

Электронная книга «Проект Гутенберг» с популярными лекциями по научным темам

Это электронное издание предназначено для использования любым человеком в Соединённых Штатах и большинстве других частей мира бесплатно и практически без каких-либо ограничений. Вы можете копировать его, распространять или повторно использовать на условиях лицензии Project Gutenberg, включённой в данное издание или доступной онлайн на www.gutenberg.org. Если вы находитесь не в Соединённых Штатах, вам необходимо проверить законы страны, где вы проживаете, прежде чем использовать это электронное издание.

Название: Популярные лекции по научным вопросам

Вторая серия с автобиографией автора

Автор: Герман фон Гельмгольц

Переводчик: Э. Аткинсон

Дата выпуска: 17 января 2026 г. [eBook #77725]

Язык: английский

Первое издание: Лондон: Longmans, Green, and Co, 1908

Благодарности: Команда онлайн-распределённой корректуры на <https://www.pgdp.net> (данный файл создан на основе изображений, любезно предоставленных Интернет-архивом)

*** НАЧАЛО ЭЛЕКТРОННОЙ КНИГИ PROJECT GUTENBERG «ПОПУЛЯРНЫЕ ЛЕКЦИИ ПО НАУЧНЫМ ВОПРОСАМ» ***

ПОПУЛЯРНЫЕ ЛЕКЦИИ

ПО

НАУЧНЫМ ВОПРОСАМ

ГЕРМАН ФОН ГЕЛЬМГОЛЬЦ

Перевод Э. Аткинсона, Ph.D., F.C.S.

Бывший профессор экспериментальной науки,

Стафф-колледж

Вторая серия

С автобиографией автора

LONGMANS, GREEN, AND CO.

39 Paternoster Row, Лондон

Нью-Йорк, Бомбей и Калькутта

1908

Все права защищены

Библиографическая заметка.

Издано в серии Silver Library в марте 1893 г.;

Переиздано в июле 1895 г., мае 1898 г., июне 1900 г., декабре 1903 г., августе 1908 г.

ПРЕДИСЛОВИЕ.

Вот перевод на русский язык:

Благожелательное принятие первой серии лекций профессора Гельмгольца оправдывает, если вообще требуется оправдание, публикацию настоящего тома.

Я должен выразить признательность профессору Г. Круму Робертсону, редактору, и издателям журнала *Mind*, фирме Macmillan, за разрешение использовать перевод статьи «Аксиомы современной геометрии», появившейся в этом журнале.

Статья «Академическая свобода в немецких университетах» содержит некоторые утверждения относительно университетов Оксфорда и Кембриджа, которые вызвали возражения. Эти утверждения были справедливым отражением впечатления, произведённого на ум иностранца состоянием дел, которое более не существует в этих университетах, по крайней мере в той же степени. Реформа университетской системы, датируемая 1854 годом, привела к столь многочисленным изменениям как в форме, так и в духе правил, что старшие члены университета говорили о месте как о столь изменившемся, что

они едва могли его узнать.

Поэтому, в отношении этой статьи, я воспользовался свободой, предоставленной профессором Гельмгольцем, и полностью опустил некоторые места, а другие слегка изменил, чтобы они не создавали ложного впечатления о нынешнем состоянии дел. По этим вопросам я также консультировался с членами университета, чьему суждению, как я думаю, могу доверять.

В других статьях, где содержание имеет первостепенное значение, я стремился добросовестно...

воспроизвести оригинал; и ни в одном из таких случаев я не позволил заботе о форме мешать прямой обязанности точно передавать смысл автора.

Портесбери-Хилл, Кэмберли:
Декабрь 1880 г.
[Pg v] [Pg vi]

[Pg vii]

E. ATKINSON.

СОДЕРЖАНИЕ

	ЛЕКЦИЯ СТРАНИЦА
I. Густав Магнус. Памяти	1
II. О происхождении и значении геометрических аксиом	27
III. О связи оптики с живописью	73
.....I. Форма	
.....	78
.....II. Тень	
.....	94
.....III. Цвет	
.....	110
.....IV. Гармония цвета	
.....	124
IV. О происхождении планетной системы	139
V. О мышлении в медицине	199
VI. Об академической свободе в немецких университетах	237
VII. Герман фон Гельмгольц.	
Автобиографический очерк	266

ГУСТАВ МАГНУС.

Памяти.

Речь, произнесённая на собрании Лейбница

Академии наук 6 июля 1871 года.

На меня возложена почётная обязанность выразить от имени Академии то, что она утратила в лице Густава Магнуса, принадлежавшего к ней тридцать лет. Как благодарный ученик, как друг и, наконец, как его преемник, я считал исполнение этой задачи не только долгом, но и удовольствием. Однако лучшая часть работы уже выполнена нашим коллегой Гофманом по просьбе Германского химического общества, президентом которого он является. Он сумел в наиболее полном и очаровательном виде представить картину жизни и деятельности Магнуса. Он не только опередил меня, но и находился в гораздо более близких и тесных личных отношениях с Магнусом, чем я; кроме того, он гораздо лучше меня подготовлен, чтобы вынести компетентное суждение о главной стороне деятельности Магнуса, а именно — химической.

Таким образом, моя задача значительно ограничена. Я едва осмелюсь говорить как биограф Магнуса, но лишь о том, чем он был для нас и для науки, которую мы обязаны представлять.

Его жизнь не была богата внешними событиями и переменами; это была спокойная жизнь человека, свободного от забот внешних обстоятельств, сначала как члена, затем как главы уважаемой, одарённой и любезной семьи, который искал и находил обильное удовлетворение в научной работе, в использовании научных результатов для обучения и пользы человечества. Генрих Густав Магнус родился в Берлине 2 мая 1802 года, четвёртым из шести братьев, отличившихся своими талантами в различных областях. Отец, Иоганн Маттиас, возглавлял богатый торговый дом, главным стремлением которого было обеспечить детям свободное развитие их индивидуальных способностей и склонностей. Наш покойный друг очень рано проявил большую склонность к изучению математики и естественной философии, чем к изучению языков. Отец соответственно организовал его обучение, переведя его из гимназии Вердер в частный институт Кауэра, где больше внимания уделялось научным предметам.

С 1822 по 1827 год Магнус полностью посвятил себя изучению естественных наук в Берлинском университете. Прежде чем осуществить своё первоначальное намерение — получить квалификацию профессора технологии, он провёл два года в путешествиях с этой целью; долгое время находился у Берцелиуса в Стокгольме, затем у Дюлонга, Тенара и Гей-Люссака в Париже. Исключительно хорошо подготовленный таким образом, он получил квалификацию в университете по технологии, а затем и по физике; в 1834 году был назначен экстраординарным профессором, а в 1845 году — ординарным профессором, и настолько отличился своими научными трудами, что девять лет спустя после своей габилитации, 27 января 1840 года, был избран членом Академии. С 1832 по 1840 год он преподавал физику в Артиллерийской и инженерной школе; а с 1850 по 1856 год — химическую технологию в Промышленном институте. Долгое время он читал лекции у себя дома, используя собственные инструменты, которые постепенно превратились в великолепнейшее физическое собрание того времени и были впоследствии приобретены государством для университета. Позже его лекции проходили в университете, а лабораторию в своём доме он сохранил лишь для личной работы и работы своих учеников.

Его жизнь протекала в тихой, но неустанной деятельности; путешествия, иногда для научных или технических исследований, иногда также по поручению государства, а порой и для отдыха, время от времени прерывали его работу. Его опыт и знания в области бизнеса часто требовались государству в различных комиссиях; среди них особенно следует отметить его участие в химических обсуждениях

Сельскохозяйственного совета (Landes-Economie Collegium), которому он уделял много времени, особенно большим практическим вопросам сельскохозяйственной химии.

После шестидесяти семи лет почти непрерывного здоровья его постигла тяжёлая болезнь в конце 1869 года. Он продолжал читать лекции по физике до 25 февраля 1870 года, но в марте едва мог встать с постели и скончался 4 апреля.

Природа Магнуса была богато одарена, и при счастливых внешних обстоятельствах могла развиваться по-своему, свободно выбирая деятельность по собственному разумению. Но этот разум был столь управляем рассудком и столь наполнен, можно сказать, художественной гармонией, чуждой чрезмерного и нечистого, что он умел мудро выбирать предмет своей работы и благодаря этому почти всегда достигал цели.

Гармоничное направление и воспитание его ума проявлялись в естественной грации поведения, в жизнерадостности и твёрдости характера, в тёплой любезности общения с другими. Всё это было гораздо больше, чем простое усвоение внешних форм вежливости, которые никогда не достигают истинной высоты, если их не освещает искренняя симпатия и тонкое чувство прекрасного.

Привыкший с ранних лет к упорядоченной и благоразумной деятельности торгового дома, в котором он вырос, он сохранил деловую хватку, которую часто приходилось применять при управлении делами Академии, философского факультета и различных государственных комиссий. Оттуда же он сохранил любовь к порядку, стремление к реальному и практически достижимому, хотя главным направлением его деятельности была идеальная цель. Он понимал, что приятное наслаждение беззаботным существованием и общение с самым любезным кругом родственников и друзей не приносят прочного удовлетворения; только работа, бескорыстная работа ради идеала.

Таким образом, он трудился не ради увеличения богатства, а ради науки; не как дилетант и прихотливо, а с определённой целью и неутомимо; не из тщеславия, стремясь к эффектным открытиям, которые могли бы сразу прославить его имя. Напротив, он был мастером верной, терпеливой и скромной работы, который снова и снова проверял её и не прекращал, пока не был уверен, что улучшить больше нечего. Именно такая работа, благодаря классическому совершенству методов, точности и надёжности результатов, заслуживает и приносит наилучшую и наиболее прочную славу.

Среди трудов Магнуса есть шедевры завершённого совершенства, особенно исследования расширения газов при нагревании и давления паров. Другой мастер в этой области, один из самых опытных и выдающихся — Реньо из Парижа — работал над этими темами одновременно с Магнусом, но не знал о его исследованиях. Результаты обоих исследователей были опубликованы почти одновременно и показали своим чрезвычайно близким совпадением, с какой верностью и мастерством оба трудились. Но там, где проявлялись различия, они в конечном счёте решались в пользу Магнуса.

Бескорыстие, с которым Магнус держался идеальной цели своих усилий, проявилось весьма характерным образом — в том, как он привлекал молодых людей к научной работе и, как только замечал в них рвение и талант, предоставлял им свои приборы и оборудование своей частной лаборатории. Именно так я оказался в тесной связи с ним, когда находился в Берлине для сдачи государственного медицинского экзамена.

В то время он пригласил меня (сам я не осмелился бы сделать такое предложение) расширить мои опыты по брожению и гниению в новых направлениях и применить другие методы, которые требовали больших средств, чем мог располагать молодой военный врач, живущий на своё жалованье. В тот период я работал с ним почти ежедневно около трёх месяцев и таким образом получил глубокое и

неизгладимое впечатление о его доброте, бескорыстии и полном отсутствии научной ревности.

Подобным образом он не только отказывался от внешних преимуществ, которые обладание одной из богатейших коллекций приборов могло бы обеспечить честолюбивому человеку в борьбе с конкурентами, но и с совершенным спокойствием переносил мелкие неприятности и досады, связанные с недостатком навыка и поспешностью, с какими молодые экспериментаторы склонны обращаться с дорогими инструментами. Ещё в меньшей степени можно было бы сказать, что он, подобно учёным в других странах, использовал труд учеников для собственных целей и для прославления своего имени. В то время химические лаборатории создавались по образцу Либиха; физических лабораторий — которые, заметим, гораздо труднее организовать, — насколько мне известно, тогда не существовало ни одной. Фактически их основание обязано Магнусу.

В этих обстоятельствах мы видим существенную черту внутренней направленности этого человека, которую нельзя упускать из виду при оценке его значения: он был не только исследователем, но и учителем науки в высшем и самом широком смысле этого слова. Он не желал, чтобы наука замыкалась в кабинете и лекционной аудитории; он стремился к тому, чтобы она проникала во все условия жизни. В его деятельном интересе к технике, в его ревностном участии в работе Сельскохозяйственного совета эта сторона его усилий ясно отражалась, так же как и в тех больших трудах, которые он прилагал к подготовке опытов и к изобретательной конструкции необходимой для них аппаратуры.

Его коллекция приборов, которая впоследствии перешла во владение Университета и в настоящее время используется мною как его преемником, является самым красноречивым свидетельством этого. Всё находится в совершенном порядке: если для опыта требуется шёлковая нить, стеклянная трубка или пробка, можно с уверенностью рассчитывать, что они найдутся рядом с соответствующим прибором. Вся аппаратура, которую он конструировал, изготовлена с использованием лучших доступных ему средств, без экономии ни на материале, ни на труде мастера, чтобы обеспечить успех опыта и выполняя его в достаточно крупном масштабе, дабы он был виден как можно издалека. Я очень хорошо помню, с каким изумлением и восхищением мы, студенты, наблюдали его эксперименты — не только потому, что все они удавались и были блестящи, но и потому, что они, казалось, почти не занимали и не отвлекали его мыслей. Лёгкое и ясное течение его речи продолжалось без перерыва; каждый опыт появлялся на своём месте, выполнялся быстро, без поспешности и колебаний, и затем откладывался в сторону.

Я уже упоминал, что ценная коллекция приборов перешла во владение Университета ещё при его жизни. Он особенно желал, чтобы то, что он собирал и создавал как средства своей научной работы, не было рассеяно и оторвано от той первоначальной цели, которой он посвятил свою жизнь. С этим чувством он завещал Университету остальную часть аппаратуры своей лаборатории, а также свою чрезвычайно богатую и ценную библиотеку, и тем самым заложил основу для дальнейшего развития Публичного физического института.

Достаточно этих немногих штрихов, чтобы напомнить об умственной индивидуальности нашего ушедшего друга в той мере, в какой источники направленности его деятельности здесь выявлены.

Личные воспоминания дадут более живой образ всем тем из вас, кто работал с ним в течение последних тридцати лет.

Если мы теперь перейдём к обсуждению результатов его исследований, то будет недостаточно просто прочесть и оценить его академические труды. Я уже показал, что значительная часть его деятельности была обращена к его современникам. К этому следует добавить, что он жил в эпоху, когда естественные науки переживали процесс развития с быстротой, какой никогда прежде не было в истории науки. Но люди, принадлежавшие к такому времени и содействовавшие этому развитию, легко представляются потомкам в искажённой перспективе, ибо лучшая часть их труда кажется последним само собой

разумеющейся и едва достойной упоминания.

Нам трудно представить себе состояние естественных наук в Германии, по крайней мере в первые двадцать лет нынешнего столетия. Магнус родился в 1802 году; я сам — девятнадцатью годами позже; но когда я возвращаюсь к своим самым ранним воспоминаниям, когда я начал изучать физику по школьным учебникам, имевшимся у моего отца, который сам обучался в Институте Кауэра, я всё ещё вижу перед собой тёмный образ целого ряда представлений, которые теперь кажутся алхимией средних веков. Из революционных открытий Лавуазье и Хамфри Дэви в школьные книги проникло очень немного. Хотя кислород уже был известен, флогистон, огненная субстанция, всё ещё играл свою роль. Хлор всё ещё считался окисленной соляной кислотой; поташ и известь всё ещё считались элементами. Беспозвоночных животных делили на насекомых и пресмыкающихся; а в ботанике мы всё ещё считали тычинки.

Удивительно, как поздно и с какой нерешительностью немцы в этом столетии обратились к изучению естественных наук, тогда как в их более раннем развитии они играли столь выдающуюся роль. Достаточно назвать Коперника, Кеплера, Лейбница и Штала.

Ибо мы вправе гордиться нашей горячей, бесстрашной и бескорыстной любовью к истине, которая не склоняется ни перед каким авторитетом и не останавливается ни перед каким притворством, не избегает ни жертв, ни труда и весьма скромна в своих притязаниях на мирской успех. Но именно поэтому она прежде всего побуждает нас доводить вопросы принципа до их последних оснований и мало заботиться о том, что не связано с фундаментальными принципами, и в особенности — о практических последствиях и полезных применениях. К этому прибавляется ещё одна причина, а именно то, что самостоятельное умственное развитие последних трёхсот лет началось при политических условиях, при которых главный вес приходился на богословские занятия. Германия освободила Европу от тирании древней церкви; но она заплатила за эту свободу гораздо более дорогую цену, чем другие народы. После религиозных войн она осталась разорённой, обнищавшей, политически раздробленной, с испорченными границами и высокомерно отданной без защиты своим соседям. Выводить следствия из новых нравственных воззрений, доказывать их научно, разрабатывать их во всех областях духовной жизни — на всё это не было времени в буре войны; каждый должен был держаться своей партии, всякое зарождающееся изменение взглядов рассматривалось как измена и вызывало ожесточённую ярость. Вследствие Реформации духовная жизнь утратила свою прежнюю устойчивость и цельность; всё предстало в новом свете, и возникли новые вопросы.

[Стр. 9–12]

Немецкий дух не мог удовлетвориться внешним единообразием; когда он не был убеждён и удовлетворён, он не позволял своему сомнению оставаться безмолвным. Так богословие, а рядом с ним классическая филология и философия — отчасти как научные вспомогательные средства богословия, отчасти ради того, что они могли сделать для решения новых нравственных, эстетических и метафизических проблем, — почти исключительно притязали на интерес научной культуры. Отсюда ясно, почему протестантские народы, а также та часть католиков, которая, колеблясь в своей прежней вере, оставалась лишь внешне связанной со своей церковью, с таким рвением предавалась философии. Предстояло главным образом решить этические и метафизические проблемы; источники знания должны были быть подвергнуты критическому исследованию, и это было сделано с большей серьёзностью, чем прежде. Мне нет нужды перечислять фактические результаты, которые принесла эта работа в прошлом столетии. Она возбуждала высокие надежды, и нельзя отрицать, что метафизика обладает опасным очарованием для немецкого ума; он не мог отказаться от неё вновь, пока не были исследованы все её укрытия и пока он не убедился, что на данный момент там больше ничего не найти.

Затем, во второй половине прошлого столетия, обновляющаяся духовная жизнь нации начала культивировать свои художественные цветы; неуклюжий язык превратился в один из самых

выразительных инструментов человеческого духа; из всё ещё суровых, бедных и тягостных условий гражданской и политической жизни — последствий религиозной войны, в которых лишь теперь фигура прусского короля-героя впервые бросала луч надежды на лучшее будущее, за которым вновь последовали бедствия наполеоновских войн, — из этого безрадостного существования все чуткие умы с радостью бежали в цветущую страну, открытую немецкой поэзией, соперничавшей с лучшей поэзией всех времён и народов; или же в возвышенных областях философии они стремились предать реальность забвению.

А естественные науки стояли на стороне этого реального мира, столь охотно игнорируемого. Лишь астрономия могла тогда предлагать великие и возвышенные перспективы; во всех остальных областях ещё требовался долгий и терпеливый труд, прежде чем могли быть достигнуты великие принципы, прежде чем эти дисциплины могли получить голос в великих вопросах человеческой жизни или стать тем мощным средством власти человека над силами природы, каким они стали впоследствии. Труд естествоиспытателя казался узким, низким и незначительным по сравнению с великими замыслами философа и поэта; лишь те естествоиспытатели, которые, подобно Окену, радовались поэтично-философским построениям, находили охотных слушателей.

Да будет мне позволено, как не одностороннему защитнику научных интересов, не упрекать эту эпоху восторженного подъёма; мы действительно обязаны ей той нравственной силой, которая сломила наполеоновское иго; мы обязаны ей великой поэзией, являющейся самым благородным сокровищем нашей нации. Но реальный мир сохраняет своё право против всякой видимости, даже против самой прекрасной; и отдельные люди, как и народы, желающие достигнуть зрелости, должны научиться смотреть реальности в лицо, чтобы подчинить её целям духа. Бегство в идеальный мир — ложное средство временного успеха; оно лишь облегчает игру противника; и когда знание лишь отражает само себя, оно становится бесплотным и пустым или распадается на иллюзии и фразы.

Против ошибок умственного направления, которое сначала соответствовало естественному подъёму свежего юношеского стремления, но затем, в эпоху эпигонов романтической школы и философии тождества, впало в сентиментальное стремление к возвышенности и вдохновению, произошла реакция, осуществлённая не только в области науки, но также в истории, в искусстве и в филологии. И в этих последних областях, где мы имеем дело непосредственно с продуктами деятельности человеческого духа и где, следовательно, априорное построение на основе психологических законов кажется гораздо более возможным, чем в природе, стало ясно, что прежде всего необходимо знать факты, прежде чем устанавливать их законы.

Развитие Густава Магнуса происходило в период этой борьбы; всей направленности его ума соответствовало то, что он, чей мягкий дух обычно стремился примирять противоположности, решительно встал на сторону чистого опыта против спекуляции. Если он и избегал ранить людей, то всё же следует признать, что он ни на йоту не отступал от принципа, который с верным инстинктом признал истинным; и в самых влиятельных кругах он боролся в двойном смысле: с одной стороны, потому что в физике речь шла об основаниях всей совокупности естественных наук, а с другой — потому что Берлинский университет с его многочисленными студентами долгое время был оплотом спекуляции. Он постоянно внушал своим ученикам, что никакое рассуждение, каким бы правдоподобным оно ни казалось, не имеет силы против факта, и что решать должны наблюдение и эксперимент; и он всегда заботился о том, чтобы был выполнен каждый осуществимый опыт, который мог дать практическое подтверждение или опровержение предполагаемого закона. Он ни в коей мере не ограничивал применимость научных методов в исследовании неживой природы, но в своих исследованиях газов Этот перевод передает торжественный и академический тон мемориальной речи Германа фон Гельмгольца, посвященной физики Густаву Магнусу. Гельмгольц размышляет о переходе от «умозрительной» физики к строгой эмпирической математической физике конца XIX века.

Памяти Густава Магнуса

[Страницы 14–16] ...крови (1837), он нанес удар в самое сердце виталистических теорий. Он ввел физику в центр органических изменений, заложив научный фундамент правильной теории дыхания — фундамент, на котором построило свои труды огромное число более поздних исследователей и который превратился в одну из важнейших глав физиологии.

Его нельзя упрекнуть в недостатке уверенности при проведении в жизнь своего принципа; однако я должен признаться, что я сам и многие из моих коллег прежде полагали, будто Магнус заходит слишком далеко в своем недоверии к спекуляции, особенно в отношении математической физики. Вероятно, он никогда не погружался в эту область достаточно глубоко, и это лишь укрепляло наши сомнения. Но если мы оглянемся вокруг с той точки зрения, которой ныне достигла наука, то придется признать, что его недоверие к математической физике того времени не было беспочвенным. Тогда еще не было четко разграничено, что является эмпирическим фактом, что — лишь словесным определением, а что — только гипотезой. Смутная смесь этих элементов, служившая основой для вычислений, провозглашалась аксиомами метафизической необходимости и постулировала подобного рода необходимость для получаемых результатов. Достаточно напомнить, какую огромную роль играли гипотезы об атомном строении тел в математической физике первой половины этого столетия, в то время как об атомах почти ничего не было известно; и, например, почти ничего не знали о чрезвычайном влиянии теплоты на молекулярные силы. Мы теперь знаем, что упругая сила газов зависит от движения, обусловленного теплотой; тогда же большинство физиков рассматривали теплоту как невесомую субстанцию.

Относительно атомов в молекулярной физике сэр У. Томсон с большим весом замечает, что их допущение не может объяснить ни одного свойства тела, которое ранее не было бы приписано самим атомам. Соглашаясь с этим мнением, я никоим образом не высказываюсь против существования атомов, а лишь против стремления выводить принципы теоретической физики из чисто гипотетических предположений об атомном строении тел. Теперь мы знаем, что многие из этих гипотез, пользовавшихся благосклонностью в свое время, далеко перешли границы допустимого.

Математическая физика приобрела совершенно иной характер в руках Гаусса, Ф. Э. Неймана и их учеников среди немцев, а также тех математиков в Англии, которые последовали направлению Фарадея, Стокса, У. Томсона и Клерка Максвелла. Теперь стало ясно, что математическая физика является чисто опытной наукой и что она не имеет иных принципов, кроме принципов экспериментальной физики. В нашем непосредственном опыте мы встречаем тела различной формы и строения; только с такими телами мы можем производить наблюдения и опыты. Их действия складываются из действий, которые каждая из их частей вносит в совокупность целого; и потому, если мы хотим познать простейший и самый общий закон действия масс и веществ природы друг на друга и если мы желаем освободить эти законы от случайностей формы, величины и положения тел, то мы должны обратиться к законам действия мельчайших частиц, или, как выражаются математики, элементарного объема. Но эти элементы, в отличие от атомов, не разнородны и не дискретны, а непрерывны и однородны.

Характеристические свойства элементарных объемов различных тел определяются экспериментально — либо непосредственно, когда знания о целом достаточно для выявления его составных частей, либо гипотетически, когда вычисленная сумма эффектов в возможно большем числе различных случаев должна быть сопоставлена с действительностью путем наблюдения и эксперимента. Тем самым признается, что математическая физика исследует законы действия элементов тела независимо от случайностей формы исключительно эмпирическим путем и потому столь же строго подчинена опыту, как и то, что обычно называют экспериментальной физикой. В принципе они вовсе не различны, и

первая лишь продолжает функцию второй, чтобы прийти к еще более простым и еще более общим законам явлений.

Нельзя сомневаться в том, что это аналитическое направление физических исследований приняло иной характер и что оно уже сбросило с себя то, что ставило Магнуса в известную степень противостояния к нему. Он, по крайней мере в прежние годы, пытался утверждать, что занятия математического физика и экспериментатора совершенно различны и что молодой человек, желающий посвятить себя физике, должен сделать выбор между ними. Мне же, напротив, кажется, что все более утверждается убеждение: в нынешнем, более зрелом состоянии науки лишь те могут с пользой экспериментировать, кто обладает ясным знанием теории и умеет правильно ставить и преследовать вопросы; и, с другой стороны, лишь те могут плодотворно теоретизировать, кто имеет большую практику в эксперименте. Открытие спектрального анализа является самым блестящим примером такого взаимопроникновения теоретического знания и экспериментального мастерства из всего, что мы можем вспомнить.

[Страницы 17–19] Мне неизвестно, выражал ли Магнус впоследствии иные взгляды на соотношение экспериментальной и математической физики. Во всяком случае, те, кто рассматривает его прежний отход от математической физики как реакцию против злоупотребления чрезмерно развитой спекуляцией, должны также признать, что в старой математической физике имелось немало оснований для такого неприятия и что, с другой стороны, он с величайшим удовольствием принимал результаты, которые Кирхгоф, сэр У. Томсон и другие вывели из новых фактов, исходя из теоретических отправных точек. Позвольте мне здесь сослаться на собственный опыт. Мои исследования в основном развивались таким образом, против которого Магнус пытался предостеречь; однако я никогда не встречал в нем ничего, кроме самой охотной и дружеской признательности.

Естественно, что каждый, опираясь на собственный опыт, рекомендует другим как наиболее полезный тот путь, который лучше всего соответствует его собственной природе и по которому он достиг наибольших успехов. И если мы все согласны в том, что задача науки состоит в отыскании законов фактов, то каждому можно предоставить свободу либо погружаться в факты и искать там следы еще неизвестных законов, либо, исходя из уже известных законов, разыскивать точки, где могут быть открыты новые факты. Но так же как мы все, подобно Магнусу, противостоям теоретику, считающему ненужным экспериментально доказывать гипотетические результаты, которые кажутся ему аксиомами, так и Магнус — как ясно показывают его труды — высказался бы вместе с нами против того рода чрезмерного эмпиризма, который стремится открывать факты, не подчиняющиеся никакому правилу, и который тщательно избегает закона или возможной связи между вновь обнаруженными фактами.

Следует упомянуть здесь, что Фарадей, другой великий физик, работал в Англии в совершенно том же направлении и с той же целью; и именно поэтому Магнус был связан с ним самой сердечной симпатией. У Фарадея противостояние господствовавшим до того физическим теориям, оперировавшим атомами и силами, действующими на расстоянии, было даже более выраженным, чем у Магнуса.

Нужно, кроме того, признать, что Магнус с успехом занимался преимущественно задачами, которые казались особенно пригодными для математической обработки; таковы, например, его исследования отклонения вращающихся снарядов, выпущенных из нарезных орудий, а также его работа о форме водяных струй и их распаде на капли. В первом случае он с помощью весьма искусно поставленного опыта доказал, как сопротивление воздуха, действующее на снаряд снизу, должно отклонять его в сторону как вращающееся тело — в направлении, зависящем от направления вращения, — и как вследствие этого траектория отклоняется в ту же сторону. Во втором трактате он исследовал различные формы водяных струй, то, как они отчасти изменяются формой отверстия, через которое вытекают, отчасти — в зависимости от того, каким образом поток к нему подводится, и как их распад на капли вызывается внешними возмущениями. Для наблюдения явлений он применил принцип стробоскопического диска, рассматривая струю через узкие щели во вращающемся диске. С особым

тактом он сгруппировал различные явления так, что сходные между собой легко обнаруживались и одно проясняло другое. И если окончательное механическое объяснение не всегда было достигнуто, причины многих характерных особенностей отдельных явлений все же становились ясными. В этом отношении многие его исследования — я бы особенно отметил работы об истечении водяных струй — являются превосходными образцами того, что Гете теоретически провозглашал и в своих физических трудах стремился осуществить, хотя и лишь с частичным успехом.

Но даже там, где Магнус, исходя из своей точки зрения и вооруженный знаниями своего времени, напрасно пытался схватить ядро решения трудного вопроса, всегда обнаруживается множество новых и ценных фактов. Так, в его исследовании термоэлектрической батареи, где он верно увидел, что предстоит решить критический вопрос, он в конце заявил: «Когда я приступал к только что описанному опыту, я с уверенностью надеялся найти, что термоэлектрические токи обусловлены движением теплоты». В этом смысле он исследовал случаи, когда термоэлектрическая цепь состояла из одного металла с чередующимися твердыми участками и участками, размягченными нагреванием, а также те случаи, когда соприкасающиеся части имели весьма различные температуры. Он был убежден, что термоэлектрический ток не обусловлен ни лучеиспускательной способностью, ни теплопроводностью в обычном смысле этого слова, и вынужден был довольствоваться очевидно несовершенным объяснением, что две части одного и того же металла при разных температурах действуют как разнородные проводники, которые, подобно жидкостям, не укладываются в потенциальный ряд. Решение было впервые дано двумя общими законами механической теории теплоты. Надежда Магнуса не осталась неисполненной: сэр У. Томсон открыл, что изменения теплопроводности — хотя и вызванные самим электрическим током — действительно являются источниками этого тока.

[Страницы 20–23] Характер научного направления, которого Магнус придерживался в своих исследованиях, таков, что они встраивают множество камней в великое здание науки, придавая ему все более широкую опору и все возрастающую высоту, не создавая при этом для нового наблюдателя впечатления особого и исключительного труда, обязанного своим появлением усилиям лишь одного ученого. Если бы мы захотели объяснить значение каждого камня на его особом месте, трудность его добычи и мастерство обработки, нам пришлось бы либо предположить, что слушатель знает всю историю этого здания, либо излагать ее ему, на что ушло бы больше времени, чем я теперь могу себе позволить.

Так обстоит дело и с исследованиями Магнуса. За что бы он ни брался, он обнаруживал множество новых и часто примечательных фактов; он наблюдал их тщательно и точно и связывал с великим зданием науки. Кроме того, он завещал науке большое число изобретательных и тщательно продуманных новых методов как орудий, с помощью которых будущие поколения будут продолжать открывать скрытые жилы благородного металла вечных законов в кажущемся пустынным и диким хаосе случайностей. Имя Магнуса всегда будет упоминаться в первом ряду тех, на чьих трудах покоится гордое здание естествознания — науки, которая столь глубоко преобразила жизнь современного человечества как своим духовным влиянием, так и подчинением сил природы власти разума.

Я говорил лишь о физических трудах Магнуса и упоминал только те из них, которые казались мне характерными для его индивидуальности. Между тем число его исследований весьма велико, и они охватывают области более обширные, чем те, которые ныне может охватить один исследователь. Он начинал как химик, но уже тогда склонялся к тем случаям, которые обнаруживали примечательные физические условия; позднее он стал исключительно физиком. Параллельно с этим он занимался весьма обширным изучением техники, которое само по себе могло бы заполнить жизнь целого человека.

Он ушел из жизни после богатой и плодотворной деятельности. Древний закон о том, что ни одна человеческая жизнь не свободна от страданий, должен был быть применен и к нему; и все же его жизнь представляется особенно счастливой. Он обладал тем, чего люди обычно желают больше всего; но он

умел облагораживать внешнее благополучие, ставя его на службу бескорыстным целям. Ему было даровано то, что всего дороже благородному духу — жить в центре любящей семьи и в кругу верных и выдающихся друзей. Но самой редкой его удачей я считаю то, что он мог трудиться в чистом энтузиазме ради идеального принципа и что он видел, как дело, которому он служил, идет к победе и развивается до неслыханного богатства и все более широкой деятельности.

И, наконец, мы должны добавить: поскольку благоразумие, чистота намерений, нравственный и интеллектуальный такт, скромность и подлинная человечность могут властвовать над капризами судьбы и людей, постольку Магнус был творцом собственной судьбы — одной из самых удовлетворенных и цельных натур, которые завоевывают любовь и благосклонность людей, которые с истинным вдохновением умеют находить правильное место для своей деятельности и о которых можно сказать: завистливый факт не отравляет их успехов, ибо, работая ради чистых целей и с чистыми помыслами, они нашли бы...

О происхождении и значении геометрических аксиом

Лекция, прочитанная в Обществе доцентов в Гейдельберге в 1870 году.

Тот факт, что некая наука может существовать и развиваться так, как это произошло с геометрией, всегда привлекал самое пристальное внимание тех, кого интересуют вопросы, относящиеся к основаниям теории познания. Среди всех отраслей человеческого знания нет ни одной, которая, подобно ей, возникла бы как полностью вооружённая Минерва из головы Юпитера; нет ни одной, перед чьей смертоносной Эгидой сомнение и противоречие так мало осмеливались бы поднять глаза. Она избегает утомительного и трудного дела собирания экспериментальных фактов, которое составляет задачу естественных наук в строгом смысле слова; единственной формой её научного метода является дедукция. Заключение выводится из заключения, и тем не менее ни у кого, обладающего здравым смыслом, не возникает сомнения в том, что эти геометрические принципы должны находить своё практическое применение в реальном мире вокруг нас. Землемерие так же, как и архитектура, строительство машин не менее, чем математическая физика, постоянно вычисляют пространственные отношения самого различного рода на основе геометрических принципов; они ожидают, что успех их построений и экспериментов будет соответствовать этим вычислениям; и не известно ни одного случая, когда это ожидание оказалось бы обманутым, при

условии, что вычисления были выполнены правильно и при наличии достаточных данных.

Действительно, сам факт существования геометрии и её способности ко всему этому всегда служил ярким примером в обсуждении того вопроса, который составляет как бы центр всех противопоставлений философских систем, — вопроса о возможности познания принципов, не имеющих никаких оснований, почерпнутых из опыта. В ответе на знаменитый вопрос Канта: «Как возможны синтетические суждения априори?» геометрические аксиомы, без сомнения, являются теми примерами, которые наиболее решительно показывают, что синтетические принципы априори вообще возможны. То обстоятельство, что такие принципы существуют и с необходимостью навязываются нашему убеждению, рассматривается как доказательство того, что пространство есть априорная форма всякого внешнего восприятия. Тем самым для этой априорной формы, по-видимому, постулируется не только характер чисто формальной, самой по себе совершенно пустой схемы, в которую мог бы вместиться любой данный опытом результат, но и наличие в самой схеме определённых особенностей, благодаря которым в неё может быть вложено и нами воспринято лишь вполне определённое, как бы строго очерченное содержание.[2]

Именно это отношение геометрии к теории познания и побуждает меня говорить с вами о геометрических предметах в собрании людей, которые в большинстве своём ограничили свои

математические занятия обычным школьным обучением. К счастью, тот объём геометрии, который преподаётся в наших гимназиях, позволит вам, во всяком случае, уловить направление принципов, о которых я намерен говорить.

Я намерен изложить вам содержание ряда недавних и тесно связанных между собой математических исследований, касающихся геометрических аксиом, их отношения к опыту и вопроса о том, возможно ли логически заменить их другими.

Поскольку рассматриваемые исследования предназначены прежде всего для того, чтобы дать доказательства специалистам в области, которая, как едва ли какая-либо другая, требует высокой способности к абстракции, и поскольку они по существу недоступны нематематику, я постараюсь разъяснить такому читателю саму постановку вопроса. Мне едва ли нужно замечать, что моё объяснение не даст доказательства правильности новых взглядов. Тот, кто ищет такого доказательства, должен потрудиться обратиться к самим первоисточникам исследований.

Всякий, кто вступил во врата первых элементарных аксиом геометрии, то есть математического учения о пространстве, на своём пути встречает ту непрерывную цепь выводов, о которой я только что говорил, посредством которой всё более разнообразные и всё более сложные фигуры подводятся под действие закона. Но уже в самых первых своих элементах геометрия полагает некоторые принципы, относительно которых она признаёт, что не может их доказать и может лишь предполагать, что всякий, кто понимает сущность этих принципов, тотчас признает их правильность. Это так называемые аксиомы.

Так, например, утверждение, что если кратчайшая линия, проведённая между двумя точками, называется прямой линией, то такая прямая линия может быть только одна. Далее, аксиомой является положение, что через любые три точки пространства, не лежащие на одной прямой, может быть проведена плоскость, то есть поверхность, которая полностью содержит всякую прямую линию, соединяющую любые две из её точек. Другая аксиома, вокруг которой велось много споров, утверждает, что через точку, лежащую вне

прямой линии, может быть проведена только одна прямая линия, параллельная данной; при этом две прямые линии, лежащие в одной плоскости и никогда не пересекающиеся, как бы далеко их ни продолжали, называются параллельными.

Существуют также аксиомы, определяющие число измерений пространства и его поверхностей, линий и точек, показывающие, каким образом они являются непрерывными; как, например, положения о том, что тело ограничено поверхностью, поверхность — линией, а линия — точкой; что точка неделима; что движением точки описывается линия, движением линии — линия или поверхность, движением поверхности — поверхность или тело, но движением тела описывается только тело и ничто иное.

Итак, каково происхождение таких положений, несомненно истинных, но недоказуемых в науке, где всё остальное является результатом рассуждения? Унаследованы ли они от божественного источника нашего разума, как полагают философы-идеалисты, или же дело лишь в том, что изобретательность математиков до сих пор была недостаточно проникательной, чтобы найти доказательство? Каждый новый приверженец, приходя в геометрию с свежим рвением, естественно стремится преуспеть там, где все его предшественники потерпели неудачу. И вполне справедливо, что каждый вновь предпринимает эту попытку; ибо при том положении вопроса, в каком он до сих пор находился, лишь бесплодность собственных усилий может убедить человека в невозможности найти доказательство. Между тем время от времени всегда появляются одиночные исследователи, которые настолько запутываются в сложных цепях рассуждений, что уже не в состоянии обнаружить свои ошибки и верят, будто решили задачу. Особенно аксиома параллельных вызвала огромное количество кажущихся доказательств.

Главная трудность в этих исследованиях состоит — и всегда состояла — в том, что результаты повседневного опыта с поразительной лёгкостью примешиваются к логическим процессам как кажущиеся необходимости мышления, пока в геометрии исключительно применяется евклидов

метод наглядного построения. При этом методе особенно трудно быть вполне уверенным в том, что на шагах, предписанных доказательством, мы невольно и бессознательно не привлекли какие-либо самые общие результаты опыта, которым нас уже практически научила возможность выполнения определённых операций. Проводя любую вспомогательную линию ради доказательства, хорошо подготовленный геометр всегда задаётся вопросом, возможно ли вообще провести такую линию. Известно, что задачи на построение играют существенную роль в системе геометрии. На первый взгляд они кажутся практическими упражнениями, введёнными для обучения учащихся; но в действительности они устанавливают существование определённых фигур. Они показывают, что точки, прямые линии или окружности, которые требуется построить по условию задачи, возможны при всех обстоятельствах, либо же определяют те исключения, которые могут иметь место. Именно к этому по своей сущности относится предмет тех исследований, которые мы намерены рассмотреть. Основание всякого доказательства евклидова метода состоит в установлении конгруэнтности линий, углов, плоских фигур, тел и т. п. Чтобы сделать конгруэнтность очевидной, геометрические фигуры предполагается накладывать друг на друга, разумеется, не изменяя их формы и размеров. То, что это действительно возможно, каждый из нас испытал с самых ранних лет. Но если мы начинаем возводить необходимости мышления на этом предположении свободного переноса жёстких фигур с неизменной формой в любую часть пространства, то мы должны спросить себя, не содержит ли это предположение некоторой предпосылки, для которой не дано никакого логического доказательства. Мы увидим далее, что оно действительно содержит одну из предпосылок величайшей важности. Если это так, то всякое доказательство посредством конгруэнтности опирается на факт, почерпнутый исключительно из опыта.

Эти замечания я привожу пока лишь для того, чтобы показать, с какими трудностями связано полное разложение на составные элементы тех предпосылок, которые мы делаем, пользуясь обычным конструктивным методом. Мы избегаем этих трудностей, когда применяем к исследованию

принципов аналитический метод современной алгебраической геометрии. Весь процесс алгебраических вычислений есть чисто логическая операция; он не может дать никакого отношения между величинами, подвергнутыми вычислению, которое не было бы уже заключено в уравнениях, давших повод к их применению. Поэтому упомянутые новейшие исследования почти исключительно проводились средствами чисто абстрактных методов аналитической геометрии.

Однако после того как с помощью абстрактного метода выяснено, в чём именно состоит вопрос, мы получим наиболее отчётливое представление о нём, если рассмотрим область более узких пределов, чем наш собственный пространственный мир. Допустим, как мы вполне логически можем это сделать, что мыслящие существа с лишь двумя измерениями живут и движутся по поверхности некоторого твёрдого тела. Предположим, что они не обладают способностью воспринимать что-либо вне этой поверхности, но что на ней они имеют восприятия, сходные с нашими. Если бы такие существа разработали геометрию, они, разумеется, приписали бы своему пространству только два измерения. Они установили бы, что движением точки описывается линия, а движением линии — поверхность. Но они столь же мало могли бы представить себе, какое дальнейшее пространственное образование возникло бы при движении поверхности вне самой себя, как и мы не можем представить себе, что возникло бы при движении твёрдого тела за пределы известного нам пространства.

Под часто употребляемым выражением «представить себе» или «быть в состоянии мыслить, как нечто происходит» я понимаю — и не вижу, как можно понимать это иначе без утраты всякого смысла, — способность вообразить всю совокупность чувственных впечатлений, которые имели бы место в таком случае. Но так как не существует никаких чувственных впечатлений, относящихся к столь неслыханному событию, каким для нас было бы движение в четвёртое измерение или каким для обитателей поверхности было бы движение в наше третье измерение, то такое «представление» столь же невозможно, как и «представление» цветов для слепорождённого, даже если бы ему можно было дать их общее

словесное описание.

Эти существа, живущие на поверхности, могли бы также проводить в своём поверхностном пространстве кратчайшие линии. Они не обязательно были бы прямыми в нашем смысле слова, но тем, что в техническом смысле называется геодезическими линиями данной поверхности, то есть линиями, которые описывает натянутая нить, лежащая на поверхности и свободно по ней скользящая. В дальнейшем я буду называть такие линии «напрямейшими линиями» данной поверхности или данного пространства, чтобы подчеркнуть их аналогию с прямой линией на плоскости. Надеюсь, что это выражение облегчит понимание моим нематематическим слушателям, не вводя при этом в заблуждение.

Если бы такие существа жили на бесконечной плоскости, их геометрия была бы в точности тождественна нашей планиметрии. Они утверждали бы, что между двумя точками возможна только одна прямая линия; что через третью точку, лежащую вне этой линии, можно провести только одну линию, параллельную ей; что концы прямой линии никогда не встречаются, как бы далеко её ни продолжали, и так далее. Их пространство могло бы быть бесконечно протяжённым; но даже если бы существовали пределы их движения и восприятия, они могли бы представить себе продолжение за этими пределами, и таким образом их пространство представлялось бы им бесконечным, точно так же как и наше пространство представляется бесконечным нам, хотя наши тела не могут покинуть Землю, а наше зрение простирается лишь до видимых неподвижных звёзд.

Но мыслящие существа описанного рода могли бы жить и на поверхности сферы. Тогда их кратчайшей или напрямейшей линией между двумя точками была бы дуга большого круга, проходящего через них. Всякий большой круг, проходящий через две точки, делится ими на две части; и если эти части не равны, то меньшая, безусловно, является кратчайшей линией на сфере между двумя точками, но и другая, большая дуга того же большого круга также является геодезической или напрямейшей линией, то есть каждая её меньшая часть есть кратчайшая линия

между своими концами. Таким образом, понятие геодезической или напрямейшей линии не вполне совпадает с понятием кратчайшей линии. Если две данные точки являются концами диаметра сферы, то всякая плоскость, проходящая через этот диаметр, отсекает на поверхности сферы полуокружности, каждая из которых является кратчайшей линией между концами; в этом случае между данными точками существует бесконечное множество равных кратчайших линий. Следовательно, аксиома о существовании только одной кратчайшей линии между двумя точками для обитателей сферы не имела бы силы без известного исключения.

О параллельных линиях обитатели сферы не знали бы ничего. Они утверждали бы, что любые две напрямейшие линии, если их достаточно продолжить, в конце концов пересекутся, причём не в одной, а в двух точках. Сумма углов треугольника у них всегда была бы больше двух прямых углов и возрастала бы по мере увеличения площади треугольника. Поэтому они не могли бы иметь никакого представления о геометрическом подобии больших и малых фигур одного и того же вида, ибо у них больший треугольник должен был бы иметь иные углы, чем меньший. Их пространство было бы неограниченным, но в то же время оказалось бы конечным или, по крайней мере, представлялось бы им таковым.

Таким образом, очевидно, что такие существа должны были бы установить совершенно иную систему геометрических аксиом, чем обитатели плоскости или мы сами в нашем трёхмерном пространстве, хотя логические способности всех были бы одинаковыми. И дальнейших примеров не требуется, чтобы показать, что геометрические аксиомы должны меняться в зависимости от рода пространства, в котором обитают существа, чьи способности разума полностью соответствуют нашим. Но пойдём ещё дальше.

Представим себе мыслящих существ, живущих на поверхности тела яйцевидной формы. На такой поверхности можно было бы провести кратчайшие линии между тремя точками и построить треугольник. Но если бы попытались построить конгруэнтные треугольники в различных местах поверхности, то обнаружилось бы, что два

треугольника с тремя парами равных сторон не имели бы равных углов. Сумма углов треугольника, построенного у более острого полюса тела, отклонялась бы от двух прямых углов сильнее, чем у более тупого полюса или на экваторе. Отсюда следует, что даже такая простая фигура, как треугольник, не может быть перенесена по такой поверхности без изменения формы. Было бы также обнаружено, что если в различных местах такой поверхности построить окружности равных радиусов (причём длина радиусов всегда измеряется кратчайшими линиями вдоль поверхности), то длина окружности будет больше на тупом конце, чем на остром.

Таким образом, мы видим, что если поверхность допускает свободное перемещение лежащих на ней фигур без изменения каких-либо их линий и углов, измеренных вдоль поверхности, то это свойство является особым и не принадлежит всякому роду поверхностей. Условие, при котором поверхность обладает этим важным свойством, было указано Гауссом в его знаменитом трактате о кривизне поверхностей.[3] «Мера кривизны», как он её называл, то есть величина, обратная произведению наибольшего и наименьшего радиусов кривизны, должна быть всюду одинаковой на всей протяжённости поверхности.

Гаусс одновременно показал, что эта мера кривизны не изменяется, если поверхность изгибается без растяжения или сжатия какой-либо её части. Таким образом, мы можем свернуть плоский лист бумаги в цилиндр или в конус, не изменяя размеров фигур, взятых вдоль поверхности листа. Или же полусферическое дно пузыря может быть вытянуто в веретенообразную форму без изменения размеров на поверхности. Поэтому геометрия на плоскости будет той же самой, что и на цилиндрической поверхности; лишь в последнем случае мы должны вообразить, что множество слоёв этой поверхности, подобно слоям свернутого листа бумаги, лежат один на другом и что после каждого полного оборота вокруг цилиндра достигается новый слой, отличный от предыдущих.

Эти замечания необходимы, чтобы дать читателю представление о таком роде поверхности, геометрия которой в целом сходна с геометрией

плоскости, но на которой не выполняется аксиома параллельных. Это особый вид кривой поверхности, который является, так сказать, геометрическим противообразом сферы и который поэтому был назван псевдосферической поверхностью выдающимся итальянским математиком Э. Бельтрами, исследовавшим её свойства.[4] Это седлообразная поверхность, из которой лишь ограниченные куски или полосы могут быть связно представлены в нашем пространстве, но которую тем не менее можно мыслить как бесконечно продолжающуюся во всех направлениях, поскольку каждый кусок, лежащий на границе построенной части, можно мысленно оттянуть к её середине и затем продолжить дальше. Перемещаемый при этом кусок должен изменять свою кривизну, но не свои размеры, точно так же, как это происходит с листом бумаги, перемещаемым по поверхности конуса, образованного из свернутой плоскости. Такой лист в каждой своей части прилегает к конической поверхности, но должен быть сильнее изогнут у вершины и не может быть перемещён через вершину так, чтобы одновременно соответствовать как существующему конусу, так и его воображаемому продолжению за вершиной.

Подобно плоскости и сфере, псевдосферические поверхности имеют постоянную меру кривизны, так что каждый их участок может быть точно наложен на любой другой, и, следовательно, все фигуры, построенные в одном месте поверхности, могут быть перенесены в любое другое место с полной конгруэнтностью формы и полным равенством всех размеров, лежащих в самой поверхности. Мера кривизны по Гауссу, которая положительна для сферы и равна нулю для плоскости, имеет для псевдосферических поверхностей постоянное отрицательное значение, поскольку две главные кривизны седлообразной поверхности обращены своей вогнутостью в противоположные стороны.

Полоса псевдосферической поверхности может, например, быть представлена внутренней поверхностью (обращённой к оси) сплошного якорного кольца. Если плоская фигура $aabb$ (рис. 1) вращается вокруг своей оси симметрии AB , то две дуги ab опишут псевдосферическую вогнуто-выпуклую поверхность, подобную

поверхности кольца. Сверху и снизу, в направлениях к aa и bb , поверхность будет всё сильнее выгибаться наружу, пока не станет перпендикулярной оси и не закончится на краю, где одна из кривизн становится бесконечной. Или же половина псевдосферической поверхности может быть свернута в форму бокала для шампанского (рис. 2) с бесконечно вытянутой сужающейся ножкой. Но поверхность при этом всегда необходимо ограничена острым краем, за который она не может быть непосредственно продолжена. Лишь воображая, что каждый отдельный участок края отрезан и протянут вдоль поверхности кольца или бокала, можно перенести его в места иной кривизны, где дальнейшее продолжение участка становится возможным.

Таким образом и наипрямейшие линии псевдосферической поверхности могут быть продолжены до бесконечности. Они не возвращаются на себя, как на сфере, и, как на плоскости, между двумя данными точками возможна только одна кратчайшая линия. Однако аксиома параллельных здесь не выполняется. Если на поверхности задана наипрямейшая линия и точка вне её, то через эту точку может пройти целый пучок наипрямейших линий, ни одна из которых, как бы далеко её ни продолжали, не пересечёт первую линию; сам же пучок ограничен двумя наипрямейшими линиями, из которых одна пересекает один конец данной линии на бесконечном расстоянии, а другая — другой её конец.

Такая система геометрии, исключая аксиому параллельных, была разработана на основе синтетического метода Евклида ещё в 1829 году Н. И. Лобачевским, профессором математики в Казани,[5] и было доказано, что эта система может быть проведена столь же последовательно, как и евклидова. Она в точности совпадает с геометрией псевдосферических поверхностей, разработанной впоследствии Бельтрами.

Итак, мы видим, что в геометрии двух измерений поверхность определяется как плоскость, сфера или псевдосферическая поверхность посредством предположения, что всякая фигура может быть перемещена по ней во всех направлениях без изменения размеров. Аксиома о том, что между

двумя точками существует только одна кратчайшая линия, отличает плоскость и псевдосферическую поверхность от сферы, а аксиома параллельных отличает плоскость от псевдосферы. Эти три аксиомы в действительности являются необходимыми и достаточными для того, чтобы определить плоскость, к которой относится планиметрия Евклида, в отличие от всех других видов двухмерного пространства.

Различие между плоской и сферической геометрией было давно очевидно, но смысл аксиомы параллельных не мог быть понят до тех пор, пока Гаусс не разработал понятие поверхностей, гибких без растяжения, и, следовательно, понятие возможного бесконечного продолжения псевдосферических поверхностей. Обитая, как мы, в пространстве трёх измерений и обладая органами чувств для их восприятия, мы можем представить себе различные случаи, в которых существа на поверхности должны были бы развивать своё восприятие пространства; для этого нам достаточно лишь ограничить наши собственные восприятия более узкой областью. Легко «отнять» у себя восприятия, которыми мы обладаем; но чрезвычайно трудно вообразить восприятия, которым в нашем опыте ничто не соответствует. Поэтому, переходя к пространству трёх измерений, мы оказываемся ограниченными в нашей способности представления строением наших органов и тем опытом, который мы через них получаем и который соответствует лишь тому пространству, в котором мы живём.

Однако существует и другой способ научного рассмотрения геометрии. Все известные пространственные отношения измеримы, то есть могут быть сведены к определению величин (длин, углов, поверхностей, объёмов). Следовательно, задачи геометрии могут быть решены путём нахождения способов вычисления неизвестных величин из известных. Это осуществляется в аналитической геометрии, где все формы пространства рассматриваются лишь как величины и определяются посредством других величин. Даже сами аксиомы содержат отсылки к величинам. Прямая линия определяется как кратчайшая между двумя точками, что является определением величины. Аксиома параллельных утверждает, что если две прямые линии в плоскости не

пересекаются (параллельны), то накрест лежащие или соответственные углы, образованные третьей линией, их пересекающей, равны; либо вместо этого может быть положено, что сумма углов любого треугольника равна двум прямым углам. И это также определения величин.

Исходя из такого взгляда на пространство, согласно которому положение точки может быть определено измерениями по отношению к любой принятой за неподвижную фигуру (системе координат), мы можем затем спросить, каковы особые свойства нашего пространства, проявляющиеся в тех

измерениях, которые приходится производить, и чем оно отличается от других протяжённых величин того же рода. Этот путь был впервые проложен человеком, слишком рано утраченных для науки, — Б. Риманом из Гёттингена.[6] Он обладает своеобразной ... (текст далее обрывается).

и, следовательно, десять уравнений, включающих в пространстве трёх измерений пятнадцать переменных координат. Но из этих пятнадцати шесть должны оставаться произвольными, если система из пяти точек должна допускать свободное перемещение и вращение; таким образом, десять уравнений могут определять лишь девять координат как функции шести переменных. С шестью точками мы получаем пятнадцать уравнений для двенадцати величин, с семью точками — двадцать одно уравнение для пятнадцати и т. д. Поскольку из n независимых уравнений можно определить n содержащихся в них величин, а если уравнений больше, чем n , то избыточные должны быть логически выводимы из первых n , отсюда следует, что уравнения, существующие между координатами каждой пары точек твёрдого тела, должны иметь особый характер. Ведь если в пространстве трёх измерений они выполнены для девяти пар точек, образованных из любых пяти точек, то уравнение для десятой пары следует как логическое следствие. Таким образом, наше предположение для определения твёрдости оказывается вполне достаточным, чтобы определить характер уравнений, связывающих координаты двух жёстко соединённых точек.

В-третьих, расчёт должен далее опираться на один своеобразный факт в движении твёрдых тел — факт настолько привычный для нас, что без настоящего исследования он, пожалуй, никогда не был бы осознан как нечто вовсе не само собой разумеющееся. Когда в нашем трёхмерном пространстве две точки твёрдого тела удерживаются неподвижными, его движения ограничиваются вращениями вокруг прямой линии, соединяющей эти точки. Если мы повернём тело один раз полностью, оно вновь занимает в точности то же положение, какое имело вначале. Этот факт — что вращение в одном направлении всегда возвращает твёрдое тело в исходное положение, — требует особого упоминания. Система геометрии возможна и без него. Это легче всего увидеть на примере геометрии плоскости. Предположим, что при каждом вращении плоской фигуры её линейные размеры увеличиваются пропорционально углу поворота; тогда после полного вращения на 360 градусов фигура уже не совпадала бы с самой собой в её первоначальном положении. Однако любая другая фигура, конгруэнтная первой в её исходном положении, могла бы быть приведена в совпадение с нею во втором положении, если и её также повернуть на 360 градусов. При таком предположении была бы возможна вполне последовательная система геометрии, которая, однако, не подпадает под формулу Римана.

С другой стороны, я показал, что все три допущения, взятые вместе, образуют достаточное основание для исходного пункта исследования Римана и, следовательно, для всех его дальнейших результатов, касающихся различения различных пространств по их мере кривизны.

Оставалось ещё выяснить, могут ли законы движения, зависящие от действующих сил, быть столь же последовательно перенесены в сферическое или псевдосферическое пространство. Это исследование было выполнено профессором Липшицем из Бонна.[14] Оказалось, что всеобъемлющее выражение всех законов динамики — принцип Гамильтона — может быть непосредственно перенесено на пространства, мера кривизны которых отлична от нуля. Следовательно, и в этом отношении различные системы геометрии не

приводят ни к какому противоречию.

Теперь нам предстоит искать объяснение особых свойств нашего собственного плоского пространства, поскольку оказывается, что они не заключены в общем понятии протяжённой величины трёх измерений и свободной подвижности ограниченных фигур в ней. Не являются они и необходимостями мышления, вытекающими из понятия такого многообразия и его измеримости или из самого общего представления о твёрдой фигуре, содержащейся в нём, и о её свободной подвижности. Попробуем же рассмотреть противоположное предположение — что их происхождение эмпирическое, — и посмотрим, могут ли они быть выведены из фактов опыта и таким образом обоснованы, или же, напротив, при проверке опытом они должны быть отвергнуты. Если они имеют эмпирическое происхождение, мы должны быть в состоянии представить себе связанные ряды фактов, указывающие на иное значение меры кривизны, нежели у плоского пространства Евклида. Но если мы можем вообразить пространства иного рода, то нельзя утверждать, будто аксиомы геометрии являются необходимыми следствиями априорной трансцендентальной формы созерцания, как полагал Кант.

Различие между сферической, псевдосферической и евклидовой геометрией зависит, как уже было отмечено, от значения некоторой постоянной, называемой Риманом мерой кривизны рассматриваемого пространства. Для справедливости аксиом Евклида это значение должно быть равно нулю. Если бы оно не было равно нулю, сумма углов большого треугольника отличалась бы от суммы углов малого, будучи большей в сферическом и меньшей в псевдосферическом пространстве. Далее, геометрическое подобие больших и малых тел или фигур возможно лишь в евклидовом пространстве. Все системы практического измерения, применявшиеся для углов больших прямолинейных треугольников, и в особенности все системы астрономических измерений, которые приравнивают параллакс неизмеримо удалённых неподвижных звёзд к нулю (в псевдосферическом пространстве параллакс даже бесконечно удалённых точек был бы положительным), эмпирически подтверждают аксиому параллелей и показывают, что мера кривизны нашего пространства, по крайней мере до сих пор, неотличима от нуля. Однако, как заметил Риман, остаётся вопрос, не мог бы результат оказаться иным, если бы мы располагали иными, чем наши ограниченные, базисными линиями, наибольшей из которых является большая ось земной орбиты.

Между тем нельзя забывать, что все геометрические измерения в конечном счёте покоятся на принципе конгруэнтности. Мы измеряем расстояние между точками, прикладывая к ним циркуль, линейку или цепь. Мы измеряем углы, поднося градуированный круг или теодолит к вершине угла. Мы также определяем прямые линии по пути световых лучей, который в нашем опыте является прямолинейным; но то, что свет распространяется по кратчайшим линиям, пока он движется в среде с постоянным преломлением, было бы столь же справедливо и в пространстве с иной мерой кривизны. Следовательно, все наши геометрические измерения зависят от того, что наши инструменты действительно являются, как мы предполагаем, неизменными по форме, или по крайней мере подвергаются лишь тем малым изменениям, о которых мы знаем — например, возникающим вследствие изменения температуры или различного действия силы тяжести в разных местах.

При измерении мы пользуемся лишь наилучшими и надёжнейшими средствами, какие нам известны, чтобы установить то, что в иных случаях мы привыкли определять зрением и осязанием или шагами. Здесь нашим инструментом, который мы носим с собой в

пространстве, является собственное тело с его органами. То рука, то нога служит циркулем, а глаз, обращающийся во все стороны, является нашим теодолитом для измерения дуг и углов в поле зрения.

Всякая сравнительная оценка величин или измерение их пространственных отношений основывается, следовательно, на предположении относительно поведения некоторых физических вещей — либо человеческого тела, либо других применяемых инструментов. Это предположение может быть в высшей степени вероятным и находиться в наитеснейшем согласии со всеми другими известными нам физическими соотношениями, но тем не менее оно выходит за пределы чистого пространственного созерцания.

В самом деле, можно вообразить такие условия для тел, кажущихся твёрдыми, при которых измерения в евклидовом пространстве становятся теми же, какими они были бы в сферическом или псевдосферическом пространстве. Прежде всего напомним читателю, что если бы все линейные размеры других тел и нашего собственного тела одновременно уменьшились или увеличились в одинаковой пропорции, например вдвое или в два раза, мы при наших средствах пространственного восприятия совершенно не заметили бы этого изменения. То же самое имело бы место, если бы растяжение или сжатие было различным в разных направлениях, при условии, что наше собственное тело изменялось бы таким же образом и, далее, что тело при вращении в каждый момент принимало бы — не испытывая и не оказывая механического сопротивления — ту степень растяжения в своих различных измерениях, которая соответствует его положению в данный момент. Подумайте об изображении мира в выпуклом зеркале. Обычные посеребрённые шары, устанавливаемые в садах, передают его основные черты, хотя и с некоторыми оптическими искажениями. Хорошо сделанное выпуклое зеркало умеренного отверстия представляет предметы перед ним как кажущиеся твёрдыми и находящиеся в фиксированных положениях позади его поверхности. Однако изображения далёкого горизонта и солнца на небе располагаются позади зеркала на конечном расстоянии, равном его фокусному расстоянию. Между ними и поверхностью зеркала находятся изображения всех остальных предметов, расположенных перед ним, но эти изображения уменьшаются и сплющиваются по мере увеличения расстояния предметов от зеркала. Сплющивание, или уменьшение третьего измерения, относительно больше, чем уменьшение размеров поверхности. Тем не менее каждая прямая линия и каждая плоскость во внешнем мире изображается в зеркале прямой линией или плоскостью. Изображение человека, измеряющего линейкой прямую линию, удаляясь от зеркала, сжималось бы всё сильнее, но с помощью своей уменьшенной линейки человек в изображении отсчитывал бы ровно то же число сантиметров, что и реальный человек. И вообще все геометрические измерения линий или углов, выполненные с помощью регулярно изменяющихся изображений реальных инструментов, давали бы в точности те же результаты, что и во внешнем мире; все конгруэнтные тела совпадали бы при наложении друг на друга в зеркале так же, как и во внешнем мире; все линии зрения во внешнем мире представлялись бы в зеркале прямыми линиями зрения. Короче говоря, я не вижу, каким образом люди в зеркале могли бы обнаружить, что их тела не являются твёрдыми телами и что их опыт не является хорошим подтверждением справедливости аксиом Евклида. Но если бы они могли, не переступая границы, взглянуть на наш мир так, как мы можем взглянуть в их мир, они должны были бы объявить его изображением в сферическом зеркале и говорили бы о нас так же, как мы говорим о них; и если бы два обитателя этих различных миров могли общаться друг с другом, то, насколько я могу судить, ни один не смог бы убедить другого в том, что именно он обладает истинными, а другой — искажёнными отношениями. Более того, я не вижу, чтобы такой вопрос вообще имел какой-либо смысл, пока в него не вмешиваются механические

соображения.

Изображение псевдосферического пространства внутри сферы евклидова пространства, предложенное Бельтрами, вполне аналогично этому, за тем исключением, что фоном здесь служит не плоскость, как в случае выпуклого зеркала, а поверхность сферы, и что пропорция, в которой изображения сжимаются по мере приближения к сферической поверхности, выражается иной математической формулой.[15] Если мы вообразим, наоборот, что внутри сферы, для которой справедливы аксиомы Евклида, движущиеся тела сжимаются по мере удаления от центра, подобно изображениям в выпуклом зеркале, и притом так, что их представители в псевдосферическом пространстве сохраняют свои размеры неизменными, — то наблюдатели, чьи тела регулярно подвергались бы тем же изменениям, получали бы из производимых ими геометрических измерений те же результаты, как если бы они жили в псевдосферическом пространстве.

Мы можем пойти ещё на шаг дальше и заключить, как должны были бы представляться объекты в псевдосферическом мире, если бы в него можно было войти, наблюдателю, чья зрительная мера и опыт пространства были приобретены, как у нас, в евклидовом пространстве. Такой наблюдатель продолжал бы рассматривать лучи света или линии зрения как прямые линии, подобные тем, какие встречаются в плоском пространстве и какими они в действительности являются в сферическом изображении псевдосферического пространства. Поэтому зрительный образ объектов псевдосферического пространства производил бы на него то же впечатление, как если бы он находился в центре бельтрамиевской сферы. Он полагал бы, что видит самые удалённые предметы вокруг себя на конечном расстоянии — допустим, в ста футах.[16] Но по мере того как он приближался бы к этим удалённым предметам, они начинали бы разрастаться перед ним, причём в третьем измерении сильнее, чем по поверхности, тогда как позади него они, напротив, сжимались бы. Он знал бы, что его глаз судит неверно. Если бы он видел две прямые линии, которые, по его оценке, шли параллельно на протяжении ста футов до предела его мира, то, следуя вдоль них, он обнаружил бы, что чем дальше он продвигается, тем сильнее они расходятся, вследствие расширения всех предметов, к которым он приближается. С другой стороны, позади него расстояние между ними казалось бы уменьшающимся, так что по мере его движения вперёд они представлялись бы всё более и более расходящимися. Но две прямые линии, которые из его первоначального положения казались сходящимися к одной и той же точке фона, находящейся в ста футах, продолжали бы сходиться к этой точке, как бы далеко он ни шёл, и он никогда не достиг бы точки их пересечения.

Совершенно аналогичные изображения нашего действительного мира мы можем получить, если будем смотреть сквозь большую выпуклую линзу соответствующего отрицательного фокусного расстояния, или даже сквозь пару выпуклых очков, если они отшлифованы несколько призматически, так что напоминают части одной непрерывной большой линзы. С их помощью, как и в выпуклом зеркале, мы видим удалённые предметы как бы находящимися близко от нас, причём самые удалённые кажутся не дальше фокуса линзы. Передвигаясь с такой линзой перед глазами, мы обнаруживаем, что предметы, к которым мы приближаемся, расширяются в точности тем образом, который я описал для псевдосферического пространства. Любой человек, пользующийся линзой, даже столь сильной, что её фокусное расстояние составляет всего шестьдесят дюймов, не говоря уже о ста футах, возможно, в первое мгновение заметил бы, что предметы кажутся приближенными. Но после некоторого времени хождения это впечатление исчезло бы, и, несмотря на ложные изображения, он стал бы правильно судить о расстояниях. У нас есть

все основания полагать, что то, что происходит за несколько часов с каждым, кто начинает носить очки, достаточно скоро произошло бы и в псевдосферическом пространстве. Короче говоря, псевдосферическое пространство сравнительно не казалось бы нам очень странным; лишь вначале мы подвергались бы иллюзиям при зрительном измерении величины и расстояния более удалённых предметов.

Иллюзии противоположного рода возникали бы, если бы мы, с глазами, приученными к измерению в евклидовом пространстве, вошли в сферическое трёхмерное пространство. Мы считали бы более удалённые предметы более далёкими и большими, чем они есть на самом деле, и, приближаясь к ним, обнаруживали бы, что достигаем их быстрее, чем ожидали по их виду. Но мы видели бы также перед собой предметы, которые могли бы фиксировать лишь расходящимися линиями зрения, а именно все те, которые находятся от нас на расстоянии, превышающем четверть длины большого круга. Такой вид вещей едва ли показался бы нам особенно необычным, ибо мы можем испытать нечто подобное и в обычных условиях, если поместим перед глазами слегка призматическое стекло более толстой стороной к носу: тогда глаза вынуждены расходиться, чтобы охватить удалённые предметы. Это вызывает некоторое ощущение непривычного напряжения в глазах, но заметно не изменяет внешний вид воспринимаемых предметов. Самым же странным зрелищем в сферическом мире была бы задняя часть нашей собственной головы, в которой все линии зрения, не остановленные другими предметами, снова сходились бы и которая должна была бы заполнять самый дальний фон всей перспективной картины.

В то же время следует отметить, что подобно тому как небольшой упругий плоский диск, скажем из каучука, может быть наложен на слегка искривлённую сферическую поверхность лишь при относительном сжатии его краёв и растяжении центра, так и наши тела, сформировавшиеся в плоском евклидовом пространстве, не могли бы перейти в искривлённое пространство без аналогичных растяжений и сжатий своих частей, причём их целостность, разумеется, сохранялась бы лишь постольку, поскольку их упругость позволяла бы им изгибаться, не разрушаясь. Характер растяжения должен быть тем же самым, что и при переходе от малого тела, мыслимого в центре сферы Бельтрами, к его псевдосферическому или сферическому представлению. Чтобы такой переход мог казаться возможным, всегда следует предполагать, что тело достаточно упруго и мало по сравнению с действительным или воображаемым радиусом кривизны того искривлённого пространства, в которое оно должно перейти.

Эти замечания достаточны для того, чтобы показать, каким образом мы можем, исходя из известных законов наших чувственных восприятий, вывести тот ряд чувственных впечатлений, которые дал бы нам сферический или псевдосферический мир, если бы он существовал. При этом мы нигде не встречаем ни противоречия, ни невозможности — так же мало, как и при вычислении его метрических соотношений. Мы можем представить себе внешний вид псевдосферического мира во всех направлениях точно так же, как можем развить его понятие. Следовательно, нельзя допустить, что аксиомы нашей геометрии зависят от врождённой формы нашей способности восприятия или каким-либо образом с ней связаны.

Иначе обстоит дело с тремя измерениями пространства. Поскольку все наши средства чувственного восприятия простираются лишь на пространство трёх измерений, а четвёртое измерение является не просто модификацией того, что у нас уже есть, но чем-то совершенно новым, мы вследствие нашей телесной организации оказываемся совершенно неспособными представить себе четвёртое измерение.

В заключение я вновь хотел бы подчеркнуть, что аксиомы геометрии — это не положения, относящиеся только к чистой доктрине пространства. Как я уже говорил, они связаны с понятием количества. Мы можем говорить о количествах лишь тогда, когда знаем способ их сравнения, деления и измерения. Все пространственные измерения, а следовательно и все идеи количеств, применяемые к пространству, предполагают возможность движения фигур без изменения формы или размера. Верно, что в геометрии мы привыкли называть такие фигуры чисто геометрическими телами, поверхностями, углами и линиями, потому что отвлекаемся от всех других различий — физических и химических — природных тел; однако одно физическое свойство, а именно твёрдость (жесткость), сохраняется. Теперь у нас нет другого признака твёрдости тел или фигур, кроме их конгруэнтности, когда они прикладываются друг к другу в любое время и месте и после любого вращения. Однако мы не можем решить средствами чистой геометрии, без механических соображений, не изменились ли совпадающие тела оба в одном и том же направлении.

Если бы это было полезно для какой-либо цели, мы могли бы вполне последовательно рассматривать пространство, в котором мы живём, как кажущееся пространство за выпуклым зеркалом с его укороченным и сжатым фоном; или мы могли бы считать ограниченную сферу нашего пространства, за пределами которой мы ничего не воспринимаем, бесконечным псевдосферическим пространством. Но тогда нам пришлось бы приписывать телам, которые кажутся нам твёрдыми, и нашему собственному телу соответствующие растяжения и сокращения, и мы должны были бы полностью изменить нашу систему механических принципов; ибо даже положение о том, что каждая точка, находящаяся в движении и не испытывающая воздействия силы, продолжает двигаться с неизменной скоростью по прямой линии, не подходит к образу мира в выпуклом зеркале. Путь действительно был бы прямым, но скорость зависела бы от места.

Таким образом, аксиомы геометрии касаются не только пространственных отношений, но одновременно и механического поведения твёрдых тел в движении. Понятие жёсткой геометрической фигуры может быть действительно понято как трансцендентальное в кантовском смысле, то есть как сформированное независимо от реального опыта, который не обязан точно соответствовать ему, так же как природные тела фактически никогда не соответствуют в точности абстрактному понятию, полученному нами посредством индукции. Принимая понятие жёсткости как чистый идеал, строгий кантианец мог бы рассматривать геометрические аксиомы как положения, данные априори трансцендентальной интуицией, которые никакой опыт не может ни подтвердить, ни опровергнуть, потому что именно ими должно быть сначала решено, могут ли какие-либо природные тела считаться жёсткими. Но тогда пришлось бы утверждать, что аксиомы геометрии не являются синтетическими положениями, как считал Кант; они лишь определяли бы, какими свойствами и поведением должно обладать тело, чтобы быть признанным жёстким.

Но если к геометрическим аксиомам мы добавим положения, относящиеся к механическим свойствам природных тел, хотя бы аксиому инерции или единственное положение о том, что механические и физические свойства тел и их взаимные реакции, при прочих равных условиях, не зависят от места, то такая система положений имеет реальное значение, которое может быть подтверждено или опровергнуто опытом, и по той же причине может быть получено из опыта. Механическая аксиома, только что приведённая, имеет, по сути, первостепенное значение для всей системы наших механических и физических представлений. То, что твёрдые тела, как мы их называем, которые на самом деле являются не чем иным, как упругими телами с большим

сопротивлением, сохраняют одну и ту же форму в любой части пространства, если на них не действует внешняя сила, — это лишь частный случай, подпадающий под общий принцип.

В заключение я, конечно, не утверждаю, что человечество впервые пришло к пространственным интуициям, согласующимся с аксиомами Евклида, посредством тщательно выполненных систем точных измерений. Скорее это была последовательность повседневных наблюдений, особенно восприятие геометрического подобия больших и малых тел, возможного только в плоском пространстве, которая привела к отвержению как невозможного всякого геометрического представления, противоречащего этому факту. Для этого не требовалось знания необходимой логической связи между наблюдаемым фактом геометрического подобия и аксиомами; достаточно было лишь интуитивного восприятия типичных отношений между линиями, плоскостями, углами и т. д., полученного посредством многочисленных и внимательных наблюдений — интуиции того рода, которой обладает художник относительно объектов, которые он должен изобразить, и благодаря которой он с уверенностью и точностью решает, будет ли новая комбинация, которую он пробует, соответствовать их природе или нет. Верно, что у нас нет другого слова, кроме «интуиция», чтобы обозначить это; но это знание, эмпирически полученное путём накопления и усиления сходных повторяющихся впечатлений в памяти, а не трансцендентальная форма, данная до опыта. То, что другие подобные эмпирические интуиции фиксированных типичных отношений, когда они не были ясно поняты, часто принимались метафизиками за априорные принципы, — это момент, на котором я не буду настаивать.

Итог всего исследования можно выразить так:

1. Аксиомы геометрии, взятые сами по себе, вне всякой связи с механическими положениями, не представляют отношений реальных вещей. В таком изолированном виде, если рассматривать их вместе с Кантом как формы интуиции, трансцендентально данные, они составляют форму, в которую может быть вложено любое эмпирическое содержание, и которая поэтому никоим образом не ограничивает и не определяет заранее природу содержания. Это верно не только для аксиом Евклида, но также для аксиом сферической и псевдосферической геометрии.
2. Как только определённые принципы механики соединяются с аксиомами геометрии, мы получаем систему положений, которая имеет реальное значение и может быть подтверждена или опровергнута эмпирическими наблюдениями, так же как она может быть выведена из опыта. Если бы такая система рассматривалась как трансцендентальная форма интуиции и мышления, пришлось бы предположить предустановленную гармонию между формой и реальностью.

Приложение.

Элементы геометрии сферического пространства наиболее легко получаются, если для пространства четырёх измерений взять уравнение сферы.

$$x^2 + y^2 + z^2 + t^2 = R^2 \quad (1.)$$

и для расстояния ds между точками

$$(x, y, z, t) \text{ и } [(x + dx)(y + dy)(z + dz)(t + dt)]$$

$$\text{ценность } ds^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2 + dt^2 \quad (2.)$$

С помощью методов, используемых для трехмерного пространства, легко установить, что кратчайшие линии задаются уравнениями вида

$$ax + by + cz + ft = 0 \quad (3.)$$

$$\alpha x + \beta y + \gamma z + \varphi t = 0$$

где $a, b, c, f, \alpha, \beta, \gamma, \varphi$ — константы.

Длина кратчайшей дуги s между точками (x, y, z, t) и (ξ, η, ζ, τ) определяется, как и на сфере, из уравнения.

$$\cos \frac{s}{R} = x\xi + y\eta + z\zeta + t\tau \quad (4.)$$

Одну из координат можно исключить из значений, приведенных в пунктах 2–4, с помощью уравнения 1, и тогда выражения будут применимы к трехмерному пространству.

Если мы возьмем расстояния от точек

$$\xi = \eta = \zeta = 0$$

из уравнения 1 следует $\tau = R$, тогда,

$$\sin \left(\frac{s_0}{R} \right) = \frac{\sigma}{R}$$

в котором

$$\sigma = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$$

или,

$$s_0 = R \cdot \arcsin \left(\frac{\sigma}{R} \right) = R \cdot \arctan \left(\frac{\sigma}{R} \right) \quad (5.)$$

R —

В данном случае s_0 — это расстояние точки x, y, z , измеренное от центра координат.

Если теперь предположить, что точка x, y, z сферического пространства спроецирована в точку плоского пространства, координаты которой соответственно равны

$$\chi = \frac{Rx}{R}, \quad Y = \frac{Ry}{R}, \quad \zeta = \frac{Rz}{R}$$

$$\chi^2 + Y^2 + \zeta^2 = r^2 = R^2 \sigma^2$$

t^2

Тогда в плоскостном пространстве уравнения 3, относящиеся к кратчайшим прямым сферического пространства, являются уравнениями прямой. Следовательно, кратчайшие прямые сферического пространства представлены в системе χ, Y, ζ прямыми линиями. Для очень малых значений $x, y, z, t = R$ и

$$\chi = x, Y = y, \zeta = z$$

Immediately about the centre of the co-ordinates, the measurements of both spaces coincide. On the other hand, we have for the distances from the centre

$$s_0 = R \cdot \arctan\left(\frac{\pm r}{R}\right) \quad (6.)$$

В этом случае r может быть бесконечным; но каждая точка плоского пространства должна быть проекцией двух точек сферы, одна из которых $s_0 < \frac{1}{2}R\pi$, а другая — $s_0 > \frac{1}{2}R\pi$.

Продолжение в направлении r тогда будет равно

$$ds_0 = R^2$$

$$dr R^2 + r^2$$

Для получения соответствующих выражений для псевдосферического пространства пусть R и t — мнимые величины; то есть,

$$R = \mathcal{R}i, \text{ and } t = \tau i.$$

Уравнение 6 дает затем

$$\arctan \frac{s_0}{i\mathcal{R}} = \pm \frac{r}{i\mathcal{R}}$$

из чего, исключив мнимую форму, получаем

$$s_0 = \frac{1}{2}\mathcal{R} \log. \text{nat.} \frac{\mathcal{R} + r}{\mathcal{R} - r}$$

Здесь s_0 принимает действительные значения только до тех пор, пока $r = R$; при $r = \mathcal{R}$ расстояние s_0 в псевдосферическом пространстве бесконечно. Изображение в плоском пространстве, напротив, содержится в сфере радиуса R , и каждая точка этой сферы образует лишь одну точку бесконечного псевдосферического пространства. Продолжение в направлении r равно

$$ds_0 = \mathcal{R}^2$$

$$dr \mathcal{R}^2 - r^2$$

Напротив, для линейных элементов, направление которых перпендикулярно r и для которых t остается неизменным, в обоих случаях выполняется следующее соотношение:

$$\sqrt{dx^2 + dy^2 + dz^2} \quad t \quad \tau$$

$$= = = \sigma$$

$$\sqrt{d\chi^2 + dY^2 + d\zeta^2} \quad R \quad \mathcal{R} \quad r$$

$$= \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$$

$$\sqrt{\chi^2 + Y^2 + \zeta^2}$$

О связи оптики с живописью.

Это содержание серии лекций, прочитанных в Кёльне, Берлине и Бонне.

Я опасаясь, что сообщение о моём намерении обратиться к вам с докладом на тему пластических искусств могло вызвать немалое удивление у некоторых из присутствующих. Ибо я не сомневаюсь, что многие из вас имели гораздо более частые возможности созерцать произведения искусства и гораздо глубже изучили его исторические стороны, чем могу притязать я; или же обладают личным опытом в самой практике искусства, которого у меня вовсе нет. К занятиям искусством я пришёл путём, по которому ходят немногие, а именно через физиологию органов чувств; и по отношению к тем, кто давно знаком с искусством и вполне чувствует себя как дома на прекрасных его полях, я могу уподобить себя путешественнику, вошедшему в них по крутому и каменистому горному пути, но зато прошедшему при этом немало мест, откуда открывается хороший обзор. Поэтому, если я изложу вам то, что, по моему мнению, мне удалось наблюдать, то делаю это с тем пониманием, что считаю себя открытым для поучения со стороны более опытных, чем я.

Физиологическое изучение того, каким образом возникают наши чувственные восприятия, как внешние впечатления передаются в нервы и как при этом изменяется их состояние, обнаруживает множество точек соприкосновения с теорией изящных искусств. В другой раз я уже пытался установить подобную связь между физиологией слуха и теорией музыки. В этом случае такие связи особенно ясны и определённы, поскольку элементарные формы музыки теснее зависят от природы и особенностей наших восприятий, чем это имеет место в других искусствах, где гораздо большее влияние оказывает характер

используемого материала и самих изображаемых предметов. Однако и в этих других областях искусства особый способ восприятия тем органом чувств, посредством которого воспринимается впечатление, отнюдь не лишён значения; и теоретическое понимание его действия и принципов его работы не может быть полным, если этот физиологический элемент не принимается во внимание. После музыки это особенно относится к живописи, и именно поэтому я избрал живопись предметом настоящей лекции.

Непосредственная цель живописца состоит в том, чтобы посредством своей палитры вызвать в нас живое зрительное впечатление от тех предметов, которые он стремился изобразить. В известном смысле его задача заключается в создании своего рода оптической иллюзии; разумеется, не в том смысле, чтобы мы, подобно птицам, клевавшим нарисованный виноград Аппеллеса, принимали изображённые предметы за действительные и не замечали картины, — но в том, что художественное изображение должно вызывать в нас представление о своих предметах столь же живое и сильное, как если бы они действительно находились перед нами. Изучение так называемых чувственных иллюзий, однако, составляет весьма заметную и важную часть физиологии чувств; ибо именно те случаи, в которых внешние впечатления вызывают представления, не соответствующие действительности, особенно поучительны для раскрытия законов тех средств и процессов, посредством которых возникают нормальные восприятия. Мы должны рассматривать художников как людей, у которых наблюдение чувственных впечатлений особенно живо и точно, а память на эти образы — особенно верна. То, что длительная традиция передала наиболее одарённым в этом отношении людям, и то, что они нашли посредством бесчисленных опытов в самых

разнообразных направлениях относительно средств лишь иллюзорное сходство с природой: чем и методов изображения, образует ряд важных и значительных фактов, которыми физиолог, которому здесь есть чему учиться у художника, не вправе пренебрегать. Изучение произведений искусства проливает яркий свет на вопрос о том, какие элементы и соотношения наших зрительных впечатлений играют решающую роль в формировании нашего представления о видимом и какие имеют меньшее значение. В меру своих возможностей художник будет стремиться усилить первые за счёт последних.

В этом смысле тщательное наблюдение произведений великих мастеров будет полезно не только для физиологической оптики, но и потому, что исследование законов восприятия и чувственного наблюдения способствует развитию теории искусства, то есть пониманию способа его действия.

Здесь мы не имеем дела с обсуждением конечных целей и задач искусства, но лишь с рассмотрением действия элементарных средств, которыми оно пользуется. Знание этих средств, однако, должно составлять необходимую основу для решения более глубоких вопросов, если мы хотим понять задачи, стоящие перед художником, и способы, которыми он стремится достигнуть своей цели.

Мне едва ли нужно особо подчёркивать, что, как следует из всего сказанного выше, я не намерен давать указания, по которым художник должен был бы работать. Я считаю ошибочным предположение, будто подобные эстетические лекции вообще могут служить для этого; однако это заблуждение весьма часто встречается у тех, кто руководствуется исключительно практическими целями.

Я. Форма.

Художник стремится создать на своей картине изображение внешних объектов. Первоочередной задачей нашего исследования должно быть выяснение того, какой степени и какого рода сходства он может ожидать достичь, и какие пределы ему установлены природой его метода. Необразованному наблюдателю обычно требуется

больше этого сходства достигается, тем больше он наслаждается картиной. Наблюдатель же, напротив, чей вкус в произведениях искусства более утончен, сознательно или бессознательно потребует чего-то большего и иного. Верную копию грубой природы он в лучшем случае будет считать художественным достижением. Чтобы удовлетворить его, ему потребуется художественный отбор, группировка и даже идеализация изображенных объектов.

Человеческие фигуры в произведении искусства не должны быть обычными фигурами, такими, какие мы видим на фотографиях; Они должны обладать выразительностью, характерным развитием и, по возможности, прекрасными формами, которые, возможно, не принадлежали ни одному из ныне живущих людей или вообще никому из когда-либо существовавших, а только тому, кто мог бы существовать и должен существовать, чтобы создать яркое представление о каком-либо конкретном аспекте человеческого существования в его полном и беспрепятственном развитии.

Вот перевод на русский язык:

Если же художник стремится создать художественное расположение лишь идеализированных типов — будь то человек или предметы природы, — не должна ли тогда картина быть действительным, полным и непосредственно верным изображением того, что предстало бы взору, если бы это где-либо действительно возникло?

Поскольку картина располагается на плоской поверхности, такое верное изображение, разумеется, может дать лишь точное перспективное представление предметов. Однако наш глаз, который по своим оптическим свойствам эквивалентен камере-обскуре — хорошо известному аппарату фотографа, — даёт на сетчатке, служащей его чувствительной пластинкой, только перспективные изображения внешнего мира; они остаются неподвижными, подобно рисунку на картине, пока не изменяется точка зрения глаза. И действительно, если мы прежде всего ограничимся формой рассматриваемого предмета и на время оставим в

стороне всякие соображения о цвете, то с помощью правильного перспективного рисунка можно представить глазу наблюдателя, который смотрит на него с правильно выбранной точки зрения, те же формы зрительного образа, какие дало бы созерцание самих предметов тому же глазу при соответствующей позиции.

Но, помимо того, что всякое движение наблюдателя, при котором его глаз меняет своё положение, вызывает смещения зрительного образа — причём иные, когда он стоит перед реальными предметами, и иные, когда он стоит перед их изображением, — я мог бы говорить лишь об одном глазе, для которого должна быть установлена тождественность впечатления. Между тем мы видим мир двумя глазами, занимающими несколько различные положения в пространстве и потому дающими два различных перспективных вида предметов перед нами. Это различие изображений двух глаз образует одно из важнейших средств оценки расстояния предметов от глаза и восприятия глубины, и именно этого средства лишён живописец — или оно даже обращается против него, — поскольку при бинокулярном зрении картина настойчиво навязывается нашему восприятию как плоская поверхность.

Все вы, несомненно, наблюдали удивительную живость, которую приобретает телесная форма предметов при рассматривании хороших стереоскопических изображений в стереоскопе, — живость такого рода, какой лишено каждое из изображений, если смотреть на него без стереоскопа. Иллюзия особенно поразительна и поучительна в случае фигур, выполненных простыми линиями, — моделей кристаллов и тому подобных объектов, где нет никаких иных элементов обмана. Причина этого заблуждения заключается в том, что, глядя двумя глазами, мы одновременно видим мир с несколько различных точек зрения и тем самым получаем два различных перспективных изображения. Правым глазом мы видим несколько больше правой стороны предметов перед нами, а также несколько больше того, что находится за ними, чем левым глазом; и наоборот, левым глазом мы видим больше левой стороны предмета и фона за его левыми краями, частично скрытого этим краем. Плоская же картина

показывает правому глазу совершенно то же самое изображение и все представленные на ней предметы, что и левому глазу. Если же мы изготовим для каждого глаза такое изображение, какое этот глаз получил бы, если бы сам смотрел на предмет, и если затем совместим оба изображения в стереоскопе так, чтобы каждый глаз видел «свое» изображение, то — по крайней мере в отношении формы — возникает то же впечатление какое производит сам предмет в обоих глазах. Но если мы смотрим на рисунок или картину двумя глазами, мы столь же легко распознаём, что перед нами изображение на плоской поверхности, а не то, что реальный предмет показал бы одновременно обоим глазам. Отсюда и происходит хорошо известное усиление живости картины, если смотреть на неё только одним глазом и при этом совершенно неподвижно, через тёмную трубку: таким образом мы исключаем всякое сравнение расстояния до картины с расстоянием до соседних предметов в комнате. Следует иметь в виду, что так же, как мы используем различные изображения, воспринимаемые двумя глазами, для ощущения глубины, точно так же и изображения, воспринимаемые одним и тем же глазом при перемещении тела, служат той же цели. При движении — будь то пешком или верхом — более близкие предметы кажутся смещающимися по сравнению с более далёкими: первые как бы отступают назад, вторые словно движутся вместе с нами. Отсюда возникает гораздо более чёткое различие близкого и далёкого, чем то, которое вообще возможно при взгляде одним глазом с одной и той же точки. Если мы приближаемся к картине, чувственное впечатление того, что она является плоским изображением, висящим на стене, навязывается нашему восприятию гораздо сильнее, чем если мы смотрим на неё, оставаясь неподвижными. По сравнению с большой картиной, находящейся на значительном расстоянии, все те элементы, которые зависят от бинокулярного зрения и от движения тела, оказываются менее действенными, поскольку у очень удалённых предметов различия между изображениями для двух глаз или между видами с соседних точек зрения кажутся меньшими. Поэтому большие картины дают менее искажённый облик изображаемого предмета, чем маленькие, тогда как впечатление от небольшой картины, находящейся близко к неподвижному глазу, может

быть тем же самым, что и от большой, но удалённой. В картине, находящейся близко, факт её плоскостности непрерывно и всё более отчётливо навязывается нашему восприятию.

Тот факт, что перспективные рисунки, выполненные с слишком близкой точки зрения, легко могут производить искажённое впечатление, по моему мнению, также связан с этим обстоятельством. Ибо здесь особенно резко ощущается отсутствие второго изображения для другого глаза, которое было бы весьма отличным. Напротив, так называемые геометрические проекции, то есть перспективные рисунки, представляющие вид, как бы взятый с бесконечного расстояния, во многих случаях дают особенно благоприятный облик предмета, хотя и соответствуют точке зрения, которая в действительности не встречается. Здесь изображения для обоих глаз совпадают.

Вы заметите, что во всех этих отношениях существует первичное несоответствие между обликом картины и обликом действительности — несоответствие, которое нельзя полностью устранить. Его можно лишь ослабить, но никогда не преодолеть окончательно. Вследствие несовершенного действия бинокулярного зрения утрачивается важнейшее естественное средство, позволяющее наблюдателю оценивать глубину предметов, изображённых на картине. В распоряжении живописца имеется целый ряд вспомогательных средств, отчасти ограниченной применимости, отчасти слабого действия, с помощью которых он может выражать различные расстояния в глубину. Знакомство с этими элементами, вытекающее из теоретических соображений, отнюдь не лишено значения; ибо в практике живописи они, несомненно, оказали большое влияние на расположение, выбор и способ освещения изображаемых предметов. Чёткость изображения, рассматриваемая с точки зрения идеальных целей искусства, действительно имеет второстепенное значение; однако её не следует недооценивать, поскольку она является первым условием, при котором наблюдатель достигает понятности выражения, воспринимаемой без утомления.

Эта непосредственная понятность, в свою очередь,

является предварительным условием спокойного и живого воздействия картины на чувства и настроение зрителя.

Вспомогательные способы передачи глубины, о которых шла речь, в первую очередь зависят от перспективы. Более близкие предметы частично заслоняют более далёкие, но сами никогда не могут быть заслонены ими. Если, следовательно, художник умело группирует предметы так, что это обстоятельство начинает играть роль, то тем самым сразу же возникает весьма надёжная градация дальнего и ближнего. Такое взаимное заслонение может даже перевешивать бинокулярное восприятие глубины, если намеренно создаются стереоскопические изображения, в которых оба эффекта противодействуют друг другу. Кроме того, у тел правильной или известной формы очертания перспективной проекции в большинстве случаев являются характерными для глубины предмета. Глядя на дома или иные произведения человеческой деятельности, мы заранее знаем, что формы их по большей части представляют собой плоские поверхности, расположенные под прямыми углами друг к другу, с редкими круглыми или даже сферическими поверхностями. И действительно, при таком знании правильный перспективный рисунок достаточен для того, чтобы вызвать представление о всей форме тела. То же относится и к фигурам людей и животных, которые нам хорошо знакомы и формы которых, к тому же, состоят из двух симметричных половин. Однако наилучший перспективный рисунок мало помогает в случае неправильных форм — грубых глыб скал и льда, масс листвы и тому подобного; это особенно ясно видно на фотографиях, где перспектива и светотень могут быть совершенно верными, а общее впечатление всё же остаётся смутным и неясным.

Когда на картине изображены человеческие жилища, они указывают наблюдателю направление горизонтальных поверхностей в том месте, где они расположены; по сравнению с ними становится заметен наклон местности, который без них часто было бы трудно передать.

Следует также учитывать видимую величину предметов, действительная величина которых известна. Люди и животные, равно как и знакомые

деревья, весьма полезны для художника в этом отношении. В более удалённой части пейзажа они кажутся меньшими, чем на переднем плане, и тем самым их видимая величина служит мерой расстояния, на котором они находятся.

Тени, а в особенности двойные тени, имеют чрезвычайно большое значение. Все вы знаете, насколько более отчётливо впечатление, производимое хорошо заштрихованным рисунком, по сравнению с простым контуром; поэтому светотень является одним из самых трудных, но в то же время и самых действенных элементов в произведениях рисовальщика и живописца. Его задача состоит в том, чтобы подражать тонким градациям и переходам света и тени на округлых поверхностях, которые служат главным средством выражения их объёмности со всеми тонкими изменениями кривизны; он должен учитывать протяжённость или ограниченность источников света и взаимное отражение поверхностей друг от друга. В то время как изменения освещения на поверхности самих тел часто могут быть двусмысленными — например, углублённое изображение на медали при определённом освещении может производить впечатление рельефа, освещённого с противоположной стороны, — двойные тени, напротив, являются несомненным признаком того, что тело, отбрасывающее тень, находится ближе к источнику света, чем тело, на которое тень падает. Это правило настолько не имеет исключений, что даже в стереоскопических изображениях неправильно расположенная двойная тень может разрушить или спутать всю иллюзию.

Различные виды освещения не одинаково благоприятны для полного выявления действия теней. Когда наблюдатель смотрит на предметы в том же направлении, в каком падает на них свет, он видит лишь освещённые стороны и ничего — из теней; весь рельеф, который могли бы дать тени, тогда исчезает. Если предмет находится между источником света и наблюдателем, он видит лишь тени. Поэтому для живописной светотени необходимо боковое освещение; а на поверхностях, которые, подобно равнинам или холмистым местностям, дают лишь слабые изменения формы, требуется свет, падающий почти вдоль самой поверхности, ибо только такой свет даёт тени. Это

одна из причин, по которым освещение восходящим или заходящим солнцем столь эффективно: формы ландшафта становятся более отчётливы. К этому следует также добавить влияние цвета и воздушного света, о которых мы поговорим далее.

Прямое освещение солнцем или пламенем делает тени резкими и жёсткими. Освещение от очень широкой светящейся поверхности, например от облачного неба, делает их расплывчатыми или уничтожает вовсе. Между этими крайностями существуют переходы; освещение частью неба, ограниченной окном, деревьями и т. п., позволяет теням быть более или менее выраженными в зависимости от характера предмета. Вы, несомненно, видели, насколько это важно для фотографов, которые вынуждены изменять освещение с помощью всевозможных экранов и занавесей, чтобы получить хорошо моделированные портреты.

Более важным для передачи глубины, чем перечисленные до сих пор элементы, имеющие в большей или меньшей степени местное и случайное значение, является то, что называется воздушной перспективой. Под этим мы понимаем оптическое действие света, которое оказывают освещённые массы воздуха между наблюдателем и удалёнными предметами. Оно обусловлено тонкой мутностью атмосферы, которая никогда полностью не исчезает. Если в прозрачной среде имеются тонкие прозрачные частицы различной плотности и различной преломляющей способности, то, поскольку на них падает свет, они отклоняют проходящий через такую среду свет, частью отражая его, частью преломляя; говоря оптическим языком, они рассеивают его во все стороны. Если непрозрачные частицы распределены редко, так что значительная часть света может проходить между ними без отклонения, то удалённые предметы видны через такую среду с чёткими, ясными контурами, в то время как часть отклонённого света распределяется в прозрачной среде в виде мутного ореола. Вода, помутнённая несколькими каплями молока, очень наглядно показывает это рассеяние света и помутнение. Свет в этом случае отклоняется микроскопическими шариками жира, взвешенными в молоке.

В обычном воздухе наших комнат эта мутность становится весьма заметной, когда помещение закрыто и солнечный луч проходит через узкое отверстие. Тогда мы видим некоторые из этих солнечных частиц, достаточно крупные, чтобы быть различимыми невооружённым глазом, в то время как другие образуют тонкую однородную мутность. Но и последние должны состоять главным образом из взвешенных частиц органических веществ, ибо, по наблюдению Тиндаля, они могут быть сожжены. Если поставить пламя спиртовки непосредственно под путём этих лучей, то поднимающийся от пламени воздух выделяется совершенно тёмным на фоне окружающей светлой мутности; то есть воздух, поднимающийся от пламени, полностью освобождён от пыли. На открытом воздухе, помимо пыли и случайного дыма, нередко приходится учитывать также мутность, возникающую из-за начальных водяных осадков, когда температура влажного воздуха понижается настолько, что содержащаяся в нём вода уже не может существовать в виде невидимого пара. Тогда часть воды осаждается в виде мельчайших капель, своего рода тончайшей водяной пыли, и образует более или менее густой туман, то есть облако. Мутность, возникающая при жарком солнечном свете и сухом воздухе, может быть вызвана отчасти пылью, которую поднимают восходящие потоки тёплого воздуха, а отчасти неравномерным смешением холодных и тёплых слоёв воздуха различной плотности, как это наблюдается в дрожащем движении нижних слоёв воздуха над поверхностями, нагретыми солнцем. Но наука до сих пор не может дать объяснения мутности в высших слоях атмосферы, которая обуславливает голубой цвет неба; мы не знаем, возникает ли она из-за взвешенных частиц посторонних веществ или же сами молекулы воздуха могут действовать как мутящие частицы в световом эфире.

Цвет света, отражаемого непрозрачными частицами, главным образом зависит от их величины. Когда кусок дерева плавает на воде и мы последовательными падающими каплями вызываем рядом с ним мелкие круги волн, они отражаются от плавающего дерева так, как если бы оно было твёрдой стеной. Но в длинных морских волнах тот же кусок дерева будет покачиваться, не оказывая заметного влияния на их распространение.

Известно, что свет представляет собой волнообразное движение эфира, заполняющего всё пространство. Красные и жёлтые лучи имеют наиболее длинные волны, синие и фиолетовые — наиболее короткие. Поэтому очень мелкие частицы, нарушающие однородность эфира, будут отражать последние лучи заметнее, чем красные и жёлтые. Свет мутных сред тем синее, чем мельче непрозрачные частицы; более же крупные частицы при равномерном освещении отражают все цвета и потому дают беловатую мутность. Таков небесный голубой цвет, то есть цвет мутной атмосферы, видимой на фоне тёмного космического пространства. Чем чище и прозрачнее воздух, тем синее небо. Точно так же оно становится более синим и тёмным при подъёме на высокие горы — отчасти потому, что воздух на большой высоте менее мутен, отчасти потому, что над нами находится меньшая толща воздуха. Но тот же голубой цвет, который виден на фоне тёмного небесного пространства, появляется и на фоне тёмных земных предметов — например, когда между нами и массами сильно затенённых или покрытых лесом холмов находится толстый слой освещённого воздуха. Тот же воздушный свет делает синими и небо, и горы; за исключением того, что в первом случае он чист, а во втором смешан со светом от находящихся позади предметов и, кроме того, относится к более грубой мутности нижних слоёв атмосферы, вследствие чего кажется более белёсым. В жарких странах и при сухом воздухе воздушная мутность в нижних слоях также более тонка, и потому голубизна перед удалёнными земными предметами больше напоминает цвет неба. Ясность и чистота красок итальянских пейзажей главным образом зависят от этого обстоятельства. В высоких горах, особенно по утрам, воздушная мутность нередко бывает столь незначительной, что цвета самых удалённых предметов почти не отличаются от цветов ближайших. Тогда небо может казаться почти синевато-чёрным.

Напротив, более густая мутность состоит главным образом из более крупных частиц и потому имеет беловатый оттенок. Как правило, это имеет место в нижних слоях воздуха и при таких состояниях погоды, когда водяной пар в воздухе близок к точке конденсации.

С другой стороны, свет, достигающий глаза наблюдателя после прохождения через длинный слой воздуха, лишается части своих фиолетовых и синих лучей вследствие рассеянных отражений; поэтому он кажется желтоватым, жёлто-красным или красным — в первом случае при тонкой мутности, во втором — при грубой. Так окрашенными кажутся солнце и луна при восходе и заходе, а также удалённые ярко освещённые горные вершины, особенно снежные.

Эти окраски, впрочем, не являются особенностью воздуха, но встречаются во всех случаях, когда прозрачное вещество становится мутным вследствие примеси другого прозрачного вещества. Мы наблюдаем это, как уже отмечалось, в разбавленном молоке и в воде, к которой добавлено несколько капель одеколора, вследствие чего эфирные масла и смолы, растворённые в нём, выделяются и вызывают мутность. Чрезвычайно тонкие голубые облака, более синие даже, чем воздух, могут возникать, как заметил Тиндалл, когда солнечный свет оказывает своё разлагающее действие на пары некоторых углеродных соединений. Гёте обратил внимание на универсальность этого явления и пытался положить его в основу своей теории цвета.

Под воздушной перспективой мы понимаем художественное изображение воздушной мутности, ибо большее или меньшее преобладание воздушного цвета над цветом самих предметов весьма определённо показывает их различную удалённость, и особенно пейзажи благодаря этому приобретают впечатление глубины. В зависимости от погоды мутность воздуха может быть большей или меньшей, более белой или более синей. Очень чистый воздух, как иногда бывает после продолжительных дождей, заставляет удалённые горы казаться маленькими и близкими; тогда как при большем содержании влаги в воздухе они кажутся большими и далёкими.

Последнее, безусловно, более благоприятно для пейзажного живописца, и высокие прозрачные ландшафты горных областей, которые так часто заставляют альпиниста недооценивать расстояние и величину горных вершин перед ним, также трудно использовать в живописном отношении. Виды из долин, а также с морей и равнин, где

воздушный свет развит слабо, но отчётливо, гораздо более выгодны; они не только позволяют ясно различать различные расстояния и величины видимого, но и, с другой стороны, благоприятствуют художественному единству колорита.

Хотя воздушный цвет наиболее отчётливо проявляется в больших глубинах пейзажа, он не совершенно отсутствует и перед близкими предметами в комнате. То, что ясно выделяется и хорошо определяется, когда солнечный свет проникает в тёмную комнату через отверстие в ставне, не исчезает полностью и тогда, когда освещена вся комната. И здесь воздушное освещение должно выделяться на фоне и несколько приглушать цвета по сравнению с цветами более близких предметов; и эти различия также, хотя и гораздо более тонкие, чем на фоне пейзажа, имеют значение для исторического, жанрового или портретного живописца; и когда они тщательно наблюдаются и воспроизводятся, они значительно усиливают чёткость изображения.

II. Тень.

Обстоятельства, которые мы до сих пор обсуждали, указывают на глубокое различие, чрезвычайно важное для восприятия твёрдой формы, между зрительным образом, который дают нам глаза, когда мы стоим перед предметами, и тем, который даёт картина.

Выбор объектов для изображения в картинах этим сразу сильно ограничивается. Художники хорошо знают, что многое невозможно передать средствами, которыми они располагают. Часть их мастерства состоит в том, что посредством удачной группировки, положения и поворота предметов, удачного выбора точки зрения и способа освещения они учатся преодолевать неблагоприятные условия, наложенные на них в этом отношении.

На первый взгляд может показаться, что для необходимой правды картины по отношению к природе достаточно того, чтобы, будучи увиденной с правильной точки зрения, она хотя бы производила то же распределение света, цвета и

тени в поле зрения и создавала внутри глаза точно такое же изображение на сетчатке, какое создавал бы изображаемый предмет, если бы мы имели его действительно перед собой и смотрели на него с определённой фиксированной точки. Может показаться, что задача живописного мастерства — стремиться к созданию при данных ограничениях того же эффекта, который производит сам предмет.

Если мы начнём исследовать, может ли живопись удовлетворить такому условию и насколько, мы столкнёмся с трудностями, перед которыми, возможно, отступили бы, если бы не знали, что они уже были преодолены.

Начнём с простейшего случая — количественных отношений между световыми интенсивностями. Если художник должен точно имитировать впечатление, которое предмет производит на наш глаз, он должен располагать яркостью и темнотой, равными тем, что предлагает природа. Но об этом не может быть и речи.

Пример: в картинной галерее висит сцена пустыни, где процессия бедуинов в белых одеждах и темнокожих негров движется под палящим солнцем; рядом — голубоватая лунная сцена, где луна отражается в воде, а группы деревьев и человеческие фигуры едва различимы в темноте. Из опыта вы знаете, что обе картины, если они хорошо выполнены, могут удивительно живо передавать изображаемые объекты; и всё же на обеих картинах самые яркие части выполнены одной и той же белой краской (свинцовые белила), слегка изменённой примесями, а самые тёмные части — одной и той же чёрной краской. Обе картины, висящие на одной стене, освещаются одинаковым светом, и самые яркие, как и самые тёмные части обеих, едва различаются по степени яркости.

...

Дальнейший текст подробно объясняет измерения яркости солнца и луны, наблюдения Ламберта и Вулластона, а также физиологический фактор — «усталость глаза» от света. Автор показывает, что художник не просто копирует объект, а переводит впечатление в другую шкалу чувствительности глаза зрителя. Важнейший вывод: живопись — это не механическая передача света и цвета, а

искусство адаптации зрительных впечатлений к физиологическим условиям восприятия

Самый простой способ получения точно измеримых различий в яркости двух белых поверхностей основан на применении быстро вращающихся дисков. Если диск, подобный изображённому рядом на рис. 3, привести во вращение с очень большой скоростью (то есть 20–30 оборотов в секунду), то глазу он будет казаться покрытым тремя серыми кольцами, как показано на рис. 4. Читатель, однако, должен мысленно представить себе серый цвет этих колец, каким он является на вращающемся диске рис. 3, как едва заметный оттенок основного фона. При быстром вращении каждое кольцо диска кажется освещённым так, как если бы весь падающий на него свет был равномерно распределён по всей его поверхности. Те кольца, в которых имеются чёрные полосы, получают несколько меньше света, чем совершенно белые; и если сравнить ширину этих полос с длиной половины окружности соответствующего кольца, то мы получим ту долю, на которую интенсивность света на белом фоне диска уменьшается в данном кольце. Если все полосы одинаково широки, как на рис. 3, то внутренние кольца кажутся темнее внешних, ибо в последнем случае одна и та же потеря света распределяется по большей площади, чем в первом. Таким образом можно получить чрезвычайно тонкие оттенки яркости, и при этом, когда сила освещения изменяется, яркость всегда уменьшается на одну и ту же долю своей общей величины. Теперь оказывается, в соответствии с законом Фехнера, что отчётливость колец остаётся почти постоянной при самых различных силах освещения. Мы, разумеется, исключаем случаи слишком ослепляющего или слишком слабого света: в обоих этих случаях глаз уже не способен различать более тонкие различия.

Совершенно иначе обстоит дело, когда при различных силах освещения мы создаём различия, соответствующие всегда одному и тому же количеству света. Если, например, днём закрыть ставни комнаты так, что в ней станет совершенно темно, а затем осветить её свечой, то мы без труда различим тени, например тень руки, отбрасываемую свечой на лист белой бумаги. Но если затем снова открыть ставни, так что в комнату

войдёт дневной свет, то при том же положении руки мы уже не сможем распознать тень, хотя на ту часть белого листа, которая не затенена рукой, падает то же самое избыточное количество света свечи, что и на части, находящиеся в тени. Это небольшое количество света исчезает по сравнению с вновь добавленным дневным светом, если только он равномерно освещает все части белого листа. Вы видите, следовательно, что тогда как различие между светом свечи и темнотой легко различимо, столь же большое различие между дневным светом, с одной стороны, и дневным светом плюс свет свечи — с другой, уже не может быть распознано.

Этот закон имеет большое значение для различения различных степеней яркости природных объектов. Белое тело кажется белым потому, что оно отражает большую долю падающего на него света, а серое тело кажется серым потому, что оно отражает лишь малую его долю. При различных интенсивностях освещения разность яркости между ними всегда будет соответствовать одной и той же доле их общей яркости и потому будет одинаково различима для нашего глаза, пока мы не приближаемся слишком близко к верхнему или нижнему пределу яркости, для которых закон Фехнера уже не выполняется. Следовательно, в целом художник может вызвать у зрителя своей картины впечатление равной разницы яркостей, несмотря на изменяющуюся силу освещения в зале, если только он придаст своим краскам те же соотношения яркости, какие действительно существуют в природе.

Ибо в действительности при наблюдении природных объектов абсолютная яркость, в которой они представляются глазу, изменяется в чрезвычайно широких пределах в зависимости от интенсивности освещения и чувствительности глаза. Постоянным остаётся лишь отношение яркостей, в которых поверхности различной цветовой насыщенности представляются нам при одинаковом освещении. Но именно это отношение яркостей и является для нас тем восприятием, на основании которого мы составляем суждение о том, светлее или темнее кажутся видимые нами тела. Это отношение художник может воспроизвести без ограничений и в соответствии с природой, чтобы вызвать в нас то же представление

о свойствах изображаемых тел.

Точное подражание в этом отношении было бы достигнуто в тех пределах, в которых справедлив закон Фехнера, если бы художник воспроизводил полностью освещённые части изображаемых им предметов пигментами, которые при том же освещении были бы равны по цвету представляемым объектам. Приблизительно так и происходит. В целом художник выбирает цветные пигменты, которые почти точно воспроизводят цвета изображаемых тел, особенно для объектов небольшой глубины, таких как портреты, и делает их лишь темнее в затенённых местах. Дети начинают рисовать именно по этому принципу: они подражают одному цвету другим; точно так же поступают и народы, у которых живопись осталась на детской стадии развития. Подлинно художественная живопись достигается лишь тогда, когда удаётся воспроизвести не сами пигменты, а действие света на глаз; и только если мы будем рассматривать предмет живописного изображения с этой точки зрения, станет возможным понять те отступления от природы, которые художники вынуждены делать при выборе своей цветовой и светотеневой шкалы.

Эти отступления прежде всего обусловлены тем обстоятельством, что закон Фехнера справедлив лишь для средних степеней яркости, тогда как при слишком высокой или слишком низкой яркости возникают заметные отклонения.

При обоих крайних значениях световой интенсивности глаз менее чувствителен к различиям света, чем того требует этот закон. При очень сильном свете он ослепляется, то есть его внутренняя деятельность не может поспевать за внешними раздражениями; нервы слишком быстро утомляются. Очень яркие объекты почти всегда кажутся одинаково яркими, даже когда в действительности между ними имеются существенные различия в световой интенсивности. Свет у края солнечного диска лишь примерно вдвое слабее, чем в центре, однако никто из вас не замечал этого, если только не смотрел на солнце через цветные стёкла, уменьшающие яркость до удобной степени. При слабом освещении глаз также менее чувствителен, но по противоположной причине: если тело освещено столь слабо, что мы

едва его различаем, мы не сможем заметить, что его яркость уменьшилась тенью на одну сотую или даже на одну десятую долю.

Отсюда следует, что при умеренном освещении тёмные объекты становятся более похожими на самые тёмные, а при более сильном освещении светлые объекты — более похожими на самые светлые, чем это должно было бы быть согласно закону Фехнера, справедливому для средних степеней освещения. Из этого возникает чрезвычайно характерное для живописи различие между впечатлением очень сильного и очень слабого освещения.

Когда художники желают изобразить пылающий солнечный свет, они делают все предметы почти одинаково яркими и тем самым создают с помощью своих умеренно ярких красок то впечатление, какое солнечное сияние производит на ослеплённый глаз наблюдателя. Если же, напротив, они хотят изобразить лунный свет, то обозначают лишь самые яркие объекты, особенно отражения лунного света на блестящих поверхностях, а всё остальное оставляют столь тёмным, что оно почти неразлично; то есть они делают все тёмные объекты более похожими на предельно возможную для их красок темноту, чем это соответствовало бы истинному соотношению светимостей. В обоих случаях они выражают своей градацией света нечувствительность глаза к различиям слишком яркого или слишком слабого освещения. Если бы они могли воспользоваться цветом ослепительной яркости полного солнечного света или действительной тусклости лунного сияния, им не пришлось бы изменять светотеневую градацию по сравнению с природой; картина тогда производила бы на глаз то же впечатление, какое создаётся равными степенями яркости реальных объектов. Описанное же изменение шкалы теней необходимо потому, что краски картины воспринимаются при средней яркости умеренно освещённого помещения, для которой справедлив закон Фехнера, тогда как изображаемые объекты обладают яркостями, выходящими за пределы этого закона.

Мы обнаруживаем, что старые мастера, и прежде всего Рембрандт, пользуются тем же отклонением, которое соответствует впечатлению, реально

наблюдаемому в лунных пейзажах, — и это в случаях, когда вовсе не ставится цель вызвать ощущение лунного света или подобного слабого освещения. Самые светлые части объектов в этих картинах даны яркими, светящимися желтоватыми красками; но переходы к чёрному сделаны чрезвычайно резкими, так что тёмные предметы почти теряются в непроницаемой темноте. Эта темнота, однако, покрыта желтоватой дымкой сильно освещённых воздушных масс, так что, несмотря на свою мрачность, картины производят впечатление солнечного света, а резкая градация теней делает контуры лиц и фигур чрезвычайно выразительными. Отклонение от строгой верности природе в этой светотени весьма заметно, и тем не менее такие картины дают особенно яркое и живое впечатление предметов. Поэтому они представляют особый интерес для понимания принципов живописного освещения.

Чтобы объяснить эти действия, необходимо, как мне кажется, учитывать, что хотя закон Фехнера приблизительно верен для тех средних степеней света, которые приятны глазу, те отклонения, которые столь заметны при слишком сильном или слишком слабом освещении, не остаются без влияния и в области средних яркостей. Нужно внимательнее присмотреться, чтобы уловить это влияние. Действительно, оказывается, что самые тонкие различия оттенков, создаваемые на вращающемся диске, видимы лишь при таком освещении, которое примерно соответствует освещению белой бумаги в ясный день, когда она освещена светом неба, но не подвергается прямому солнечному лучу. При таком свете различимы оттенки в $\frac{1}{150}$ или $\frac{1}{180}$ от общей интенсивности. Свет же, при котором обычно рассматриваются картины, значительно слабее; и если мы хотим сохранить ту же отчётливость самых тонких теней и моделировки контуров, которую они дают, градации тени в картине должны быть несколько усилены по сравнению с точными световыми интенсивностями. Вследствие этого самые тёмные объекты картины становятся неестественно тёмными, что, однако, не вредит задаче художника, если внимание зрителя должно быть сосредоточено на более светлых частях. Большая художественная действенность этого приёма показывает, что главное значение имеет подражание различиям яркости, а не абсолютной яркости, и что самые

большие отклонения в последнем отношении могут интенсивность увеличивается лишь умеренно, и быть допущены без заметного несоответствия, если притом в одинаковой доле для обоих. только их градации воспроизведены выразительно.

III. Цвет.

С этими отклонениями в яркости связаны и некоторые отклонения в цвете, которые с физиологической точки зрения обусловлены тем, что шкала чувствительности различна для различных цветов. Сила ощущения, вызываемого светом определённого цвета при данной интенсивности освещения, целиком зависит от специфической реакции того комплекса нервов, который при этом приводится в действие

...под действием рассматриваемого света. Все наши цветовые ощущения представляют собой смеси трёх простых ощущений, а именно красного, зелёного и фиолетового,[17] которые, согласно весьма правдоподобному предположению Томаса Юнга, могут восприниматься совершенно независимо друг от друга тремя различными системами нервных волокон. Этой независимости различных цветовых ощущений соответствует и их независимость в градации интенсивности. Недавние измерения[18] показали, что чувствительность нашего глаза к слабым теням наибольшая в синей области и наименьшая в красной. В синем различие интенсивности в $1/205$ — $1/268$ ещё может быть замечено, тогда как в красном — лишь в $1/16$ при неутомлённом глазе, или, если цвет ослаблен вследствие длительного рассматривания, — в $1/50$ — $1/70$.

Следовательно, красный цвет действует как такой, к оттенкам которого глаз сравнительно менее чувствителен, чем к оттенкам синего. В соответствии с этим и впечатление ослепления при увеличении интенсивности света слабее для красного, чем для синего. По наблюдению Дове, если выбрать синюю и красную бумагу, которые при среднем белом освещении кажутся одинаково яркими, то при значительном ослаблении света синяя будет казаться ярче, а при значительном усилении — красная. Я сам обнаружил, что те же различия проявляются, причём ещё более резко, в красных и фиолетовых спектральных цветах, когда

Впечатление белого складывается из впечатлений, которые производят на глаз отдельные спектральные цвета. Если мы увеличиваем яркость белого, то сила ощущения от красных и жёлтых лучей возрастает относительно сильнее, чем от синих и фиолетовых. Поэтому в ярком белом первые производят относительно более сильное впечатление, чем последние; в тусклом же белом, напротив, синие и голубоватые цвета оказываются преобладающими. Очень яркий белый кажется, следовательно, желтоватым, а тусклый белый — голубоватым. В нашем обычном созерцании окружающих нас предметов мы не так легко отдаём себе в этом отчёт, ибо прямое сравнение цветов очень различной яркости затруднено, и мы привыкли рассматривать это изменение белого как результат различного освещения одного и того же белого предмета, так что при оценке пигментных цветов мы научились устранять влияние яркости.

Если же перед художником стоит задача воспроизвести с помощью слабых красок белый цвет, озарённый солнечным светом, он может достигнуть высокой степени сходства; добавляя к белому жёлтый, он заставляет этот цвет преобладать точно так же, как он преобладает в действительном ярком свете вследствие воздействия на нервы. Это то же впечатление, какое возникает, если мы смотрим на затянутый облаками пейзаж сквозь жёлтое стекло и тем самым придаём ему вид солнечного освещения. Напротив, художник придаёт лунному свету — то есть слабому белому — голубоватый оттенок; ибо цвета на картине, как мы видели, должны быть значительно ярче, чем изображаемый цвет. При лунном свете едва ли можно различить какой-либо иной цвет, кроме синего: синее звёздное небо или синие предметы ещё могут казаться отчётливо окрашенными, тогда как жёлтые и красные цвета воспринимаются лишь как затемнения общего голубоватого белого или серого.

Я вновь напомню, что все эти изменения цвета были бы не нужны, если бы художник располагал красками той же яркости или той же слабости, какую в действительности обнаруживают тела,

освещённые солнцем или луной.

Изменение цвета, так же как и ранее рассмотренная шкала светотени, есть субъективное действие, которое художник вынужден объективно воспроизводить на своём полотне, поскольку умеренно яркие краски сами по себе не способны вызывать такие впечатления.

Нечто весьма сходное мы наблюдаем и в отношении явлений контраста. Под этим термином мы понимаем случаи, когда цвет или яркость поверхности кажутся изменёнными вследствие близости массы другого цвета или оттенка, причём исходный цвет кажется темнее рядом с более светлым оттенком и светлее рядом с более тёмным; тогда как при соседстве цвета иного рода он склоняется к дополнительному тону.

Явления контраста весьма разнообразны и зависят от различных причин. Один их класс — одновременный контраст Шеврёля — не зависит от движений глаза и проявляется на поверхностях с весьма незначительными различиями в цвете и тоне. Этот контраст обнаруживается как на картине, так и в реальных предметах и хорошо известен художникам. Их смеси красок на палитре часто кажутся совсем иными, чем на картине. Цветовые изменения, возникающие здесь, нередко бывают весьма поразительными; однако я не буду на них останавливаться, так как они не вызывают расхождений между изображением и действительностью.

Второй класс явлений контраста, который для нас более важен, возникает при изменениях направления взгляда, особенно между поверхностями с большими различиями в тоне и цвете. Когда глаз скользит по светлым и тёмным или окрашенным предметам и поверхностям, впечатление каждого цвета изменяется, ибо оно запечатлевается на тех участках сетчатки, которые непосредственно перед этим были возбуждены другими цветами и светами и потому изменили свою чувствительность к новому раздражению. Этот вид контраста, следовательно, по существу зависит от движений глаза и был назван Шеврёлем «последовательным контрастом».

Мы уже видели, что в темноте сетчатка становится более чувствительной к слабому свету, чем прежде.

Напротив, сильный свет притупляет её и делает менее чувствительной к слабым световым раздражениям, которые ранее воспринимались. Этот последний процесс обозначают как «утомление» сетчатки — истощение её способности вследствие собственной деятельности, подобно тому как мышцы утомляются от работы.

Здесь я должен заметить, что утомление сетчатки светом вовсе не обязательно распространяется на всю её поверхность; когда лишь небольшой участок этой оболочки поражается маленьким, чётко очерченным изображением, утомление может развиваться локально только в этой части.

Все вы, несомненно, наблюдали тёмные пятна, которые движутся в поле зрения после того, как мы в течение короткого времени смотрели на заходящее солнце; физиологи называют их отрицательными последовательными изображениями солнца. Они возникают потому, что лишь те участки сетчатки, на которые действительно падает изображение солнца в глазу, становятся нечувствительными к новому световому раздражению. Если глаз, утомлённый таким образом локально, обращается затем к равномерно освещённой поверхности, например к небу, то утомлённые части сетчатки возбуждаются слабее и темнее, чем остальные, так что наблюдателю кажется, будто он видит в небе тёмные пятна, которые движутся вместе с его взглядом. Здесь мы имеем рядом, в ярких частях неба, впечатление, производимое ими на неутомлённые участки сетчатки, а в тёмных пятнах — их воздействие на утомлённые участки. Яркие предметы, подобные солнцу, вызывают отрицательные последовательные изображения особенно отчётливо; но при некотором внимании их можно заметить и после значительно более умеренных световых воздействий. Для того чтобы такое впечатление стало ясно различимым, требуется более длительное время, и необходимо фиксировать определённую точку яркого объекта, не двигая глазом, чтобы его изображение чётко образовалось на сетчатке и возбуждался и утомлялся лишь ограниченный её участок — подобно тому как при получении чётких фотографических портретов объект должен оставаться неподвижным во время экспозиции, чтобы его изображение не смещалось на

чувствительной пластинке. Последовательное изображение в глазу есть как бы фотография на сетчатке, которая становится видимой благодаря изменённой чувствительности к новому свету, но удерживается неподвижно лишь короткое время; оно тем продолжительнее, чем сильнее и длительнее было действие света.

Если рассматриваемый предмет был окрашен, например это была красная бумага, то последовательное изображение имеет дополнительный цвет на сером фоне; в данном случае — голубовато-зелёный.[19] Розово-красная бумага, напротив, даёт чисто зелёное последовательное изображение, зелёная — розово-красное, синяя — жёлтое, а жёлтая — синее. Эти явления показывают, что в сетчатке возможно частичное утомление для отдельных цветов. Согласно гипотезе Томаса Юнга о существовании трёх систем волокон в зрительных нервах,[20] из которых одна воспринимает красное независимо от рода раздражения, вторая — зелёное, а третья — фиолетовое, при воздействии зелёного света сильно возбуждаются и утомляются лишь те волокна сетчатки, которые чувствительны к зелёному. Если затем тот же участок сетчатки освещается белым светом, ощущение зелёного ослабевает, тогда как ощущения красного и фиолетового остаются живыми и преобладающими; их сумма даёт ощущение пурпурного, которое, смешиваясь с неизменённым белым фоном, образует розово-красный цвет.

В обычном рассматривании светлых и цветных предметов мы не привыкли непрерывно фиксировать одну и ту же точку; следуя за движением нашего внимания, мы постоянно переводим взгляд на новые части объекта по мере того, как они нас интересуют. Такой способ рассматривания, при котором глаз непрерывно движется и, следовательно, изображение на сетчатке также постоянно смещается, имеет к тому же то преимущество, что он предотвращает нарушения зрения, которые могли бы быть вызваны сильными и продолжительными последовательными изображениями. Однако и здесь последовательные изображения не исчезают полностью; они лишь имеют размытые контуры и очень короткую продолжительность.

Если красную поверхность положить на серый фон и перевести взгляд с красного через край на серый, то края серого будут казаться как бы затронутыми таким последовательным изображением красного и покажутся слегка голубовато-зелёными. Но так как последовательное изображение быстро исчезает, то обычно лишь те участки серого, которые находятся ближе всего к красному, проявляют это изменение в заметной степени.

Это явление также сильнее проявляется при ярком свете и насыщенных, блестящих цветах, чем при слабом освещении и более тусклых тонах. Художник же в большинстве случаев работает именно с последними. Большинство своих оттенков он получает путём смешения; однако каждый смешанный пигмент более сер и более тускл, чем чистый цвет, из которого он составлен, и даже немногие пигменты высокой насыщенности...

Масляные краски, которые можно применять в живописи, сравнительно тёмные. Пигменты, используемые в акварели и цветных мелках, напротив, сравнительно светлые. Поэтому такие яркие контрасты, какие наблюдаются в природе у сильно окрашенных и ярко освещённых предметов, нельзя ожидать от их изображения на картине. Если художник, располагая имеющимися у него красками, хочет воспроизвести впечатление от предметов как можно более выразительно, он должен писать именно контрасты, которые они создают. Если бы краски на картине были столь же блестящими и светящимися, как в самих предметах, контрасты возникали бы сами собой, так же как и в природе. Здесь также субъективные явления глаза должны быть объективно введены в картину, потому что шкала цвета и яркости на ней иная.

При небольшом внимании вы заметите, что живописцы и рисовальщики обычно делают равномерно освещённую поверхность светлее там, где она примыкает к тёмному предмету, и темнее там, где она рядом со светлым предметом. Вы увидите, что равномерные серые поверхности получают желтоватый оттенок на краю, где фоном служит синий цвет, и розово-красный оттенок там, где они соприкасаются с зелёным, при условии, что никакой свет, собранный от синего или зелёного, не падает на серый. Когда солнечные лучи, проходя

сквозь зелёную лиственную тень деревьев, падают на землю, они кажутся глазу, уставшему от преобладающего зелёного, розово-красными; весь дневной свет, входящий через щель, кажется голубым по сравнению с красновато-жёлтым светом свечи. Таким образом они изображаются художником, так как краски его картин недостаточно ярки, чтобы вызвать контраст без такой помощи.

К ряду субъективных явлений, которые художники вынуждены объективно изображать в своих картинах, должны быть отнесены определённые явления иррадиации. Под этим понимаются случаи, когда любой яркий предмет в поле зрения распространяет свой свет или цвет на окружающее пространство. Явления тем более заметны, чем ярче излучающий предмет; ореол наиболее яркий в непосредственной близости от светящегося объекта и уменьшается на большем расстоянии. Эти явления иррадиации наиболее поразительны вокруг очень яркого света на тёмном фоне. Если вид пламени закрыть узким тёмным предметом, например пальцем, исчезает яркий туманный ореол, покрывающий всё окружение, и одновременно любые предметы, находящиеся в тёмной части поля зрения, становятся более отчётливыми. Если пламя частично заслонено линейкой, она кажется зубчатой там, где пламя выступает за её край. Яркость вблизи пламени столь велика, что её почти невозможно отличить от самого пламени; как и все яркие предметы, пламя кажется увеличенным и как бы распространяющимся на соседние тёмные объекты.

Причина этого явления весьма сходна с причиной воздушной перспективы. Оно вызвано рассеянием света, возникающим при прохождении света через мутные среды, за исключением того, что для явлений воздушной перспективы помутнение следует искать в воздухе перед глазом, а для истинных явлений иррадиации — в прозрачных средах самого глаза. Даже у самого здорового человеческого глаза при сильном освещении видно, что склера и хрусталик не совершенно прозрачны. При сильном освещении они кажутся белесыми и как бы затуманенными тонкой дымкой. Оба они, по сути, являются тканями волокнистой структуры и потому не столь однородны, как чистая жидкость или чистый кристалл. Каждое, даже самое малое,

неравномерное включение в структуре прозрачного тела может отражать часть падающего света — то есть рассеивать его во все стороны.

Явления иррадиации возникают также при умеренной яркости. Тёмное отверстие в листе бумаги, освещённом солнцем, или небольшой тёмный предмет на цветной стеклянной пластине, поднятой к ясному небу, кажутся так, будто цвет соседней поверхности распространяется на них.

Таким образом, явления иррадиации очень похожи на те, которые вызывают помутнение воздуха. Единственное существенное различие состоит в том, что помутнение светящимся воздухом сильнее перед удалёнными предметами, перед которыми больше массы воздуха, чем перед близкими; тогда как иррадиация в глазу равномерно распространяет свой ореол как на близкие, так и на дальние предметы.

Иррадиация также относится к субъективным явлениям глаза, которые художник изображает объективно, потому что нарисованные огни и нарисованное солнце недостаточно ярки, чтобы вызвать явную иррадиацию в глазу наблюдателя.

Изображение, которое художник должен дать светам и цветам своего объекта, я описал как перевод, и подчеркнул, что, как общее правило, оно не может дать копию, верную во всех деталях. Изменённая шкала яркости, которую художник должен применять во многих случаях, противоречит этому. Изображать нужно не цвета предметов, а впечатление, которое они произвели или могли бы произвести, чтобы вызвать как можно более ясное и живое представление об этих предметах.

В заключение отмечается, что в любом переводе играет роль индивидуальность переводчика. В художественных произведениях многие важные моменты остаются на выбор художника, который может решать их по своему вкусу или в соответствии с требованиями сюжета. В определённых пределах он свободно выбирает абсолютную яркость своих красок, а также силу теней. Как Рембрандт, он может их усиливать, чтобы получить сильный рельеф; или, как Фра Анжелико и его современные подражатели, уменьшать их, чтобы смягчить земные тени в

изображении священных объектов. Как голландская школа, он может изображать изменяющийся свет атмосферы — то яркий и солнечный, то бледный, тёплый или холодный — и тем самым вызывать у зрителя настроения, зависящие от освещения и состояния погоды; или посредством спокойного воздуха он может заставить свои фигуры выступать объективно ясно, как бы не затронутыми субъективными впечатлениями. Таким образом достигается большое разнообразие в том, что художники называют «стилем» или «манерой», и действительно в их чисто живописных элементах.

IV. Гармония цвета.

Здесь естественным образом возникает вопрос: если художник, вследствие малого количества света и недостаточной насыщенности своих красок, стремится всевозможными косвенными средствами — подражая субъективным впечатлениям — как можно ближе, но всё же несовершенной приблизиться к природе, не было бы ли удобнее попытаться устранить сами эти недостатки? Такие средства действительно существуют. Фрески иногда рассматриваются при прямом солнечном свете; прозрачные изображения и живопись по стеклу могут пользоваться значительно большей яркостью и гораздо более насыщенными цветами; в диорамах и театральных декорациях можно применять мощное искусственное освещение и, при необходимости, электрический свет. Но стоит лишь перечислить эти области искусства, как сразу становится ясно, что произведения, которые мы почитаем величайшими шедеврами живописи, к ним не принадлежат; напротив, подавляющее большинство великих произведений искусства выполнено сравнительно тусклыми акварельными или масляными красками или, по крайней мере, рассчитано на помещения с смягчённым освещением. Если бы более высокие художественные эффекты можно было достигать с помощью красок, освещённых солнечным светом, мы, несомненно, имели бы картины, использующие это преимущество. К этому привела бы фресковая живопись; или же опыты знаменитого мюнхенского оптика Штейнхайля, которые он предпринимал в научных целях — а именно, чтобы создавать

масляные картины, предназначенные для рассматривания при ярком солнечном свете, — не остались бы единичными.

Опыт, по-видимому, учит нас, что умеренность света и цвета в живописи всегда оказывается полезной; и достаточно взглянуть на фрески, находящиеся под прямыми солнечными лучами, например в новой Пинакотеке в Мюнхене, чтобы понять, в чём заключается это преимущество. Их яркость столь велика, что мы не в состоянии долго и спокойно на них смотреть. И то, что в этом случае столь болезненно и утомительно для глаза, действовало бы, хотя и в меньшей степени, и тогда, если бы в картине применялись яркие краски — даже локально и в умеренном объёме — для изображения ослепительного солнечного света и потока сияния, разлитого по всему полотну. Гораздо легче добиться точного подражания слабому свету луны с помощью искусственного освещения в диорамах и театральных декорациях.

Поэтому правдивость по отношению к природе в прекрасной картине можно назвать облагороженной верностью природе. Такая картина воспроизводит всё существенное в впечатлении и достигает полной живости представления, не повреждая и не утомляя глаз обнажёнными светом действительности. Различия между искусством и природой, как мы уже видели, главным образом ограничиваются теми сторонами, которые и в самой действительности мы можем оценивать лишь весьма неопределённо, — например абсолютной интенсивностью света.

То, что приятно для чувств, благотворная, но не изнуряющая усталость наших нервов, чувство комфорта — всё это в данном случае, как и во многих других, соответствует тем условиям, которые наиболее благоприятны для восприятия внешнего мира и которые допускают наиболее тонкое различие и наблюдение.

Выше уже было упомянуто, что различие самых тонких теней и того моделирования форм, которое они выражают, наиболее чувствительно при некоторой средней яркости. Я хотел бы обратить ваше внимание ещё на один пункт, имеющий большое значение для живописи, — на наше естественное наслаждение цветами, которое, без

сомнения, оказывает сильное влияние на удовольствие, доставляемое нам произведениями художника. В своём простейшем проявлении — как удовольствие от пёстрых цветов, перьев, камней, фейерверков и бенгальских огней — это влечение имеет лишь малое отношение к художественному чувству человека; оно выступает лишь как естественное удовольствие воспринимающего организма от многообразного и изменчивого возбуждения различных нервов, необходимого для его здорового существования и деятельности. Однако совершенная целесообразность устройства живых организмов, каково бы ни было их происхождение, исключает возможность того, чтобы у большинства здоровых людей мог развиваться или сохраняться инстинкт, не служащий какой-либо определённой цели.

Недалеко приходится искать объяснение наслаждению светом и цветами, равно как и страху перед темнотой: оно совпадает со стремлением видеть и распознавать окружающие предметы. Темнота обязана большей частью внушаемого ею ужаса страху перед неизвестным и нераспознаваемым. Цветная картина даёт гораздо более точное, богатое и лёгкое представление, чем столь же выполненный рисунок, сохраняющий лишь контрасты света и тени. Картина удерживает и их, но, кроме того, располагает средством различения, которое дают цвета: поверхности, кажущиеся на рисунке одинаково светлыми, благодаря различию их окраски теперь относятся к разным предметам, или же, напротив, как сходные по цвету, распознаются как части одного и того же или сходных предметов. Пользуясь этими естественно данными соотношениями, художник с помощью ярких цветов может направлять и приковывать внимание зрителя к главным объектам картины; а разнообразием одежды — различать фигуры между собой, в то же время придавая каждой из них внутреннюю завершенность. Даже естественное удовольствие от чистых, сильно насыщенных цветов находит здесь своё оправдание.

Этот случай аналогичен музыке с её полными, чистыми, хорошо звучащими тонами прекрасного голоса. Такой голос более выразителен: даже самое малое изменение высоты или тембра — любое лёгкое прерывание, дрожание, подъём или спад —

сразу же гораздо яснее распознаётся слушателем, чем это было бы возможно при менее правильном звучании; и кажется также, что мощное возбуждение, которое он производит в ухе слушателя, сильнее пробуждает цепи представлений и страстей, чем более слабое возбуждение того же рода. Чистый, основной цвет относится к малым примесям так же, как тёмный фон, на котором виден самый слабый оттенок света. Любая из присутствующих дам знает, насколько чувствительна одежда одноцветных насыщенных цветов к загрязнению по сравнению с серыми или серовато-коричневыми тканями. Это также согласуется с выводами теории цветов Юнга. Согласно этой теории, восприятие каждого из трёх основных цветов возникает вследствие возбуждения только одного рода чувствительных волокон, тогда как два других находятся в покое или, по крайней мере, возбуждены весьма слабо. Яркий, чистый цвет производит мощный стимул и вместе с тем сохраняет высокую чувствительность к примеси других цветов в тех системах нервных волокон, которые находятся в покое.

Моделировка окрашенной поверхности в значительной степени зависит от отражения света других цветов, падающего на неё извне. Особенно в тех случаях, когда материал блестит, отражения светлых мест преимущественно принимают цвет падающего света. В глубине складок, напротив, окрашенная поверхность отражает свет сама на себя и тем самым делает собственный цвет более насыщенным. Белая же поверхность при большой яркости производит ослепляющее действие и вследствие этого становится нечувствительной к слабым градациям тени. Таким образом, сильные цвета благодаря мощному раздражению, которое они вызывают, могут приковывать взгляд наблюдателя и в то же время оставаться выразительными для самых тонких изменений моделировки или освещения, то есть быть выразительными в художественном смысле.

Если же, напротив, мы покрываем слишком большие поверхности, они вызывают утомление по отношению к преобладающему цвету и уменьшение чувствительности к нему. Тогда этот цвет становится более серым, а на всех поверхностях другого цвета появляется дополнительный оттенок, особенно на серых или

чёрных. Поэтому одежда, а в особенности занавеси, слишком яркого одного цвета производят неудовлетворительное и утомляющее впечатление; кроме того, такая одежда имеет для носящего её тот недостаток, что она окрашивает лицо и руки в дополнительный цвет. Синий вызывает жёлтый, фиолетовый — зеленовато-жёлтый, яркий пурпур — зелёный, алый — синий, и наоборот: жёлтый даёт синий и т. д.

Есть и ещё одно обстоятельство, которое художник должен учитывать: цвет является для него важным средством привлечения внимания зрителя. Чтобы суметь это сделать, он должен быть скуп в употреблении чистых цветов, иначе они рассеивают внимание и картина становится кричащей. С другой стороны, необходимо избегать одностороннего утомления глаза слишком преобладающим цветом. Это достигается либо введением преобладающего цвета в умеренном количестве на тусклом, слабо окрашенном фоне, либо сопоставлением цветов различной насыщенности, которые создают некоторое равновесие раздражений в глазу и, благодаря контрасту своих последовательных образов, взаимно усиливают и укрепляют друг друга. Зелёная поверхность, на которую падает зелёный последовательный образ пурпурной, кажется гораздо более чисто зелёной, чем без такого последовательного образа. Утомление к пурпурному, то есть к красному и фиолетовому, ослабляет всякую примесь этих двух цветов в зелёном, тогда как сам зелёный проявляет своё полное действие. Таким образом ощущение зелёного очищается от всякой посторонней примеси. Даже самый чистый и насыщенный зелёный, который природа показывает в призматическом спектре, может таким образом приобрести ещё большую степень насыщенности. Мы видим, следовательно, что другие пары дополнительных цветов, о которых мы упоминали, взаимно усиливают друг друга своим контрастом, тогда как очень близкие по тону цвета вредят друг другу и приобретают сероватый оттенок.

Эти взаимные отношения цветов, очевидно, оказывают большое влияние на степень удовольствия, доставляемого различными цветовыми сочетаниями. Два цвета могут без ущерба быть сопоставлены, если они настолько

близки, что выглядят как разновидности одного и того же цвета, полученные различными степенями света и тени. Так, на алом более затенённые части кажутся карминными, а на соломенно-жёлтом — золотисто-жёлтыми.

Если же выйти за эти пределы, мы приходим к неприятным сочетаниям, таким как кармин и оранжевый или оранжевый и соломенно-жёлтый. Тогда расстояние между цветами должно быть увеличено, чтобы вновь создать приятные сочетания. Дополнительные цвета — это те, которые наиболее удалены друг от друга. Когда они соединяются, например соломенно-жёлтый и ультрамарин или ярь-медянка и пурпур, в них есть нечто пресное и вместе с тем грубое; быть может потому, что мы склонны ожидать появления второго цвета как последовательного образа первого, и он недостаточно ясно выступает как новый и самостоятельный элемент сочетания. Поэтому в целом наиболее приятны сочетания тех пар, в которых второй цвет дополнительного оттенка находится близко к первому, хотя и с отчётливым различием. Так, алый и зеленовато-синий являются дополнительными. Сочетание становится ещё более приятным, когда зеленовато-синий переходит либо в ультрамарин, либо в желтовато-зелёный (сап-зелёный). В первом случае сочетание тяготеет к розово-красному, во втором — к жёлтому. Ещё более удовлетворительны сочетания трёх тонов, которые создают равновесие цветового впечатления и, несмотря на богатство цвета, избегают одностороннего утомления глаза, не впадая в сухость дополнительных тонов. К таким относится сочетание, столь часто употреблявшееся венецианскими мастерами, — красный, зелёный и фиолетовый; а также сочетание Паоло Веронезе — пурпурный, зеленовато-синий и жёлтый. Первая триада приблизительно соответствует трём основным цветам, насколько они могут быть получены с помощью пигментов; вторая даёт смеси каждой пары основных цветов.

Однако следует заметить, что до сих пор не удалось установить правила гармонии цветов с той же точностью и определённой, как правила созвучия тонов. Напротив, рассмотрение фактов показывает, что в игру вступает целый ряд побочных влияний, как только окрашенная

поверхность должна также, полностью или частично, представлять природные предметы или твёрдые формы, или даже если она лишь создаёт подобие рельефа, затенённых и незатенённых поверхностей. Кроме того, часто бывает трудно фактически установить, какие именно цвета вызывают гармоническое впечатление. Это особенно относится к картинам, в которых воздушный цвет, цветные отражения и тени столь разнообразно изменяют оттенок каждой отдельной окрашенной поверхности, если она не совершенно гладка, что почти невозможно дать бесспорное определение её тона. В таких случаях, к тому же, непосредственное воздействие цвета на глаз является лишь второстепенным средством; тогда как яркие цвета и света должны служить прежде всего для направления внимания на более важные пункты изображения. По сравнению с этими более поэтическими и психологическими элементами изображения соображения о приятном действии цветов отступают на задний план. Лишь в чисто орнаментальных работах — на коврах, драпировках, лентах или архитектурных поверхностях — существует свободное поле для чистого наслаждения цветами, и лишь там оно может развиваться по собственным законам.

И в картинах, как правило, нет полного равновесия между различными цветами: один из них преобладает в степени, соответствующей господствующему освещению. Это обусловлено, прежде всего, правдивым подражанием физическим условиям. Если освещение богато жёлтым светом, жёлтые цвета будут казаться ярче и блестящее, чем синие; ибо жёлтые тела преимущественно отражают жёлтый свет, тогда как синий отражается лишь слабо и главным образом поглощается. Перед затенёнными частями синих тел жёлтый воздушный свет проявляет своё действие и придаёт синему более или менее серый оттенок. То же происходит и с красным и зелёным, хотя и в меньшей степени, так что в их тенях эти цвета склоняются к жёлтому. Это также тесно согласуется с эстетическими требованиями художественного единства цветовой композиции: различные цвета обнаруживают связь с преобладающим цветом и наиболее ясно указывают на него в своих тенях. Там, где этого нет, различные цвета кажутся жёсткими и грубыми, и, поскольку каждый из них привлекает внимание к

себе, они производят пёстрое и тревожное впечатление, а вместе с тем — холодное, ибо отсутствует видимость потока света, разлитого по предметам.

Мы имеем в природе образец той гармонии, которую может дать в картине удачно переданное освещение воздушных масс, — в свете заходящего солнца, которое заливают даже беднейшие местности потоком света и цвета и гармонически их озаряет. Естественная причина этого усиления воздушного освещения заключается в том, что нижние и более плотные слои воздуха находятся по направлению к солнцу и потому отражают свет сильнее; одновременно желтовато-красный цвет света, прошедшего через атмосферу, становится тем заметнее, чем больше длина пути, который ему приходится пройти, и, кроме того, эта окраска тем резче, чем сильнее погружается в тень задний план.

Подводя ещё раз итог этим соображениям, мы прежде всего увидели, какие ограничения накладываются на правдивость по отношению к природе в художественном изображении; как художник лишён главного средства, которое природа предоставляет для распознавания глубины поля зрения, а именно бинокулярного зрения, которое даже обращается против него, так как с несомненностью обнаруживает плоскость картины; как поэтому художник должен тщательно подбирать, с одной стороны, перспективное расположение своего сюжета, его положение и ракурс, а с другой — освещение и светотень, чтобы дать нам непосредственно понятный образ его величины, формы и расстояния, и как правдивое изображение воздушного света является одним из важнейших средств достижения этой цели.

Затем мы увидели, что даже шкала световой интенсивности, встречающаяся в самих предметах, должна быть преобразована в картине в иную, иногда отличающуюся в сто раз; что здесь цвет предмета не может быть просто воспроизведён пигментом и что необходимо внести существенные изменения в распределение светлого и тёмного, желтоватых и голубоватых тонов.

Художник не может переписать Природу; он должен перевести её. Но этот перевод способен дать нам впечатление в высшей степени ясное и

сильное — не только от самих предметов, но даже от тех сильно изменённых степеней световой интенсивности, при которых мы их воспринимаем. Изменённая шкала во многих случаях действительно оказывается выгодной, ибо устраняет всё то, что в реальных предметах слишком ослепляет и чрезмерно утомляет глаз. Таким образом, подражание природе в картине становится одновременно и облагораживанием чувственного впечатления. В этом отношении мы часто можем спокойнее и непрерывнее предаваться созерцанию произведения искусства, чем созерцанию реального объекта. Произведение искусства способно создать такие градации света и такие оттенки, при которых моделировка форм становится наиболее отчётливой и потому наиболее выразительной. Оно может выдвинуть богатство живых, пылких цветов и, посредством искусного контраста, сохранять чувствительность глаза в благоприятном равновесии. Оно может без опаски применять всю силу мощных чувственных впечатлений и связанное с ними чувство наслаждения, чтобы направлять и приковывать внимание; может пользоваться их многообразием для усиления непосредственного понимания изображаемого и при этом сохранять глаз в состоянии возбуждения, наиболее благоприятном и приятном для тонких чувственных впечатлений.

Если в этих рассуждениях то обстоятельство, что я постоянно придавал столь большое значение наилёгчайшей, тончайшей и точнейшей чувственной внятности художественного изображения, может показаться многим из вас весьма второстепенным пунктом — пунктом, который, если и упоминается вообще в эстетических сочинениях, то рассматривается как нечто совершенно побочное, — то я считаю такое отношение несправедливым. Чувственная отчётливость отнюдь не является низким или второстепенным элементом в действии произведений искусства; напротив, её значение всё настойчивее открывалось мне по мере того, как я стремился выявить физиологические элементы их воздействия.

О происхождении планетарной системы.

Какое действие должно производить произведение искусства, если понимать это слово в его высшем смысле? Оно должно возбуждать и приковывать наше внимание, легко пробуждать в нас целый сонм дремлющих представлений и соответствующих им чувств и направлять их к одному общему предмету, чтобы дать живое восприятие всех черт идеального типа, отдельные фрагменты которого рассеяны в нашем воображении и заросли диким хаосом случайного. Кажется, что частое превосходство искусства над действительностью в нашем сознании можно объяснить лишь тем, что последняя примешивает нечто постороннее, возмущающее и даже вредное, тогда как искусство способно собрать все элементы желаемого впечатления и позволить им действовать без помех. Сила этого впечатления, несомненно, тем больше, чем глубже, тоньше и вернее природе то чувственное впечатление, которое должно возбудить ряд образов и связанных с ними эффектов. Оно должно действовать надёжно, быстро, недвусмысленно и точно, если оно должно произвести живое и мощное впечатление. По существу, именно эти моменты я и стремился охватить понятием **внятности (интеллигибельности) произведения искусства.**

Особенности живописной техники (Technik), к пониманию которых нас приводит физиологическое исследование оптики, нередко оказываются тесно связанными с высшими проблемами искусства. Возможно, мы склонны думать, что даже последняя тайна художественной красоты — то есть то дивное наслаждение, которое мы испытываем в её присутствии, — по существу основана на ощущении лёгкого, гармоничного, живого потока наших представлений, который, несмотря на многообразные изменения, устремляется к одному общему предмету, выявляет до тех пор скрытые законы и позволяет нам заглянуть в самые глубокие слои чувственного переживания нашей собственной души.

Лекция, прочитанная в Гейдельберге и Кёльне в 1871 году.

Моё намерение сегодня — вынести на ваше рассмотрение вопрос, который уже много обсуждался, а именно гипотезу Канта и Лапласа о формировании небесных тел и, в особенности, нашей планетной системы. Выбор этой темы не нуждается в оправдании. В популярных лекциях, подобных настоящей, слушатели вправе ожидать от лектора, что он представит им хорошо установленные факты и завершённые результаты исследования, а не незрелые предположения, гипотезы или мечтания.

Из всех предметов, к которым могли обращаться мысль и воображение человека, вопрос о происхождении мира с глубокой древности был излюбленным полем самых необузданных спекуляций. Благие и зловредные божества, гиганты, Кронос, пожирающий своих детей, Нифльхейм с ледяным великаном Имиром, убиваемым небесными асами, чтобы из него был создан мир, — все эти образы наполняют космогонические системы наиболее развитых народов. Но тот всеобщий факт, что каждый народ вырабатывает собственные космогонии, нередко в весьма подробном виде, выражает интерес, присущий всем людям, — стремление узнать своё собственное происхождение, узнать, где находится конечное начало окружающих нас вещей. С вопросом о начале тесно связан и вопрос о конце всего сущего; ибо то, что может быть создано, может и исчезнуть. Вопрос о конце вещей, быть может, даже представляет больший практический интерес, чем вопрос об их начале.

Теперь я должен заранее отметить, что теория, о которой я намерен сегодня говорить, была впервые выдвинута человеком, известным как один из самых абстрактных философских мыслителей, — основателем трансцендентального идеализма и учения о категорическом императиве, Иммануилом Кантом. Произведение, в котором он развил эту теорию, «Всеобщая естественная история и теория неба», относится к числу его ранних работ и появилось, когда ему был тридцать один год. Рассматривая труды этого первого периода его научной деятельности, продолжавшегося приблизительно до сорокалетнего возраста, мы находим, что они преимущественно принадлежат области натурфилософии и во многих счастливых

идеях значительно опережают своё время. Его философских сочинений того периода немного, и они отчасти, как и его вступительная лекция, возникли под влиянием случайных обстоятельств; по содержанию же они сравнительно мало оригинальны и важны главным образом своей разрушительной и отчасти саркастической критикой. Нельзя отрицать, что Кант в ранние годы был натурфилософом по инстинкту и по склонности; и, вероятно, лишь давление внешних обстоятельств, отсутствие средств, необходимых для самостоятельных научных исследований, а также господствующий в то время образ мыслей удержали его в области философии, в которой лишь значительно позже он создал нечто оригинальное и действительно значительное; ведь «Критика чистого разума» появилась, когда ему было уже пятьдесят семь лет.

Даже в более поздние периоды жизни, между своими великими философскими трудами, он писал отдельные статьи по вопросам естествознания и регулярно читал курс лекций по физической географии. Его ограничивали скудость знаний и средств его времени и уединённость места, где он жил; но, обладая широким и проницательным умом, он стремился к тем более общим точкам зрения, которые позднее развил Александр фон Гумбольдт. Поэтому является прямым искажением исторической связи, когда имя Канта иногда злоупотребляется для того, чтобы рекомендовать естествознанию отказаться от индуктивного метода, благодаря которому оно стало великим, и вернуться к туманным спекуляциям так называемого «дедуктивного метода». Никто не выступил бы против такого злоупотребления с большей энергией и остротой, чем сам Кант, будь он сегодня среди нас.

Та же самая гипотеза о происхождении нашей планетной системы была выдвинута во второй раз, по-видимому, совершенно независимо от Канта, самым знаменитым из французских астрономов — Симоном, маркизом де Лапласом. Она явилась своего рода заключительным итогом его труда о механике нашей системы, выполненного с поистине гигантским трудолюбием и выдающейся математической проницательностью. Уже по именам этих двух людей, с которыми мы встречаемся как с опытными и испытанными

руководителями нашего исследования, видно, что в воззрении, в котором они сходятся, мы имеем дело не со случайной догадкой, а с тщательно продуманной попыткой вывести заключения о неизвестном прошлом из известных условий настоящего.

По самой природе дела гипотеза о происхождении мира, в котором мы живём, имеющая дело с глубочайшей древностью, не может быть проверена прямым наблюдением. Однако она может получить косвенное подтверждение, если по мере развития научного знания будут открываться новые факты, которые, подобно уже известным, находят объяснение в рамках этой гипотезы; и в особенности если удастся доказать существование в настоящем времени остатков тех процессов, которые предполагаются имевшими место при образовании небесных тел.

Подобные прямые подтверждения различного рода действительно были получены для того взгляда, который мы собираемся рассмотреть, и они существенно повысили степень его вероятности.

Отчасти этот факт, отчасти же то обстоятельство, что рассматриваемая гипотеза в последнее время упоминалась в популярных и научных сочинениях в связи с философскими, этическими и теологическими вопросами, побудили меня обратиться к ней здесь. Я намерен не столько сообщить вам нечто принципиально новое, сколько попытаться как можно более связно изложить основания, которые привели к её возникновению и послужили её подтверждением.

Те оговорки, которые мне необходимо сделать вначале, относятся лишь к тому обстоятельству, что я излагаю подобную тему в форме популярной лекции. Наука не только имеет право, но и прямо обязана заниматься такого рода исследованиями. Для неё это определённый и важный вопрос — а именно вопрос о пределах применимости законов природы, которые управляют всем тем, что нас ныне окружает; вопрос о том, действовали ли эти законы всегда в прошлом и будут ли они всегда действовать в будущем; или же, при предположении вечной неизменности законов природы, наши выводы из современных условий о прошлом и о

будущем неизбежно приводят к невозможному состоянию вещей, то есть к необходимости нарушения естественных законов, к началу, которое не могло быть обусловлено известными нам процессами. Поэтому попытка исследования возможной или вероятной первобытной истории нашего современного мира, рассматриваемая как научный вопрос, вовсе не является праздным умствованием, а представляет собой вопрос о границах научных методов и о пределах действительности существующих законов.

Может показаться дерзким, что мы, столь ограниченные в круге наших пространственных наблюдений нашим положением на этой маленькой Земле, которая сама по себе — лишь пылинка в нашей Млечной системе, и столь ограниченные во времени кратковременностью существования человеческого рода, — что мы осмеливаемся применять законы, выведенные нами из узкого круга доступных нам фактов, ко всему бесконечному пространству и ко всему времени — от вечности к вечности. Но вся наша мысль и вся наша деятельность, как в великом, так и в малом, основаны на доверии к неизменному порядку природы; и это доверие до сих пор тем более оправдывалось, чем глубже мы проникали во взаимосвязи природных явлений. А то, что общие законы, которые мы открыли, действуют и в самых отдалённых областях пространства, получило за последние полвека веские фактические подтверждения.

Прежде всего здесь стоит закон тяготения. Небесные тела, как вам всем известно, движутся и парят в бесконечном пространстве. По сравнению с огромными расстояниями между ними каждый из нас — лишь песчинка. Ближайшие неподвижные звёзды даже при самом сильном увеличении не имеют видимого диаметра; и мы можем быть уверены, что даже наше Солнце, рассматриваемое с ближайших неподвижных звёзд, выглядело бы лишь как светящаяся точка, поскольку массы этих звёзд, насколько они были определены, не оказались существенно отличными от массы Солнца. Но, несмотря на эти колоссальные расстояния, между ними существует невидимая связь, которая соединяет их и ставит во взаимную зависимость. Это сила тяготения, с которой все массивные тела притягивают друг друга. Мы знаем

эту силу как земное тяготение, когда она действует между телом на Земле и массой самой Земли. Та сила, которая заставляет тело падать на землю, есть не что иное, как та же самая сила, которая непрерывно принуждает Луну сопровождать Землю в её движении вокруг Солнца и удерживает саму Землю от того, чтобы она не унеслась прочь в мировое пространство.

Вы можете наглядно представить себе ход планетного движения с помощью простой механической модели. Привяжите к ветви дерева на достаточной высоте или к жёсткой перекладине, укреплённой горизонтально в стене, шёлковый шнур и прикрепите к его концу небольшое тяжёлое тело — например, свинцовый шарик. Если дать ему спокойно висеть, он натянет нить. Это и есть положение равновесия шарика. Чтобы обозначить и сохранить его на виду, поставьте на месте шарика какой-либо другой твёрдый предмет — например, большой земной глобус на подставке. Для этого шарик придётся отвести в сторону, но он будет прижиматься к глобусу и, если его отпустить, снова стремиться к нему, потому что сила тяжести влечёт его к положению равновесия, которое находится в центре сферы. И с какой бы стороны его ни отклоняли, всегда происходит одно и то же. Эта сила, которая влечёт шарик к глобусу, представляет в нашей модели притяжение, которое Земля оказывает на Луну, или Солнце — на планеты.

Убедившись в правильности этих фактов, попробуйте придать шарiku, когда он находится немного в стороне от глобуса, лёгкий толчок в боковом направлении. Если сила толчка будет выбрана точно, маленький шарик начнёт двигаться вокруг большого по круговой траектории и сможет сохранять это движение некоторое время — подобно тому как Луна движется вокруг Земли или планеты вокруг Солнца. В нашей модели, однако, описываемые свинцовым шариком окружности будут постепенно сужаться, потому что противодействующие силы — сопротивление воздуха, жёсткость нити, трение — здесь не могут быть устранены, тогда как в планетной системе они отсутствуют.

Если путь вокруг притягивающего центра является строго круговым, то притягивающая сила всегда действует на планету или на свинцовый шарик с

одинаковой величиной. В этом случае безразлично, по какому закону эта сила возрастала бы или убывала на других расстояниях от центра, на которые движущееся тело не попадает. Если же первоначальный толчок был недостаточно точно выбран, траектория будет не круговой, а эллиптической, подобной кривой линии на рис. 5. Однако эти эллипсы в обоих случаях по-разному располагаются относительно притягивающего центра. В нашей модели притягивающая сила тем больше, чем дальше свинцовый шарик удалён от своего положения равновесия. При этих условиях эллипс траектории расположен так, что притягивающий центр находится в центре эллипса, в точке с. У планет же, напротив, притягивающая сила тем слабее, чем дальше они удаляются от притягивающего тела, и именно поэтому описывается эллипс, один из фокусов которого лежит в центре притяжения. Два фокуса, а и b, — это две точки, расположенные симметрично по отношению к концам эллипса и обладающие тем свойством, что сумма расстояний $am + bm$ остаётся одинаковой для любой точки эллипса.

Кеплер установил, что пути планет представляют собой эллипсы такого рода; и поскольку, как показывает приведённый пример, форма и положение орбиты зависят от закона, по которому изменяется величина притягивающей силы, Ньютон смог вывести из формы планетных орбит хорошо известный закон всемирного тяготения, согласно которому сила притяжения планет к Солнцу убывает с увеличением расстояния как квадрат этого расстояния. Земное тяготение также должно подчиняться этому закону; и Ньютон проявил удивительное самообладание, воздержавшись от публикации своего великого открытия до тех пор, пока оно не получило прямого подтверждения. Это подтверждение было получено из наблюдений, показавших, что сила, с которой Земля притягивает Луну, относится к земному тяготению именно в той пропорции, какую требует указанный закон.

В течение XVIII века мощь математического анализа и методы астрономических наблюдений достигли такого уровня, что все сложные взаимодействия между планетами и их спутниками, возникающие вследствие их взаимного влияния друг на друга и называемые астрономами возмущениями — то есть отклонениями от простых

эллиптических движений вокруг Солнца, которые каждая планета совершала бы при отсутствии остальных, — могли быть теоретически предсказаны на основании закона Ньютона и с высокой точностью сопоставлены с тем, что действительно наблюдается на небе. Подробная разработка этой теории планетных движений и составила, как уже было сказано, заслугу Лапласа. Согласие между теорией, выведенной из простого закона тяготения, и чрезвычайно сложными и многообразными явлениями, вытекающими из неё, оказалось столь полным и точным, какого прежде не достигала ни одна другая область человеческого знания. Ободрённые этим согласием, учёные сделали следующий шаг и заключили, что там, где всё ещё постоянно обнаруживаются небольшие расхождения, должны действовать неизвестные причины. Так, из расчётов Бесселя расхождения между действительным и вычисленным движением Урана был сделан вывод о существовании ещё одной планеты. Её положение было вычислено Леверье и Адамсом, и таким образом была открыта Нептун — самая удалённая из всех известных тогда планет.

Но закон тяготения оказался справедлив не только в области притяжения нашего Солнца. В отношении неподвижных звёзд было установлено, что двойные звёзды движутся друг вокруг друга по эллиптическим орбитам и, следовательно, тот же самый закон тяготения должен действовать и для них, как и для нашей планетной системы. Расстояния до некоторых из них удалось вычислить. Ближайшая из них, α в созвездии Центавра, находится от Солнца в 270 000 раз дальше, чем Земля. Свет, который распространяется со скоростью 186 000 миль в секунду и проходит расстояние от Солнца до Земли за восемь минут, затратил бы четыре года, чтобы достичь нас от α Центавра. Более тонкие методы современной астрономии позволили определить расстояния, на преодоление которых свету требуется тридцать пять лет, как, например, до Полярной звезды; и тем не менее закон тяготения продолжает проявляться, управляя движением двойных звёзд на таких расстояниях в небесном пространстве, которые все имеющиеся у нас средства до сих пор не в состоянии измерить.

Знание закона тяготения и здесь привело к

открытию новых тел, подобно случаю с Нептуном. Петерс из Альтоны, подтверждая тем самым догадку Бесселя, установил, что Сириус — самая яркая из неподвижных звёзд — движется по эллиптической орбите вокруг невидимого центра. Это должно было быть обусловлено существованием невидимого спутника; и когда в Кембриджском университете в Соединённых Штатах был установлен превосходный и мощный телескоп, этот спутник был обнаружен. Он не является совершенно тёмным, но его свет настолько слаб, что он видим лишь с помощью самых совершенных инструментов. Масса Сириуса оказалась равной 13,76 массы Солнца, а масса его спутника — 6,71 солнечной массы; их взаимное расстояние равно тридцати семи радиусам земной орбиты и, следовательно, несколько превышает расстояние Нептуна от Солнца.

Ещё одна неподвижная звезда, Процион, находится в аналогичном положении, но её спутник до сих пор не был открыт.

Таким образом, вы видите, что в силе тяготения мы открыли свойство, общее для всей материи, которое не ограничивается телами нашей системы, но простирается настолько далеко в небесном пространстве, насколько наши средства наблюдения до сих пор позволяли проникнуть.

Но не только это универсальное свойство всей массы разделяется самыми отдалёнными небесными телами и земными объектами; спектральный анализ научил нас тому, что целый ряд хорошо известных земных элементов встречается в атмосферах неподвижных звёзд и даже туманностей.

Вам всем известно, что тонкая яркая линия света, наблюдаемая через стеклянную призму, представляется в виде цветной полосы — красной и жёлтой на одном краю, синей и фиолетовой на другом и зелёной посередине. Такое цветное изображение называется спектром; радуга является таким же спектром, возникающим при преломлении света, хотя и не совсем посредством призмы, и потому она показывает ряд цветов, на которые может быть разложен белый солнечный свет.

Образование призматического спектра основано на том, что солнечный свет, как и свет большинства

раскалённых тел, состоит из различных видов света, которые кажутся нашему глазу различно окрашенными, и лучи которых разделяются при преломлении в призме.

Если твёрдое или жидкое тело нагреть до такой степени, что оно станет раскалённым, то спектр его света будет, как и у радуги, представлять собой широкую непрерывную цветную полосу без разрывов, с известной последовательностью цветов — красного, жёлтого, зелёного, синего и фиолетового — и не будет никоим образом характеризовать природу тела, испускающего свет.

Иначе обстоит дело, если свет испускается раскалённым газом или раскалённым паром, то есть веществом, испарённым под действием тепла. Спектр такого тела состоит тогда из одной или нескольких, а иногда и из большого числа совершенно отчётливых ярких линий, положение и расположение которых в спектре является характерным для веществ, из которых состоит данный газ или пар; благодаря этому с помощью спектрального анализа можно установить химический состав раскалённого газообразного тела. Подобные газовые спектры обнаруживаются в небесном пространстве у многих туманностей; в большинстве случаев это спектры, в которых видна яркая линия раскалённого водорода и кислорода, а рядом с ней — линия, которая до сих пор не была обнаружена в спектре ни одного земного элемента. Помимо доказательства присутствия двух хорошо известных земных элементов, это открытие имело величайшее значение, так как дало первое несомненное доказательство того, что космические туманности по большей части не являются скоплениями мельчайших звёзд, а что значительная часть испускаемого ими света действительно обусловлена газообразными телами.

Газовые спектры принимают иной вид, когда газ находится перед раскалённым твёрдым телом, температура которого значительно выше температуры газа. Тогда наблюдатель видит непрерывный спектр твёрдого тела, пересечённый тонкими тёмными линиями, которые появляются именно в тех местах, где газ сам по себе, наблюдаемый на тёмном фоне, давал бы яркие линии. Таков солнечный спектр, а также спектры большого числа неподвижных звёзд. Тёмные линии

солнечного спектра, впервые замеченные Волластоном, были впервые подробно исследованы и измерены Фраунгофером и поэтому известны под названием фраунгоферовых линий. Впоследствии Кирхгоф, а затем и Ангстрем использовали гораздо более мощные приборы, чтобы максимально углубить разложение света. На рис. 6 изображен прибор с четырьмя призмами,

сконструированный Штейнхейлем для Кирхгофа. На дальнем конце телескопа *b* находится экран с тонкой щелью, представляющей собой тонкий срез света, который можно сужать или расширять с помощью небольшого винта, и через который может проходить исследуемый свет. Затем он проходит через телескоп *b*, затем через четыре призмы *i*, наконец, через телескоп *a*, из которого достигает глаза наблюдателя. Цифры 7, 8 и 9 представляют собой небольшие участки солнечного спектра, нанесенные Кирхгофом на карту, взятые из зеленого, желтого и золотисто-желтого цветов. На этих участках химические символы ниже — Fe (железо), Ca (кальций), Na (натрий), Pb (свинец) — и нанесенные линии указывают положения, в которых пары этих металлов, раскаленные в пламени или электрической искре, будут демонстрировать яркие линии. Числа над ними показывают, насколько далеко друг от друга находятся эти участки карты Кирхгофа всей системы. Здесь также наблюдается преобладание линий железа. Во всем спектре Кирхгоф обнаружил не менее 450 таких линий.

Из этого следует, что солнечная атмосфера содержит огромное количество паров железа, что, к слову, дает нам право судить о том, какая необычайно высокая температура должна там преобладать. Это также объясняет, почему на наших рисунках (рис. 7, 8 и 9) отмечены железо, кальций и натрий, а также присутствие водорода, цинка, меди и металлов магнезии (магния), глинозема (алюминия), барита (бария) и других земных элементов. С другой стороны, свинец отсутствует, равно как и золото, серебро, ртуть, сурьма, мышьяк и некоторые другие элементы.

Спектры многих неподвижных звезд имеют схожее строение; они демонстрируют системы тонких

линий, которые могут быть отождествлены с линиями земных элементов. В атмосфере Альдебарана (в созвездии Тельца) вновь обнаруживаются водород, железо, магний, кальций, натрий, а также ртуть, сурьма и висмут; а по данным Г. К. Фогеля, в α Ориона присутствует редкий металл таллий, и так далее.

Мы не можем утверждать, что объяснили все спектры; многие неподвижные звезды имеют специфические полосатые спектры, вероятно, принадлежащие газам, чьи молекулы не были полностью расщеплены на атомы столь высокой температурой. В спектре Солнца также имеется много линий, которые мы не можем отождествить с земными элементами. Возможно, они принадлежат неизвестным нам веществам, но также возможно, что они порождены чрезмерно высокой температурой Солнца, далеко превосходящей всё, что мы можем создать искусственно. Несомненно лишь то, что известные земные вещества широко рассеяны в пространстве, особенно азот, составляющий большую часть нашей атмосферы, и водород — компонент воды, образующийся при его сгорании. Оба элемента были найдены в неразрешимых туманностях, которые, судя по неизменности их формы, должны быть массами колоссальных размеров и находиться на огромном расстоянии. По этой причине сэр У. Гершель полагал, что они не принадлежат к системе наших неподвижных звезд, а являются примерами того, как проявляют себя другие системы.

Спектральный анализ открыл нам еще больше фактов о Солнце, благодаря чему оно стало к нам как бы ближе, чем казалось возможным ранее. Вы знаете, что Солнце — это огромная сфера, диаметр которой в 112 раз больше земного. То, что мы видим на его поверхности, можно считать слоем раскаленного пара, глубина которого, судя по внешнему виду солнечных пятен, составляет около 500 миль. Этот слой пара, непрерывно излучающий тепло вовне, безусловно холоднее внутренних масс Солнца, однако он горячее любого земного пламени

— горячее даже раскаленных угольных стержней электрической дуги, представляющих высшую температуру, достижимую земными средствами. Это с уверенностью выводится из закона излучения непрозрачных тел Кирхгофа на основании превосходящей силы света Солнца. Старое предположение о том, что Солнце — темное холодное тело, окруженное фотосферой, излучающей свет и тепло только наружу, физически невозможно.

Снаружи непрозрачной фотосферы Солнце окружено слоем прозрачных газов, достаточно горячих, чтобы давать в спектре яркие цветные линии; этот слой называют **хромосферой**. В нем видны яркие линии водорода, натрия, магния и железа. В этих слоях газа и пара происходят чудовищные бури, которые превосходят земные по масштабу и скорости в той же мере, в какой Солнце больше Земли. Потоки раскаленного водорода вырываются на высоту в несколько тысяч миль, подобно гигантским струям или языкам пламени, с облаками дыма над ними. Раньше эти структуры (называемые розовыми протуберанцами) можно было видеть только во время полного солнечного затмения. Теперь же, благодаря методу Жансена и Локьера, их можно наблюдать в любое время с помощью спектроскопа.

С другой стороны, на поверхности Солнца есть отдельные темные участки — так называемые солнечные пятна, замеченные еще Галилеем. Они имеют воронкообразную форму; края воронки не столь темны, как самая глубокая часть — ядро. Рис. 10 представляет такое пятно по Падре Секки при сильном увеличении. Их диаметр часто превышает десятки тысяч миль, так что в одном пятне могли бы поместиться две или три Земли. Эти пятна могут существовать неделями или месяцами, медленно меняясь, прежде чем исчезнуть; за это время может произойти несколько оборотов Солнца вокруг своей оси. Однако иногда в них случаются и очень быстрые изменения. То, что ядро глубже краев

относительного смещения при приближении к краю планетных возмущений. Под возмущениями диска, когда мы видим их под очень острым углом. Рис. 11 (от *a* до *e*) показывает различные аспекты такого пятна по мере его приближения к краю Солнца. В этих пятнах спектроскоп указывает на яростное движение, а в их окрестностях часто возникают крупные протуберанцы; нередко наблюдается вращательное движение. Пятна можно считать местами, где более холодные газы из внешних слоев солнечной атмосферы опускаются вниз, вызывая локальное охлаждение поверхности.

Чтобы понять происхождение этих явлений, нужно помнить, что газы, поднимаясь от горячего тела Солнца, насыщены парами тугоплавких металлов; расширяясь при подъеме и отдавая тепло излучением в пространство, они охлаждаются. При этом их тугоплавкие составляющие выпадают в виде тумана или облаков. Это охлаждение, конечно, лишь относительное; их температура всё равно выше любой земной. Если теперь верхние слои, освобожденные от тяжелых паров, опускаются, над телом Солнца образуется пространство, свободное от облаков. Они кажутся впадинами, потому что вокруг них находятся слои раскаленных паров высотой до 500 миль.

Сильные бури в солнечной атмосфере неизбежны, так как она охлаждается снаружи, и наиболее холодные, сравнительно плотные и тяжелые части оказываются над более горячими и легкими. По этой же причине происходят частые, а порой внезапные и яростные движения в земной атмосфере: она нагревается от земли, раскаленной солнцем, и охлаждается сверху. При несравненно больших масштабах и температуре Солнца его метеорологические процессы грандиознее и протекают гораздо яростнее.

Перейдем теперь к вопросу о стабильности нынешнего состояния нашей системы. Долгое время господствовало мнение, что в своих главных чертах она неизменна. Это мнение основывалось главным образом на выводах Лапласа о влиянии

планетного движения астрономы понимают отклонения от чисто эллиптического пути, вызванные взаимным притяжением планет и спутников. Притяжение Солнца, как самого массивного тела, является главной силой. Если бы действовало только оно, планеты вечно двигались бы по неизменным эллипсам. Но притяжение других планет за долгие периоды времени вызывает медленные изменения осей и плоскостей орбит. Лаплас доказал, что эти изменения носят периодический характер и не могут привести к столкновению планет или их падению на Солнце. Но важно помнить: выводы Лапласа применимы только к возмущениям от взаимного притяжения и при условии отсутствия иных сил.

На Земле мы не можем создать вечного движения, так как ему всегда противодействуют силы сопротивления: трение, сопротивление воздуха, неупругий удар. Поэтому фундаментальный закон механики, согласно которому тело движется вечно и прямолинейно, если на него не действуют силы, никогда не выполняется полностью. Катящийся шар в конце концов остановится из-за трения и вибраций воздуха. Даже самое совершенное колесо на тонких осях остановится через четверть часа.

Если бы мы могли привести тело во вращение в абсолютном вакууме без опоры на другие тела, оно двигалось бы вечно. Кажется, что именно это мы наблюдаем у планет. Они движутся в якобы пустом космическом пространстве, не касаясь тел, способных вызвать трение. Однако обоснованность этого вывода зависит от ответа на вопрос: действительно ли космическое пространство абсолютно пусто? Нет ли трения в движении планет? Исходя из прогресса естествознания со времен Лапласа, мы должны ответить на оба вопроса отрицательно.

Небесное пространство не является абсолютно пустым. Во-первых, оно заполнено той непрерывной средой, колебания которой

составляют свет и лучистое тепло и которую физики называют **светоносным эфиром**. Во-вторых, повсюду — по крайней мере в тех частях пространства, через которые проходит наша Земля, — рассеяны крупные и мелкие фрагменты плотной материи, от огромных камней до пыли.

Существование светоносного эфира нельзя считать сомнительным. Достаточно доказано, что свет и лучистое тепло обусловлены движением, распространяющимся во всех направлениях. Для передачи такого движения через пространство должно существовать нечто, что может двигаться. Исходя из величины воздействия этого движения (того, что механика называет его «живой силой» или *vis viva*), мы можем определить определенные пределы плотности этой среды. Такой расчет был сделан сэром У. Томсоном, знаменитым физиком из Глазго. Он обнаружил, что плотность эфира может быть гораздо меньше плотности воздуха при самом совершенном разрежении, достижимом хорошим воздушным насосом, но масса эфира не может быть абсолютно равной нулю. Объем, равный объему Земли, не может содержать менее **2 775 фунтов** светоносного эфира.

Явления в небесном пространстве согласуются с этим. Подобно тому как тяжелый камень, брошенный в воздух, почти не испытывает влияния сопротивления воздуха, в то время как движению легкого пера оно заметно мешает, среда, заполняющая пространство, слишком разрежена, чтобы с момента начала астрономических наблюдений можно было заметить какое-либо замедление движения планет. Иначе обстоит дело с меньшими телами нашей системы. Энке показал на примере известной малой кометы, носящей его имя, что она обращается вокруг Солнца по постоянно сужающимся орбитам и с постоянно сокращающимися периодами обращения. Её движение подобно движению кругового маятника, скорость которого постепенно замедляется сопротивлением воздуха, из-за чего он описывает вокруг центра притяжения круги, становящиеся всё меньше и меньше.

Причина этого явления в следующем: сила, которая противостоит притяжению Солнца и мешает кометам и планет постоянно приближаться к нему, — это так называемая центробежная сила, то есть

стремление продолжать движение по прямой линии. По мере уменьшения силы их движения они в соответствующей степени уступают притяжению Солнца и приближаются к нему. Если сопротивление сохранится, они будут приближаться к Солнцу, пока не упадут на него. Комета Энке, несомненно, находится в таком состоянии. Но сопротивление, наличие которого в пространстве тем самым подтверждается, должно действовать и долгое время действовало таким же образом на гораздо более крупные массы планет.

Наличие мелко- и крупнозернистых масс в космическом пространстве более отчетливо обнаруживается явлениями астероидов и метеоритов. Теперь мы знаем, что это тела, которые странствовали в космосе, прежде чем попасть в область нашей земной атмосферы. В более плотной среде атмосферы их движение замедляется, и в то же время они нагреваются из-за трения. Многие из них могут избежать падения, пройдя через атмосферу по измененному пути. Другие падают на Землю: крупные — как метеориты, а мелкие, вероятно, превращаются в пыль от жара и падают невидимыми. По оценке Александра Гершеля, падающие звезды в среднем имеют размер дорожных камней. Их накаливание происходит в высших и наиболее разреженных слоях атмосферы, на высоте **18 миль** и более над поверхностью Земли. Двигаясь в пространстве по тем же законам, что планеты и кометы, они обладают планетарной скоростью от **18 до 40 миль в секунду**.

Эта огромная скорость является причиной их нагревания. Трение нагревает тела — это знает каждый по зажигающейся спичке или плохо смазанному колесу. Воздух нагревается не только трением, но и работой, затрачиваемой на его сжатие. Один из важнейших результатов современной физики, доказанный англичанином Джоулем, заключается в том, что развиваемое тепло точно пропорционально затраченной работе. Джоуль показал, что работа веса воды, падающего с высоты **425 метров**, как раз достаточна, чтобы поднять температуру того же веса воды на один градус Цельсия.

Механический эквивалент скорости в 18–24 мили в секунду легко рассчитать; если превратить эту энергию в тепло, её было бы достаточно, чтобы

поднять температуру куска метеоритного железа до **900 000 – 2 500 000 градусов Цельсия** (при условии, что всё тепло сохранится в железе). Это показывает, что скорости падающих звезд более чем достаточно для их самого яростного накаливания. На Земле достижимые температуры едва превышают 2 000 градусов. Внешняя корка метеоритов обычно несет следы оплавления; при этом внутри они часто сохраняют интенсивный холод космического пространства.

Каждое утро на Землю падает около **7,5 миллионов** метеоритов. Хотя в пространстве они рассеяны редко (в среднем на расстоянии 450 миль друг от друга), Земля, двигаясь со скоростью 18 миль в секунду, ежесекундно «прометает» **876 миллионов кубических миль** пространства, собирая всё, что там находится.

Земля и планеты в течение миллионов лет собирали рассеянные в пространстве массы. Из этого следует, что когда-то планеты были меньше, а в пространстве было распределено больше материи. Это приводит нас к мысли о первобытном состоянии разреженных туманных масс. Падение метеоритов сегодня — лишь малый остаток процесса, который когда-то построил миры.

К этой же гипотезе (Канта и Лапласа) приводят и другие соображения. Все планеты и их спутники вращаются почти в одной плоскости и в одном направлении (с запада на восток). Если бы они возникли независимо, такая согласованность была бы невозможна. Следовательно, вся масса системы когда-то была единым целым — хаотическим шаром туманной материи, простиравшимся до орбиты самой дальней планеты. Под влиянием взаимного притяжения шар конденсировался, вращение ускорялось, превращая его в плоский диск. Время от времени от края диска отделялись массы, формировавшие планеты и спутники.

Вся жизнь на Земле поддерживается энергией солнечных лучей. Солнце — источник ветров, круговорота воды и жизни растений (а значит, и ископаемого топлива). Но откуда Солнце берет эту силу? Оно излучает столько тепла, как если бы на каждом квадратном футе его поверхности ежечасно сгорало **1500 фунтов угля**. Из этой энергии лишь малая часть попадает в нашу атмосферу,

обеспечивая огромную механическую силу. Круговорот воды в атмосфере — это своего рода гигантская паровая машина, поднимающая воду из тропических морей на вершины гор. Рассчитанная по механическому эквиваленту, работа солнечного излучения равна постоянному усилию **7 000 лошадиных сил** на каждый квадратный фут поверхности Солнца.

Закон сохранения силы (энергии) гласит, что работа не может возникнуть из ничего. Вселенная обладает определенным запасом силы, который неисчерпаем и неизменен, как сама материя. Гёте, кажется, предчувствовал это, описывая Дух Земли:

В потоках жизни, в вихре движенья, В пылу созиданья, в огне, в разрушенье, Туда и сюда, Вверх и вниз, Сную и странствую я. Рожденье и гроб, Безбрежный океан, Где беспокойная волна Колеблется вечно, Вверх и вниз, В их кипучей борьбе Ткутся и вьются Смены жизни. У гудящего станка времени без страха Я тку живое одеяние Божества.

Но откуда Солнце черпает этот запас? Химические силы (горение) совершенно недостаточны: их хватило бы лишь на **3 021 год**. Причину нужно искать в космическом притяжении (гравитации). Мы знаем, что гиря в часах или падающая вода могут совершать работу. При ударе падающего тела его видимое движение превращается в невидимое движение молекул — в тепло.

Если масса Солнца когда-то была рассеяна в пространстве, а затем сконденсировалась под действием гравитации, то возникшее при столкновении и трении частиц тепло было бы колоссальным. Расчеты показывают, что тепло, выделившееся при конденсации Солнца, могло бы покрывать его нынешние расходы в течение **22 000 000 лет** в прошлом.

Несмотря на чудовищное давление в центре (в 800 раз выше, чем в центре Земли), плотность Солнца из-за его огромной температуры составляет менее четверти средней плотности Земли.

Поэтому мы можем с большой вероятностью предположить, что Солнце будет продолжать сжиматься, и даже если оно достигнет лишь плотности Земли (хотя в глубине из-за

колоссального давления оно, вероятно, станет гораздо плотнее), это приведет к выделению новых запасов тепла. Их было бы достаточно, чтобы поддерживать ту же интенсивность солнечного света, который сейчас является источником всей земной жизни, еще в течение 17 000 000 лет.

Меньшие тела нашей системы могли нагреться не так сильно, как Солнце, поскольку притяжение новых масс было бы слабее. Тело, подобное Земле, даже если принять его теплоемкость равной теплоемкости воды, могло бы нагреться до 9 000 градусов — это выше, чем способны дать наши пламена. Меньшие тела должны остывать быстрее, пока они еще остаются жидкими. Увеличение температуры с глубиной подтверждается данными из скважин и шахт. Наличие горячих источников и вулканических извержений показывает, что в недрах Земли сохраняется очень высокая температура, которая вряд ли может быть чем-то иным, кроме остатка того жара, что преобладал во время её формирования. Во всяком случае, попытки приписать внутреннему теплу Земли более позднее происхождение за счет химических процессов до сих пор основывались на весьма произвольных допущениях и выглядят недостаточными на фоне общего равномерного распределения внутреннего тепла.

С другой стороны, учитывая огромные массы Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна, их малая плотность (как и плотность Солнца) кажется удивительной, в то время как плотность меньших планет и Луны приближается к земной. Здесь уместно вспомнить о более высокой начальной температуре и более медленном остывании, характерном для крупных масс. Луна же, напротив, демонстрирует на своей поверхности образования, поразительно напоминающие вулканические кратеры, что указывает на прежнее раскаленное состояние нашего спутника. Более того, характер её вращения — то, что она всегда обращена к Земле одной и той же стороной, — является особенностью, которая могла возникнуть из-за трения приливных волн в жидкой среде. В настоящее время следов такой среды не обнаруживается.

Таким образом, вы видите, какими разными путями мы неизменно приходим к одним и тем же

первоначальным условиям. Гипотеза Канта и Лапласа представляется одной из самых удачных идей в науке: поначалу она поражает воображение, но затем связывает нас во всех направлениях с другими открытиями, подтверждающими её выводы, пока мы не обретаем в них уверенность. Этому способствовало и другое обстоятельство — наблюдение за тем, что процесс трансформации, который предполагает эта теория, продолжается и сейчас, хотя и в меньшем масштабе, поскольку все стадии этого процесса до сих пор можно обнаружить в природе. Ибо, как мы уже видели, крупные, уже сформированные тела продолжают расти с выделением тепла за счет притяжения метеоритных масс, рассеянных в пространстве. Даже сейчас малые тела медленно притягиваются к Солнцу из-за сопротивления среды в пространстве.

В небесном своде среди неподвижных звезд, согласно новейшему каталогу сэра Дж. Гершеля, мы находим более 5000 туманных пятен. Те из них, чей свет достаточно ярок, дают по большей части цветной спектр из тонких светлых линий, подобных спектрам раскаленных газов. Туманности бывают частично округлыми — их называют планетарными туманностями (рис. 12); иногда они имеют совершенно неправильную форму, как большая туманность Ориона (рис. 13); встречаются и кольцеобразные структуры, как на изображениях из созвездия Гончих Псов (рис. 14). Большей частью они слабо светятся всей своей поверхностью, тогда как неподвижные звезды кажутся лишь светящимися точками. Во многих туманностях можно разглядеть маленькие звезды (рис. 15 и 16 в Стрельце и Возничем). Чем совершеннее телескопы, тем больше звезд в них обнаруживается.

До открытия спектрального анализа прежний взгляд сэра У. Гершеля мог считаться наиболее вероятным: то, что мы видим как туманности, — это лишь скопления очень мелких звезд, другие Млечные Пути. Однако теперь спектральный анализ показал газовый спектр во многих туманностях, содержащих звезды, тогда как настоящие звездные скопления дают непрерывный спектр раскаленных твердых тел. Туманности обычно имеют три отчетливо узнаваемые линии, одна из которых (в синей части) принадлежит водороду, вторая (в сине-зеленой) — азоту, а третья, расположенная между ними, имеет неизвестное происхождение. На

рис. 17 показан такой спектр небольшой, но яркой туманности в созвездии Дракона. Наряду с ними видны следы других ярких линий, а иногда, как на рис. 17, и следы непрерывного спектра; однако все они слишком слабы для точного исследования. Здесь следует заметить, что свет очень слабых объектов с непрерывным спектром распределяется спектроскопом по большой поверхности и потому сильно ослабляется или вовсе исчезает, тогда как неразложимый свет ярких газовых линий остается концентрированным и потому видимым. В любом случае, разложение света туманностей показывает, что большая часть их светящейся поверхности обусловлена раскаленными газами, в которых водород является важной составляющей.

В планетарных туманностях — сферических или дискообразных — можно предположить, что газообразная масса достигла состояния равновесия; но большинство других туманностей имеют крайне неправильные формы, не соответствующие такому состоянию. Однако, поскольку их форма не изменилась или изменилась незначительно с тех пор, как они стали известны, они должны либо обладать очень малой массой, либо находиться на колоссальном расстоянии и иметь гигантские размеры. Первое кажется маловероятным, так как малые массы быстро теряют тепло, поэтому остается вторая альтернатива — огромные размеры и расстояния. К такому же выводу пришел сэр У. Гершель, исходя из предположения, что туманности — это скопления звезд. К туманностям, которые помимо линий газов показывают непрерывный спектр раскаленных плотных тел, примыкают пятна, которые частично неразложимы, а частично разложимы на звездные скопления, излучающие только свет второго типа.

Бесчисленные светящиеся звезды небесного свода, число которых растет с каждым новым, более совершенным телескопом, связываются с этим первобытным состоянием формирующихся миров. По своим размерам, светимости и, в целом, по химическому состоянию поверхности они подобны нашему Солнцу, хотя могут быть различия в количестве отдельных элементов.

Но в космосе мы находим и третью стадию — стадию погасших солнц; и этому тоже есть фактические доказательства. Во-первых, в истории

довольно часто встречаются примеры появления новых звезд. В 1572 году Тихо Браге наблюдал такую звезду, которая, постепенно тускнея, была видима в течение двух лет, оставаясь неподвижной, и в конце концов вернулась в темноту, из которой так внезапно возникла. Самой крупной из них, по-видимому, была звезда, наблюдавшаяся Кеплером в 1604 году, которая была ярче звезды первой величины и наблюдалась с 27 сентября 1604 года по март 1606 года. Причиной её светимости, вероятно, было столкновение с меньшим миром. В более недавнем случае, когда 12 мая 1866 года маленькая звезда десятой величины в созвездии Северной Короны внезапно вспыхнула до второй величины, спектральный анализ показал, что свет был вызван выбросом раскаленного водорода. Она светила всего двенадцать дней.

В других случаях темные небесные тела обнаруживали себя через притяжение соседних ярких звезд и вызванное этим движение последних. Такое влияние наблюдается у Сириуса и Прокциона. С помощью нового рефрактора господина Алван Кларк и Понд из Кембриджа (США) обнаружили у Сириуса едва заметную звезду, которая почти не светит, но почти в семь раз тяжелее Солнца, имеет около половины массы Сириуса и находится от него на расстоянии, примерно равном расстоянию Нептуна от Солнца. Спутник Прокциона еще не был замечен; по-видимому, он совершенно темный.

Таким образом, существуют погасшие солнца. Этот факт придает новый вес аргументам, позволяющим заключить, что наше Солнце также является телом, которое медленно отдает свой запас тепла и когда-нибудь погаснет.

Срок в 17 000 000 лет, который я указал, может значительно увеличиться за счет постепенного уменьшения излучения, аккреции падающих метеоров и еще большего сжатия, чем я предполагал в расчетах. Но нам не известен ни один природный процесс, который мог бы избавить наше Солнце от судьбы, явно постигшей другие светила. Эту мысль мы допускаем с неохотой; она кажется нам оскорблением благодетельной Творящей Силы, которую мы в остальном видим в организмах, особенно живых. Но мы должны смириться с мыслью, что, как бы мы ни считали себя центром и конечной целью Творения, мы — лишь пыль на

Земле; которая, в свою очередь, лишь пылинка в безмерности пространства. А время существования нашего рода, даже если проследить его далеко за пределы письменной истории, в эпоху озерных поселений или мамонтов, — это лишь мгновение по сравнению с древними эпохами нашей планеты, когда на ней обитали живые существа, чьи странные останки до сих пор смотрят на нас из древних гробниц. И тем более время существования нашего рода меркнет по сравнению с огромными периодами, в течение которых миры формировались и будут формироваться, когда наше Солнце погаснет, а Земля либо превратится в лед, либо сольется с раскаленным центральным телом нашей системы.

Но кто знает, не посмотрели бы первые обитатели теплых морей юного мира, которых нам, возможно, следовало бы почитать как наших предков, на наше нынешнее, более прохладное состояние с таким же ужасом, с каким мы смотрим на мир без Солнца? Учитывая удивительную приспособляемость организмов, кто знает, какой степени совершенства достигнут наши потомки через 17 000 000 лет и не покажутся ли им наши окаменелые кости такими же монструозными, какими нам кажутся кости ихтиозавра? И не сочтут ли они — настроенные на более чувствительное равновесие — те перепады температур, в которых мы живем сейчас, такими же яростными и разрушительными, какими нам кажутся условия древних геологических эпох? Даже если Солнце и Земля застынут и станут неподвижными, кто может сказать, какие новые миры не окажутся готовы к развитию жизни? Метеориты иногда содержат углеводороды; свет комет дает спектр, наиболее похожий на электрический свет в газах, содержащих водород и углерод. Но углерод — это элемент, характерный для органических соединений, из которых строятся живые тела. Кто знает, не рассеивают ли эти тела, роящиеся в пространстве, зародыши жизни повсюду, где появляется новый мир, способный стать обителью для органики? И эту жизнь мы могли бы считать родственной нашей в её первоначальном зародыше, какой бы иной ни была форма, которую она примет, адаптируясь к новому дому.

Как бы то ни было, то, что более всего задевает наши чувства при мысли о будущем, пусть и очень

далеком, прекращении жизни на Земле, — это вопрос: не является ли вся эта жизнь бесцельной игрой, которая в итоге падет жертвой грубой силы? В свете великой мысли Дарвина мы начинаем понимать, что не только удовольствие и радость, но также боль, борьба и смерть являются мощными средствами, с помощью которых природа создавала свои более совершенные формы жизни. И мы, люди, знаем особенно хорошо, что в нашем интеллекте, общественном строе и морали мы живем за счет наследства, добытого для нас предками, и то, что мы приобретаем таким же путем, аналогично облагораживает жизнь наших потомков. Таким образом, человек, работающий ради идеальных целей человечества, пусть даже на скромном посту, может без страха встречать мысль о том, что нить его собственного сознания когда-нибудь оборвется. Однако даже люди такого свободного и масштабного ума, как Лессинг и Давид Штраус, не могли смириться с мыслью об окончательном уничтожении человеческого рода, а с ним и всех плодов деятельности прошлых поколений.

Пока нам не известен ни один факт, подтвержденный научными наблюдениями, который показал бы, что высшие формы жизненного движения могут существовать иначе, чем в плотной материи органической жизни; что жизнь может передаваться так же, как звук струны покидает свой тесный дом и распространяется в воздухе, сохраняя высоту и тончайшие оттенки тембра, и, встретив другую настроенную струну, заставляет её звучать или разжигает пламя. Даже пламя — наиболее близкий к жизни процесс в неживой природе — может погаснуть, но тепло, которое оно производит, продолжает существовать — неразрушимое, вечное, как невидимое движение, то колеблющее молекулы материи, то излучающееся в безбрежное пространство в виде вибрации эфира. Даже там оно сохраняет особенности своего происхождения и открывает свою историю исследователю, вопрошающему его с помощью спектроскопа. Вновь собранные, эти лучи могут зажечь новое пламя и, таким образом, обрести новое телесное существование.

Подобно тому как пламя остается неизменным на вид и продолжает существовать в той же форме, хотя ежеминутно втягивает новые горючие пары и

кислород в вихрь своего восходящего потока; и подобно тому как волна идет вперед, сохраняя форму, хотя каждый миг реконструируется из новых частиц воды, так и в живом существе сохранение индивидуума привязано не к определенной массе вещества, составляющей тело сейчас. Ибо материя тела, подобно материи пламени, подвержена непрерывному и сравнительно быстрому изменению — тем более быстрому, чем активнее работают органы. Некоторые компоненты обновляются изо дня в день, другие — из месяца в месяц, третьи — лишь спустя годы. То, что продолжает существовать как конкретный индивид, подобно пламени и волне — это лишь форма движения, которая постоянно втягивает новую материю в свой вихрь и изгоняет старую. Глухой наблюдатель узнает вибрацию звука лишь до тех пор, пока она видима или ощутима в связи с тяжелой материей. Не являются ли наши чувства по отношению к жизни подобными такому глухому наблюдателю?

ДОПОЛНЕНИЕ

Утверждения на странице 193 вызвали полемическую атаку г-на И. К. Ф. Целльнера в его книге «О природе комет» против сэра У. Томсона, по поводу чего я счел нужным кратко высказаться в предисловии ко второй части немецкого перевода «Руководства по теоретической физике» Томсона и Тейта. Привожу здесь этот отрывок:

«Упомяну здесь еще одно возражение. Оно касается вопроса о возможности того, что органические зародыши могут находиться в метеоритах и переноситься на остывшие небесные тела. В своей вступительной речи на заседании Британской ассоциации в Эдинбурге в августе 1871 года сэр У. Томсон назвал это "не антинаучным". Здесь, если и есть ошибка, я должен признать себя соучастником. Я упоминал этот взгляд как возможный способ передачи организмов через пространство даже чуть раньше сэра У. Томсона, в лекции, прочитанной весной того же года в Гейдельберге и Кёльне, но не опубликованной. Я не возражаю, если кто-то сочтет эту гипотезу невероятной в высокой или даже в высшей степени. Но мне кажется совершенно правильной научной процедурой следующее: когда все наши попытки создать организмы из неживой материи терпят неудачу, мы можем задаться

вопросом, возникла ли жизнь вообще когда-либо или нет, и не были ли её зародыши перенесены из одного мира в другой, развиваясь там, где они находили благоприятную почву.

Так называемые физические возражения г-на Целльнера имеют лишь малый вес. Он напоминает историю метеорита и добавляет: "Если бы метеоритные камни, покрытые организмами, уцелели при разрушении материнского тела и не разделили общего повышения температуры, они должны были бы сначала пройти через земную атмосферу, прежде чем доставить свои организмы для заселения Земли".

Во-первых, из многочисленных наблюдений мы знаем, что крупные метеориты при падении через атмосферу нагреваются лишь в наружном слое, в то время как внутри они остаются холодными или даже очень холодными. Следовательно, любые зародыши в трещинах были бы в безопасности от сгорания. Более того, те зародыши, что находились на поверхности, были бы сдуты мощным потоком воздуха еще в самых верхних и разреженных слоях атмосферы, задолго до того, как камень достиг бы плотных слоев газа, где сжатие достаточно для выделения заметного тепла. С другой стороны, что касается столкновения двух тел (как предполагает Томсон), первыми последствиями были бы мощные механические движения, и лишь в той мере, в какой они гасились бы трением, выделялось бы тепло. Мы не знаем, длилось бы это часы, дни или недели. Фрагменты, разлетающиеся в первый момент с планетарной скоростью, могли уцелеть без выделения тепла. Я считаю даже не исключенным, что камень или метеоритный дождь, летящий через верхние слои атмосферы небесного тела, увлекает за собой массу воздуха, содержащую несгоревшие зародыши.

Как я уже заметил, я не склонен утверждать, что все эти возможности являются вероятностями. Это вопросы, о существовании и значении которых мы должны помнить, чтобы в случае необходимости они могли быть решены фактическими наблюдениями или выводами из них».

О МЫШЛЕНИИ В МЕДИЦИНЕ

Речь, произнесенная 2 августа 1877 года по случаю годовщины основания Института подготовки военных врачей.

Прошло тридцать пять лет с тех пор, как 2 августа я стоял на трибуне в зале этого Института перед такой же аудиторией, как эта, и читал доклад об операции на венозных опухолях. В то время я был воспитанником этого заведения и как раз завершал свое обучение. Я никогда не видел, как удаляют опухоль, и содержание моей лекции было лишь компиляцией из книг; но книжное знание играло в то время в медицине гораздо более широкую и влиятельную роль, чем та, которую мы готовы отвести ему сегодня. То был период брожения, борьбы между ученой традицией и новым духом естествознания, которое более не желало знать традиций, но стремилось опираться на индивидуальный опыт. Начальство в то время оценило мой очерк благосклоннее, чем я сам, и у меня до сих пор хранятся книги, которые были вручены мне в качестве награды.

Воспоминания, теснящиеся во мне по этому случаю, живо воскресили в моем уме картину тогдашнего состояния нашей науки, наших устремлений и надежд и заставили меня сравнить прошлое положение вещей с тем, во что оно развилось. Сделано действительно многое.

Хотя не всё, на что мы надеялись, исполнилось, и многое обернулось иначе, чем нам хотелось, мы приобрели многое из того, на что не смели и надеяться. Подобно тому как мировая история совершила на наших глазах один из своих немногих гигантских скачков, то же самое произошло и с нашей наукой; поэтому старый студент, подобный мне, едва узнает несколько матроноподобный облик госпожи Медицины, когда случайно вновь сталкивается с ней — столь бодрой и способной к росту стала она, окунувшись в источник молодости естественных наук.

Возможно, я сохранил впечатление об этом антагонизме более свежим, чем те из моих современников, которых я имею честь видеть здесь; те, кто постоянно был связан с наукой и практикой, меньше поражались великим переменам, поскольку

они происходили постепенно. В этом да послужит мне оправданием то, что я говорю с вами о метаморфозе, произошедшей в медицине за этот период, с результатами развития которой вы знакомы лучше меня. Мне бы хотелось, чтобы впечатление от этого развития и его причин не было совсем утрачено для самых молодых из моих слушателей. У них нет особого стимула обращаться к литературе того периода; они встретили бы там принципы, написанные словно на забытом языке, так что нам совсем не просто перенестись в образ мыслей эпохи, которая осталась так далеко позади. Путь развития медицины — это поучительный урок об истинных принципах научного поиска, и позитивная часть этого урока, пожалуй, ни в какое прежнее время не преподавалась столь внушительно, как в последнем поколении.

На мою долю выпала задача преподавать ту ветвь естественных наук, которая призвана делать самые широкие обобщения и обсуждать значение фундаментальных идей; и которая именно по этой причине была не без оснований названа англоязычными народами «Натуральной философией». Следовательно, это не слишком выходит за рамки моих официальных обязанностей и моих собственных занятий, если я попытаюсь рассуждать здесь о принципах научного метода применительно к опытным наукам.

Что касается моего знакомства с образом мыслей старой медицины, то, помимо общей обязанности каждого образованного врача понимать литературу своей науки, а также направление и условия её прогресса, в моем случае был и особый стимул. На моей первой профессорской должности в Кёнигсберге, с 1849 по 1856 год, мне приходилось каждую зиму читать лекции по общей патологии — то есть по той части предмета, которая содержит общие теоретические концепции природы болезни и принципы её лечения.

Общая патология рассматривалась нашими предшественниками как прекраснейший цветок медицинской науки. Но на деле то, что составляло её сущность, обладает для приверженцев современного естествознания лишь историческим интересом.

Многие из моих предшественников преломили

копья в научной защите этой сущности, и более всего Генле и Лотце. Последний, чьей отправной точкой также была медицина, в своей «Общей патологии и терапии» изложил её очень основательно, методично и с большой критической проницательностью.

Моя личная склонность изначально была направлена к физике; внешние обстоятельства заставили меня начать изучение медицины, что стало возможным для меня благодаря щедрому устройству этого Института. Однако в прежнее время было принято сочетать изучение медицины с естественными науками, и всё, что в этом было обязательным, я должен считать удачей; не только потому, что я вошел в медицину в то время, когда любой, кто был хоть немного знаком с физическими соображениями, находил плодородную девственную почву для возделывания; но я считаю изучение медицины той школой, которая проповедовала более внушительно и убедительно, чем любая другая, вечные принципы всякой научной работы; принципы столь простые, но вечно забываемые; столь ясные, но всегда скрытые обманчивой вуалью.

Возможно, только тот может оценить огромную важность и страшный практический размах проблем медицинской теории, кто наблюдал за угасающим взором приближающейся смерти, был свидетелем отчаянного горя близких и задавал себе торжественные вопросы: всё ли было сделано, что можно было сделать, чтобы предотвратить ужасное событие? Исчерпаны ли все ресурсы и все средства, накопленные наукой?

Пока он остается невозмутимым в своем кабинете, чисто теоретический исследователь может улыбаться с холодным презрением, когда тщеславие и спесь пытаются раздуться в науке и поднять шум. Или он может считать древние предрассудки интересными и простительными, как остатки поэтического романтизма или юношеского энтузиазма. Для того же, кому приходится бороться с враждебными силами фактов, безразличие и романтика исчезают; то, что он знает и умеет, подвергается суровым испытаниям; он может использовать только жесткий и ясный свет фактов и должен оставить мысль о том, чтобы убаюкивать

себя приятными иллюзиями.

Поэтому я радуюсь, что могу еще раз обратиться к собранию, состоящему почти исключительно из медиков, прошедших ту же школу. Медицина была когда-то интеллектуальным домом, в котором я вырос, а эмигрант лучше всего понимает свою родину и сам лучше всего понял её.

Если бы мне предложили обозначить одним словом фундаментальную ошибку того прежнего времени, я был бы склонен сказать, что оно преследовало ложный идеал науки в одностороннем и ошибочном преклонении перед дедуктивным методом. Медицина, правда, была не единственной наукой, вовлеченной в это заблуждение, но ни в какой другой науке последствия не были столь вопиющими и не препятствовали так прогрессу, как в медицине. История этой науки представляет, следовательно, особый интерес для истории развития человеческого разума. Никакая другая, пожалуй, не способна лучше показать, что истинная критика источников познания является также практически чрезвычайно важным объектом истинной философии.

Гордое изречение Гиппократов:

ἡτὺρὸς φιλόσοφος ἰσόθεος,

«Подобен богу врач-философ», служило своего рода знаменем старой дедуктивной медицины.

Мы можем признать это, если только раз и навсегда условимся, что именно мы понимаем под философом. Для древних философия охватывала всё теоретическое знание; их философы занимались математикой, физикой, астрономией, естественной историей в тесной связи с собственно философскими или метафизическими рассуждениями. Если поэтому понимать медицинского философа Гиппократов как человека, обладающего совершенным пониманием причинной связи природных процессов, то мы действительно можем сказать вместе с Гиппократом: такой человек может помогать, как бог.

В этом смысле афоризм в трёх словах выражает идеал, к которому должна стремиться наша наука. Но кто осмелится утверждать, что она когда-либо

достигнет этого идеала?

Однако те ученики медицины, которые уже при жизни считали себя божественными и желали навязать это представление другим, не были склонны откладывать свои надежды на столь отдалённое будущее. Требования к философам были значительно снижены. Каждый приверженец какой-либо космологической системы, в которой — к добру или худу — факты должны были подгоняться под действительность, чувствовал себя философом. Философы того времени знали о законах природы немногим больше, чем необразованный мирянин; но основной упор их усилий делался на мышление, на логическую последовательность и завершённость системы. Нетрудно понять, как в периоды юношеского развития могла возникнуть такая односторонняя переоценка мышления. Превосходство человека над животными, учёного над варваром основано на мышлении; ощущение, чувство, восприятие, напротив, он разделяет со своими низшими собратьями, причём по остроте чувств многие из них даже превосходят его. Стремление человека развить свою способность мышления до предела — задача, от решения которой зависят как чувство собственного достоинства, так и практическая сила; и естественной ошибкой было считать несущественным тот дар умственных способностей, который природа дала животным, и полагать, что мышление может быть освобождено от своей природной основы — наблюдения и восприятия, — чтобы начать свой икарыйский полёт метафизических спекуляций.

На самом деле вовсе не легко полностью выяснить происхождение нашего знания. Огромная его часть передаётся посредством речи и письма. Эта способность человека собирать сокровища знаний многих поколений является главной причиной его превосходства над животным, которое ограничено унаследованным слепым инстинктом и собственным индивидуальным опытом. Но всякое передаваемое знание передаётся уже в готовом виде; откуда рассказчик его получил и сколько критики он к нему применил, чаще всего невозможно установить, особенно если традиция передавалась через несколько поколений. Мы вынуждены принимать её на веру; к источнику мы не можем добраться; и когда многие поколения

довольствовались таким знанием, не подвергали его критике, а напротив, постепенно добавляли всевозможные мелкие изменения, которые со временем разрастались в крупные, — после всего этого под авторитетом первобытной мудрости нередко сообщаются и принимаются самые странные вещи. Любопытным примером такого рода является история учения о кровообращении, о которой нам ещё предстоит говорить.

Но существует и другой вид традиции, передаваемой посредством речи, который долгое время оставался незамеченным и ещё в большей степени вводит в заблуждение того, кто размышляет о происхождении знания. Речь не может легко выработать названия для классов предметов или процессов, если мы не привыкли очень часто упоминать вместе соответствующие отдельные индивиды, вещи и случаи и утверждать то общее, что в них имеется. Следовательно, они должны обладать многими общими чертами. Или же, если мы, размышляя научно, выбираем некоторые из этих признаков и сопоставляем их, образуя определение, то общее обладание этими wybranymi признаками необходимо предполагает, что в данных случаях регулярно встречается и большое число других признаков; между первыми и последними должна существовать естественная связь. Так, если мы называем млекопитающими тех животных, которые в детстве вскармливаются молоком матери, то далее можем утверждать о них, что все они теплокровны, рождаются живыми, имеют позвоночник, но не имеют квадратной кости, дышат лёгкими, имеют разделённые камеры сердца и т. д. Следовательно, уже сам факт, что в языке разумного и наблюдательного народа определённый класс вещей объединён одним именем, указывает на то, что эти вещи или случаи находятся в общем природном родстве; благодаря одному лишь этому из предшествующих поколений передаётся целая масса опыта, причём это вовсе не осознаётся.

Взрослый человек, когда он начинает размышлять о происхождении своего знания, уже обладает огромным запасом повседневного опыта, который в значительной степени восходит к тьме его раннего детства. Всё индивидуальное давно забыто, но сходные следы, оставленные в памяти ежедневным повторением сходных случаев, глубоко в ней запечатлелись. А поскольку только то, что

закономерно, повторяется с постоянством, то эти глубоко впечатавшиеся остатки всех прежних представлений и являются именно представлениями о закономерности вещей и процессов.

Таким образом, человек, приступая к размышлению, обнаруживает, что он обладает широким кругом приобретений, о происхождении которых он не знает и которыми он владеет столько, сколько себя помнит. Нам даже не нужно прибегать к допущению наследственной передачи при рождении.

Сформированные им понятия, переданные его родным языком, утверждаются как регулирующие силы даже в объективном мире фактов; и поскольку он не знает, что он сам или его предки выработали эти понятия из самих вещей, мир фактов представляется ему, подобно его понятиям, управляемым интеллектуальными силами. Мы узнаём этот психологический антропоморфизм от идей Платона — через имманентную диалектику космического процесса у Гегеля — вплоть до бессознательной воли Шопенгауэра.

Естествознание, которое в прежние времена было почти тождественно медицине, следовало пути философии; дедуктивный метод казался способным на всё. Правда, Сократ разработал индуктивное мышление в высшей степени поучительным образом. Но лучшее из того, что он сделал, осталось по существу непонятым.

Я не стану проводить вас через пёстрое смешение патологических теорий, которые, в зависимости от склонностей их авторов, возникали вследствие того или иного расширения естественнонаучных знаний и большей частью выдвигались врачами, которые, независимо от своих теорий, приобретали славу как великие наблюдатели и эмпирики. Затем пришли менее одарённые ученики, которые копировали своих учителей, преувеличивали их теории, делали их более односторонними и более логически строгими, не считаясь с какими-либо противоречиями природе. Чем жёстче становилась система, тем меньшим числом и тем более радикальными средствами ограничивалось врачебное искусство. Чем сильнее школы загонялись в угол ростом действительного знания, тем больше они опирались на древние авторитеты и

тем нетерпимее становились к нововведениям. Великого реформатора анатомии Везалия привлекли к суду богословского факультета в Саламанке; Сервет был сожжён в Женеве вместе со своей книгой, в которой он описал лёгочное кровообращение; а Парижский факультет запретил преподавание учения Гарвея о кровообращении в своих аудиториях.

В то же время основания систем, с которых исходили эти школы, по большей части представляли собой взгляды естествознания, вполне пригодные для применения в узком круге. Ошибочным было заблуждение, будто более научно сводить все болезни к одному виду объяснения, нежели к нескольким. Так называемая солидарная патология хотела выводить всё из изменённой механики твёрдых частей, особенно из изменения их напряжения: из *strictum* и *laxum*, из тонуса и отсутствия тонуса, а позднее — из напряжённых или расслабленных нервов и из закупорок сосудов. Гуморальная патология знала лишь изменения состава. Четыре главные жидкости — представители классических четырёх элементов: кровь, флегма, чёрная и жёлтая желчь; затем различные «едкости» или дискразии, которые следовало изгонять потением и очищением; в начале новой эпохи — кислоты и щёлочи, алхимические духи и скрытые качества усваиваемых веществ — всё это составляло элементы этой химии. Наряду с этим существовали и разнообразные физиологические представления, некоторые из которых содержали замечательные предвосхищения, как, например, *ἔμφυτον θερμόν* — врождённое жизненное тепло Гиппократов, поддерживаемое питательными веществами, которое затем «кипит» в желудке и является источником всякого движения; здесь уже начинается прясться нить, которая впоследствии привела одного врача к закону сохранения силы. С другой стороны, *πνεῦμα* — нечто наполовину дух, наполовину воздух, которое может быть изгнано из лёгких в артерии и наполняет их, — породило немало путаницы. Тот факт, что в артериях мёртвых тел обычно находят воздух, который, впрочем, проникает туда лишь в момент рассечения сосудов, привёл древних к убеждению, что воздух присутствует в артериях и при жизни. Тогда оставались лишь вены, по которым могла циркулировать кровь. Считалось, что она

образуется в печени, оттуда движется к сердцу и по венам — к органам. Всякое внимательное наблюдение кровопускания должно было бы научить, что в венах кровь идёт от периферии к сердцу. Но эта ложная теория настолько переплелась с объяснением лихорадки и воспаления, что приобрела авторитет догмы, на которую было опасно посягать.

Однако существенной и основной ошибкой этой системы было — и продолжало оставаться — ложное представление о логическом выводе, к которому она якобы вела: убеждение, будто возможно построить завершённую систему, охватывающую все формы болезни и их лечение, на основе одного простого объяснения. Полное знание причинной связи одного класса явлений действительно даёт в итоге логически связную систему. Нет более гордого сооружения строгой мысли, чем современная астрономия, выведенная вплоть до мельчайших возмущений из закона тяготения Ньютона. Но Ньютону предшествовал Кеплер, который путём индукции собрал все факты; и астрономы никогда не считали, что ньютоновская сила исключает одновременное действие других сил. Они постоянно следили за тем, не оказывают ли также влияние трение, сопротивляющиеся среды и рои метеоров. Старые философы и врачи полагали, что могут дедуцировать прежде, чем утвердят свои общие принципы индукцией. Они забывали, что дедукция не может иметь большей достоверности, чем принцип, из которого она выведена, и что каждая новая индукция прежде всего должна служить новым опытным испытанием собственных оснований. То, что вывод получен самым строгим логическим методом из сомнительной посылки, не прибавляет ему ни на волос достоверности или ценности.

Одной из характерных черт школ, строивших свои системы на таких гипотезах, принятых как догмы, была нетерпимость, о которой я уже отчасти упоминал. Тот, кто работает на надёжном основании, легко признаёт ошибку; при этом он теряет не более того, в чём ошибся. Но если исходная точка положена в гипотезе, которая либо кажется гарантированной авторитетом, либо выбрана лишь потому, что согласуется с тем, что хотелось бы считать истинным, то любая трещина может безнадёжно разрушить всё здание

убеждений. Поэтому убеждённые последователи должны требовать для каждой отдельной части такого здания той же степени непогрешимости — для анатомии Гиппократу не меньше, чем для кризисов лихорадки; каждый противник должен казаться либо глупым, либо порочным, и спор тем самым, по старому обычаю, становится тем более страстным и личным, чем более неопределённым является защищаемое основание. Мы часто имеем возможность подтвердить эти общие правила в школах догматической дедуктивной медицины. Они проявляли свою нетерпимость отчасти друг против друга, отчасти против эклектиков, которые находили различные объяснения для различных форм болезни. Этот метод, по своему существу вполне оправданный, казался систематикам нелогичным. И всё же величайшие врачи и наблюдатели — во главе с Гиппократом, затем Аретей, Гален, Сиденгам и Бургава — были эклектиками или, по крайней мере, весьма рыхлыми систематиками.

Во времена, когда мы, старшее поколение, начинали изучать медицину, она всё ещё находилась под влиянием важных открытий Альбрехта фон Галлера об раздражимости нервов, которые он связал с виталистической теорией природы жизни. Галлер наблюдал раздражимость в нервах и мышцах ампутированных конечностей. Самым поразительным для него было то, что самые различные внешние воздействия — механические, химические, тепловые, а позднее и электрические — всегда давали один и тот же результат: мышечное сокращение. Они различались лишь количественно по силе своего действия; он обозначил их общим именем раздражителя (*stimulus*), изменённое состояние нерва назвал возбуждением, а его способность отвечать на раздражение — раздражимостью, которая исчезает при смерти. Всё это состояние, которое с физической точки зрения утверждает не более того, что нервы находятся в чрезвычайно неустойчивом равновесии, — было объявлено фундаментальным свойством животной жизни и без колебаний перенесено на другие органы и ткани тела, для чего не существовало подобного основания. Считалось, что ни один из них не действует сам по себе, но должен получать толчок извне; воздух и питание рассматривались как нормальные раздражители. Характер же деятельности казался обусловленным

специфической энергией органа под влиянием жизненной силы. Увеличение или уменьшение раздражимости стало категорией, под которую подводили все острые болезни и из которой выводили показания к ослабляющему или стимулирующему лечению. Жёсткая односторонность и неумолимая логика, с которой Роберт Браун некогда разработал эту систему, была смягчена, но она всё ещё задавала основные точки зрения.

Жизненная сила прежде помещалась как эфирный дух, как пневма, в артериях; затем у Парацельса она приняла форму *Archeus* — своего рода полезного домового или внутреннего алхимика — и получила своё наиболее чёткое научное выражение в виде «души жизни» (*anima inscisa*) у Георга Эрнста Шталье, профессора химии и патологии в Галле в первой половине прошлого века. Шталье обладал ясным и острым умом, который поучителен и стимулирует уже тем, как он ставит правильный вопрос, даже там, где он приходит к выводам, противоположным нашим современным взглядам. Именно он создал первую всеобъемлющую систему химии — систему флогистона. Если перевести его флогистон в скрытую теплоту, то теоретические основы его системы по существу перешли в систему Лавуазье; кислород Шталье ещё не знал, что и породило некоторые ложные гипотезы, например о отрицательной тяжести флогистона. «Душа жизни» Шталье в целом сконструирована по образцу того, как пиетистские общины того времени представляли себе грешную человеческую душу: она подвержена ошибкам и страстям, лени, страху, нетерпению, печали, неосмотрительности, отчаянию. Врач должен либо умиротворить её, либо возбудить, либо наказать и привести к раскаянию. При этом необходимость физических и жизненных процессов он обосновывал весьма продуманно: душа жизни управляет телом и действует лишь посредством физико-химических сил усвоенных веществ; но она обладает властью связывать и освобождать эти силы, давать им полный простор или сдерживать их. После смерти связанные силы освобождаются и вызывают гниение и разложение. Для опровержения этой гипотезы связывания и освобождения необходимо было открыть закон сохранения силы.

Вторая половина прошлого столетия была слишком

проникнута принципами рационализма, чтобы открыто признать «душу жизни» Шталье. Она была представлена в более научном виде как жизненная сила (*vis vitalis*), сохранив при этом свои основные функции; под названием «целительной силы природы» она играла видную роль в лечении болезней.

Учение о жизненной силе вошло в патологическую систему изменений раздражимости. Было сделано попытка отделить прямые действия болезнетворного начала, обусловленные игрой слепых природных сил — *symptomata morbi*, — от тех, которые вызывают реакцию жизненной силы — *symptomata reactionis*. Последние главным образом усматривались в воспалении и лихорадке. Задачей врача считалось наблюдать силу этой реакции и, в зависимости от обстоятельств, возбуждать её или умерять.

Лечение лихорадки тогда казалось главным пунктом, той частью медицины, которая имела под собой реальное научное основание, тогда как местное лечение отступало на второй план. Вследствие этого терапия лихорадочных болезней стала весьма однообразной, хотя средства, предписываемые теорией, всё ещё широко применялись, особенно кровопускание, почти полностью оставленное с тех пор. Терапия ещё более обеднела по мере того, как подрастало более молодое и критическое поколение, проверявшее предпосылки того, что считалось научным. Среди молодёжи было немало таких, кто, отчаявшись в своей науке, почти полностью отказался от терапии или же принципиально обратился к эмпиризму, подобному тому, который тогда проповедовал Радемахер, считавший всякое ожидание научного объяснения тщетной надеждой.

Мы усвоили тогда лишь развалины старого догматизма, но их сомнительные черты вскоре дали о себе знать.

Виталистический врач полагал, что существенная часть жизненных процессов не зависит от природных сил, которые действуют с слепой необходимостью и по строгому закону и определяют результат. То, что эти силы могут сделать, казалось ему второстепенным и едва ли достойным тщательного изучения. Он думал, что

имеет дело с существом, подобным душе, которому должен противостоять мыслитель, философ, разумный человек. Позвольте пояснить это несколькими штрихами.

В то время в клиниках уже регулярно применялись аускультация и перкуссия органов грудной клетки.

Но мне нередко приходилось слышать утверждение, что это грубые механические способы исследования, в которых врач с ясным умственным взором не нуждается; более того, что они унижают пациента, который всё-таки является человеком, обращаясь с ним как с машиной. Прощупывание пульса казалось самым непосредственным способом узнать характер действия жизненной силы и потому рассматривалось как важнейшее средство исследования. Считать пульс секундомером было вполне обычным делом, но старым господам это казалось не вполне изящным методом. О измерении температуры при болезнях тогда ещё не было и речи. По поводу офтальмоскопа один знаменитый хирург сказал мне, что он никогда не станет пользоваться этим инструментом: слишком опасно впускать грубый свет в больные глаза; другой заметил, что зеркало, быть может, полезно врачам с плохим зрением, но у него зрение хорошее, и оно ему не нужно.

Один профессор физиологии того времени, прославленный своей литературной деятельностью и известный как блестящий оратор и умный человек, вступил в спор со своим коллегой-физиком по поводу изображений в глазу. Физик предложил физиологу прийти и увидеть опыт. Физиолог же с возмущением отказался, заявив, что физиологу нечего делать с опытами — они полезны лишь физику. Другой пожилой и учёный профессор терапии, много занимавшийся реорганизацией университетов, настойчиво убеждал меня разделить физиологию, чтобы восстановить «добрые старые времена»: я, по его мнению, должен был читать лекции по подлинно интеллектуальной части, а низшую экспериментальную часть передать коллеге, которого он считал для этого достаточно хорошим. Он окончательно махнул на меня рукой, когда я сказал, что сам считаю эксперименты истинным основанием науки.

Я упоминаю эти обстоятельства, пережитые мною лично, чтобы прояснить настроение старых школ и

даже самых выдающихся представителей медицинской науки по отношению к прогрессивному направлению идей естествознания; в литературе эти идеи, разумеется, находили более слабое выражение, поскольку старые господа были осторожны и житейски благоразумны.

Вы легко поймёте, каким серьёзным препятствием для прогресса должно было быть подобное настроение со стороны влиятельных и уважаемых людей. Медицинское образование того времени основывалось главным образом на изучении книг; ещё существовали лекции, сводившиеся к простому диктованию; что касается лабораторных опытов и демонстраций, то их обеспечение было то хорошим, то крайне неудовлетворительным; не существовало физиологических и физических лабораторий, в которых сам студент мог бы работать. Великое деяние Либиха — основание химической лаборатории — было завершено, по крайней мере в области химии, но его примеру в других науках не последовали. Между тем медицина обладала в анатомических вскрытиях важнейшим средством воспитания самостоятельного наблюдения, которого лишены другие факультеты и которому, по моему убеждению, следует придавать большое значение. Микроскопические демонстрации на лекциях были редки и случайны. Микроскопы были дороги и малодоступны. Я сам стал обладателем одного из них благодаря тому, что осенью 1841 года провёл каникулы в клинике «Шарите», будучи сражён тифозной лихорадкой; как студент, я находился там на бесплатном уходе, и после выздоровления обнаружил, что у меня остались сбережения из моих весьма скромных средств. Инструмент был не особенно хорош, однако с его помощью я смог распознать отростки ганглиозных клеток у беспозвоночных, что описал в своей диссертации, а также исследовать вибрионы в своих работах по гниению и брожению.

Любой из моих сокурсников, желавший ставить опыты, должен был делать это за счёт собственных карманных денег. Зато мы научились одному, чему, быть может, молодое поколение уже не так хорошо учится в лабораториях, — всесторонне продумывать пути и средства достижения цели и исчерпывать все возможности размышлений, пока не находился практически осуществимый путь. Перед нами действительно лежало почти

неосвоенное поле, где почти каждый удар лопаты мог дать плодотворный результат.

Особенно один человек пробудил в нас энтузиазм к работе в верном направлении — физиолог Иоганнес Мюллер. В своих теоретических воззрениях он склонялся к виталистической гипотезе, но в наиболее существенных пунктах он был подлинным естествоиспытателем, твёрдым и непреклонным: для него все теории были лишь гипотезами, которые должны быть проверены фактами и о которых могли судить только факты. Даже в тех вопросах, которые легче всего кристаллизуются в догмы, — о способе действия жизненной силы и о деятельности сознательной души — он постоянно стремился к более точному определению, к доказательству или опровержению с помощью фактов.

И хотя искусство анатомического исследования было ему наиболее близко и он потому охотнее всего к нему возвращался, он тем не менее овладел и химическими, и физическими методами, более чуждыми ему поначалу. Он доказал, что фибрин растворён в крови; он экспериментировал над распространением звука в механизмах, подобных тем, которые имеются в барабанной перепонке уха; он рассматривал деятельность глаза как оптик. Его важнейшим достижением для физиологии нервной системы, равно как и для теории познания, было строгое и окончательное обоснование учения о специфических энергиях нервов. Что касается разделения нервов на двигательные и чувствительные, он показал, как экспериментально доказать закон Белла о корешках спинного мозга так, чтобы избежать ошибок; а в отношении чувствительных энергий он не только установил общий закон, но и провёл множество отдельных исследований, чтобы устранить возражения и опровергнуть ложные указания и уклонения. То, что прежде лишь смутно предполагалось на основании повседневного опыта и выражалось в неопределённой форме, где истинное смешивалось с ложным, либо было установлено лишь для отдельных областей — как, например, у доктора Юнга в теории цветов или у сэра Чарльза Белла в учении о двигательных нервах, — всё это вышло из рук Мюллера в состоянии классического совершенства, как научное достижение, ценность которого я склонен считать равной открытию закона

тяготения.

Его научное направление, и в особенности его личный пример, были продолжены его учениками. До нас были Шванн, Генле, Райхерт, Петерс, Ремак; моими товарищами по учёбе были Э. Дюбуа-Реймон, Вирхов, Брюкке, Людвиг, Траубе, Й. Мейер, Либеркюн, Халльман; после нас пришли А. фон Грефе, В. Буш, Макс Шульце, А. Шнейдер.

Микроскопическая и патологическая анатомия, учение об органических типах, физиология, экспериментальная патология и терапия, офтальмология — все эти области в Германии развились под влиянием этого мощного импульса далеко за пределы уровня соседних стран. Этому способствовали также труды современников Мюллера сходного направления, среди которых прежде всего следует назвать трёх братьев Вебер из Лейпцига, заложивших прочные основы механики кровообращения, мышц, суставов и уха.

Атака предпринималась всюду, где можно было увидеть путь к пониманию какого-либо жизненного процесса; исходили из предположения, что эти процессы могут быть поняты, и успех оправдал это предположение. Был разработан тонкий и богатый технический аппарат методов микроскопии, физиологической химии и вивисекции; последняя стала особенно возможной благодаря применению эфирного наркоза и парализующего кураре, благодаря чему для исследования открылись многие глубокие проблемы, казавшиеся нашему поколению безнадежными. Термометр, офтальмоскоп, ушное зеркало, ларингоскоп, раздражение нервов на живом теле открыли врачу возможности тонкой и вместе с тем надёжной диагностики там, где прежде царила полная тьма. Всё возрастающее число доказанных паразитических организмов заменяет мистические сущности осязаемыми объектами и учит хирурга предупреждать страшно коварные болезни разложения.

Но не думайте, господа, что борьба окончена. Пока существуют люди с поразительным самомнением, воображающие, будто несколькими ловкими приёмами они могут достичь того, чего человек иначе может надеяться добиться лишь тяжёлым трудом, — будут возникать гипотезы, которые, будучи провозглашены догмами, сразу обещают

разрешить все загадки. И пока существуют люди, безусловно верящие в то, что им хочется считать истинным, — гипотезы первых будут находить доверие. Обе эти группы, несомненно, не исчезнут, и ко второй всегда будет принадлежать большинство.

Метафизические системы всегда обладали двумя характерными чертами. Во-первых, человек всегда жаждет ощущать себя существом высшего порядка, стоящим далеко за пределами остальной природы; это желание удовлетворяют спиритуалисты. С другой стороны, он хотел бы верить, что благодаря своему мышлению он является неограниченным властелином мира — разумеется, мысля теми понятиями, до развития которых он дошел; это пытаются удовлетворить материалисты.

Но тот, кто, подобно врачу, вынужден активно противостоять силам природы, приносящим благо или горе, обязан искать познания истины, и только истины, не задумываясь о том, приятно ли найденное им в том или ином отношении. Его цель четко определена; для него лишь успех фактов является окончательно решающим. Он должен стремиться заранее установить, каков будет результат его действий, если он пойдет тем или иным путем. Чтобы обрести это предвидение грядущего, еще не подтвержденного наблюдениями, невозможен никакой иной метод, кроме попытки прийти к законам фактов через наблюдения; и мы можем познать их только путем индукции — через тщательный отбор, сопоставление и наблюдение тех случаев, которые подпадают под закон.

Когда нам кажется, что мы пришли к закону, начинается работа дедукции. Тогда наш долг — развить следствия нашего закона как можно полнее, но прежде всего применить к ним проверку опытом, насколько они поддаются проверке, и затем решить на основании этой проверки, сохраняет ли закон силу и в какой степени. Это испытание, которое на самом деле никогда не прекращается. Истинный естествоиспытатель при каждом новом явлении размышляет, не могут ли претерпеть изменения даже самые твердо установленные законы известных сил; разумеется, речь может идти лишь о таком изменении, которое не противоречит всему

запасу нашего ранее собранного опыта. Таким образом, наука никогда не достигает безусловной истины, но достигает столь высокой степени вероятности, которая практически равна достоверности.

Метафизики могут потешаться над этим; мы примем их насмешки близко к сердцу лишь тогда, когда они будут в состоянии сделать лучше или хотя бы так же хорошо. Старые слова Сократа, первого мастера индуктивных определений, в отношении них звучат так же свежо, как и 2000 лет назад: «Они воображали, будто знают то, чего не знают, а он, по крайней мере, имел то преимущество, что не притворялся знающим то, чего не знает». И вновь он удивлялся тому, что им не ясно: людям невозможно открыть такие вещи, так как даже те, кто больше всего гордился своими речами по этому вопросу, не соглашались друг с другом, но вели себя друг с другом как безумцы (*τοῖς μαινομένοις ὁμοίως*). Сократ называет их *τοὺς μέγιστον φρονοῦντας* (высокоумствующими). Шопенгауэр называет себя Монбланом рядом с кротовой кучей, когда сравнивает себя с естествоиспытателем. Ученики восхищаются этими громкими словами и пытаются подражать мастеру.

Выступая против пустого производства гипотез, ни в коем случае не думайте, что я желаю умалить реальную ценность оригинальных мыслей. Первое открытие нового закона — это обнаружение сходства, которое до тех пор было скрыто в ходе природных процессов. Это проявление того, что наши предки в серьезном смысле называли «остроумием» (*wit*); оно того же качества, что и высшие достижения художественного восприятия в открытии новых типов выразительности. Это то, что нельзя заставить явиться силой и что нельзя приобрести никаким известным методом. Поэтому к этому стремятся все те, кто хочет прослыть любимыми детьми гения. Кажется так легко, так необременительно получить с помощью внезапных вспышек мысли недостижимое преимущество над современниками. Истинный художник и истинный исследователь знают, что великие произведения могут быть созданы только тяжелым трудом. Доказательство того, что сформированные идеи не просто соскребают поверхностные сходства, а порождены быстрым взглядом в связь целого, может быть получено только тогда, когда эти идеи

полностью развиты — то есть, для вновь открытого читателей множеством бесполезных цитат. закона природы, только путем его согласия с фактами. Эту оценку ни в коем случае нельзя рассматривать как зависящую от внешнего успеха, но успех здесь тесно связан с глубиной и полнотой предварительных восприятий.

Находить поверхностные сходства легко; это забавляет в обществе, и остроумные мысли быстро приносят автору имя умного человека. Среди огромного количества таких идей обязательно должны быть те, которые в конечном итоге окажутся частично или полностью верными; было бы верхом неловкости всегда угадывать неверно. При такой счастливой случайности человек может громко заявлять о своем приоритете в открытии; в противном случае счастливое забвение скрывает ложные выводы. Приверженцы такого процесса рады подтверждать ценность первой мысли. Добросовестные работники, которые стесняются выносить свои мысли на суд публики, прежде чем проверят их во всех направлениях, разрешат все сомнения и прочно обоснуют доказательство, оказываются в явном невыгодном положении. Решение вопросов приоритета такого рода только по дате их первой публикации, без учета зрелости исследования, серьезно способствовало этому злу.

В «наборной кассе» печатника содержится вся мудрость мира, которая была или может быть открыта; нужно только знать, как расставить буквы. Так и в сотнях книг и брошюр, которые ежегодно публикуются об эфире, строении атомов, теории восприятия, а также о природе астенической лихорадки и карциномы, исчерпаны все самые тонкие оттенки возможных гипотез, и среди них обязательно должно быть много фрагментов правильной теории. Но кто знает, как их найти?

Я настаиваю на этом, чтобы прояснить вам, что вся эта литература непроверенных и неподтвержденных гипотез не имеет ценности для прогресса науки. Напротив, те немногие здравые идеи, которые они могут содержать, скрыты мусором остального; и тот, кто хочет опубликовать что-то действительно новое — факты — видит себя под угрозой бесчисленных претензий на приоритет, если только он не готов тратить время и силы на предварительное чтение массы абсолютно бесполезных книг и уничтожать терпение своих

Наше поколение страдало под тиранией спиритуалистической метафизики; новому поколению, вероятно, придется остерегаться тирании материалистических гипотез. Кантово отрицание притязаний чистого мышления постепенно произвело некоторое впечатление, но Кант оставил один путь к отступлению. Ему было так же ясно, как и Сократу, что все метафизические системы, предложенные до того времени, были сплетениями ложных выводов. Его «Критика чистого разума» — это постоянная проповедь против использования категорий мышления за пределами возможного опыта. Но геометрия казалась ему делающей то, к чему стремилась метафизика; и поэтому геометрические аксиомы, которые он рассматривал как априорные принципы, предшествующие всякому опыту, он считал данными трансцендентальной интуиции или врожденной формой всякого внешнего созерцания.

С тех пор чистое априорное созерцание стало якорной стоянкой метафизиков. Оно даже удобнее, чем чистое мышление, потому что на него можно нагромоздить всё что угодно, не пускаясь в цепочки рассуждений, которые могли бы быть доказаны или опровергнуты. Нативистская теория чувственного восприятия является выражением этой теории в физиологии. Все математики объединились для борьбы против любой попытки разложить созерцания на их естественные элементы — будь то так называемые чистые или эмпирические, аксиомы геометрии, принципы механики или восприятия зрения. Именно поэтому математические исследования Лобачевского, Гаусса и Римана о логически возможных изменениях в аксиомах геометрии, а также доказательство того, что аксиомы — это принципы, которые должны быть подтверждены или, возможно, даже опровергнуты опытом, и, соответственно, могут быть получены из опыта, — я считаю эти исследования очень важными шагами.

То, что все метафизические секты приходят от этого в ярость, не должно вводить вас в заблуждение, ибо эти исследования заносят топор над основаниями самых твердых опор, которыми еще обладают их притязания. Против тех исследователей, которые стремятся устранить из чувственных восприятий

все, что может быть действием памяти и повторением сходных впечатлений, короче говоря, всё, что является делом опыта, — против них пытаются поднять партийный крик, что они спиритуалисты. Как будто память, опыт и привычка не являются также фактами, законы которых следует искать и которые нельзя объяснять, игнорируя их, на том основании, что их нельзя бойко свести к рефлекторным действиям, к комплексу отростков ганглиозных клеток и соединению нервных волокон в мозге.

В самом деле, каким бы самоочевидным и важным ни казался принцип, гласящий, что естествознание должно искать законы фактов, об этом принципе тем не менее часто забывают. Признавая найденный закон силой, управляющей процессами в природе, мы мыслим его объективно как силу, и такое отнесение отдельных случаев к силе, которая при данных условиях производит определенный результат, мы называем причинным объяснением явлений. Мы не всегда можем сослаться на силы атомов; мы говорим о преломляющей силе, об электродвижущей и электродинамической силе. Но не забывайте о данных условиях и данном результате. Если они не могут быть даны, попытка объяснения является лишь скромным признанием невежества, и тогда определенно лучше признать это открыто.

Если какой-либо процесс в растительности приписывается силам в клетках без более точного определения условий, при которых они работают, и направления, в котором они действуют, это может в лучшем случае утверждать, что более отдаленные части организма не имеют влияния; но было бы трудно подтвердить это с уверенностью более чем в нескольких случаях. Точно так же первоначально определенный смысл, который Иоганн Мюллер придавал идее рефлекторного действия, постепенно испаряется до того, что когда на какую-либо часть нервной системы было произведено впечатление и какой-либо другой части происходит действие, это считается объясненным тем, что это рефлекторное действие. Многое можно свалить на неразрешимую сложность нервных волокон мозга. Но сходство с *qualitates occultae* (скрытыми качествами) древней медицины весьма подозрительно.

Из всей цепи моей аргументации следует, что

сказанное мною против метафизики не направлено против философии. Но метафизики всегда пытались кичиться тем, что они философы, а философствующие дилетанты в основном интересовались высокопарными спекуляциями метафизиков, с помощью которых они надеялись за короткое время и без особых хлопот узнать всё, что заслуживает внимания. В другом случае я сравнил отношение метафизики к философии с отношением астрологии к астрономии. Первая вызывала самый живой интерес у широкой публики и особенно у светского общества, превращая своих мнимых знатоков во влиятельных лиц. Астрономия, напротив, хотя и стала идеалом научного исследования, должна была довольствоваться малым числом тихо работающих учеников.

Точно так же философия, если она отказывается от метафизики, все еще обладает широким и важным полем — познанием психических и духовных процессов и их законов. Подобно тому как анатом, достигнув пределов микроскопического зрения, должен попытаться понять действие своего оптического прибора, точно так же каждый научный исследователь должен детально изучить главный инструмент своего исследования на предмет его возможностей. Блуждание медицинских школ в течение последних двух тысяч лет является, помимо прочего, иллюстрацией вреда ошибочных взглядов в этом отношении. И врач, государственный деятель, юрист, священнослужитель и учитель должны иметь возможность опираться на знание психических процессов, если они хотят обрести истинную научную основу для своей практической деятельности. Но истинная философская наука, возможно, пострадала от дурных ментальных привычек и ложных идеалов метафизики даже больше, чем сама медицина.

Слово предостережения. Я не хотел бы, чтобы вы вдумали, будто на мои высказывания влияет личное раздражение. Мне нет необходимости объяснять, что тот, кто придерживается таких мнений, какие я изложил вам, кто внушает своим ученикам при каждом удобном случае принцип, что «метафизический вывод — это либо ложный вывод, либо скрытый экспериментальный вывод», — такой человек не пользуется особой любовью у приверженцев метафизики или интуитивных

концепций. Метафизики, как и все те, кто не может привести своим оппонентам никаких решающих аргументов, обычно не очень вежливы в своей полемике; собственный успех можно примерно оценить по возрастающей невежливости ответов.

Мои собственные исследования завели меня больше, чем других учеников естественнонаучной школы, в спорные области; и выражения метафизического недовольства, возможно, коснулись меня даже больше, чем моих друзей, о чем многим из вас, несомненно, известно.

Поэтому, чтобы оставить свои личные мнения совершенно в стороне, я позволил двум неподозрительным поручителям говорить за меня — Сократу и Канту — оба они были уверены, что все метафизические системы, созданные до их времени, были полны пустых ложных выводов, и сами остерегались добавлять новые. Чтобы показать, что дело не изменилось ни за последние 2000 лет, ни за последние 100 лет, позвольте мне закончить фразой человека, который, к сожалению, слишком рано ушел от нас, — Фридриха Альберта Ланге, автора «Истории материализма». В своих посмертных «Логических исследованиях», которые он писал в предчувствии близкого конца, он дает следующую картину, которая поразила меня, потому что она была бы столь же верна в отношении солидарных или гуморальных патологов или любой другой из старых догматических медицинских школ.

Ланге говорит: «Гегельянец приписывает последователю Гербарта менее совершенное

ОБ АКАДЕМИЧЕСКОЙ СВОБОДЕ В НЕМЕЦКИХ УНИВЕРСИТЕТАХ.

Вступительная речь ректора Берлинского университета имени Фридриха Вильгельма. Произнесена 15 октября 1877 года.

Вступая в почетную должность, на которую меня призвало доверие моих коллег, мой первый долг — еще раз открыто выразить благодарность тем, кто почтил меня этим доверием. У меня есть все основания ценить его чрезвычайно высоко, поскольку оно было оказано мне, несмотря на то, что я нахожусь среди вас лишь несколько лет, и

знание, чем самому себе, и наоборот; но ни тот, ни другой не колеблется считать знание другого более высоким по сравнению со знанием эмпирика и признавать в нем во всяком случае приближение к единственно истинному знанию. Видно также, что здесь не обращают внимания на обоснованность доказательства и что простое утверждение в форме дедукции из целостности системы признается "аподиктическим знанием"».

Так не будем же бросать камни в наших старых предшественников-медиков, которые в темные века и при незначительных предварительных знаниях впадали в те же самые ошибки, что и великие умы того, что желает считаться просвещенным девятнадцатым веком. Они поступали не хуже своих предшественников, за исключением того, что нелепость их метода была более заметна в вопросах естествознания. Будем работать дальше. В этой работе истинного разума врачи призваны играть выдающуюся роль. Среди тех, кто постоянно призван активно сохранять и применять свои знания о природе, вы — те, кто начинает с лучшей умственной подготовкой и знаком с самыми разнообразными областями природных явлений.

Чтобы, наконец, правильно завершить наш консилиум о состоянии Дамы Медицины эпикризом, я думаю, у нас есть все основания быть довольными успехом лечения, которое применила естественнонаучная школа, и мы можем только рекомендовать младшему поколению продолжать ту же терапию.

несмотря на то, что я принадлежу к той отрасли естествознания, которая вошла в круг университетского преподавания в некотором смысле как чужеродный элемент; элемент, который потребовал многих изменений в старом порядке университетского обучения и который, возможно, потребует иных изменений в будущем. Действительно, именно в той области (физике), которую я представляю и которая служит теоретическим фундаментом всех остальных отраслей естествознания, особенности их методов выражены наиболее определенно. Мне уже несколько раз приходилось предлагать изменения в прежних правилах университета, и мне всегда было приятно встречать готовность к содействию со

стороны моих коллег по факультету и Сената. То, что вы избрали меня руководителем дел этого университета на текущий год, служит доказательством того, что вы не считаете меня безрассудным новатором.

Ибо на самом деле, как бы ни отличались внешне объекты, методы и непосредственные цели исследований в естественных науках от наук о духе, и какими бы чуждыми ни казались их результаты и какими бы далекими — их интересы тем, кто привык лишь к прямым проявлениям и продуктам ментальной деятельности, в действительности (как я пытался показать в своей речи в качестве ректора в Гейдельберге) существует теснейшая связь в самой сути научных методов, а также в конечных целях обоих классов наук. Даже если большинство объектов исследования естественных наук не связаны напрямую с интересами духа, нельзя, с другой стороны, забывать, что мощь истинного научного метода проявляется в естественных науках гораздо ярче — здесь реальное отделяется от нереального гораздо резче благодаря неподкупной критике фактов, чем это происходит в более сложных проблемах наук о духе.

И не только развитие этой новой стороны научной деятельности, почти неизвестной древности, но и влияние многих политических, социальных и даже международных отношений заявляет о себе и требует учета. Круг наших студентов расширился; изменившаяся национальная жизнь предъявляет иные требования к выпускникам; науки становятся все более специализированными и разделенными; помимо библиотек, требуются все более масштабные и разнообразные средства для обучения. Мы едва ли можем предвидеть, какие новые требования и какие новые задачи могут возникнуть перед нами в самом ближайшем будущем.

С другой стороны, немецкие университеты завоевали почетное положение, не ограничивающееся пределами их отечества; к ним прикованы взоры всего цивилизованного мира. Ученые, говорящие на самых разных языках, стекаются в них даже из самых отдаленных уголков земли. Такое положение легко потерять из-за неверного шага, но будет трудно вернуть его вновь.

В этих обстоятельствах наш долг — ясно понять причины прежнего процветания наших университетов; мы должны попытаться найти ту особенность в их устройстве, которую мы обязаны сохранить как драгоценную жемчужину, и где, напротив, мы можем уступить, когда требуются перемены. Я отнюдь не считаю себя вправе давать окончательное заключение по этому вопросу. Точка зрения любого отдельного человека ограничена; представители других наук смогут внести свой вклад. Но я думаю, что к окончательному результату можно прийти только тогда, когда каждый внесет ясность в положение вещей, каким оно видится с его позиции.

Европейские университеты Средневековья возникли как свободные частные союзы студентов, которые собирались под влиянием знаменитых учителей и сами устраивали свои дела. Признавая общественную пользу этих союзов, они вскоре получили от государства привилегии и почетные права, в особенности право независимой юрисдикции и право присуждения ученых степеней. Студенты того времени были в основном людьми зрелыми, посещавшими университет непосредственно для собственного образования и без какой-либо прямой практической цели; однако вскоре начали присылать и более молодых людей, которые в большинстве случаев передавались под надзор старших членов. Отдельные университеты снова распадались на более тесные экономические союзы под названиями «нации», «бурсы», «коллегии», чьи старейшие члены — сеньоры — управляли общими делами каждого такого союза, а также собирались вместе для регулирования общих дел университета. Во внутреннем дворе Болонского университета до сих пор можно увидеть гербы и списки членов и сеньоров многих таких «наций» древних времен. Старшие члены, имеющие ученые степени, считались пожизненными членами таких союзов и сохраняли за собой право голоса, как это до сих пор имеет место в Коллегии докторов Венского университета, а также в колледжах Оксфорда и Кембриджа (или сохранялось до недавнего времени).

Такая свободная конфедерация независимых людей, в которой и учителей, и учеников объединял лишь интерес и любовь к науке; одних — желание открыть сокровища духовной культуры,

завещанные древностью, других — стремление зажечь в новом поколении тот идеальный энтузиазм, который одушевлял их собственные жизни. Таково было происхождение университетов, основанных по самому своему замыслу и плану организации на совершенной свободе. Однако здесь не следует думать о свободе преподавания в современном смысле слова. Большинство обычно было крайне нетерпимо к инакомыслию. Нередко приверженцы меньшинства были вынуждены покидать университет целыми группами. И это не ограничивалось лишь теми случаями, когда вмешивалась Церковь или когда речь шла о политических или метафизических положениях. Даже медицинские факультеты — во главе с парижским, самым знаменитым из всех, — не допускали никаких отступлений от того, что они считали учением Гиппократов. Любой, кто использовал арабские лекарства или верил в кровообращение, изгонялся.

Переход университетов к их нынешнему устройству был вызван главным образом тем фактом, что государство стало оказывать им материальную помощь, но потребовало взамен право участвовать в управлении ими. Ход этого развития был различен в разных европейских странах, отчасти из-за несхожих политических условий, отчасти из-за особенностей национального характера.

До недавнего времени можно было сказать, что меньше всего изменений произошло в старых английских университетах — Оксфорде и Кембридже. Их богатые пожертвования и политическое чувство англичан, направленное на сохранение существующих прав, исключали почти любые перемены, даже там, где они были крайне необходимы. До последнего времени оба университета в значительной степени сохраняли характер школ для духовенства — ранее католического, а ныне англиканского, чье обучение могли разделять и миряне, постольку, поскольку оно мало что дает науке; очевидно, потому, что служило общему развитию ума; они подчинялись такому контролю и образу жизни, который прежде считался полезным для молодых священников. Студенты жили, как живут и сейчас, в колледжах под надзором некоторого числа старших членов колледжа с учеными степенями (фелло); в остальном же — в стиле и привычках

состоятельных классов Англии.

Объем и метод обучения представляют собой высокоразвитое гимназическое обучение; однако из-за ограничения лишь тем, что впоследствии требуется на экзамене, и детального изучения содержания предписанных учебников, это больше похоже на «репетитории» (повторительные курсы), которые кое-где проводятся в наших университетах. Знания студентов проверяются строгими экзаменами на академические степени, требующими очень специальных познаний, хотя и в ограниченных областях. Посредством таких экзаменов и приобретаются ученые степени.

Хотя английские университеты выделяют мало средств на содержание должностей признанных ученых-преподавателей и не всегда логично используют даже это малое для данной цели, у них есть другое установление, которое, казалось бы, много обещает для научных занятий, но до сих пор не дало больших результатов — это институт феллоушипов (товариществ). Те, кто лучше всех сдал экзамены, избираются «фелло» своего колледжа, где получают жилье и приличный доход, так что могут посвятить весь свой досуг научным поискам. В Оксфорде и Кембридже насчитывается более 500 таких феллоушипов в каждом. Фелло могут, но не обязаны работать тьюторами для студентов. Они даже не обязаны жить в университетском городе, а могут тратить свою стипендию где угодно и во многих случаях сохранять феллоушип неопределенный срок. За некоторыми исключениями, они теряют его только в случае женитьбы или избрания на определенные должности. Они являются истинными преемниками старой корпорации студентов, ради которой и которой был основан и наделен средствами университет. Но как бы ни казался прекрасным этот план и несмотря на огромные суммы, выделяемые на него, по мнению всех непредвзятых англичан, он большинство этих молодых людей, хотя они и являются лучшими из студентов и находятся в самых благоприятных условиях для научной работы, за время своей студенческой карьеры не вошли в достаточный контакт с живым духом исследования, чтобы впоследствии работать самостоятельно и с собственным энтузиазмом.

В определенных отношениях английские университеты делают очень много. Они воспитывают своих студентов как образованных людей, от которых ожидается, что они не будут нарушать ограничений своей политической и церковной партии, — и они действительно их не нарушают. В двух отношениях мы вполне могли бы попытаться подражать им. Во-первых, наряду с живым чувством красоты и юношеской свежести античности, они развивают в высокой степени чувство изящества и точности слога, что проявляется в том, как они владеют родным языком. Боюсь, что это одна из самых слабых сторон в обучении немецкой молодежи. Во-вторых, английские университеты, как и их школы, больше заботятся о физическом здоровье своих студентов. Те живут и работают в просторных зданиях, окруженных лужайками и рощами; они находят удовольствие в играх, вызывающих страстное соперничество в развитии телесной энергии и ловкости, что в этом отношении гораздо эффективнее наших гимнастических упражнений и фехтования. Не следует забывать, что чем больше молодые люди отрезаны от свежего воздуха и возможности энергичных упражнений, тем больше они будут склонны искать мнимого освежения в злоупотреблении табаком и спиртными напитками. Также следует признать, что английские университеты приучают своих студентов к энергичной и точной работе и прививают им привычки образованного общества. Моральный эффект более строгого контроля, как говорят, скорее иллюзорен.

Шотландские университеты и некоторые небольшие английские учреждения более позднего происхождения — Университетский колледж и Кингс-колледж в Лондоне, Оуэнс-колледж в Манчестере — устроены скорее по немецкому и голландскому образцу.

Развитие французских университетов шло совершенно иначе и, по сути, в почти противоположном направлении. В соответствии со склонностью французов отбрасывать всё исторически сложившееся ради какой-нибудь рационалистической теории, их факультеты логически стали чисто учебными институтами — специальными школами с четкими правилами процесса обучения, развитыми и отделенными от

тех учреждений, которые должны способствовать прогрессу науки, таких как Коллеж де Франс, Сад растений и Высшая школа практических исследований (*École des Études Supérieures*). Факультеты полностью отделены друг от друга, даже если находятся в одном городе. Курс обучения строго предписан и контролируется частыми экзаменами. Французское преподавание ограничивается тем, что четко установлено, и передает это в хорошо организованной, проработанной манере, которая легко понятна и не вызывает ни сомнений, ни потребности в более глубоком исследовании. Учителям достаточно обладать хорошими способностями к восприятию. Поэтому во Франции считается ложным шагом, если талантливый молодой человек занимает профессорскую должность на факультете в провинции. Метод обучения во Франции хорошо приспособлен для того, чтобы дать ученикам даже средних способностей достаточные знания для рутинной профессиональной деятельности. У них нет выбора между разными учителями, и они клянутся словами учителя (*jurare in verba magistru*); это дает счастливое самодовольство и свободу от сомнений. Если учитель выбран удачно, этого достаточно для обычных случаев, когда ученик делает то же, что видел у учителя. Только необычные случаи проверяют, насколько реальное понимание и суждение приобрел ученик. Французы, к тому же, одарены, живы и честолобивы, что исправляет многие недостатки их системы обучения.

Особенность организации французских университетов состоит в том, что положение преподавателя совершенно не зависит от благосклонности слушателей; студенты, принадлежащие к его факультету, обычно обязаны посещать его лекции, а весьма значительные взносы, которые они платят, поступают в кассу министерства образования; из этого источника выплачивается регулярное жалованье университетским профессорам; государство дает лишь ничтожный вклад в содержание университета. Поэтому, когда преподаватель не находит истинного удовольствия в обучении или не стремится иметь много учеников, он очень скоро становится безразличным к успеху своего дела и склонен относиться к нему легкомысленно.

Вне лекционных залов французские студенты живут этим профессиям. В то же время студенты имели и без контроля и общаются с молодыми людьми других профессий без какого-либо особого корпоративного духа (*esprit de corps*) или общего чувства.

Развитие немецких университетов характерным образом отличается от этих двух крайностей. Слишком бедные собственным имуществом, чтобы не быть вынужденными при растущих запросах на средства обучения охотно принимать помощь государства, и слишком слабые, чтобы сопротивляться посягательствам на свои древние права в те времена, когда современные государства пытались консолидироваться, немецкие университеты были вынуждены подчиниться контролирующему влиянию государства. В силу этого обстоятельства решение всех важных университетских вопросов в принципе перешло к государству, и во времена религиозного или политического возбуждения эта верховная власть иногда использовалась бесцеремонно. Но в большинстве случаев государства, боровшиеся за свою независимость, были благосклонно настроены к университетам; им требовались умные чиновники, а слава университета страны придавала определенный блеск правительству. Более того, правящие чиновники сами по большей части были студентами университета и сохраняли к нему привязанность. Поразительно, как среди войн и политических перемен в государствах, боровшихся с распадающейся Империей за упрочение своего суверенитета, в то время как почти все другие привилегированные сословия были уничтожены, университеты Германии сохранили гораздо большее ядро своей внутренней свободы (и самой ценной ее стороны), чем в добросовестно-консервативной Англии и чем во Франции с ее дикой погоней за свободой.

Мы сохранили старое представление о студентах как о молодых людях, ответственных перед самими собой, стремящихся к науке по собственной воле, и которым предоставлено право самим составлять план занятий так, как они считают нужным. Если для определенных профессий и предписывалось посещение конкретных лекций — так называемых «обязательных лекций», — то эти предписания делались не университетом, а государством, которое в дальнейшем должно было допускать кандидатов к

имеют полную свободу переходить из одного немецкого университета в другой, из Дерпта в Цюрих, из Вены в Грац; и в каждом университете у них был свободный выбор преподавателей по одному и тому же предмету, независимо от того, были ли они ординарными или экстраординарными профессорами или приват-доцентами. Студенты, по сути, вольны получать любую часть своих знаний из книг; крайне желательно, чтобы труды великих людей прошлого составляли существенную часть обучения.

Вне университета нет контроля за поведением студентов, пока они не вступают в столкновение с охранителями общественного порядка. Помимо этих случаев, единственный контроль, которому они подчиняются, — это контроль их коллег, который удерживает их от совершения поступков, противных чувству чести их собственного сословия. Университеты Средневековья образовывали определенные закрытые корпорации со своей юрисдикцией, распространявшейся вплоть до права на жизнь и смерть своих членов.

Поскольку они жили в основном на чужой земле, им необходима была собственная юрисдикция — отчасти для защиты членов от произвола иностранных судей, отчасти для поддержания того уровня уважения и порядка внутри общества, который был необходим для сохранения прав гостеприимства на чужой территории, и отчасти для разрешения споров между членами. В современную эпоху остатки этой академической юрисдикции постепенно полностью перешли или перейдут к обычным судам; но по-прежнему необходимо сохранять определенные ограничения внутри союза сильных и энергичных молодых людей, которые гарантируют покой их сокурсников и горожан. В случае конфликтов это является целью дисциплинарной власти университетского руководства. Эта цель, однако, должна достигаться в основном чувством чести самих студентов; и следует считать удачей, что немецкие студенты сохранили живое чувство корпоративного единства и тесно связанное с ним требование благородного поведения от каждого отдельного человека. Я отнюдь не готов защищать каждое отдельное правило в «Кодексе студенческой чести»; среди них много средневековых пережитков, которые лучше было бы смести; но это могут сделать только сами

студенты.

Для большинства иностранцев бесконтрольная свобода немецких студентов является предметом изумления; тем более что их взору обычно первыми предстают лишь очевидные крайности этой свободы. Они не в состоянии понять, как можно оставлять молодых людей столь предоставленными самим себе без величайшего для них вреда. Немец же оглядывается на свою студенческую жизнь как на свой «золотой век»; наша литература и поэзия полны выражений этого чувства. Ничего подобного нет даже в намеках в литературе других европейских народов. Только немецкий студент познает эту совершенную радость времени, когда в первом упоении юношеской ответственностью и будучи избавлен от необходимости работать ради посторонних интересов, он может посвятить себя задаче стремления к лучшему и благороднейшему, чего человечество до сих пор достигло в знании и размышлении, — в тесном дружеском соперничестве с массой товарищей, имеющих схожие устремления, и в ежедневном интеллектуальном общении с учителями, от которых он узнает о работе мысли независимых умов.

Когда я вспоминаю свою собственную студенческую жизнь и то впечатление, которое произвел на нас такой человек, как физиолог Иоганнес Мюллер, я должен придать этому последнему пункту очень высокую ценность. Тот, кто хотя бы раз вошел в контакт с одним или несколькими людьми первого ранга, навсегда меняет весь свой интеллектуальный масштаб. Такое общение, к тому же, является самым интересным из того, что может предложить жизнь.

Вы, мои юные друзья, получили в этой свободе немецких студентов дорогое и ценное наследство предшествующих поколений. Храните его — и передавайте грядущим поколениям, по возможности очищенным и облагороженным. Вы должны поддерживать его, заботясь — каждый на своем месте — о том, чтобы сословие немецких студентов было достойно доверия, которое до сих пор обеспечивало такую меру свободы. Но свобода неизбежно подразумевает ответственность. Она является столь же губительным даром для слабых

характеров, сколь ценным для сильных. Не удивляйтесь, если родители и государственные деятели иногда настаивают на введении и у нас более жесткой системы надзора и контроля, подобной английской. Нет сомнения, что такая система спасла бы многих из тех, кого губит свобода. Но государству и нации лучше всего служат те, кто способен выносить свободу и делом доказал, что умеет работать и бороться, опираясь на собственную силу, проницательность и личный интерес к науке.

То, что я ранее остановился на влиянии интеллектуального общения с выдающимися людьми, подводит меня к обсуждению другого момента, в котором немецкие университеты отличаются от английских и французских. Он заключается в том, что мы ставим своей целью поручать преподавание, по возможности, только тем учителям, которые доказали свою способность двигать науку вперед. Это также момент, вызывающий удивление у англичан и французов. Они придают больше значения, чем немцы, так называемому «таланту к преподаванию» — то есть способности излагать предметы обучения в стройной и ясной манере, по возможности красноречиво, так, чтобы развлекать и удерживать внимание. Лекции красноречивых ораторов в Коллеж де Франс, Саду растений, а также в Оксфорде и Кембридже часто становятся центрами притяжения светского и образованного мира. В Германии же мы не только безразличны к ораторским украшениям, но даже относимся к ним с недоверием, и зачастую более небрежны к внешней форме лекции, чем следовало бы.

Нет сомнений, что за хорошей лекцией следить гораздо легче, чем за плохой; что материал первой усваивается более уверенно и полно; что стройное объяснение, развивающее ключевые моменты и разделы темы и представляющее её нам почти наглядно, может дать за то же время больше информации, чем лекция с противоположными качествами. Я ни в коем случае не собираюсь защищать наше часто слишком глубокое презрение к форме речи и письма. Нельзя также сомневаться в том, что многие оригинальные умы, выполнившие значительную научную работу, часто обладают неотесанной, тяжелой и нерешительной манерой изложения. И все же я нередко видел, как залы

таких учителей были переполнены, в то время как пустые ораторы вызывали изумление на первой лекции, утомление на второй и оставались в одиночестве на третьей. Всякий, кто желает внушить слушателям совершенное убеждение в истинности своих принципов, должен прежде всего сам на своем опыте знать, как приобретается убеждение, а как — нет. Он должен уметь обрести убежденность там, где до него не было предшественников, — то есть он должен работать на границах человеческого знания и завоевывать для него новые области. Учитель, который пересказывает чужие убеждения, достаточен для тех учеников, которые полагаются на авторитет как на источник своего знания, но не для тех, кому требуются основания для убежденности, доходящие до самой сути.

Вы видите, что это почетное доверие, которое нация возлагает на вас. Вам не предписываются определенные курсы и конкретные учителя. Вас рассматривают как людей, чью свободную убежденность необходимо завоевать; как тех, кто умеет отличать существенное от видимого; кого более нельзя удовлетворить ссылкой на какой-либо авторитет и кто более не позволяет себя так успокаивать. Всегда проявляется забота о том, чтобы вы сами проникали к источникам знаний, будь то книги и памятники, или эксперименты, наблюдения за природными объектами и процессами.

Даже небольшие немецкие университеты имеют свои библиотеки, коллекции слепков и тому подобное. А в создании лабораторий для химии, микроскопии, физиологии и физики Германия опередила все другие европейские страны, которые теперь начинают ей подражать. В нашем собственном университете в ближайшие недели мы ожидаем открытия двух новых институтов, посвященных обучению естественным наукам.

Свободная убежденность студента может быть обретаема лишь тогда, когда гарантирована свобода выражения собственной убежденности учителя — свобода преподавания (*Lehrfreiheit*). Это не всегда обеспечивалось ни в Германии, ни в соседних странах. В периоды политической и церковной борьбы правящие партии часто позволяли себе посягательства; это всегда рассматривалось

немецкой нацией как атака на их святыню. Расширенная политическая свобода новой Германской империи принесла исцеление от этого. В данный момент самые крайние следствия материалистической метафизики, самые смелые спекуляции на основе теории эволюции Дарвина могут преподаваться в немецких университетах столь же беспрепятственно, как и самое крайнее обожествление папской непогрешимости. Как на трибуне европейских парламентов запрещено подозревать мотивы или оскорблять личные качества оппонентов, так же запрещено и любое подстрекательство к действиям, запрещенным законом. Но нет никаких препятствий для обсуждения научного вопроса в научном духе. В английских и французских университетах идея свободы преподавания в этом смысле развита меньше. Даже в Коллеж де Франс лекции человека такой научной важности и серьезности, как Ренан, оказываются под запретом.

Я должен сказать еще об одном аспекте нашей свободы преподавания. Речь идет о широком смысле, в котором немецкие университеты принимают преподавателей. В первоначальном значении слова «доктор» — это «учитель», или тот, чья способность быть учителем признана. В университетах Средневековья любой доктор, нашедший учеников, мог стать преподавателем. Со временем практическое значение титула изменилось. Большинство тех, кто стремился к титулу, не намеревались работать учителями, а нуждались в нем лишь как в официальном признании своей научной подготовки. Только в Германии сохранились остатки этого древнего права. В соответствии с изменившимся значением докторского титула и более детальной специализацией предметов, от тех докторов, которые желают воспользоваться правом преподавания, требуется специальное доказательство глубокой научной квалификации в той конкретной области, в которой они хотят габилитироваться (получить право на преподавание). Кроме того, в большинстве немецких университетов правовой статус этих габилитированных докторов как преподавателей точно такой же, как и у ординарных профессоров. В немногих местах они подчиняются некоторым незначительным ограничениям, которые, впрочем, почти не имеют практического значения. Старшие

преподаватели университета, особенно ординарные профессора, имеют те преимущества, что, с одной стороны, в тех областях, где для обучения требуется специальный аппарат, они могут свободнее распоряжаться средствами, принадлежащими государству; с другой стороны, именно им надлежит проводить экзамены на факультете, а зачастую и государственный экзамен. Это, естественно, оказывает определенное давление на более слабые умы среди студентов. Однако влияние экзаменов часто преувеличивается. При частых переходах наших студентов из университета в университет проводится множество экзаменов, на которых кандидаты никогда не посещали лекции экзаменаторов.

Ни одна черта нашего университетского устройства не вызывает у иностранцев такого удивления, как положение приват-доцентов. Они удивлены и даже завидуют тому, что у нас есть такое количество молодых людей, которые без жалованья, по большей части с ничтожным доходом от гонораров и с очень туманными перспективами на будущее, посвящают себя напряженной научной работе. И, судя о нас с точки зрения низменных практических интересов, они в равной степени удивлены тем, что факультеты так охотно принимают молодых людей, которые в любой момент могут превратиться из ассистентов в конкурентов; и далее, что лишь в самых исключительных случаях слышно о недостойных средствах конкуренции в столь деликатном деле.

Назначение на вакантные профессорские кафедры, как и прием приват-доцентов, остается, хотя и не безусловно, и не в последней инстанции, за факультетом — то есть за собранием ординарных профессоров. Они составляют в немецких университетах тот остаток прежних коллегий докторов, которому были переданы права старых корпораций. Они образуют своего рода выборный комитет из выпускников прежней эпохи, но созданный при содействии правительства. Обычная форма назначения новых ординарных профессоров состоит в том, что факультет предлагает правительству трех кандидатов на выбор; правительство, однако, не считает себя ограниченным только предложенными кандидатами. За исключением периодов ожесточенных партийных конфликтов, предложения

факультета крайне редко игнорируются. Если нет очевидной причины для колебаний, для исполнительных чиновников всегда является серьезной личной ответственностью избирать — вопреки предложениям компетентных судей — учителя, который должен публично доказывать свою состоятельность перед широкими кругами.

У профессоров, однако, есть сильнеешие мотивы обеспечивать факультет лучшими учителями. Важнейшим условием для того, чтобы иметь возможность с удовольствием работать над подготовкой лекций, является сознание того, что у тебя есть не слишком малое число умных слушателей; более того, значительная часть дохода многих преподавателей зависит от количества их слушателей. Каждый должен желать, чтобы его факультет в целом привлекал как можно более многочисленный и интеллектуальный состав студентов. А этого можно достичь только выбирая как можно больше способных учителей, будь то профессора или доценты. С другой стороны, попытка профессора стимулировать своих слушателей к энергичным и независимым исследованиям может быть успешной только тогда, когда она поддерживается его коллегами; кроме того, работа с выдающимися коллегами делает жизнь в университетских кругах интересной, поучительной и стимулирующей. Факультет должен был бы глубоко пасть, он должен был бы потерять не только чувство собственного достоинства, но даже самую обычную житейскую осмотрительность, если бы иные мотивы могли возобладать над этими; и такой факультет вскоре разорил бы сам себя.