона. Или мы должны назвать ее нефизическим, чтобы не сказать: сверхфизическим законом?

НОВЫЙ ПРИНЦИП НЕ ЧУЖД ФИЗИКИ

Нет. Я не думаю этого. Новый принцип – это подлинно физический закон: а мой взгляд, он не что иное, как опять-таки принцип квантовой теории. Для объяснения этого мы должны пойти несколько дальше и ввести уточнение (чтобы не сказать – улучшение) в наше прежнее утверждение, что все физические законы основаны на статистике.

Это утверждение, повторяющееся снова и снова, не могло не привести к противоречию, ибо действительно имеются явления, отличительные особенности которых явно основаны на принципе «порядок из порядка» и ничего, кажется, не имеют общего со статистикой или молекулярной неупорядоченностью.

Солнечная система, движение планет существуют бесконечно давно. Созвездие, которое мы видим, наблюдали люди, жившие во времена египетских пирамид. Когда были вычислены даты солнечных затмений, имевших место много лет назад, то оказалось, что они соответствуют историческим записям, а в нескольких случаях результаты вычислений послужили основанием для исправления хронологической записи. Эти расчеты основывались не на статистике, а исключительно на ньютоновском законе всемирного тяготения.

Движение маятника хорошо отрегулированных часов или любого подобного механизма, очевидно, также не имеет ничего общего со статистикой. Короче говоря, все чисто механические явления, по-видимому, явно следуют принципу «порядок из порядка». И если мы говорим «механические», то этот термин надо понимать в широком смысле. Работа очень распространенного вида часов, как вы знаете, основана на регулярном приеме электрических импульсов.

Я помню интересную небольшую работу Макса Планка «Динамический и статистический тип закона». В ней он проводит точно такое же различие, какое мы здесь назвали «порядком из порядка» и «порядком из беспорядка».

Цель этой работы показать, как интересный статистический тип закона, контролирующий события большого масштаба, складывается из динамических законов, которые, по-видимому, управляют событиями малого масштаба – взаимодействием единичных атомов и молекул. Последний тип закона иллюстрируется механическими явлениями большого масштаба, как, например, движение планет, часов и т.д.

Таким образом, оказывается, что «новый принцип» – принцип «порядка из порядка», который мы провозгласили с большой торжественностью в качестве действительного ключа к пониманию жизни, совсем не нов для физики. Планк даже восстанавливает его приоритет. Мы, кажется, приближаемся к смехотворному выводу, будто бы ключ к пониманию жизни заключается в том, что она имеет чисто механический характер и основана на принципе «часового механизма» в том смысле, который придает этому выражению Планк.

Этот вывод не представляется нелепым и, на мой взгляд, не совсем ошибочен, хотя его и следует принимать с большой осторожностью.

ДВИЖЕНИЕ ЧАСОВ

Давайте тщательно проанализируем движение реальных часов. Это не чисто механический феномен. Чисто механические часы не нуждались бы ни в пружине, ни в заводе. Раз пущенные в ход, они двигались бы бесконечно. Реальные часы без пружины останавливаются после нескольких движений маятника, его механическая энергия превращается в тепло. А это бесконечно сложный, атомический процесс. Общее представление о нем, которое складывается у физика, вынуждает признать, что обратный процесс также вполне возможен: часы без пружины могут неожиданно начать двигаться вследствие затраты тепловой энергии своих собственных зубчатых колес и окружающей среды. В этом случае физик должен был бы сказать: часы испытывают исключительно интенсивный пароксизм броуновского движения.

Будем ли мы относить движение часов к динамическому или статистическому типу закономерных явлений (употребляя выражения Планка), зависит от нашей точки зрения. Называя это движение динамическим, мы обращаем внимание на его регулярность, которая может быть обеспечена сравнительно слабой причиной, преодолевающей незначительные нарушения теплового движения, которыми мы можем пренебречь. Но если мы вспомним, что без пружины часы вследствие трения постепенно останавливаются, то поймем, что этот процесс может быть истолкован только как статистическое явление.

Каким бы практически незначительным не было трение и нагревание в часах, все же не может быть сомнения, что вторая точка зрения, которая не пренебрегает ими, более основательна, даже если мы имеем дело с регулярным движением часов, приводимых в движение пружиной. Ибо не следует думать, что движение механизма в самом деле полностью исключает статистическую сторону процесса. Истинная физическая картина не исключает того, что даже точно идущие часы могут неожиданно повернуть свое движение вспять и завести свою собственную пружину за счет потери тепла окружающей средой. Это событие все же немногим менее вероятно, чем броуновский пароксизм для часов, совсем не имеющих заводного механизма.

РАБОТА ЧАСОВОГО МЕХАНИЗМА В КОНЕЧНОМ СЧЕТЕ ИМЕЕТ СТАТИСТИЧЕСКИЙ ХАРАКТЕР

Давайте теперь рассмотрим создавшееся положение. «Простой» случай, который мы проанализировали, служит типичным примером многих других, по существу всех, которые на первый взгляд не попадают под действие всеохватывающего принципа молекулярной статистики. Часы, сделанные из реальной физической материи (в отличие от во-

ображаемых), не будут «реальным часовым механизмом». Элемент случайности может быть более или менее снижен: вероятность того, что часы неожиданно пойдут и пойдут совершенно неправильно, может быть бесконечно малой, но в основе она всегда будет. Трение и тепловое влияние сопровождают даже движение небесных тел. Так, вращение Земли постепенно замедляется приливным трением, и вместе с этим Луна постепенно удаляется от Земли, чего не случилось бы, если бы Земля была совершенно твердым вращающимся шаром.

Тем не менее остается фактом, что «реальные часовые механизмы» ясно проявляют весьма выраженные черты «порядка из порядка», то есть такие, которые взволновали бы физика, если бы он столкнулся с ними в организме. Кажется вероятным, что оба случая в конце концов имеют нечто общее. Остается рассмотреть, в чем заключается это общее и одновременно поразительное различие, которое делает организм в конечном счете беспрецедентным.

ПРИНЦИП НЕРНСТА

Когда же физическая система – любой вид ассоциации атомов – следует «динамическому закону» (в том значении, которое придавал ему Планк) или обнаруживает «черты часового механизма»? На этот вопрос квантовая теория дает краткий ответ: при температуре абсолютного нуля. При приближении к этой температуре молекулярная неупорядоченность перестает влиять на физические явления. Это было, между прочим, обнаружено при исследовании химических реакций в широких температурных границах и при последующей экстраполяции результатов на фактически недостижимую температуру, равную абсолютному нулю; это и есть знаменитый термодинамический принцип Вальтера Нернста, который иногда, и не без основания, называют третьим законом термодинамики (первый – принцип сохранения энергии, второй – принцип энтропии).

Квантовая теория дает обоснование эмпирическому закону Нернста и позволяет определить, как близко данная система должна подойти к абсолютному нулю, чтобы выявить черты «динамического» поведения. Какая же температура в каждом отдельном случае практически эквивалентна нулю?

Так вот, не следует думать, что это должна быть всегда очень низкая температура. Действительно, открытие Нернста было подсказано тем фактом, что даже при комнатной температуре энтропия играет удивительно незначительную роль во многих химических реакциях. (Напомню, что энтропия является прямой мерой молекулярной неупорядоченности, а именно ее логарифмом.)

МАЯТНИКОВЫЕ ЧАСЫ ФАКТИЧЕСКИ НАХОДЯТСЯ ПРИ НУЛЕВОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ

Для маятниковых часов комнатная температура практически эквивалентна нулю. Это причина того, что они работают «динамически». Они будут продолжать идти, если их охлаждать (конечно, при условии, что удалена смазка), но остановятся, если их нагреть выше комнатной температуры, ибо в конце концов они расплавятся.

СХОДСТВО МЕЖДУ ЧАСОВЫМ МЕХАНИЗМОМ И ОРГАНИЗМОМ

То, что будет сказано ниже, хотя и кажется весьма тривиальным, но, я думаю, достигнет цели. Часы способны функционировать «динамически», так как они состоят из твердых тел, форма которых удерживается гайтлер-лондоновскими силами достаточно прочно, чтобы избежать тенденции теплового движения к нарушению порядка при обычной температуре.

Теперь, я думаю, надо немного слов, чтобы определить сходство между часовым механизмом и организмом. Оно просто и исключительно сводится к тому, что в основе последнего лежит твердое тело – аperiодический кристалл, образующий наследственное вещество, не подверженное воздействию беспорядочного теплового движения.

Но, пожалуйста, не ставьте мне в вину, что будто бы называю хромосомные нити «зубцами органической машины», по крайней мере не делайте этого без ссылки на глубокие физические теории, на которых основано сходство. Потому что, действительно, не нужно большого красноречия, чтобы напомнить основное различие между ними и оправдать для биологического случая эпитеты – новый и беспрецедентный.

Наиболее поразительными различиями являются, во-первых, своеобразное распределение «зубцов» в многоклеточном организме и, во-вторых, то, что отдельный зубец – это не грубое человеческое изделие, а прекраснейший шедевр, когда-либо созданный по милости господней квантовой механики.

ЛУИ ДЕ БРОЙЛЬ

Природа всегда сильнее принципов.

Давид Юм

Выдающийся французский физик Луи де Бройль (1892–1987) родился в Дьепе на берегу Ла-Манша и принадлежал к одной из самых аристократических фамилий Франции. Фактически его учителем был старший брат Морис де Бройль (1175–1960), после смерти ко-

того Луи унаследовал титул *герцога*. Известность получил благодаря своим работам по физике атомов. Окончил Парижский университет (Сорбонну) в 1913 г., как физик получил степень доктора физических наук, но по настоянию своей семьи также изучал историю Франции. В Сорбонне де Бройль преподавал с 1928 по 1962 гг., занимая должность профессора. В 1933 г. стал членом Парижской Академии наук и был её непременным секретарем в 1942–1975 гг. В 1924 г. в докторской диссертации «Исследования по теории квантов» выдвинул гипотезу о волновых свойствах материи, названных впоследствии *волнами материи* или *волнами де Бройля*. Фактически тем самым приписал веществу волновые свойства и предложил формулы для количественного их определения, связав между собой массу, энергию и длину волны (или обратную ей величину – частоту волны). Это эквивалентно также сопоставлению движения частиц распространению волны. Таким образом, волна и частица (вещество, материя) – это два дополняющих образа одного и того же микрообъекта. Установленное сопоставление вскоре (1927) получило блестящее подтверждение в экспериментах американских физиков Л. Джермера и К. Дэвиссона и независимо от них английским физиком Дж. П. Томсоном. Подтверждает эту гипотезу также так называемый эффект Комптона, состоящий в том, что электромагнитные волны очень высоких частот (излучаемые из атомных ядер) или гамма-лучи ведут себя при взаимодействии с электронами как частицы. Эти частицы и есть предположенные еще Эйнштейном *фотоны*.

Гипотеза де Бройля о всеобщности корпускулярно-волнового дуализма (двойственности свойств микрообъектов) легла в основу предложенной в 1926 г. Эрвином Шрёдингером (биографию см. выше) *волновой механики*. За открытие волновой природы микрообъектов (в то время только электронов) де Бройль в 1929 г. был удостоен Нобелевской премии. Развивая последовательно мысль о волнах и частицах и их своеобразном симбиозе, выдвинул в 1927 г. концепцию *волны-пилота*, не нашедшей-таки экспериментального подтверждения.

Другие работы де Бройля были посвящены «тайнам ядерной физики», как он сам их называл в молодости, классической и квантовой механике, теории поля, квантовой электродинамике, теории распространения электромагнитных волн в волноводах, истории и методологии физики, философии науки.

**Луи де Бройль «По тропам науки»
(1892 – 1987)**

Принципы и приложения волновой механики

Волновая механика возникла из экспериментальных факторов, с одной стороны, касающихся света, а с другой – частиц атомного масштаба, в частности электронов, и из трудностей, возникших при истолковании этих фактов.

Открытие фотоэлектрического эффекта и других световых явлений, например эффекта Комптона, привело физиков пятьдесят лет тому назад к повторному введению в теорию света корпускулярных представлений, которые были оставлены после триумфа волновой теории Френеля. Таким образом, физики оказались вынуждены допустить, что полная теория света должна включать в себя световые волны Френеля, истолкованные Максвеллом как имеющие электромагнитную природу, и крупницы световой энергии, или «фотоны», которые Эйнштейн представил себе в 1905 году, следуя, таким образом, по пути, проложенному Планком, который ввел кванты в теорию излучения абсолютно черного тела.

Впрочем, успехи, достигнутые теорией квантов Планка, показали, что частицы вещества, например электроны, не могут внутри объектов (атомов и молекул) атомного масштаба совершать все движения, описываемые классической механикой; физически возможными оказываются лишь некоторые движения, удовлетворяющие квантовым условиям, в которых фигурируют целые числа и известная постоянная величина h Планка. Применение этой идеи к движению электронов вокруг ядра в атоме, представленном с помощью модели Резерфорда, привело в 1913 году Нильса Бора к его известной теории атома, на основании которой было получено так много предсказаний и объяснений, что ее можно считать ключом к атомному миру. Несмотря на свой огромный успех, эти квантовые теории движения частиц атомного масштаба в значительной степени были гибридными и с многих точек зрения мало удовлетворительными: они очень искусственно соединяли математический аппарат классической механики с совершенно чуждыми ей условиями. В частности, введение целых чисел в квантовые теории является совершенно непонятным с точки зрения классической механики, но оно вполне понятно в волновой теории, так как очень часто встречаются в волновых процессах явления, которые описываются с помощью целых чисел (резонанс, интерференция и т.д.). Это замечание было одним из тех положений, из которых выросла волновая механика.

В 1923 году автор настоящей статьи, после длительных размышлений над этими проблемами, пришел к идее о необходимости допущения существования волново-корпускулярной двойственности не только для

фотонов света, но и для электронов и других частиц веществ. Другими словами, следовало связать движение частиц вещества с распространением волны и, в случае света, связать перемещение фотонов с распространением световой волны Френеля–Максвелла. На основе соображений, вытекающих из теории относительности и аналитической механики, мне удалось разработать тогда синтетическую теорию, которая приняла характер «волновой механики». Она выразила связь между прямолинейным и равномерным движением свободной частицы с энергией E и количеством движения p , с одной стороны, и распространением плоской монохроматической волны частоты ν и длиной волны λ , с другой стороны, с помощью двух фундаментальных формул:

$$E = h\nu, \quad p = \frac{h}{\lambda}. \quad (1)$$

В применении к частному случаю света эти формулы сразу же дают формулы Эйнштейна, положенные в основу его теории квантов света (фотонов): соотношение Эйнштейна вошло как частный случай в обширную синтетическую схему, данную волновой механикой. В применении к внутриатомным электронам волновая механика позволяет истолковать квантовые условия, определяющие стационарные орбиты Бора как аналог условиям резонанса, и выражают тот факт, что волна, связанная с электроном, является стоячей волной. Появление в этих формулах целых чисел стало вполне естественным.

В 1926 году, руководствуясь идеями, развитыми автором, Эрвин Шредингер в ряде замечательных статей сумел в значительной степени уточнить математические основы волновой механики и расширить область ее применения. Углубляя аналогию между геометрической оптикой и аналитической механикой, сто лет назад установленную Гамильтоном, он смог получить общее уравнение распространения, верное в нерелятивистском приближении, для волны, связанной с частицей в данном поле; затем, пользуясь представлением о «конфигурационном пространстве», он получил также уравнение распространения в этом пространстве волны, связанной с системой взаимодействующих частиц. Тогда ему удалось строго вычислить стационарные состояния для квантовых систем; были получены результаты, ставшие по праву классическими. Пораженный тем странным фактом, что эти результаты в точности совпали с результатами, полученными Гейзенбергом в 1925 году с помощью довольно абстрактного математического аппарата его «квантовой механики» или «матричной механики», Шредингер показал, что, несмотря на внешнее различие, волновая механика и квантовая механика

ка Гейзенберга могут рассматриваться как переводы одной и той же теории на различные математические языки. Работа Шредингера имела важное значение для развития волновой механики.

Однако несмотря на достигнутые успехи, эта идея о связи волны с электроном еще нуждалась в прямой экспериментальной проверке.

Эта проверка была проведена в 1927 году Девиссоном и Джермером, которые, направив пучок электронов одинаковой энергии на кристалл никеля, получили явление дифракции, совершенно аналогичное тому явлению, которое можно получить в тех же условиях, используя вместо электронов монохроматический пучок рентгеновских лучей. Волновая механика объясняет этот факт просто. Действительно, вторая формула (1) позволяет видеть, что волна, связанная с электроном, который приобретает скорость под действием разности потенциалов U в, имеет длину, равную, если пренебречь релятивистскими поправками, выражению:

$$\lambda = \frac{12,25}{\sqrt{U}} \cdot 10^{-8} \text{ см} \quad (2)$$

Эта длина волны оказывается порядка длины волны рентгеновских и гамма-лучей и, следовательно, много меньше длины волны видимого света. Следует ожидать, что электроны, падая на тело кристаллической структуры, приводят к образованию явления дифракции, совершенно аналогичного явлению дифракции, которое предсказывает для рентгеновских лучей классическая теория Лауэ–Брегга и которое постоянно используется в рентгенографии. Опыты Девиссона и Джермера, вскоре повторенные в различных формах Дж. П. Томсоном, Понте, Кикучи, Руппом и др., полностью подтвердили представления волновой механики и формулу (2), показав, таким образом, необходимость связи электрона с волной. Для очень быстрых электронов, для которых нужно учитывать релятивистское изменение массы со скоростью, формулу (2) нужно заменить немного более сложным выражением, которое также полностью подтверждается на опыте.

Впрочем, явления дифракции можно также получить не только для электронов, но и для других частиц, в частности протонов, атомных ядер и даже, совсем недавно, нейтронов. И так, было доказано, что с каждой частицей связана волна и что формулы (1) всегда применены для описания этой связи. Отметим, наконец, что Бёрш в 1940 году повторил с электронами опыты по дифракции на краю экрана, которые позволили в 1816 году Френелю установить волновую природу света.

Еще позднее различные физики, а именно Мартон, Мелленстедт и Ферт, получили с электронами всю серию интерференционных явлений, которые давно были получены в оптике с помощью таких хорошо известных устройств, как бипризмы Френеля, отверстия Юнга и тонкие пластинки.

Построенная отныне на прочных экспериментальных основаниях волновая механика смогла быстро развиваться в различных направлениях. Она привела к различению частиц с симметричной волновой функцией, или бозонов, подчиняющихся статистике Бозе–Эйнштейна, и частиц с антисимметричной волновой функцией, или фермионов, которые, как электрон, подчиняются принципу запрета Паули и подчиняются статистике Ферми–Дирака. Она позволила Гамову истолковать природу вероятностей законов, которым подчиняется распад радиоактивных веществ, и найти законы испускания альфа-частиц в некоторых из таких распадов. Она позволила Гейзенбергу понять до того необъяснимый характер спектра гелия, который складывается из спектров, почти независимых (парагелий и ортогелий); аналогичная теория смогла объяснить различие между ортоводородом и параводородом. Она также позволила Гайтлеру и Лондону на основе представления об «обменной энергии» понять природу связи, объединяющей два одинаковых атома в гомополярной молекуле, например H_2 ; их теория молекулы водорода послужила затем моделью более общей теории, служащей в настоящее время для описания различных видов химической связи с помощью различных распространений и обобщений и представляющей собой «квантовую химию», о применении которой мы упомянем ниже.

Введя тесно связанные между собой релятивистские представления и существования «спина» электрона, открытого Уленбеком и Гаудсмитом в 1925 году, Дирак построил свою прекрасную теорию электрона со спином, которая является одной из жемчужин современной теоретической физики. Для описания квантового характера электромагнитного поля, который проявляется в существовании фотонов, Иордан, Гейзенберг и Паули развили «квантовую теорию электромагнитного поля», играющую большую роль в современных теоретических исследованиях. Общая теория частиц со спином, разработанная Дираком, Паули и Фирцем и автором настоящей статьи, позволяет осуществить синтез этих различных теорий. Все попытки осуществить их синтез, а также попытки применить эти теории к истолкованию характеристик ядерных частиц и явлений, происходящих в ядре, натолкнулись на трудности (вывод о бесконечном значении собственной энергии частиц...), но они также привели к большим успехам (объяснение опытов Лэмба–Ризерфорда и

небольшого несовпадения экспериментального значения магнитного момента электрона с теоретическим). Можно думать, что они должны глубоко измениться в ближайшие годы под влиянием прогресса наших знаний о различных видах частиц и ядерных явлениях.

Физическое истолкование волновой механики в первые годы породило многочисленные споры. После работ Борна, Бора и Гейзенберга утвердилось «вероятностное» истолкование, которое сегодня, видимо, принимается большинством физиков. Оно приписывает сопряженной с частицей волне, называемой Ψ -волной, несколько фиктивное существование, поскольку она лишь представляет для любого наблюдателя вероятность возможных результатов нового эксперимента, на основе состояния его знаний о частице, полученных из предыдущих экспериментов. Это вероятностное истолкование, весьма отличное от всех истолкований, до сих пор встречавшихся в физике, находится в согласии с ее стройным математическим аппаратом. Это истолкование привело, в частности, к объяснению «соотношений неопределенностей» Гейзенберга, согласно которым состояние наших знаний о частице всегда содержит неопределенность δx в знании p_x количества движения, такие, что произведение $\delta x \cdot \delta p_x$ неопределенностей всегда по меньшей мере равно постоянной h Планка. Бор и Гейзенберг показали на многочисленных примерах, как существование кванта действия делает невозможным в одном и том же эксперименте изменение канонически сопряженных переменных x и p_x с большей точностью, которая допускается соотношениями неопределенностей. Вероятностное истолкование волновой механики, если его рассматривать как окончательное, приводит, таким образом, к следствию, что в атомном мире строгий детерминизм классической физики не имеет места; любая ситуация вообще состоит лишь из определенных возможностей, влияющих на различные вероятности, и всякая попытка описания движения частиц в рамках пространства и времени должна быть оставлена. Эти совершенно новые представления в сочетании с представлениями Бора о «дополнительности» и с понятием неразличимости частиц одинаковой природы открыли перед физиками неожиданные перспективы. Несомненно, формальное изящество этого вероятностного истолкования, неудачные попытки создать (за последние тридцать лет) другое, столь же последовательное истолкование обеспечили ему успех.

Однако я в это время предлагал иное истолкование; следует также отметить, что вероятностное истолкование не было принято столь крупными учеными, как Эйнштейн и Шредингер. В частности, Эйнштейн всегда утверждал, что, если вероятностное истолкование Ψ -волны ему, несомненно, представляется строгой *статистической* теорией, оно

не может быть полным описанием *физической* реальности. Начиная с 1951 года, после опубликования статьи Давида Бома, я вместе со своими молодыми сотрудниками предпринял исследование другого истолкования, уже предлагавшегося мною в 1927 году под названием «теории двойного решения». Оно основано на идее, соответствующей мнению Эйнштейна, что обычно рассматриваемые Ψ -волны, являющиеся регулярными решениями волнового уравнения волновой механики, не представляют подлинного описания физической реальности. Последнее дается другими решениями того же волнового уравнения, u -волнами, представляющими особенность, то есть область очень небольших размеров, где их амплитуда очень велика. Рассмотрение этих u -волн приводит тогда к рассмотрению частицы как своего рода неровности очень небольших размеров, включенной в обширное волновое явление. Это представление вызвало бы, таким образом, построить классическую картину, согласно которой частицы есть что-то вполне локализованное в пространстве в любой момент времени и совершающее вполне определенное движение во времени по вполне определенной траектории. Более того, оказалось возможно установить между u -волной и обычно рассматриваемой волной соответствие, которое позволяет рассматривать Ψ -волну как дающую точное статистическое представление обо всей совокупности возможных движений частицы. Таким образом, в согласии с утверждением Эйнштейна, обычное использование непрерывных волн приводит в соответствии с принятым в настоящее время истолкованием к строгой статистической теории движений частиц, но вовсе не является достаточным для полного индивидуального описания физической реальности и реальной природы частиц, которое может дать лишь рассмотрение u -волн с особенностью.

Я не имею возможности развивать здесь такие тонкие идеи об истолковании волновой механики на основе теории двойного решения. Их математическое обоснование связано с большими трудностями, о которых я уже говорил в других работах и которых остается еще очень много, несмотря на то, что в последние годы они частично устранены. Итак, было бы еще преждевременным утверждать, что это истолкование окончательно восторжествует над общепринятым в настоящее время истолкованием. Тем не менее такое изменение положения мне не представляется более невозможным, и не исключена возможность, что после этого перед волновой механикой и квантовой физикой откроются совершенно новые горизонты.

ВЕРНЕР ГЕЙЗЕНБЕРГ

*Весьма вероятно наступление
невероятного*

Агафон

Выдающийся немецкий физик и философ науки Вернер Гейзенберг (1901–1976) родился в Вюрцбурге. Первоначальное образование получил в престижной гимназии, в 1920–23 гг. учился в Мюнхенском университете, где слушал лекции знаменитого физика профессора Арнольда Зоммерфельда, затем в 1924 г. в Гёттингенском университете, в последнем тогда преподавал выдающийся физик Макс Борн, ассистентом которого Гейзенберг был в 1924–1927 гг. В 1927–1941 гг. – он профессор теоретической физики Лейпцигского университета, в 1941–1945 – директор Института физики кайзера Вильгельма и профессор Берлинского университета. В 1946–1958 – директор Физического института и профессор Гёттингенского университета, с 1958 г. – директор Института физики и астрофизики и профессор Мюнхенского университета.

Общаясь с Максом Борном, он воспринял от него уверенность, что атомный микромир настолько отличается от макромира, описанного классической физикой, что нечего и думать пользоваться при изучении строения атома привычными понятиями о движении, пространстве, времени, скорости и определенном положении частиц. Основа микромира – кванты, которые не следует пытаться понять или объяснить с наглядных позиций устаревшей классики. Эта уверенность воплотилась в ближайшее время в его фундаментальных работах 1925–1927 гг., когда он сначала (1925) разработал *первый вариант будущей квантовой механики* – так называемую *матричную механику* (использовал созданную до того в XIX веке математическую теорию матриц, отсюда и название), эквивалентность которой *второму варианту квантовой механики* – *волновой механике*, вскоре доказал её автор – Эрвин Шрёдингер (биографию см. выше), а немного позднее (1927) сформулировал знаменитейший в квантовой механике и во всей неклассической физике *принцип (соотношение) неопределенностей*, выражающий связь между импульсом и координатой микрообъекта и ограничивающий применение к микрообъектам классических понятий и представлений. За эти две работы Гейзенберг в 1932 был удостоен Нобелевской премии по физике.

Совместно с английским физиком Полем Дираком (биографию см. ниже), независимо и одновременно с крупным советским физиком Я. Френкелем разработал теорию спонтанной намагниченности ферро-

магнетиков и обменного взаимодействия, ориентирующего элементарные магнетики при намагничивании вещества, т.е. разработал первую квантовомеханическую теорию ферромагнетизма, основанную на обменном взаимодействии электронов (иначе, методе локализованных спинов). В 1929 г. совместно с австрийским физиком Вольфгангом Паули (автором принципа запрета Паули) предложил общую схему квантования полей, предопределившую впоследствии появление квантовой электродинамики и квантовой теории полей. В 1934–1936 гг. развивал релятивистскую теорию электронов и дырок Дирака и постулировал существование эффекта поляризации вакуума.

В 1932 г. вслед за советским физиком Дмитрием Иваненко пришел к протонно-нейтронной модели атомного ядра и в том же году, используя математический аппарат теории групп Ли (унитарные унимодулярные группы), ввел понятие изотопического спина, различающего у нуклона два состояния – одно – нейтрон и другое – протон, и на этой основе показал, что ядерные силы насыщающие. Предвосхитил этой работой появление в физике элементарных частиц понятия унитарной симметрии, последовательную теорию которой развил через 30 лет американский физик Мюррей Гелл-Манн. Построил теорию ядерных сил, развив идею обменного взаимодействия советских физиков Иваненко и Тамма. В 1943 г. предложил в квантовой теории поля понятие матрицы рассеяния или S-матрицы (свою научную карьеру начинал в 1923–1925 г. с использования матриц и вернулся к матрицам через 20 лет). В последние годы предпринял несколько попыток построить единую теорию поля – нелинейную теорию, задача которой дать единую теорию всех существующих полей (идея восходит к Больцману, Калуге, Клейну, Эйнштейну). Много времени уделял также философским вопросам физики и естествознания, написал по этой тематике широко цитируемую до сих пор книгу «Философские проблемы современной атомной физики» (1953).

В. Гейзенберг.
I. ТЕОРИЯ И ЭКСПЕРИМЕНТ
(1901 – 1976)

Подобно вещам повседневной жизни физические опыты и их результаты могут быть описаны с помощью наглядных понятий в пространстве и времени на обыкновенном языке, который соответствует окружающему миру. Если бы физика могла удовлетвориться в качестве результатов опыта описанием, скажем, положения линий на фотографических пластинках или других аналогичных фактов и отказаться от всех

«теорий», то, конечно, всякая теоретико-познавательная дискуссия была бы излишней. Но мы собираем различные опыты в группы, связываем события как «причину» и «следствие» и создаем более или менее развитые, смотря по степени систематики, теории. Тот же процесс происходит не только с физическими, но даже и с самыми примитивными опытами повседневной жизни и служит основой для образования понятий.

При таком процессе образования понятий довольно часто покидается основа, данная опытом: бессознательно делаются необоснованные обобщения, пока, наконец, не возникают противоречия. Чтобы создать абсолютно достоверное основание для физических теорий, необходимо, как кажется, потребовать, чтобы для описания явлений применялись только целиком основанные на опыте понятия. Это требование, однако, совершенно невозможно провести, так как тогда должны были бы подвергнуться пересмотру повседневные понятия и трудно сказать, что после этого осталось бы от нашего языка. Подобный генеральный пересмотр представляется поэтому связанным с непреодолимыми трудностями. При таком положении вещей кажется более целесообразным ввести сперва в физическую теорию значительное количество понятий, не принимая во внимание их строгую обоснованность на опыте, и предоставить природе в отдельном случае каждой теории решать, требуется ли и в каких пунктах пересмотр основных понятий.

Так, например, для теории относительности была характерной критика таких понятий, как масштаб, часы и т.д. Эта критика исходила из того, что в наших обычных понятиях всегда содержалось молчаливое допущение о возможности, принципиальной по крайней мере, распространения сигналов с бесконечно большой скоростью. После того как экспериментально было установлено, что в природе не существует скоростей, превышающих скорость света, и последнее положение было постулировано как закон природы, – приступили к пересмотру всех понятий, относящихся к этой проблеме; это привело к свободному от противоречий толкованию опытов, что прежде не удавалось. Еще более радикально разошлась с классическими понятиями общая теория относительности, которая в конце концов допустила без критики только одно понятие пространственно-временного совпадения. По этой теории обыденный язык применим к описанию только тех опытов, в которых гравитационная постоянная и величина обратная световой скорости могут быть рассматриваемы как очень малые величины.

Таким образом, несмотря на то, что теория относительности предъявляет большие требования к способности, к абстракции у физиков, она все же достаточно идет навстречу потребностям, вытекающим из науч-

ной традиции, поскольку в этой теории допускается строгое разделение мира на субъект и объект и точная формулировка закона причинности. Но именно в этом-то пункте и возникают трудности квантовой теории. В то время как в атомной физике подробная критика понятий «масштаба», «часов» и т.д. представляется пока излишней (поскольку не рассматривается релятивистская квантовая механика), как раз понятие пространственно-временного совпадения и понятие «наблюдения» должны быть основательно пересмотрены. При обсуждении какого-либо опыта особенно должно приниматься во внимание взаимодействие между объектом и наблюдателем, которое непременно связано с каждым наблюдением. В классической теории принималось, что этим взаимодействием, как ничтожно малым, можно пренебречь или что его влияние поддается контролю и может быть исключено с помощью вычислений.

В атомной физике, однако, нельзя сделать это допущение, так как вследствие прерывности в атомных процессах, каждое взаимодействие может вызвать частью не учитываемые, относительно большие изменения.

Следствием этого обстоятельства является то, что вообще опыты, определяющие какую-нибудь физическую величину, делают в то же время недействительным ранее добытое знание других величин, так как они влияют неконтролируемым образом на измеряемую систему и тем самым изменяют ранее известные величины. Исследуя это влияние количественно, мы найдем, что во многих случаях для одновременного знания различных переменных существует конечный предел точности, перейти который невозможно. В теории относительности исходной точкой для критики понятий был постулат, что никакой сигнал не может распространяться со скоростью, превышающей скорость света. Таким же образом можно постулировать названные нижние пределы точности для одновременного знания разных переменных – так называемые «соотношения неопределенности», как закон природы, и сделать их исходной точкой для критики понятий квантовой теории. Эти «соотношения неопределенности» и дают как раз ту степень нарушения классических понятий, которая необходима для непротиворечивого описания атомных процессов.

Программа последующих рассуждений, таким образом, должна быть следующей: сначала рассмотреть все понятия, введение которых непосредственно диктуется опытами, затем установить области применения для различных понятий и показать, что ограниченные таким путем понятия, вместе с математическим формализмом квантовой теории, образуют, систему, свободную от противоречий.

2. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ КВАНТОВОЙ ТЕОРИИ

Предварительный обзор важнейших понятий атомной физики дают следующие опытные факты, характеризующие известные фотографии (рис. 1–4).

а) *Фотографии Вильсона.* Материальные лучи, испущенные радиоактивными элементами, проходя сквозь камеру, содержащую пересыщенный водяной пар, образуют (предполагая, что лучи обладают достаточной энергией) штрихообразные следы конденсированного пара (рис. 1).

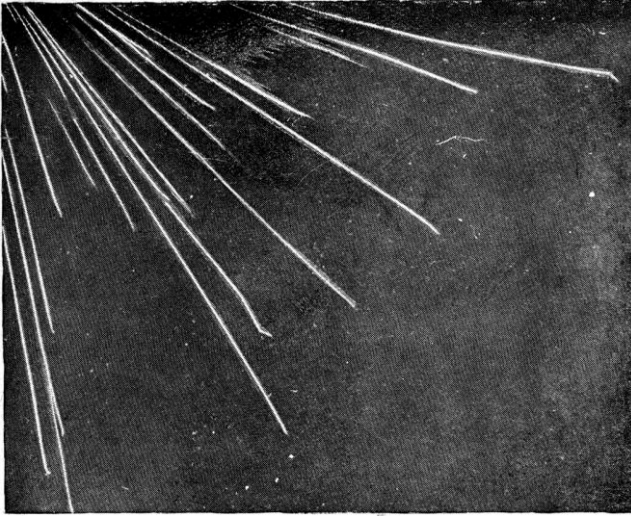


Рис. 1

Этот опыт доказывает дискретный характер материальных лучей и показывает, что вполне целесообразно представлять себе эти лучи в виде маленьких, быстро летящих частичек. Каждый след, образованный водяными каплями в вильсоновской камере, непосредственно представляет путь одной частицы. Под частицей или корпускулой понимают при этом всегда образование, движущееся подобно материальной точке в классической механике, т. е. точечную систему, на состояние движения которой влияют только физические поля в непосредственной ее близости. Образование следа нужно представлять себе так: частица сталкивается в камере с атомами газа и их ионизирует. Полученные ионы вызывают конденсацию водяных паров вокруг себя и ввиду этого дают центры для образования маленьких водяных капель. Таким образом, вдоль

пути летящей частицы создаются водяные капельки, непосредственно доступные наблюдению.

Известно, что из опытов с отклонением в электрическом и магнитном полях можно определить скорость и массу частиц и что возможно далее измерить также заряд отдельной частицы.

б) *Диффракция материальных лучей* (Дэвиссон-Джермер, Дж. П. Томсон, Рупп.) Если материальный луч проходит сквозь решетку (пространственная решетка, решетка штриховая), то имеют место те же явления, которые известны из оптики видимых и рентгеновых лучей. (Рис. 2 представляет собой сделанный Томсоном дебай-шерреровский снимок с материальными лучами). Подобные же явления получаются, конечно, и при отражении луча материи от решетки. Полезно поэтому лучи материи толковать наглядно как волновые процессы.

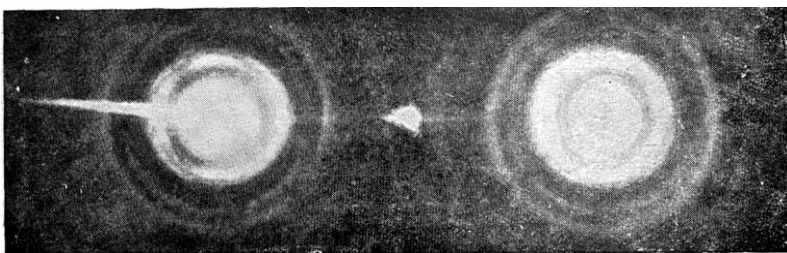


Рис. 2

Измерение диффракционных максимумов различных порядков позволяет, как и в оптике, определить длину волны материальных лучей. Длина волны находится в эмпирической зависимости от механического импульса p отдельных корпускул, который должен быть приписан материальным лучам в описанных в параграфе а) явлениях.

По де Бройлю для длины волны имеет место соотношение

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

(h – постоянная Планка).

с) *Диффракция электромагнитных лучей*. Если видимые или рентгеновы лучи проходят сквозь решетку или отражаются от нее, то имеют место известные явления интерференции, которые являются основанием для волновой теории излучения и могут быть использованы известным способом для измерения длины волны соответствующего излучения. Рис. 3 показывает дебай-шерреровский снимок с рентгеновскими лучами. Принцип этого снимка заключается в том, что пучок рентгеновых лучей падает на

кристаллический порошок; отдельные беспорядочно лежащие кристаллики дают помимо прошедшего прямо луча еще диффракционные изображения, что дает в сумме картину (рис. 3).

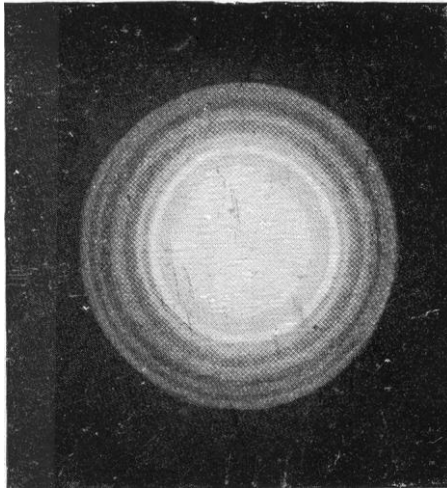


Рис. 3

(1) *Опыт Комптона-Симона.* Рентгеновский луч, проходя через вильсоновскую камеру (сравн. а), отрывает электрон при рассеивании на встречной молекуле газа (электрон отдачи). Этот электрон, как описано в а), может быть замечен благодаря своему туманному следу.

Описанное явление можно истолковать следующим образом: электромагнитное излучение (в данном случае рентгеновский луч) состоит из отдельных частичек, которые сталкиваются с электронами газовых молекул (эйнштейновская гипотеза световых квантов). Каждому световому кванту при этом следует приписать энергию (E) и импульс (p), которые связаны с измеренной в с) частотой ν соответственного излучения следующим образом:

$$E = h\nu; \quad p = \frac{h}{\lambda}$$

Применение механических законов столкновения материальных точек к взаимодействию: световой квант – электрон, дает простым способом зависимость между направлением вылетевшего электрона и направлением, в котором двигается дальше рассеянный световой квант. Опыт Комптона-Симона позволяет непосредственно испытать следст-

вия чисто корпускулярной теории рассеивания рентгеновых лучей. Направление вырванного электрона может быть измерено в вильсоновской камере по образованному следу тумана. Иногда также возможно наблюдать направление рассеянного светового кванта; а именно, последний может, проходя сквозь вильсоновскую камеру, снова вырвать со своей стороны у встречного атома электрон, который становится заметным вследствие образования тумана. Наблюдения в вильсоновской камере позволяют поэтому определить места обоих процессов, вызванных световым квантом, и вместе с тем, конечно, направление соединяющей их линии, которое представляет путь светового луча. (Нижняя часть рис. 4 дает снимок такого столкновения, верхняя часть дает тот же снимок, но только здесь пути частицы обозначены стрелками). Снимки Комптона-Симона могли действительно показать, что законы упругого удара выполнены, и тем самым становится очевидной корпускулярная природа электромагнитного излучения.

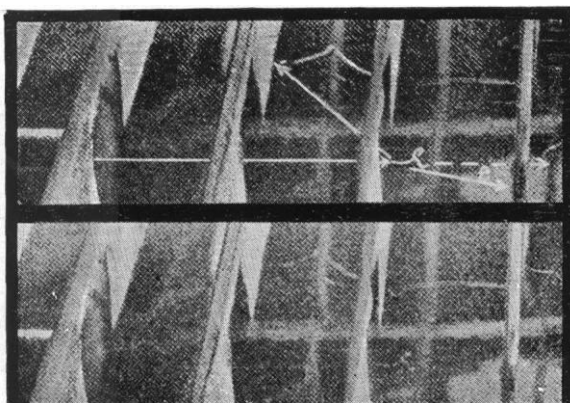


Рис. 4

е) *Опыты Франка-Герца со столкновениями.* Если пучок медленных электронов одинаковой скорости пропускать через газ, то электронный ток при изменении скорости при некоторых дискретных значениях скорости (энергии) меняется скачком. Точный анализ этих опытов ведет к следующему объяснению: сами атомы газа могут иметь лишь известные дискретные значения энергии (основной постулат Бора). Если значение энергии известно, то по Бору говорят о «стационарном состоянии» атома.

Если энергия электрона недостаточна, чтобы перевести атом из первоначального состояния в ближайшее энергетически высшее состоя-

ние, то он испытывает только упругие столкновения с атомами газа, не изменяя при этом значения своей скорости. Если теперь увеличивать энергию электронного пучка до значения, когда кинетическая энергия каждого электрона достаточна, чтобы перебросить атом в ближайшее высшее энергетическое состояние, тогда часть электронов, проходя через газ, отдает свою энергию атомам газа; электронный ток вследствие этого изменяется в критических точках очень быстро.

Понятие о стационарных состояниях, ставшее наглядным после опытов Франка–Герца, является наиболее ярким выражением для прерывностей, наблюдаемых во всех атомных процессах (рис. 5).

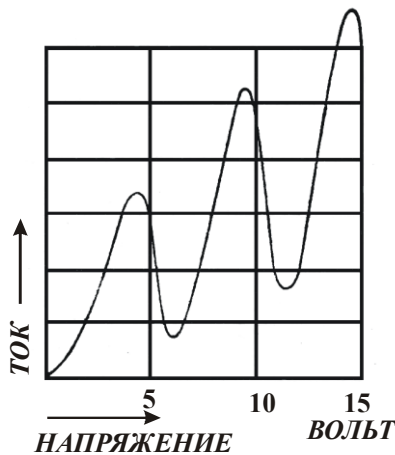


Рис. 5

Из указанных основных опытов видно, что материя и излучение показывают удивительную двойственную природу: в одном случае они ведут себя как волны, в другом — как частицы. Этот дуализм между корпускулярным и волновым представлениями был отмечен Эйнштейном в явлениях излучения в 1909 году; тот факт, что дуализм этот имеет место и для материи, был замечен де Бройлем только несколько лет назад. Ясно, что материя не может одновременно состоять из волн и частиц, — оба представления чересчур различны. Скорее разрешение трудности нужно искать в том, что обе картины (*корпускулярная и волновая*) суть только аналогии; которые иногда имеют место, иногда нет. В действительности, например, экспериментально только показано, что в некоторых опытах электроны ведут себя как частицы, но при этом отнюдь не доказано, что они обладают всеми признаками корпускулярного образо-

вания. То же следует *mutatis mutandis* и для волновой картины. Оба представления могут быть действительны как аналогии только в известных придельных случаях; как целое атомные явления не могут быть непосредственно описаны нашим языком. Свет и материя суть единые физические явления; их кажущаяся двойственность возникает вследствие существенной ограниченности нашего языка.

Как было уже подчеркнуто во введении, нет ничего удивительного в том, что наш язык не пригоден для описания атомных процессов, ибо наши понятия исходят из опытов повседневной жизни, в которой мы постоянно имеем дело с большим количеством атомов и никогда не наблюдаем отдельных атомов. Для атомных процессов у нас таким образом нет наглядного представления. Для математического описания явлений, к счастью, такая наглядность вовсе не нужна; мы обладаем математической схемой квантовой механики, которая согласуется со всеми экспериментами атомной физики. Если же, несмотря на это, желают перейти от математики к наглядному описанию явлений, то приходится довольствоваться неполными аналогиями, которые нам дают волновая и корпускулярная картины.

Как показал Бор, этот дуализм наглядных представлений также образует естественную исходную точку для критики введенных в теорию образов и понятий. Ибо очевидно, что, принятое без критики, одновременное применение волновой и корпускулярной картины ведет к непосредственным противоречиям. Из одновременного существования обеих картин можно сразу же заключить, что для применения каждой из этих картин природой установлены известные границы. Границы, до которых является применимой корпускулярная картина, могут быть, например, получены из волновой картины. Как показал Бор, этим путем может быть получен простой вывод соотношения неопределенности между импульсом координатой частицы. Также можно из корпускулярного представления сделать заключение о границах, поставленных природой для применения волновой картины.

Прежде чем перейти к критике основных понятий, нужно указать, что развитие математического аппарата квантовой механики предшествовало физическому пониманию атомной физики. Чтобы с самого начала не затруднять понимания соотношений, формализм квантовой теории, поскольку он необходим для общих рассуждений, приведен в конце книги (цитируется как *M*). На него мы должны, конечно, ссылаться во многих примерах, так как без математики нельзя приступить к разработке физических проблем.

IV. СТАТИСТИЧЕСКОЕ ТОЛКОВАНИЕ КВАНТОВОЙ ТЕОРИИ

1. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ РАССУЖДЕНИЯ

Весьма поучительно сравнить математический аппарат квантовой теории с математическим аппаратом теории относительности. В обоих случаях идет речь о применении линейной алгебры; можно, таким образом, сравнить матрицы квантовой теории с симметричными тензорами специальной теории относительности. Как на существенные различия должно быть указано на то, что пространство, к которому относится тензор квантовой теории, имеет бесконечно большое число измерений, и что это пространство не вещественно; вместо ортогональных преобразований заступают так называемые унитарные преобразования. Если мы, ради того, чтобы получить наглядную картину, пренебрежем этими важными различиями, то каждую величину квантовой теории можно представить посредством некоторого тензора, главные направления осей которого могут быть нарисованы в пространстве; чтобы иметь ясную картину, вспомнить о тензоре моментов инерции твердого тела. Направления главных осей для каждой величины квантовой теории вообще различны, и только переместимые матрицы дают одинаковые направления. Точное знание какой-либо квантово-теоретической величины соответствует установлению в пространстве некоторого вполне определенного направления (луч в унитарном пространстве). Точно так же, например, посредством точного знания момента инерции твердого тела определяется соответствующая главная ось, к которой принадлежит момент инерции (нужно принять при этом, что не существует никаких вырождений). Названное направление параллельно, следовательно, той главной оси R тензора T , которой соответствует компонента T_{RR} этого тензора, имеющая как раз измеренное значение. Точное знание направления (с точностью до некоторого фазового множителя) в унитарном пространстве есть максимальное знание квантово-теоретических величин, которое может быть достигнуто. Вейль поэтому обозначил эту степень знания, как «случай чистого собрания». Атом в некотором (невыврожденном) стационарном состоянии представляет, например, такой «случай чистоты». Характеризующее его направление соответствует той главной оси k тензора E , которая относится к значению энергии E_{RR} соответствующего стационарного состояния. Очевидно, не имеет никакого смысла говорить о значении, например, переменной p или q в названном (определяемом одной из главных осей E) направлении. Как известно, для механического рассмотрения какого-нибудь частного случая движения твердого тела столь же мало достаточно задания момента

инерции вокруг некоторой оси, отличной от главной. Только тензора, направления главных осей которых совпадают с таковыми для E , имеют определенное значение в данном направлении. В унитарном пространстве, например, общий момент количества движения атома может быть определен одновременно с энергией. Если должно быть произведено измерение значения q , то сначала вместо точного знания направления должно выступить неточное, которое может быть представлено как снабженная коэффициентом вероятности «смесь» направлений, соответствующих главным осям E . Например, при измерении положения посредством микроскопа, неопределимая часть комптоновского отброса переводит «случай чистоты» E_{RR} в такую «смесь». Эта смесь должна быть такого рода, чтобы ее также можно было принять за снабженную соответственными коэффициентами вероятности смесь направлений, соответствующих главным осям q . Из полученной смеси измерение выбирает определенное значение q' , как действительный результат. Из всего процесса следует, что значение q не может быть однозначно предсказано из опыта, позволив его определить E , так как между двумя опытами имело место до известной степени не подлежащее контролю возмущение системы. Но это возмущение определимо качественно, если знают, что в результате должно быть известно точное значение q . В этом случае вероятность нахождения q , после того, как E было измерено, дается квадратом косинуса угла между первоначальным направлением « E » и направлением « q », или, правильнее, соответствующим этому квадрату косинуса выражением в унитарном пространстве $[S(E, q)]^2$. Это положение образует один из фундаментальных постулатов квантовой теории и не может быть более непосредственно обосновано. Из этой аксиомы следует: значения двух квантово-теоретических величин связаны причинно друг с другом тогда и только тогда, когда соответствующие обеим величинам тензора имеют параллельные главные оси. Во всех других случаях не существует никакой причинной связи. Решающим для статистической связи посредством некоторых коэффициентов вероятности является вызванное измерительными приборами возмущение системы. Без наличия этого возмущения не имеет никакого смысла говорить о значении или о вероятном значении переменной в некотором направлении в унитарном пространстве, если это направление не параллельно с направлением одной из главных осей соответствующего этой переменной тензора. Например, приходится запутываться в противоречиях, говоря о вероятности положения электрона и не принимая в рассмотрение примененный для измерения положения эксперимент. Нужно также подчеркнуть, что статистический характер зависимости

основан на том, что влияние измерительных приборов на измеряемую систему трактуется иначе, чем влияние отдельных частей системы друг на друга, ибо и это последнее влияние также обуславливает изменения направления вектора системы в гильбертовском пространстве, но эти изменения вполне определены. Если бы измерительные инструменты были причислены к системе, причем было бы соответственно расширено гильбертовское пространство, то рассмотренные выше как неопределенные изменения вектора системы были бы теперь определены. Однако пользу из этого можно было бы извлечь только тогда, когда наше наблюдение измерительных инструментов было бы свободно от неопределенности. Но однако для этих наблюдений справедливы те же рассуждения, что и выше, и мы должны были бы, скажем, наши глаза также включить в систему, чтобы избежать неопределенности в этом пункте и т.д. В конечном счете проследить количественно цепь причин и следствий можно было бы только, включив весь мир в систему – но тогда физика уже исчезла и осталась только одна математическая схема. Разделение мира на наблюдающую и наблюдаемую системы препятствует, таким образом, точной формулировке закона причинности. (Наблюдающей системой не должен быть обязательно только человек-наблюдатель, вместо него могут служить также приборы, как, например, фотографические пластинки и т.д.) Как примеры специальных причинных связей следует все же упомянуть, что законы сохранения энергии и импульса строго справедливы также и в квантовой теории, так как энергия и импульс в различные моменты времени также являются переместимыми величинами. Далее, главные оси q в момент времени t и оси q в момент времени $t + \Delta t$ приблизительно параллельны, если Δt достаточно мало. Если произвести два измерения положения очень быстро одно за другим, то можно быть, следовательно, практически уверенным, что электрон будет найден приблизительно на том же месте. Вообще в квантовой механике можно установить некоторый вид закона причинности в следующей форме: если в некоторый момент времени известные физические величины будут измерены так точно, как это принципиально возможно, то также и во всякий другой момент времени существуют величины, значение которых может быть точно вычислено; это значит, что для них может быть точно предсказан результат измерения, поскольку наблюдаемая система не подвергается никаким другим возмущениям кроме названных измерений.

ПОЛЬ ДИРАК

*Все, что вызывает переход
из небытия в бытие – творчество*

Платон

Великий английский физик Поль Дирак (1902–1984) родился в Бристоле в семье учителя французского языка, швейцарца по происхождению. В школе проявил блестящие математические способности, но поступил в 1918 г. в Бристольский университет не на физический или математический факультет, а на электротехнический, что позднее создало ему массу неудобств и невозможность найти по окончании университета в 1921 г. работу. Лишь в 1923 г. со второй попытки он поступает в Кембридж, желая получить профессиональное образование физика. Его научная философия, если можно так выразиться, базировалась на положении, что теория, имеющая целью объяснение фундаментальных законов явлений природы, может неизбежно основываться на приближениях, сделанных на основе *интуиции*, без необходимости точного выяснения того, каковы на самом деле изучаемые явления (эпоха наглядных моделей закончилась и явился мир ненаблюдаемых, опосредованных через классические приборы явлений). (В Московском университете в 1955 г. он оставил такую запись, характеризующую его научное кредо: *«Physical laws should have mathematical beauty»* – «Физические законы должны обладать математической красотой»). В Кембридже во всей полноте раскрылся созревающий до того талант: так он уже в 1925–1927 разработал так называемую теорию преобразований в квантовой механике, внес значительный вклад, независимо от итальянского физика Энрико Ферми, в разработку квантовой статистики (статистика Ферми–Дирака для микрочастиц с полуцелым спином), впервые применил метод вторичного квантования, нашедший в дальнейшем широкое применение в квантовой теории поля и квантовой электродинамике.

Но особенно величайший вклад он внес в квантовую механику и вообще в физику, создав квантовомеханическую теорию электрона, удовлетворяющую требованиям теории относительности Эйнштейна, теорию, получившую название *релятивистской квантовой механики*, в которой главным оказывается знаменитое *уравнение Дирака*, позволившее ему открыть «на кончике пера» *мир античастиц, рождение и аннигиляцию электронно-позитронных пар. В теоретическом отношении это величайшее открытие в XX столетии.* Вскоре это предсказание было подтверждено американским физиком Карлом Андерсоном, от-

крывшим антипод электрона (античастицу) – *позитрон* (частицу с *положительным электрическим зарядом*, тогда как у электрона заряд *отрицательный*). Величайшим достижением Дирака было и то, что в 1932 г. он получил Луказианскую кафедру математики в Кембридже, которую занимал по 1968 г. и которую в свое время возглавлял Исаак Ньютон (биографию см. выше). В 1931 г. Дирак выдвинул гипотезу о существовании *элементарного магнитного заряда*, получившего название *монополя Дирака*, но так и не открытого до сих пор, в 1933 г. постулировал (как и Гейзенберг) эффект поляризации вакуума. За создание и развитие квантовой механики вместе с Эрвином Шрёдингером в 1933 г. был удостоен Нобелевской премии. В 1932 г. совместно с советским физиком Владимиром Фоком и американским физиком Борисом Подольским предложил многовременной формализм – прямой предшественник современной квантовой электродинамики, а в 1936 г. построил общую теорию классических полей, главным образом для свободных частиц.

В 1937 г. высказал гипотезу изменения гравитации и других мировых постоянных со временем, обратил внимание на магию больших чисел в науке, которая в конечном итоге позднее привела к идее об *антропном принципе*. В 1942 г. ввел понятие индефинитной метрики с целью устранения бесконечностей в квантовой электродинамике, в частности бесконечной собственной энергии электрона. В 1968 г. оставил Кембридж и переехал в США, где в 1971 г. был избран заслуженным профессором Техасского университета. Большое внимание в своей деятельности Дирак уделял популяризации науки.

П.А.М. Дирак (1902 – 1984)

Космология и гравитационная постоянная

Изучение различных физических постоянных позволяет сделать вывод о том, что гравитационная постоянная изменяется. В природе мы встречаемся с разными постоянными: скоростью света, зарядом электрона, массой электрона и т.д. Большинство из них размерные (значения таких констант зависят от используемой системы единиц). Значение постоянной в метрической системе единиц отличается от ее значения в Британской системе. Подобные числовые значения постоянных не представляют никакого интереса, однако из различных физических постоянных можно составить безразмерные величины, которые будут одинаковыми во всех системах единиц. Только об этих безразмерных величинах мы и будем говорить сегодня.

Одна из них – величина, обратная знаменитой постоянной тонкой структуры:

$$\hbar c / e^2 \quad (1)$$

Она является фундаментальной константой в атомной физике и приблизительно равна 137. Другая безразмерная постоянная определяется отношением массы протона к массе электрона и составляет около 1840.

$$m_p / m_e \quad (2)$$

Удовлетворительного объяснения этих чисел пока нет, но физики надеются, что в конце концов оно будет найдено. Тогда приведенные постоянные вычислялись бы с помощью основных математических уравнений; вполне вероятно, что подобные постоянные составлены из простых величин типа 4π .

Существует еще одна безразмерная постоянная, на которую мне бы хотелось обратить ваше внимание. Она получается следующим образом. Рассмотрим атом водорода, который состоит из электрона и протона. Сила их электрического взаимодействия обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними. То же самое относится к гравитационному взаимодействию. Можно составить отношение электростатической силы к гравитационной. Оно будет безразмерной величиной, не зависящей от расстояния. Таким образом, мы придем к выражению

$$e^2 / G m_e m_p, \quad (3)$$

где e – заряд электрона (или протона), G – гравитационная постоянная.

Если вычислить значение (3), то получится гигантское число, равное приблизительно $2 \cdot 10^{39}$. Как и другие безразмерные физические постоянные, это число должно быть объяснено. Можно ли хотя бы надеяться придумать теорию, которая объяснит такое огромное число? Его нельзя разумно построить, например, из 4π и других простых чисел, которыми оперирует математика! Единственная возможность объяснить это число – связать его с возрастом Вселенной.

Говоря о возрасте Вселенной, я буду обращаться к общепринятой модели большого взрыва, согласно которой в начальной стадии все общество Вселенной было сконцентрировано в очень маленьком объеме, может быть, даже в математической точке. Потом произошел гигантский взрыв, в результате которого было выброшено множество сгустков вещества, движущихся с разными скоростями, причем те, которые двигались быстрее, должны были продвинуться дальше. В результате должна была возникнуть ситуация, которую мы сейчас наблюдаем: все

космические объекты от нас удаляются, причем более далекие объекты удаляются быстрее, чем те, которые находятся ближе. Скорость удаления пропорциональна пройденному расстоянию.

Можно принять другую модель, предложенную Леметром. Согласно этой модели Вселенная начиналась с одного-единственного атома – с атома, который заключал в себе огромную массу – всю массу Вселенной. Этот единственный очень массивный атом был чрезвычайно радиоактивным. Он мгновенно распался на части, которые претерпели дальнейший распад, распады продолжались, и радиоактивность, которую мы наблюдаем сейчас, представляет собой просто остатки начальной радиоактивности. Предложенная схема довольно красива, но для того, что я собираюсь сейчас вам рассказать, детали модели несущественны.

Итак, мы заговорили о возрасте Вселенной. Понять, что это такое, можно с помощью постоянной Хаббла, которая связывает скорость удаления космических объектов с расстоянием до них. Хаббл обнаружил, что скорость удаления пропорциональна расстоянию. Он смог точно проверить этот закон лишь для ближайших объектов, но закон настолько хорошо выполняется, что его стали считать справедливым и на больших расстояниях. По отношению скорости удаления к расстоянию можно определить, когда в прошлом все вещество было первоначально сконцентрировано в очень маленьком объеме. Так мы получим возраст Вселенной. Подобная оценка содержит много неточностей, которые связаны с неточным измерением расстояний до очень далеких объектов. Последняя оценка дает примерно

$$t = 18 \cdot 10^9 \text{ лет} .$$

Это число выражено в годах, т.е. в весьма искусственных единицах измерения времени. Можно пользоваться другой единицей времени, из атомной физики. Примем в качестве единицы, например, то время, за которое свет проходит сквозь классический электрон:

$$e^2 / m_e c^3 .$$

Выразив t в этих единицах, получим

$$t = 7 \cdot 10^{39} e^2 / m_e c^3 ,$$

что по порядку совпадает с предыдущим большим числом ($2 \cdot 10^{39}$). «Это совершенно удивительное совпадение», – скажете вы. Но я так не считаю. Я думаю должно существовать какое-то фундаментальное объяснение того, что значения двух больших величин так близки. Причину этого мы не знаем, нам пока не удастся ее разгадать, но когда

появится больше сведений об атомной физике и космологии, разгадка будет найдена.

Предположим, что между двумя этими числами существует какая-то связь, которую установит теория будущего. Величина $t = 7 \cdot 10^{39}$ не является постоянной, она увеличивается со временем. Следовательно, если числа взаимосвязаны, то величина $e^2 / Gm_e m_p = 2 \cdot 10^{39}$ тоже должна расти со временем, и ее отношение к t должно оставаться неизменным.

Полученный результат можно представить в более удобном виде, если воспользоваться системой единиц (будем называть их атомными единицами), в которой заряд электрона e , его масса m_e и масса протона m_p постоянны. Поскольку величина $e^2 / Gm_e m_p$ изменяется со временем, само G в этих единицах тоже должно меняться со временем:

$$e^2 / Gm_e m_p \sim t. \quad (4)$$

Следовательно, в атомных единицах G обратно пропорционально времени:

$$G \sim t^{-1}. \quad (5)$$

Я буду все время говорить, что G меняется, как t^{-1} . Под этим следует понимать, что «величина G , выраженная в атомных единицах, изменяется, как t^{-1} ». Поскольку G представляет собой размерную величину, ее закон изменения со временем зависит от используемой системы единиц. Чтобы выполнялся закон $G \sim t^{-1}$, необходимо использовать атомные единицы.

Тогда напрашивается вывод, что безразмерные физические величины, выраженные очень большими числами, связаны друг с другом. Этот принцип я называю гипотезой больших чисел. Согласно гипотезе больших чисел, все очень большие безразмерные физические величины соотносятся друг с другом так же, как величины $t = 7 \cdot 10^{39}$ и $e^2 / Gm_e m_p$.

Имеется еще одна очень большая безразмерная величина, которую нам нужно рассмотреть. Я имею в виду полную массу Вселенной, выраженную, скажем, в протонных массах. Мы получим, если угодно, полное число протонов и нейтронов во Вселенной. Разумеется, Вселенная может оказаться бесконечной, и тогда это число тоже будет бесконечным. В этом случае мы не имели бы права его обсуждать, но зато могли бы вместо него пользоваться другим числом. Достаточно рассмотреть часть Вселенной, настолько близкую к нам, чтобы скорость ее удаления была, скажем, меньше половины скорости света. Какова

полная масса такого участка Вселенной? Это число тоже будет очень большим, и им можно заменить полную массу Вселенной, чтобы в случае бесконечной Вселенной иметь дело с конечными величинами.

Можно попытаться оценить полную массу Вселенной, воспользовавшись массой наблюдаемых звездных объектов и учитывая существование ненаблюдаемого вещества. Нам известно, насколько важен этот учет; ведь может оказаться, что довольно много ненаблюдаемого вещества существует в виде межгалактического газа или черных дыр, или в каком-нибудь другом виде. Вполне вероятно все же, что невидимого вещества не намного больше, чем видимого. При таком предположении полная масса в единицах протонных масс:

$$m_{\text{полн}} / m_p \sim 10^{78}. \quad (6)$$

Сюда надо еще включить какой-то множитель, учитывающий существование невидимого вещества. Поэтому мы получаем число, которое приблизительно равно t^2 (в атомных единицах).

Согласно гипотезе больших чисел, все очень большие безразмерные величины должны быть связаны друг с другом. Значит, следует ожидать, что будет справедливо соотношение

$$m_{\text{полн}} / m_p \sim 10^{78} \sim t^2. \quad (7)$$

На основании предыдущих рассуждений можно заключить, что полное число протонов во Вселенной увеличивается пропорционально t^2 . Это означает, что во Вселенной должно рождаться вещество, причем рождаться непрерывно.

Существует несколько космологических теорий, в основе которых лежит предположение о непрерывном рождении вещества. Такая теория была очень подробно разработана Хойлом и другими авторами. Но они имели в виду совсем не то непрерывное рождение, которое предлагаю я. Теория непрерывного рождения возникла в противовес гипотезе Большого взрыва и сейчас не пользуется признанием.

Теория непрерывного рождения, о которой я буду вам рассказывать, существенно отличается от теории непрерывного рождения, предложенной Хойлом, так как Хойл предполагал, что Вселенная находится в однородном и изотропном состоянии, а непрерывное рождение призвано восполнять вещество, которое уходит за пределы зоны видимости вследствие расширения. В теории Хойла величина G была постоянной, в моей же теории G изменяется со временем, и в этом заключается отличие от теории Хойла.

Я предлагаю теорию, в которой непрерывное рождение вещества сочетается с изменением G . И то и другое предположения вытекают из гипотезы больших чисел.

Непрерывное рождение вещества следует рассматривать как некий процесс, совершенно не зависящий от всех известных физических процессов. В обычных физических процессах, которые изучают в лаборатории, вещество сохраняется, а в данном случае мы имеем дело с очевидным несохранением вещества, или, если угодно, с каким-то новым типом радиоактивного процесса, в котором вещество не сохраняется и частицы рождаются там, где их раньше не было. Этот эффект очень мал, потому что заметное число частиц возникает лишь за очень большой промежуток времени, сравнимый с возрастом Вселенной.

Если новое вещество рождается непрерывно, то встает вопрос: «Где оно рождается?» Можно сделать два разумных предположения. Одно из них заключается в том, что новое вещество непрерывно рождается во всем пространстве, т.е. в основном в межгалактическом пространстве. Назовем это предположение об аддитивном рождении. Можно предположить также, что новое вещество рождается рядом с уже существующим веществом. По строению атомов образовавшееся вещество не отличается от уже существующего вещества. Подобная картина означала бы, что все атомы просто размножаются. Назовем это предположением о мультипликативном рождении. Итак, существуют два возможных способа рождения нового вещества. Какой из них предпочесть, я не знаю. Нужно проанализировать обе возможности и посмотреть, что из них вытекает.

Развивая теорию с переменной величиной G , мы обязательно столкнемся с необходимостью видоизменить уравнения механики. Существует эйнштейновская теория гравитации. Это прекрасная теория; ее достижения велики, и хотелось бы их сохранить. Однако в соответствии с теорией Эйнштейна величина G должна быть постоянной: в эйнштейновской теории G не может изменяться. Если пользоваться естественными единицами, то $G = 1$.

Как же допустить изменение G , сохранив при этом выводы теории Эйнштейна? Мне кажется, что существует только один способ. Предположим, что уравнения теории Эйнштейна правильны, но они справедливы для величин, которые выражены в единицах, отличных от атомных единиц.

Рассмотрим расстояние и время, которые в теории Эйнштейна представляются в виде интервала dS между двумя соседними точками. Надо рассмотреть два выражения для dS : одно из них связано с уравнением Эйнштейна, второй же интервал dS измеряется в атомных единицах. Назовем первый dS_E , а второй dS_A . Будем считать, что и

пространственный, и временной интервалы изменяются при переходе от dS_E к dS_A .

В последнее время многие занимались теориями гравитации, допускающими изменение G , но исходили при этом из примитивной теории, в которой инертная и гравитационная массы отличаются друг от друга. Тогда G представляет собой коэффициент, связывающий эти две массы между собой. Его легко заставить меняться, варьируя отношение гравитационной массы к инертной. Подобная теория очень примитивна, а кроме того, совершенно неудовлетворительна, потому что она полностью противоречит теории Эйнштейна, согласно которой гравитационная и инертная массы должны быть одинаковыми. Следуя примитивной теории, вы растеряете все достижения теории Эйнштейна и не сумеете объяснить движение перигелия Меркурия. В научной литературе вы обнаружите статьи, авторы которых проводят вычисления в рамках примитивной теории, поэтому я вам о ней рассказывал. Подобные вычисления я считаю неприемлемыми, потому что они содержат отказ от достижений теории Эйнштейна.

Вместо примитивной теории я предложил другую, в которой интервал dS измеряется в двух разных системах единиц и которую можно назвать гипотезой Милна.

Милн первым выдвинул идею о том, что существуют две важные для физиков шкалы времени и занялся поисками связи между ними. Перед войной он написал на эту тему несколько книг. Рассуждения Милна совершенно не связаны с моими размышлениями по поводу больших чисел. У него были разные аргументы философского характера, которые мне кажутся не особенно удивительными. Однако его основной идеей было существование в физике двух важных единиц времени. Именно этой идеей я собираюсь сейчас воспользоваться, чтобы сохранить все достижения теории Эйнштейна для случая переменной G . Прежде всего выведем соотношение, связывающее между собой две введенных нами величины dS_E и dS_A . Обратимся к простому примеру: рассмотрим, скажем, Землю, движущуюся вокруг Солнца по (приблизительно) круговой орбите. Тогда по теории Ньютона имеем уравнение

$$GM = v^2 r,$$

где M – масса Солнца, v и r – орбитальная скорость и орбитальный радиус Земли. Элементарная теория Ньютона достаточно точна для наших расчетов. Какая бы система единиц не использовалась, написанное уравнение должно быть справедливым.

Единицы, которыми я буду пользоваться, имеют следующий смысл: dS_E будет измеряться в единицах, в которых справедливы уравнения Эйнштейна, т.е. в «механических единицах»; dS_A , напротив, будет измеряться в единицах, которые дают атомные часы или расстояния между плоскостями кристаллических решеток, т.е. в атомных единицах.

Уравнение $GM = v^2 r$ должно быть справедливым и в атомных единицах. В механических единицах мы имеем дело с простой задачей механики. Каждая из величин G , M , v и r постоянна, и Земля равномерно с постоянной скоростью движется по орбите, радиус которой остается неизменным.

А как это выглядит в атомных единицах? Имеем

$$G \sim t^{-1}$$

В предположении аддитивного рождения масса Солнца M (измеренная в атомных единицах, например в массах протона) является постоянной величиной:

$$M \sim 1 \quad (\text{аддитивное рождение})$$

В предположении мультипликативного рождения (опять же в атомных единицах)

$$M \sim t^2 \quad (\text{мультипликативное рождение}),$$

потому что каждая частица вещества размножается по закону t^2 .

Следовательно, в атомных единицах M будет изменяться со временем по-разному, в зависимости от того, какое мы сделаем предположение относительно способа рождения новой материи.

А что можно сказать о v ? Это безразмерная величина, ее можно записать в виде некоторой доли скорости света. Она должна быть одинаковой и в механических, и в атомных единицах: в обоих случаях v составляет одну и ту же часть скорости света. Следовательно, v не меняется: $v \sim 1$.

Сравнив далее правую и левую части уравнения $GM = v^2 r$, получим

$$r \sim t^{-1} \quad (\text{аддитивное рождение})$$

и

$$r \sim t \quad (\text{мультипликативное рождение}).$$

Таким образом, в предположении аддитивного рождения радиус земной орбиты уменьшается – это означает, что Земля приближается к Солнцу. Те же рассуждения применимы ко всем расстояниям в Солнечной системе. По этой схеме Солнечная система должна сжиматься. Мы имеем дело с космологическим эффектом, который накладывается на все другие физически объяснимые эффекты. В точности так же, приняв гипотезу мультипликативного рождения, мы получаем, что Земля удаляется от Солнца, а все расстояния в Солнечной системе увеличиваются. Это опять космологический эффект, не зависящий ни от каких известных физических процессов.

Итак, существуют эффекты, измерив которые мы надеемся выяснить, хороша или плоха наша теория. Необходимо лишь точно измерить время по атомным часам. Очень важно, чтобы в опытах использовались именно атомные часы, потому что все формулы справедливы для величин, измеренных лишь в атомных единицах.

В астрономии сейчас существуют три способа проверить теорию, в которой меняется гравитационная постоянная: по расстоянию от Земли до Луны, по движению Луны и по расстоянию между планетами и Землей. Я считаю, что все станет ясно через несколько лет.

Если проверка подтвердит теорию, то придется довольно серьезно пересмотреть наши представления о космологии. В настоящее время космологи отдают предпочтение модели, согласно которой происходит непрерывное расширение Вселенной, но оно постепенно замедляется и в конце концов перейдет в сжатие.

Подобное представление о Вселенной не согласуется с теми идеями, о которых я вам рассказывал, потому что оно связано с очень большой постоянной, а именно, с максимальным размером Вселенной, который не изменялся бы при изменении возраста Вселенной. Максимальный размер Вселенной не имеет, конечно, ничего общего с возрастом Вселенной. Следовательно, мы получили бы большое число, противоречащее гипотезе больших чисел.

По моим представлениям, Вселенная не может достичь своего максимального размера: она всегда будет расширяться. А постоянная G будет соответственно становиться все слабее и слабее.

КУРТ ГЁДЕЛЬ

*Полное аксиоматическое описание
арифметики неосуществимо.*

Курт Гёдель (первая теорема)

Курт Гёдель (1906–1978), гениальный австрийский математик и логик, родился в Австро-Венгрии в городе Брюнн (теперь Брно, Чехословакия). Математическое образование он получил в Венском университете. Его вклад в основы математики оказался настолько революционным, что раздвинул границы этой дисциплины на всю науку (и естествознание в первую очередь) и оказал существенное влияние на общее мировоззрение и культуру XX века.

Всем с детства известен школьный курс геометрии Евклида, основанный на некоторых, казалось бы, безупречных утверждениях – аксиомах, относительно свойств точек и прямых линий в плоскости, из которых следует справедливость всяких полезных и важных геометрических предположений – теорем. По своей природе аксиомы просты и недоказуемы, их справедливость принимается как нечто очевидное и не требующее доказательств. Успех геометрии Евклида побудил многих следовать его примеру в других науках. В XX столетии немецкий математик Давид Гильберт предложил аксиоматизировать все науки, в том числе и арифметику (весьма сложный раздел математики, если вспомнить, что уже почти 400 лет не доказана большая теорема Ферма).

Пытался это сделать итальянец Джузеппе Пеано, используя аксиомы, казавшиеся до смешного очевидными (существует нуль, за каждым числом следует еще число, ...), но на самом деле удивительно исчерпывающие. Однако ни сам Пиано, ни Гильберт и его ученики, не смогли доказать полноту и состоятельность аксиом Пиано, да и других подобных утверждений. *Полнота* указывает на то, что любая настоящая теорема арифметики может быть выведена из этих аксиом; *состоятельность* предполагает отсутствие парадоксов, когда могут быть выведены как некоторые утверждения, так и утверждения, противоположные им.

Гёделю, знавшему о призыве Гильберта, удалось доказать две основополагающие теоремы в этом направлении. Первая из них приведена в качестве эпиграфа и может быть перефразирована так: *какова бы ни была формализованная аксиоматическая арифметика, в этой теории можно сформулировать такое высказывание, которое средствами этой же теории нельзя ни доказать, ни опровергнуть.*

Высказывание такого рода называется неразрешимым предложением данной теории.

Вторая теорема Гёделя формулируется так: *непротиворечивость формализованной арифметики не может быть доказана средствами самой этой теории.* (Следует сразу указать на теорему Тарского, дополняющую теорему Гёделя, которая гласит: если арифметика непротиворечива, то утверждение «быть истинной формулой арифметики» невыразимо в языке арифметики).

Таким образом, Гёдель утверждает, что состоятельность и полноту какой-либо логической системы (не обязательно арифметики, любой возможной системы) можно установить, *погружая исходную систему в систему более развернутую, более сложную.* Возникает целая спираль или цепь усложнений к нескончаемой логической эскалации. Именно это и происходит, когда человеческий разум занят привычным делом – размышлением.

Среди возможных неразрешимых в гёделевском смысле головоломок можно указать следующую. Построим последовательность целых чисел, начинающуюся с любого целого числа, причем каждое последующее число должно быть равно половине предыдущего, если оно четное, или предыдущему, умноженному на 3 и сложенному затем с единицей, если это предыдущее число нечетное. Повторяя процедуру вычисления последующих чисел, мы в конце концов построим всю последовательность. Если начать с цифры 5, то мы получим следующую последовательность: 5, 16, 8, 4, 2, 1. Итак, мы пришли к единице, и так будет всегда! Доказательства этого факта нет! Возможно это связано с нашей неспособностью найти его, но может быть указывает на недостатки, присущие фундаментальным основам арифметики, или же, общее – недостатки нашего мышления!

Тем, кто упрекал Гёделя в разрушении целостного фундамента математики (и нашего мышления, на котором она построена), ученый всегда отвечал, что, по существу, основы остались столь же незыблемы, как и прежде, а его теорема просто привела к переоценке роли интуиции и личной инициативы в одной из областей науки, в той, которой управляют «железные» законы логики, оставляющие, казалось бы, мало места для указанных достоинств.

Несмотря на уверения идеалистов, математика (и мышление в целом) оказалась настоящим искусством, и достойный преклонения пример творческого служения этому искусству дал сам Гёдель в своих холодных, написанных только по существу дела работах.

ЛИТЕРАТУРА

Абрамов В.А., Абрамова Н.А. История философии Китая (истоки, основные этапы развития, современность): Курс лекций. – Чита: Чит-ГТУ, 1997. – 205 с.

Акимов О.Е. Естествознание. Т.1. Донаучные формы: мифы и философия: Учеб. пособие. – Комсомольск-на-Амуре: Изд-во КнАГТУ, 1996. – 430 с.

Альберт Эйнштейн и теория гравитации: Сб. статей. – М.: Мир, 1979. – 560 с.

Биневский А.А. Философия в истории её идей и концепций. 3. Философия Запада. Новое и новейшее время. – Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 2001. – 172 с.

Больцман Л. Статьи и речи / Сост. У.И. Франкфурт. – М. Наука, 1970. – 406 с.

Бор Н. Атомная физика и человеческое познание/ Пер. с англ. В.А. Фока и А.В. Лермонтовой. – М.: Изд-во ИЛ, 1961. – 152 с.

Бройль Л. де. По тропам науки: Пер. с фр. / Под ред. И.В. Кузнецова. М.: Наука, Изд-во ИЛ, 1962. – 408 с.

Вавилов С. И. Исаак Ньютон (Научная биография и статьи) – М.: Изд-во АН СССР, 1961 – 296 с.

Воробьев Р.И. Эволюционное учение вчера, сегодня и... – М.: Просвещение, 1995. – 207 с.

Гейзенберг В. Физические принципы квантовой теории: Пер. с нем. / Под ред. Д.Д. Иваненко. М.; Л.: ГТТИ, 1932. – 146 с.

Горохов В.Г. Концепции современного естествознания и техники: Учеб. пособие. – М.: ИНФРА-М. – 2000. – 608 с.

Горохов В.Г. Концепции современного естествознания: Учеб. пособие. – М.: ИНФРА-М. – 2003. – 412 с.

Гребеников Е. А. Николай Коперник. К 500-летию со дня рождения. – М.: Наука, 1973. – 96 с.

Дирак П. Воспоминания о необычайной эпохе: Сб. статей / Под ред. Я.А. Смородинского. – М.: Наука, 1990. – 208 с.

Еремеева А.И. Памятные даты астрономии в 2000 г. // Астрономический календарь на 2000 г. – М.: Космоинформ, 1999. – С. 283–302.

История отечественной математики: В 4 т.– Киев: Наукова думка, 1967. Т. 2. – 616 с.

История философии: Учебник для вузов. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2001. – 576 с.

Капра Ф. Дао физики. – СПб: Орис, 1994. – 304 с.

- Комацу М. Многообразие геометрии: Пер. с япон. – М.: Знание, 1981. – 208 с.
- Кордемский Б.А. Великие жизни в математике. – М.: Просвещение, 1995. – 192 с.
- Кузнецов Б.Г. Пути физической мысли. – М.: Наука, 1968. – 350 с.
- Кузнецов Б.Г. История философии для физиков и математиков. М.: Наука, 1974. – 352 с.
- Мировая энциклопедия биографий: В 12 т. / Науч. ред. Т.К. Варламова. М.: ООО «Мир книги», 2002–2003.
- Низовцев В.В. Время и место физики XX века. – М.: Эдиториал УРСС, 2000. – 208 с.
- Льюис Дж. Г. Античная философия: от Фалеса до Сократа. – Минск: Галаксиас, 1997. – 208 с.
- Льюис Дж. Г. Античная философия: от Евклида до Прокла. – Минск: Галаксиас, 1997. – 224 с.
- Мадер В.В. Тайны ряда N. – М.: Просвещение, 1995. – 91 с.
- Мусский И.А. 100 великих мыслителей. – М.: 2000. – 688 с.
- Очерки развития основных физических идей: Сб. статей. – М.: АН СССР, 1959. – 512 с.
- Папюс (Жерар Энкокс). Первоначальные сведения по оккультизму. – М.: МИКАП, 1993. – 272 с.
- Пархомовский Я.М. Увидеть Галилея // Природа. 1988. № 10.
- Принцип относительности: Сб. работ по специальной теории относительности /Сост. А.А. Тяпкин. – М.: Атомиздат, 1973. – 332с.
- Радугин А.А. Философия: Курс лекций. 2-е изд. – М.: Центр, 1997. – 272 с.
- Редже Т. Этюды о Вселенной: Пер. с итал. – М.: Мир, 1985. – 191с.
- Савченко В.Н., Смагин В.П. Курс концепций современного естествознания: Учеб. пособие. – Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2002. – 296 с.
- Савченко В.Н., Смагин В.П. Практикум по курсу концепций современного естествознания: Учеб. пособие. – Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2003. – 264 с.
- Самин Д.К. 100 великих научных открытий. – М.: Вече, 2002. – 480 с.
- Самин Д.К. Сто великих ученых. – М.: Вече, 2000. – 592 с.
- Страницы истории философской мысли: Антология. Ч. III / Сост. А.А. Биневский, А.Г. Третьякова. – Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 2000. – 220 с.
- Таранов П.С. Многоликая философия: В 2 т. – Донецк: Сталкер, 1998. Т.1 – 464 с., Т.2 – 432 с.

Фрейд З. Психология бессознательного: Сб. произведений / Сост. М.Г. Ярошевский. – М.: Просвещение, 1990. – 440 с.

Хесс Р. 25 ключевых книг по философии: Пер. с фр. – Челябинск: Урал LTD, 1999. – 366 с.

Хокинг С. Краткая история времени: От большого взрыва до черных дыр. Пер. с англ. Н. Смородинской. – СПб.: Амфора, 2001. – 268 с.

Хоменко Е.А. Логика: Учеб. пособие. 2-е изд.. – М.: Воениздат, 1976. – 208 с.

Храмов Ю.А. Физики: Биографический справочник. 2-е изд. – М.: Наука, 1983. – 400 с.

Чанышев А.Н. Философия Древнего мира (история философии). Учебник для вузов. – М.: Высш. шк., 2003. – 703 с.

Чернавский Д.С. Проблема происхождения жизни и мышления с точки зрения современной физики // Успехи физических наук. 170. № 2. С.157–183, (2000).

Чуешов В.И. Введение в современную философию: Учеб. пособие. – Минск: НТООО «ТетраСистемс», 1997. – 128 с.

Шеренга великих математиков: Пер. с польск. / Под ред. Вл. Крысцко. – Варшава: Наша Ксенгарня, 1970. – 190 с.

Шрёдингер Э. Что такое жизнь? С точки зрения физика. – М.: Атомиздат, 1972. – 88 с.

Эйнштейн А. Собрание научных трудов. Т. 1–4. – М.: Наука, 1965–67.

Эмсли Дж. Элементы: Пер. с англ. – М.: Мир, 1993. – 256 с.

Учебное издание

Савченко Валерий Нестерович,
Смагин Виктор Павлович

**КОРИФЕИ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ
И ИХ ТВОРЕНИЯ**

Учебное пособие

Редактор С.Г. Масленникова
Корректор Л.З. Анипко
Компьютерная верстка М.А. Портновой

Лицензия на издательскую деятельность ИД № 03816 от 22.01.2001

Подписано в печать 23.06.2004. Формат 60×84/16.
Бумага писчая. Печать офсетная. Усл. печ. л. 12,55.
Уч.-изд. л. 14,6. Тираж 200 экз. Заказ

Издательство Владивостокского государственного университета
экономики и сервиса
690600, Владивосток, ул. Гоголя, 41
Отпечатано в типографии ВГУЭС
690600, Владивосток, ул. Державина, 57