

Артур Зайонц

НЕУЛОВИМЫЙ СВЕТ

*Переплетенный
свет
природы
и разума*



ДЕМЕТРА

Arthur Zajonc

Catching
the
Light

*The Entwined History of
Light and Mind*

OXFORD UNIVERSITY PRESS
New York Oxford

Артур Зайонц

Неуловимый СВЕТ

*Переплетенная история
света и разума*

Перевод
Н. Лентяшина



ДЕМЕТРА
Санкт-Петербург
2010

ББК 22.34 + 87.21

УДК 535 + 11

З-17

Зайонц, Артур.

Неуловимый свет: переплетенная история света и разума / Артур Зайонц; пер. Николая Лентяшина. — Санкт-Петербург: Деметра, 2010. — 384 с. *

Загл. и авт. ориг.: Catching the Light / Arthur Zajonc.

ISBN 978-5-94459-026-8

В своей книге Артур Зайонц открывает перед читателем эпические страницы истории, показывая стремления человека разобраться в явлении света.

Объединяя исследования мифологии, религии, науки, литературы и живописи, автор подробно и поэтично описывает попытки людей выявить живую взаимосвязь между внешним светом природы и внутренним светом человеческого духа. А. Зайонц демонстрирует сложность восприятия на примере работ Поля Сезанна — художника, который многократно писал один и тот же пейзаж на берегу реки, отражая многообразие возникавших перед ним мотивов. Автор обращается и к современному миру, в котором главная роль в создании теорий возникновения света принадлежит науке; рассмотрение охватывает и «корпускулярную теорию света» Исаака Ньютона, и принципиально новые идеи, выраженные в «теории относительности» Альберта Эйнштейна и в «квантовых скачках» Нильса Бора.

В книге проводятся исследования глубочайших тайн науки, а также освещается глубокий смысл взаимоотношений между многочисленными проявлениями человеческого опыта и сферой науки.

© Издательство "Деметра"

© Артур Зайонц

© Н. Лентяшин, перевод

ISBN 978-5-94459-026-8

Посвящается моей жене, Хайди.

СОДЕРЖАНИЕ

Глава 1

ПЕРЕПЛЕТЕННЫЙ СВЕТ: СВЕТ ПРИРОДЫ И РАЗУМА.....10

Тьма внутри 12 / Та тьма, что есть свет 16

Глава 2

ДАР СВЕТА20

Виноцветные моря у древних греков 23 / Фонарь и глаза 29 / Зрение по Платону 31 / Переходное время 34 / "Арабский связной" 37 / Зрение в темной комнате 41 / Декарт 43 / Современная физиология чувствительно-го восприятия 45 / Заново зажигаая огонь глаз 47

Глава 3

РАЗДЕЛЕННЫЙ СВЕТ БОЖЕСТВЕННЫЙ СВЕТ И НАУКА ОПТИКА49

Потерянное око 50 / Свет в темном мире 52 / Свет ангельский — свет человеческий 54 / Манхейство — религия света 57 / Космогония света Роберта Гроссетеста 63

Глава 4

АНАТОМИЯ СВЕТА69

На пороге научного видения 69 / Духовная геометрия 71 / Безупречное доказательство 84 / Вещество, называемое свет 88 / Ньютон: стоя на плечах великанов 91 / Сон Декарта 99

Глава 5

ПОЮЩЕЕ ПЛАМЯ: СВЕТ В ВИДЕ ЭФИРНОЙ ВОЛНЫ.....109

О гармониях и вакууме 112 / Два лика знания 117 / Свет на обочине 126 / Смерть материального эфира 131

Глава 6

ЛУЧЕЗАРНЫЕ ПОЛЯ: ВИДЕНИЕ ПРИ СВЕТЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА.....136

Электроволны 138 / Природная истина и тень предположений 145 / Спектры философии 151 / Электромагнитная Вселенная 157 / Финальный провал 163 / Сердечные волнения 169

Глава 7	
ВРАТА РАДУГИ	172
<i>Радуга — дочь изумления 174 / Феномен 177 / Расплетая радугу 182 / Дивные радуги 190 / Использование собственного света. 192</i>	
Глава 8	
ВИДЕНИЕ СВЕТА—ОДУШЕВЛЕНИЕ	
НАУКИ: ГЕТЕ И ШТЕЙНЕР.	198
<i>От Лэнда к Гете 200 / Цвета глаза 202 / Заново зажигаая огонь Эмпедокла 205 / Цвет как сущность света 211 / Формирование органов зрения 214 / Видение идей 217 / Большие света! 224 / Метафизика света Рудольфа Штейнера 226 / Свет духа 230</i>	
Глава 9	
КВАНТОВАЯ ТЕОРИЯ ПРИ	
СВЕТЕ СВЕЧИ	236
<i>Свет от нагревания 239 / Честный человек 242 / Отчаянный квант 245 / Ночное небо и неоновая реклама 250 / Живая философия 260</i>	
Глава 10	
О ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ	
И О ПРЕКРАСНОМ	264
<i>Теория относительности и архетип Фарадея 267 / Скорость света 273 / Однозначно определенная универсальная скорость 278 / Свет и архитектура пространства-времени 286 / Следуя по пути прекрасного 292 / Вновь изгибающийся свет 293 / Причины: необходимое и божественное 297 / Проходя по каждому пути 299</i>	
Глава 11	
СВЕТ ОГРАНИЧЕННЫЙ:	
СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД	304
<i>Примеры-архетипы 308 / Запутанный свет 319 / Место света 334 / Темный свет 339</i>	
Глава 12	
ВИДЕНИЕ СВЕТА.	344
<i>Психогенез 348 / Ясный взор 353</i>	
ПРИМЕЧАНИЯ	359
БЛАГОДАРНОСТИ.	382

Я – тот, кто открывает глаза, и наступает свет;
Когда его глаза закрыты, падает тьма.

*Так говорил Ра
(Туринский папирус, 1300 г. до Р. Х.)*

Я расскажу тебе, как на востоке заря полосами встает.

Эмили Дикинсон

Если свет восходит на небосводе сердца ... и в чистейшей внутренней сути человека достигает яркости солнца или множества солнц ..., тогда сердце такого человека становится не чем иным, как светом, его тонкое тело — свет, его материальная оболочка — свет, его слух, зрение, руки, внешность, внутренность — все это не что иное, как свет.

Наджм ар-Рази, 1256 г.

Через пятьдесят лет осознанных размышлений я нисколько не приблизился к разгадке квантов света. Конечно, сегодня любой шельмец считает, что ответ ему известен, но он заблуждается.

Альберт Эйнштейн, 1951 г.

ПЕРЕПЛЕТЕННЫЙ СВЕТ: СВЕТ ПРИРОДЫ И РАЗУМА

*Пользуйся тем светом, что находится
в тебе, для того, чтобы вновь обрести
природную ясность зрения.¹*

Лао Цзы

В 1910 г. был опубликован отчет об успешной операции, проведенной хирургами Моро и Лепренсом при лечении слепого восьмилетнего мальчика с врожденными катарактами². После операции они хотели узнать, в какой степени у ребенка восстановилось зрение. Когда все зажило, с глаз мальчика сняли повязки. На физическом уровне глаза были совершенно нормальные, но когда перед лицом ребенка помахали рукой и спросили, что он видит, в ответ услышали слабое: “Не знаю”. “Ты что, не видишь, как что-то движется?” — спросили его. Но он отвечал лишь: “Не знаю”. Было очевидно, что глаза мальчика не следуют за медленными движениями руки. Перед собой он видел лишь что-то расплывчатое разной степени яркости. Когда снова началось движение руки, ему разрешили до нее дотронуться. Он торжествующе воскликнул: “Движется!” Он мог ощущать движение руки и даже, по его словам, “слышать, как она движется”, но ему по-прежнему приходилось прикладывать усилия для того, чтобы научиться видеть. Света и глаз после операции оказалось недостаточно, чтобы вернуть ему зрение. Первый луч света, прошедший через зрачки глаз, очищенных от катаракт, не вызвал внутри никакого образа. Зрение ребенка стало развиваться как зрительное восприятие в опустошенном, безмолвном, темном, страшном пространстве. Дневной свет поманил его за собой, но в ответ сквозь широко

раскрытые глаза мальчика, так желавшие видеть, не последовало никакого отклика света разума.

Свет природы и свет разума переплетаются в глазах, порождая зрение. Однако по отдельности каждый вид света окутан тайной и тьмой. Даже самый яркий свет может не попасть в поле нашего зрения.

В рамках того, что я называл “Проект Эврика”, мы с другом разработали и создали аппарат, позволявший рассматривать участок пространства, наполненного светом. Для этой простой, но поразительной демонстрации нужны лишь специальный ящик и мощный проектор, свет которого направлен прямо в ящик. Мы сделали так, что свет не попадал ни на внешние предметы, ни на поверхность ящика, внутри которого пространство наполнено чистым светом. Возникает вопрос: что мы видим? Как выглядит свет, когда он *полностью* предоставлен сам себе?

Подходя к аппарату, я включаю проектор, лампа и линзы которого видны через панель из оргстекла. Яркий свет проектора поступает через оптические элементы в ящик, находящийся рядом. Через смотровое отверстие я заглядываю в него и смотрю на свет внутри. Что я вижу? Кромешную тьму! Я ничего не вижу, кроме черноты пустого пространства.

Рычаг управления снаружи прибора связан с тонкой палочкой, которую можно передвигать внутрь ящика и из него. Управляя рычагом, я перемещаю палочку в темном пространстве перед собой и вижу, как она ярко освещается с одной стороны. Пространство явно не пустое, оно наполнено светом. Однако без объекта, на который бы падал свет, видна только тьма. Свет сам по себе всегда невидим. Мы видим лишь вещи, лишь предметы, а не свет.

Данный эксперимент напоминает мне о беседе как-то вечером с астронавтом Расти Швайкартом, участником программы “Аполлон”. Я спросил его, что он видел во время космической прогулки, когда перед ним простиралась залитая солнечным светом пустота открытого космоса. Он ответил, что хотя трудно было отрешиться от ярко освещенного корнуса космического

корабля и другой техники, но, когда это все-таки удавалось, видны были лишь темные глубины открытого космоса, испещренного мерцанием бесчисленных звезд. Солнечный свет, хотя и находившийся повсюду, ни на что не попадал, и потому ничего не было видно. Вокруг была лишь тьма.

Тьма внутри

Два вида света озаряют наш мир. Один поступает от солнца, а второй на него отвечает. Это свет глаз. Только за счет переплетения данных видов света мы видим; если один вид света отсутствует, мы слепы.

Возможно, наиболее изученный пример излечения от врожденной слепоты — это случай С.Б., исследованный психологами Грегори и Уоллесом³. 9 декабря 1958 года и 1 января 1959 года слепому пятидесятилетнему мужчине, жителю Великобритании, были пересажены трансплантаты роговой оболочки глаз. Впервые с десятимесячного возраста его глаза были полностью приведены в “рабочее” состояние. Что же он увидел?

Опекуны С.Б. в девятилетнем возрасте записали его в школу для слепых в Бирмингеме. Там он обучился ремеслу сапожника. Зарабатывая так на жизнь, он, уже взрослый человек, вел удивительно независимый для слепого образ жизни. К примеру, держась за плечо друга, он ездил на длительные прогулки на велосипеде. С удовольствием работал в саду и вообще любил мастерить руками. Вел себя уверенно, держался весело и был явно неглупым человеком.

Во время обследования примерно через месяц после операций Грегори и Уоллес спросили С.Б. о первом зрительном восприятии. С.Б. ответил, что услышал голос, это был голос хирурга, который исходил откуда-то спереди от него и шел с одной стороны. Поворачиваясь навстречу звуку, он увидел “расплывчатое пятно”. С.Б. не был уверен в том, что это такое, но решил, поскольку голоса исходят от лиц, что “пятно” перед ним должно было быть лицом хирурга. С лицами людей даже после длительного периода времени после операции “было затруднительно”, сообщал С.Б. Также как и с видением, направленным на выявление лиц. На примере С.Б.

(и других исследований, проводившихся до и после) Грегори и Уоллес показали, что для взрослых научиться видеть — дело совсем нелегкое.

После выписки С. Б. из больницы Грегори и Уоллес повели его в Музей науки и техники. С. Б. всегда интересовался различными приборами и был явно рад возможности увидеть то, о чем до этого лишь слышал, либо чем пользовался только на ощупь. Его подвели к токарному винторезному станку и попросили назвать то, что было прямо перед ним. Было очевидно, что С. Б. расстроен. Он не смог ничего сказать. Он пожаловался на то, что не было видно, как происходит работа с металлом. Тогда его подвели поближе и дали дотронуться до станка. Он быстро прошелся руками по станку, зажмурив при этом глаза. Затем отодвинулся от агрегата и, открыв глаза, заявил: “Вот теперь я его пощупал и потому вижу”.

В случае с С. Б. медленный процесс обучения видеть продолжался в течение последующих двух лет до его смерти. Замедленный темп процесса и ограниченный успех глубоко удручали С. Б., как это всегда происходит в случаях с такими пациентами. Во многих ситуациях С. Б., как и другие, полностью игнорировал свои зрительные возможности, например, не включал дома свет, по привычке передвигаясь на ощупь. Очень часто для того, чтобы видеть, приходилось прилагать слишком большие усилия. Иногда некоторые из тех, кому вновь дается зрение, опускают руки, порой заканчивая жизнь самоубийством, доходя даже до трагической развязки в борьбе за возможность видеть.

После систематического изучения более шестидесяти случаев возвращения зрения пациентам с врожденной слепотой М. фон Зенден сделал вывод, что для того, чтобы научиться видеть, приходится постоянно преодолевать чрезвычайные трудности. Мир не раскрывается перед пациентом сразу после операции в виде вразумительного света, наполненного дарами цветов и форм. Процесс обучения видеть неизбежно приводит к психологическому кризису, который может закончиться и отказом пациента от зрения. Новые впечатления подрывают ощущение безопасности в мире, который был построен на тактильном и слуховом восприятии. Некоторые решают, что

лучше оставаться слепыми в знакомом им мире, чем зрячими — в чужом⁴.

За последние несколько десятилетий изучение случаев излечения от врожденной слепоты было подкреплено и расширено за счет исследования зрительного восприятия животных. Теперь, например, очевидно, что если в течение критически важного периода развития с четвертой недели до четвертого месяца котенок не различает формы предметов, то даже если вокруг него сохраняется светлая среда, он навсегда останется слепым. Сами по себе оптически здоровые органы глаз не являются достаточным условием для зрения. Модели развиваются в глазах или в мозге котенка в течение первых месяцев жизни за счет актов зрительного восприятия. Без видения, оказывающегося питательным во время первых месяцев, данные структуры разрушаются или так никогда и не развиваются. После четвертого месяца нарушения оказываются неизлечимыми⁵.

Сходным образом происходит естественное развитие зрительного восприятия у людей. В течение важного временного отрезка в первые годы жизни формируются не только зрительные, но и многие другие сенсорно-моторные навыки, такие, например, как речь и ходьба. Если эта возможность упущена, попытки наверстать впоследствии сталкиваются с колоссальными трудностями и в большинстве случаев остаются безрезультатными.

В случае с восьмилетним пациентом доктора Моро, после того, как хирург проработал с ребенком в течение нескольких месяцев, родители вынудили его передать ребенка в учреждение социального ухода. Через год все, что под чутким руководством доктора Моро ребенок научился воспринимать зрительно, было потеряно. В отчетах Моро сквозит уныние и сожаление, что хотя он полностью посвятил себя процессу, удалось добиться очень малого из того, что осталось бы у ребенка навсегда. В качестве вывода — непредвзятая истина: для зрительного восприятия требуется куда больше, чем просто действующие физические органы. Без внутреннего света, без способного развиваться визуального воображения мы слепы. Моро пишет:

Было бы ошибочно считать, что пациент, которому было возвращено зрение за счет хирургического вмешательства, может с этого времени видеть окружающий мир. Да, у глаз, конечно, появилась физическая возможность видеть, но применение данной возможности, которая в целом и составляет акт зрительного восприятия, должно пройти по пути развития с самого начала. Хирургическая операция как таковая имеет не больше ценности, чем то, что подготавливает глаза к видению; самым важным фактором является образование... Для возвращения зрения человеку, который слеп от рождения, от педагога требуется больше усилий, чем от хирурга.⁶

Ребенок, пациент Моро, держался привычных форм знания, которые не вызывали у него беспокойства, — тактильное, слуховое и обонятельное восприятие. Для того чтобы воспринимать по-другому, то есть видеть, ему понадобилось бы приложить сверхчеловеческие усилия. Во многом мы ведем себя как этот ребенок, пациент доктора Моро. Когнитивные возможности, которыми мы обладаем сейчас, определяют наш мир, наполняют его содержанием и значением. Перспектива роста — это возможность потери, угрожающей нашей безопасности, в такой же степени, как и возможность получить за это вознаграждение. Необходима смерть для жизни новой. Вновь приобретенные возможности бросают нас в круговорот новых психических феноменов, и мы оказываемся в положении Одиссея, потерпевшего кораблекрушение во время шторма. Как и он, мы упорно цепляемся за расщепленный киль корабля, на котором мы изначально отправились в плавание, за нашу единственную и последнюю связь со знакомой реальностью. Зачем нам отрекаться от нее? Найдутся ли у нас силы уйти от нее, измениться? Может быть, те призывы попробовать стать самостоятельными — это лишь голоса безжалостных сирен? Поэтому мы просто закрываем глаза и цепляемся за то, что нам знакомо.

Для зрения, помимо внешнего света и глаз, требуется “внутренний свет”, сияние которого дополняет знакомый всем внешний свет и превращает неоформленное ощущение в наполненное содержанием восприятие. Свет разума должен

сливаться с природным светом для того, чтобы зарождался мир. Данный подход приводит нас ко второму исследованию. Мы коснулись вопроса света разума, а что такое на самом деле свет природы?

Та тьма, что есть свет

Мой аппарат “световой ящик” вызывает у наблюдателя вопрос, на который нелегко ответить: какова природа этой невидимой субстанции, называемой светом, присутствие которой делает видимым все, кроме самой себя? В ходе истории нашей цивилизации были даны многочисленные ответы на этот вопрос. Данную субстанцию наделяли именами богов или же приписывали ее их действиям или свойствам. Даже когда западная наука стала придавать ей большее значение, в этом понятии всегда отражалось людское благоговение и способность к образным представлениям. В начале XVII в. Френсис Бэкон поражался тому, насколько неизученными оставались “проявление и источник света”⁷. Почему не была выявлена настоящая природа такого важного явления, как свет? Почти через четыре столетия мы, как Бэкон, по-прежнему проявляем естественное любопытство по поводу того, из чего состоит свет, каковы его параметры, как он движется и т. д. Другими словами, мы стремимся познать его физическую природу.

В ходе своей профессиональной деятельности я сначала пытался понять сущность света посредством исследований в лабораториях квантовой оптики. При проведении лазерных экспериментов в институтах в Боулдере, Амхерсте, Париже, Ганновере и Мюнхене я занимался изучением световых явлений и взаимодействия света и материи. Чем больше я погружался в квантовую теорию света, чем больше проводил экспериментов, тем все более удивительным казался мне свет. Даже вооружившись знанием сложных теорий, я считал, что мы не до конца исчерпали возможности расширения познаний о свете. Напротив, свет остается таким же таинственным, как и раньше. В действительности, квантовая теория рассмотрела чрезмерно упрощенные механистические концепции света, которые были разработаны предыдущими поколениями ученых,

и, основываясь на непреложном опыте экспериментальной науки, доказала их несостоятельность. Взамен была выдвинута новая теория света, которую, — по их собственному признанию, — тщетно пытались осознать все великие физики современности от Альберта Эйнштейна до Ричарда Фейнмана.

Когда я понял, что, несмотря на все преимущества, точность и красоту квантовой оптики, мы по-прежнему не ведаем, что такое свет, я почувствовал вдохновение. Прежние идолы науки в области света были отвергнуты подобно тому, как стираются устаревшие изображения, а все попытки создать новые заканчиваются провалом. Мы в совершенстве овладели светом на техническом уровне, что раскрыло все двери, когда-то поспешно закрытые в силу научного высокомерия. Я поддался искушению и прошелся по старым и новым анфиладам дворца света. Данная книга — это рассказ о том, что я там обнаружил.

Первое, что я заметил, — это множество необычайно прекрасных художественных и религиозных ассоциаций, возникших вокруг света. Для физиков свет — предмет научного рассмотрения, для религиозных мыслителей — символ, а для художников и технических специалистов — практический инструмент. Их голоса звучат в хоре нашего общего опыта восприятия света. Вслушавшись, понимаешь, что все они говорят об одной и той же вещи, природа и значение которой на протяжении тысячелетий были предметом внимания и поклонения человечества. За последние три столетия художественное и религиозное измерения света даже близко не подпускались к тому, что происходило в сфере научного изучения. Кажется, что настала пора открыть для них двери и постараться создать более полное представление о свете, чем существующее в рамках каждой отдельной дисциплины.

Свет затрагивает все аспекты нашего бытия, частично открываясь при каждой встрече. История подобных встреч может привести нас к пониманию природы света. Задолго до того, как свет стал предметом научного изучения, он — и в особенности его источники — были тем, чему поклонялись как божественному. Свет считался образом, божественным по природе своей. В мифологии любой цивилизации найдется множество преданий о солнце, луне и звездах; огне, радуге и

полярных сияниях. Они также касаются сущности света, поскольку они — часть опыта человеческого восприятия света. В последующих главах я в равной степени коснусь как квантовой теории света, так и бога света зороастрийцев, Ахурамазды. Свет будет рассматриваться с различных сторон, с мифологической и духовной, а также с исторической и технической. У разных эпох и народов бытовали свои представления о свете, основанные на каком-либо одном из его многочисленных проявлений. При изучении света мне казалось, что характерные черты каждой культуры отражаются в том, какие представления о свете в ней созданы. В каждой по-своему предпринимались попытки выявить природу и значение света, и таким образом слагались сказания о свете. В мифах каждой культуры в равной степени обнаруживается как ее собственная сущность и свет, существовавший в сознании ее носителей, так и природа света. Нити двух данных тем переплетаются вокруг основной темы, развёрнутой на страницах этой книги, подобно змеям, обвивающим целительный посох Гермеса, бога общения, — это изменяющаяся природа обоих видов света: внешнего света природы и внутреннего света разума. В ходе работы я убедился, что эти два вида света неразделимы.

Итак, следуя по пути исторического развития представлений о свете, мы обратим внимание на то, как изменялись понятия о свете, и как трансформировалось человеческое сознание, направленное на изучение света. В течение многих-многих лет человечество всматривается в лик природного света, пытаясь понять, что или кто стоит за ним. Свет состарился за тысячелетия нашего созерцания, его черты чрезвычайно изменились, его нежное, детское лицо стало почти полностью неузнаваемым. У света теперь суровое, более практичное и пронизанное математическими формулами лицо, но даже и сегодня его дополняют иные облики: художественный, научный и духовный. Как будет выглядеть свет завтра? Во все времена, вне зависимости от представлений о свете, существовавших на тот момент, то же самое Солнце согревало и освещало нашу планету. С момента зарождения самой идеи о свете, через ее зрелость на современном этапе, доходя до своего окончательного состояния в момент, когда “времена больше

нет”, свет увидит весь мир и напитает прерии, деревья и цветы. Как мы изменили то, что мы называем светом, за счет света нашего собственного сознания? При переплетении природы и разума возникает понимание жизни света. Поэтому данная работа может считаться биографией света, нашего невидимого компаньона, который в равной степени сопутствует нам как внутри, так и снаружи.

ДАР СВЕТА

Ты — солнце, очи и душа этого огромного мира.

Джон Мильтон

Когда создавались смертные роды, титан Эпиметей (имя которого буквально означает “мыслящий после”, “крепкий задним умом”) взял на себя раздачу каждому подобающих способностей для защиты и выживания¹. Черепаху он наделил прочным панцирем, осу — жалом, других — быстроногостью и хитростью. Когда же, наконец, очередь дошла до человека, все дары природы уже были распределены. Человеку совсем ничего не досталось. По словам Платона, человек оставался “наг и не обут, без ложа и без оружия”. В унынии неумейка Эпиметей обратился к своему мудрому брату Прометею (имя которого означает “мыслящий прежде”, “предвидящий”). Видя незащищенность человека, Прометей решается похитить у Зевса огонь, который дарит людям, принеся его в огромном стебле сладкого укропа, подобно мореходам древности, именно так сохранявшим тлеющие угли. Свет дара Прометея побудил зарождение человеческих цивилизаций, культуры и техники. Так огонь и свет Зевса вошли в обиход человечества.

За то, что он сделал для нас, Прометей был жестоко наказан — его приковали к горам Кавказа, где ежедневно его печень, основу жизни, терзал и выклевывал орел, посланный Зевсом. Но и человечеству было не суждено мирно наслаждаться даром Прометея. Разгневанный Зевс-ревнитель приказал хромому ремесленнику богов Гефесту создать бездушную соблазнительницу Пандору, от нее Эпиметей с жадностью примет печально известный сосуд. Слишком поздно он поймет, какие несчастья таятся в нем. Против воли Эпиметея Пандора открыла крышку сосуда, и так на человечество обрушились болезни, беды и боль². Дар огня и все, что он символизирует, всегда обременен

заботами. Но в руках человека огонь богов не только обжигает, но и согревает, не только ослепляет, но и освещает.

Западная цивилизация началась три тысячи лет назад со звуков песен слепого барда, который при сотворении *“Илиады”* и *“Одиссеи”* озвучил образные представления греков, и так родилась западная поэзия. Слепота Гомера придавала его стихам мощь и чистоту. Окутанный мраком, мир его чувств был заполнен божественным миром так, что память Гомера, похоже, смогла вернуться к исконным творениям и к предвечному времени героев.

На греческих вазах изображается стоящий бард; он покачивается в такт песен, в ореоле внутреннего сияния прислушиваясь к внутреннему голосу и озвучивая его. Подобно Гомеру, древние странствующие музыканты северной Карелии на побережье Балтийского моря, закрыв глаза и сидя на бревенчатых скамьях, держались за руки с крестьянами и покачивались в такт ритуальных песнопений древнего эпоса *“Калевала”*, исполняемых антифонально.

“Бхагавадгита” (“Божественная песнь”, или “Песнь о господе”) — это песнь советника и возничего Санджая в ответ на вопросы слепого царя Дхритараштры. Самый могущественный носитель земной власти, царь — слеп. Он видит глазами другого, своего возничего и советника, чей духовный дар позволяет видеть на огромном расстоянии. Когда царь спрашивает о том, что происходит на отдаленном священном поле, где сошлись для битвы друг с другом те, кто ему дорог, Санджая видит и слышит, о чем беседуют искусный воитель, принц Арджуна, и божественный Кришна, который так же, как и сам Санджая, выступает в роли возничего колесницы. Здесь колесничему выделяются и передаются душевно-духовные качества зрения высшего порядка. Он становится бардом, поющим слепому земному царю. Колесничий, как и поэт, должен видеть дальше всех и говорить, и править, исходя из того, что видит.

Случайное ли это совпадение, что самый знаменитый прорицатель античности Тиресий стал слепым в семь лет?

Он лишился зрения за то, что увидел богиню Афины обнаженной во время купания, т. е. за то, что увидел божество без покрывала.

Данный лейтмотив вечен. Свет дня уступает путь свету ночи, слепоте, внутреннему зрению. Как писал Платон: "Зрение рассудка становится острым тогда, когда глаза начинают уже терять свою зоркость"³. Поэт-романтик Новалис прекрасно понимал силу воздействия тьмы. "Гимны к ночи" начинаются с возвышенного противопоставления: "Кто, наделенный жизнью и чувством, в окружении всех явных чудес пространного мира не предпочтет им все сладостного Света..." И, тем не менее, Новалис пишет, что, несмотря на всю красоту дня, он обращает взор "к святилищу загадочной, неизъяснимой ночи". Из темного уединения потери звучит светлый голос поэта. В окружении внешней темноты, слепоты, внутренний свет освещает образный пейзаж красоты и реальности. Слепой поэт поет о мире, который он видит, и его песни проникают в сердца слушателей так, что они тоже могут, хотя бы на один вечер, отрешиться от житейских забот и проникнуться красотой воспеваемого поэтом мироздания.

Что служило источником поэтического света, который освещал вечную ночь Гомеровой слепоты? Это творческое воображение, которое также важно и для обычного зрения. Свету творческого воображения будет посвящена половина нашей истории из-за его значения как для мира античности и поэзии, так и для мира современности и науки. Как бы ярко ни светило солнце, если у нас не хватает способной развиваться силы художественного воображения, мы слепнем и в переносном смысле, и в буквальном. Для видения, поэтического или научного, возвышенного или повседневного, нам нужен не только дневной, но и внутренний свет.

Как мы увидим, разум искусно (и обычно на подсознательном уровне) проявляет активность при акте зрения, постоянно строя и перестраивая воспринимаемый зрительно мир. Вот таким образом мы участвуем в зрении. Привычные модели, используемые для зрения, закладываются в первые годы жизни.

Даже простейшие, наиболее “объективные” акты познания требуют нашего участия. Дополним: природа такого участия определяется каждой культурой и историческим периодом по-своему. Бутылка “Кока-колы”, сброшенная с самолета и попавшая в руки племени в джунглях, может восприниматься как угодно, но не как контейнер для газированного напитка. Человеческое сознание изменяется со временем и отличается в разных культурах.

В античности роль, которую мы играем при акте зрения, при наделении значением мира чувственного восприятия, ощущалась острее, чем сегодня; внутренний свет был ближе к сознанию. В отличие от древних греков мы обыкновенно живем, руководствуясь научной точкой зрения, которая слишком часто относится к нашему участию в распознавании как к чему-то несущественному или иллюзорному. Но все же для того, чтобы видеть, слышать, просто быть человеком, даже сегодня требуется наша вовлеченность, наше непрестанное участие. Нижеследующий пример подкрепит данный аргумент: загадочный феномен восприятия цвета древними греками.

Виноцветные моря у древних греков

*Гелиос с моря прекрасного встал и явился на медном
Своде небес, чтобы сиять для бессмертных богов и для
смертных,
Року подвластных людей, на земле плодоносной живущих.*⁴

Гомер. Одиссея

Атмосфера и пейзажи гомеровской Греции кажутся одновременно и такими, как в наши дни, и совсем другими. Солнце по-прежнему встает над плодоносной землей, но мало кто из нас, пробуждаясь, видит медный свод небес, освещенный бессмертными богами.

Будучи пленником прекрасной нимфы Калипсо, Одиссей на берегах ее острова неотрывно смотрел на “виноцветное море”, мечтая о возвращении на родную Итаку к возлюбленной супруге своей Пенелопе. Стоя сегодня на островном побережье Эгейского моря, я не вижу ни “виноцветного моря”,

ни медного неба, а лишь поразительную синеву дорогих моему сердцу вод и небес.

Среди бесчисленных эпитетов, применявшихся Гомером для описания неба и моря, нет ни одного, утверждают лингвисты, который бы можно было интерпретировать как означающий “голубое” или “синее”. Небо называется “железным” или “бронзовым”, море – черным, белым, серым, пурпурным или виноцветным, но никогда – синим. Получается, что у древних греков было неразвито ощущение синего цвета. Они что, были частично дальтониками? Или же перед нами, возможно, еще один пример присутствия внутреннего света в процессе зрительного восприятия? С 1810 года, когда Гете впервые обратил внимание на любопытный факт отсутствия синего цвета в греческих текстах, ученые пытаются найти разгадку этого феномена и других сходных примеров отсутствия привычных цветов в ранней античной поэзии⁵.

При тщательном анализе терминов для названий цветов, использовавшихся греками в античности, и при сравнении их с современным пониманием того, что такое дальтонизм, выдвигаются убедительные аргументы против гипотезы, согласно которой у греков была иная физическая структура глаз, чем у современного человека. Но тогда мы видим, что для зрения нужны не только функционирующие физические органы. При рассмотрении последующих примеров обозначения цветов в гомеровской Греции не будем забывать о значении внутреннего, психологического полюса зрения. При таком подходе нам, быть может, удастся разгадать загадку, которая многих ставит в тупик.

Примерно через пятьсот лет после Гомера знаменитый ученик Аристотеля Теофраст написал труд о камнях, в котором он упоминает *kyanos*, драгоценный минерал синего цвета, который мы сегодня называем ляпис-лазурь, или лазурит. Когда перед нами *kyanos* в форме прилагательного, естественно считать, что имеется в виду синий цвет (созвучный с нашим термином “циановый”). Хотя данная ассоциация кажется вполне естественной, упоминание данного термина в гомеровских текстах опровергает подобную интерпретацию.

Разгневанный Ахиллес, обуреваемый печалью из-за потери друга Патрокла, поразил в поединке Гектора, благородного

сына Приама, проколол ему “жилы сухие сзади от пят и до глаз” и вознамерился опозорить его, продев ремни и привязав к колеснице его поверженное тело, таская его в течение двенадцати дней вокруг Трои. При этом “прах от влекомого вьется столпом; по земле, растрепавшись, *kyanos* кудри крутятся”⁶. Как это понимать: у Гектора были, получается, синие волосы? Чтобы пресечь недостойное унижение праха Гектора, достойного царя и воина, Зевс посылает Ириду к матери Ахилла, богине Фетиде, жившей на дне морском. Ирида “как вихрь устремилась” в пучину и, найдя Фетиду, призвала ее к Зевсу. Стыдясь являться пред богами, Фетида “облеклась *kyanos* покровом, чернейшим из всех одеяний” и последовала за Иридой на Олимп⁷. Из этих и многих других примеров следует, что слово *kyanos* означало скорее темный, а не синий цвет. Однако у Гомера не находится никакого другого слова для обозначения синего цвета. Для греков античности “синий” был не цветом в нашем смысле слова, а качеством темного цвета, использовавшегося при описании и волос, и облаков, и земли.

Аналогичная загадка возникает при анализе слова *chloros*, термина, который более поздние греческие теоретики цвета называли зеленым. В “*Илиаде*” при описании меда используется прилагательное *chloros*; в “*Одиссее*” оно же упоминается для соловья; у Пиндара роса — *chloros*, а у Еврипида — слезы и кровь! При рассмотрении употребления данного слова мы видим, что оно означает не зеленый цвет, а такие качества как влажность и свежесть, т.е. жизнь. Мы по-прежнему называем сырую древесину или необученного работника “зеленым”. Для древних греков данные коннотации имели первоочередное значение. Они были настолько далеки от внешнего восприятия цвета, что психологические качества “свежести” или “темноты” могли стать воспринимаемым свойством. Они *видели* влажную свежесть слез и потому *видели* зеленый цвет. Когда мы в ярости, мы можем сказать метафорически, что мы “покраснели от гнева”. Можно предположить понимание использования таких выражений с упоминанием цветов в эпоху Гомера не в переносном смысле, т.е. не как метафоры, а буквально. Солнце тогда светило так же, как и сейчас, и глаза у них были устроены, как у нас. Скорее, свет интерпретации, привносимый античным воображением,

изменял способ зрительного восприятия так же, как сходный свет продолжает определять то, как мы видим сегодня.

Более недавний, похожий пример приводится в статье Оливера Сакса и Роберта Вассермана “Случай с художником-дальтоником” в 1987 году⁸. Джонатан И. был успешным художником до тех пор, пока в возрасте 65 лет он не попал в небольшую автомобильную аварию. У него было сотрясение мозга и шок, обычный для таких происшествий, но при этом у художника не возникло никакого длительного физического недомогания. Однако он полностью прекратил различать цвета, причем дальтонизм не проходил, появившись совершенно неожиданно и необъяснимо после аварии. По его собственному признанию, он воспринимал мир, как будто “смотрел черно-белый телевизор”. Это волнующая и трагическая история. Художник, вся жизнь которого была наполнена красками, теперь не мог различать цвета. Офтальмологи и невропатологи, включая Сакса и Вассермана, провели с И. целый ряд медицинских тестов и анализов, но тщетно. Причина возникновения у И. дальтонизма осталась загадкой. Сакс и Вассерман, подводя итоги исследования, пишут: “На примере пациентов, подобных И., видно, что восприятие цвета не данность, оно происходит благодаря чрезвычайно сложному и индивидуальному умственному процессу”. Более того, хотя физиологические процессы могут продолжаться без помех, восприятие цвета — это что-то “бесконечно большее; оно выводится на все более высокие уровни, смешиваясь неразрывно со всеми образами нашей зрительной памяти, желаниями и ожиданиями, пока все это не становится неотъемлемой частью нас самих, нашим жизненным миром”.

“Жизненный мир” Гомера, отраженный в описаниях Трои, коренным образом отличается от нашего. Его воспоминания, ассоциации, желания и ожидания были непохожи на те, с которыми наши современники появляются на театре военных действий. Интеллектуальный орган зрения, использованный слепым поэтом, отражал представления тогдашней культуры, но при этом он значительно отличается от современной ментальности, используя которую, мы видим окружающий мир. Нужно смягчить представление о человеческом организме,

согласно которому наши глаза — это что-то наподобие видеконов, передающих телевизионных трубок, а статичные мозги подобны компьютеру, продуцирующему эквивалент сознания. Цветки восприятия распускаются из куда более насыщенного саморефлективного союза света разума и света природы.

В случаях с С. Б. и И. мы сталкиваемся с ситуациями, когда данные лица не могли видеть то, что — мы без возражений согласимся — было действительно “там”, т. е. перед их глазами. Им не хватало внутреннего света, и потому они остались слепыми на функциональном уровне. Противоположная ситуация складывается, когда кто-нибудь видит нечто, чего, как мы говорим, “там нет”. Обычно мы называем такие явления галлюцинациями. Они возникают, когда психологическое состояние человека достаточно сильно для того, чтобы произвести опыт, сходный с тем, который возникает при работе органов восприятия. Так что, виноцветное море древних греков было цветовой галлюцинацией? Лингвистические факты настаивают на противоположном, потому как иначе нам пришлось бы предположить, что все носители культуры страдали коллективной галлюцинацией. Тем не менее, в каком-то смысле, их внутренние эмоции или уровень развития “окрашивали” тот мир, который они видели. Исследования других языков, например, китайского или северо-американских индейцев, поддерживают данную интерпретацию, согласно которой разные культуры воспринимают мир, в частности доходя до самих текстур и цветов, совершенно не так, как мы⁹.

В ходе тысячелетий два света, свет природы и свет разума, взаимодействовали, представляя разные миры для разных эпох. Как слепому поэту, к которому вдруг вернулось зрение, так и нам сначала будет трудно найти путь к античному пониманию солнечного света и воспринимающего глаза с помощью воображения. Сперва данные понятия покажутся незнакомыми или даже абсурдными. И все же подобная странность может быть по большей части отражением уровня современных образных представлений, которые мы привносим в восприятие опыта древних. На каждом этапе нам придется представлять себе Вселенную по-новому, активно участвуя в этом процессе для того, чтобы услышать эпическую песнь о свете.

У величественной бронзовой статуи Посейдона, поднятой со дна Эгейского моря и водруженной в Национальном музее в Афинах, вместо глаз — темные впадины. В 450 г. до Р. Х. инкрустация драгоценными камнями заполняла эти углубления, ставшие незрячими. В них была священная основа особой славы, которая вселяла жизнь познания в эту выразительную и могучую фигуру. Когда статую сбрасывали с пьедестала в море, драгоценные камни — глаза Посейдона — были похищены. Так произошло свержение бога, который когда-то правил морями и океанами, а теперь ослеп. Наш рассказ о свете начинается с античного, преисполненного святости понимания глаз, которые так близки к свету. Врач и полубог Эмпедокл вернет драгоценные камни лику статуи Посейдона. Потом их снова вынут.



Посейдон

Фонарь и глаза

Светильник для тела есть око. Итак, если око твоё будет чисто, то все тело твоё будет светло; Если же око твоё будет худо, то все тело твоё будет темно. Итак, если свет, который в тебе, тьма, то какова же тьма?

Евангелие от Матфея, 6:22-23

В книге “О жизни, учениях и изречениях знаменитых философов” Диоген Лаэртский упоминает о том, как в сицилийском городе Селинунте в середине V в. до Р.Х. начался мор¹⁰. Зловонные испарения затхлой реки, наполненной сточными водами, повлекли за собой смерть и болезни; “люди умирали, а женщины выкидывали”. Услышав об этом несчастье, Эмпедокл, знатный врач, ученый, государственный муж и поэт, явился из близлежащего Акраганта, облаченный в пурпурную мантию, подпоясанный золотым поясом. Обувь его была из бронзы, а голову украшал лавровый венок. За ним следовала толпа юношей, находившихся у него в услужении. Эмпедокл выявил причину мора и придумал подвести туда две соседние речки. Когда свежая вода проточных рек смешалась с зловонными водами, река стала здоровой, и жители Селинунта избавились от напасти.

Данный рассказ звучит весьма достоверно, учитывая плачевное состояние рек, текущих рядом с современными городскими центрами. Париж, выросший на острове Сите, еще во времена Римской империи был известен отвратительным запахом Сены; Балтийское море, некогда изумительный природный ресурс, превратилось в свалку отходов польской промышленности. То, что Эмпедокл выявил причину мора, придумал план и затем за свой счет прорыл каналы, которые оздоровили зловонные воды реки Селинунт, вызывает у нас глубочайшее уважение. Поэтому не удивительно, что когда Эмпедокл явился перед жителями города Селинунта, они “простерлись перед ним и стали молиться, как перед богом”. Однако поразительно то, что в ответ на такое почитание, чтобы горожане ни в коем случае не усомнились, Эмпедокл бросился в огонь, который, по-видимому, не причинил ему никакого вреда.

В Эмпедокле перед нами предстает не только фигура значительного ученого античности, чьи представления о зрении мы рассмотрим на последующих страницах. Но он также и последний, к тому времени устаревший пример той породы людей, которая полностью исчезла в Греции в тот момент, когда он бросился в вулканический кратер горы Этны в бронзовых сандалиях и прочих регалиях. Эмпедокл ведь был не только ученым-врачом, но также и поэтом, своего рода шаманом, написавшим в дополнение к глубокой поэме *“О природе”* еще более загадочный духовно-религиозный трактат *“Очищения”*¹¹. До нас дошли лишь фрагменты этих двух сочинений, но и по ним можно получить представление о масштабе деятельности и характере Эмпедокла как человека и мыслителя.

В *“Очищениях”* Эмпедокл сам ссылается на свое божественное происхождение, отмечая, что он “из тех, кому досталась в удел долговечная жизнь — тридцать тысяч лет скитаться ... вдали от блаженных, рождаясь с течением времени во всевозможных обличьях смертных [существ]”¹². Он — бог, обреченный на жизнь в виде птицы небесной, простого смертного и в бесчисленном множестве других воплощений, в наказание за то, что совершил ужасное прегрешение — вкусил плоть человеческую, отданную в жертву. Рассматривая его представления о зрении, не будем забывать, что в сознании Эмпедокла, жившего в Древней Греции менее чем за сто лет до рождения Платона, удивительным образом уживались шаман и ученый. Гомеровский мир, населенный богами, наполненный представлениями из мистериальных культов с упорядоченными обрядами посвящения, не так уж далек от представлений естественных наук Древней Греции. Духовный космос предоставил надежные помещения, в которых и зародились естественные науки.

В сочинениях Эмпедокла говорится, что божественная Афродита, богиня любви, создала для людей глаза, смешав четыре первоэлемента: землю, воду, воздух и огонь со скрепами любви¹³. Затем “как путешественник, в бурную ночь собираясь в дорогу, в ярко горящем огне очага запасается светом и зажигает фонарь”, в котором огонь защищен от всяческих ветров стеклянными стенками, так и Афродита зажгла огонь глаз

от огня изначального, горящего в горне Вселенной, замкнув его так, что он стал “за круглым зрачком с той поры укрываться”¹⁴. В глазах были пробуровлены дивные воронки так, что ткани стали удерживать наплыв обтекающей влаги, открывая наружу доступ тонкому внутреннему огню и таким образом создавая зрение. Зрение перешло от глаз на воспринимаемый объект; глаза излучали свой собственный свет.

Когда, через несколько веков после Эмпедокла евангелист Матфей написал: “Светильник для тела есть око”, его сентенция не только метафорична, но и научна. Образ ока как фонаря был общепринятым сравнением в культуре и науке того времени¹⁵.

В попытках раскрыть тайну зрения солнечному свету уделяли меньше внимания. Эмпедокл признавал существование солнечного света; это очевидно из таких фрагментов, как “ночь же Земля производит, лучи [Солнца] преграждая собою”¹⁶, что было весьма проницательной догадкой для той эпохи. Однако Эмпедокл, похоже, рассматривал солнечный свет лишь как часть общего процесса и понимал, что для зрения необходимо что-то большее, что-то необходимое, предоставляемое самим человеком: *светильник для тела*.

Зрение по Платону

Как и Эмпедокл, Платон был приобщен к изучению тайных учений Пифагора, по крайней мере до тех пор, пока он (опять же, как Эмпедокл) в своих сочинениях не раскрыл непосвященным пифагорейские таинства. Неудивительно, что представления Платона о зрении созвучны Эмпедоклу, хотя и представлены у Платона более полно. После того, как учение Платона было дополнено впоследствии геометрическими параметрами зрения, разработанными Евклидом, и медицинскими открытиями Галена, оно просуществовало почти полторы тысячи лет! В данной традиции свет глаз играл не менее важную роль, чем солнечный свет.

По мнению Платона, внутри человека обитает особенно чистый огонь, изливающий мягкое свечение, исходящее из глаз. Внутренний свет сливается с дневным, как подобное

с подобным, формируя таким образом единое и однородное тело света. Данная совокупность, представляющая слияние света внутреннего с внешним, образует связь между миром вещественным и душевным. Она превращается в канал связи, по которому могут передаваться самые неуловимые движения внешнего объекта, вызывающие чувственное ощущение зрения¹⁷.

В такой формулировке два света — внутренний и внешний — соединяются и действуют в качестве посредника между человеком и темным, пещероподобным внешним миром. Как только образуется канал света, по нему может передаваться сообщение из одного мира в другой, подобно Ириде, гомеровской богине-посланнице. Глаза и солнце предстают у Платона в виде глубокой гармонии, которую потом воспевает немецкий поэт Гете в стихотворении, помещенном во вступлении к работе *“Учение о цвете”* (1810):

*Будь несолнечен наш глаз —
Кто бы солнцем любовался?
Не живи дух Божий в нас —
Кто б Божественным пленялся?*¹⁸

Мы видим, что духовное око не пассивно. Оно играет важную роль в процессе зрения. Образ внутреннего огня глаз был настолько живо запечатлен в античном представлении об этом действии, что он продолжал определять философские постулаты в течение полутора тысяч лет.

Большей частью человеческое познание мира основано на зрении. Весьма естественно, что Платон использовал зрение как метафору для любого познания, называя сам орган восприятия духа “глазами души” или “духовным оком”¹⁹. Современное слово *теория* восходит корнями к греческому *theoria*, означавшему “созерцать, взирать”. А глагол *знать* означает “увидеть”, но не пассивно, а активно, посредством действия внутреннего свечения глаз, которое изливается, чтобы уловить и понять окружающий мир. Наши действия, выражающиеся в актах зрения и познания, — это элементы, неотъемлемые от платоновского понимания зрения. Под зрением подразумевается, что человек, воспринимающий мир визуально, посредством

зрения, задействован в важном созидательном акте создания образов, т. е. воображения. А для таких людей, как ребенок, пациент доктора Моро, или С.Б., попытки этих конструктивных действий служили постоянным изнуряющим напоминанием о пережитой ими слепоте. Для нас, обладающих зрением, мир становится интеллигибельным, т. е. вразумительным, в мгновение ока и без каких-либо усилий; по крайней мере, так происходит в большинстве случаев.

Посмотрите на иллюстрацию. Это одно из многих изображений, допускающих двойное толкование. Не торопитесь, дайте зрению поиграть с рисунком. Сначала видно лишь одно из изображений, либо старуха, либо юная девушка. Ни на йоту не меняя настройку “объектива”, направленного на печатную страницу, видим, как тонкий подбородок девичьего лица превращается в крючкообразный нос старой ведьмы. Постараемся уловить смену восприятия при переходе от одного изображения к другому. Она происходит лишь внутри. Потренировавшись, можно научиться контролировать то, что видишь.

Физических различий между обоими изображениями нет никаких, в то время как “душевная дистанция” между ними колоссальная. Что же изменилось? Ваши собственные действия; особенности вашего участия определяют и видоизменяются, а вы это чувствуете. При каждом акте восприятия мы



Старуха или юная
девушка?

участвуем, не осознавая того сами, в создании мира, наполненного смыслом. В ответ на внешний свет вспыхивает внутренний, привнося с собой понимание. Это тот свет, что не осветил вновь открытые глаза ребенка, пациента доктора Моро, когда тот попытался впервые увидеть свет.

Переходное время

В “Бхагавадгите”, у Гомера, Эмпедокла и Платона под зрением понимается важный элемент действия человека, направляющего движение из глаз в окружающий мир. В течение столетий после Платона постепенно происходила смена понятий, окончательно оформившаяся в работах Рене Декарта в XVII в. В течение этого длительного периода изменились и проблемы, рассматривавшиеся наукой. Влияние Платона, а впоследствии Аристотеля, долго длилось и в Средние века. Пока царило такое мировоззрение, зрение рассматривалось, по большей части, как душевно-духовный, а не физический процесс. Однако к XVI в. назревают, похоже, коренные изменения. Такие натурфилософы, как Кеплер, и, в куда большей степени, Галилей, уделяли меньше внимания переносу душой картин внешнего мира в акты осмысленного восприятия, их намного больше интересовало изучение физических процессов внутри глаз, воспринимавшихся ими в качестве неодушевленных, физических инструментов. Данные изменения в подходе происходили не повсеместно, не мгновенно и не единообразно, но, тем не менее, переломный момент наступил. Его осуществили те многочисленные ученые, шедшие, несмотря на опасности того времени, в авангарде научных исследований. Для них зрение перестало быть видом душевно-духовных действий, что было характерно для многих поколений предшествовавших мыслителей, и стало предметом рассмотрения в сфере механики.

Это изменение характерно и чрезвычайно важно. Мы впервые сталкиваемся с ним в ходе эволюции представлений о зрении человека. Мы встретимся с ним снова, когда речь пойдет об изучении самой природы света. То, что начиналось как живое, душевно-духовное переживание, будь то свет или зрение, растворяется, проясняется и разделяется на оптику и психологию.

Речь идет о чем-то куда более значимом, чем просто интересное научно-историческое замечание. В изменяющихся представлениях о свете символично отражаются коренные изменения в сознании, происшедшие после переломного момента в истории развития разума.

Подобно допускающим двоякое толкование фигурам на рисунке, природа предстает перед нами без четких очертаний. Наше восприятие природы зависит, равным образом, как от нас, так и от нее. Лишь совместными усилиями появляются образы мира, исполненные смысла. Потому вышеупомянутый переломный момент — это не переход из мира невежества в мир мудрости, а, скорее, неуловимое чередование образов юной девушки и старухи. Поэтому при чтении истории науки мы никогда не должны упускать из виду личностные качества тех, кто способствовал прогрессу. Из того, как они воспринимали мир, как их сердца жаждали знаний, и из глубины их духа зарождались, расцветали и отходили в прошлое различные способы восприятия мира. Способ восприятия одного становился на время способом восприятия большинства, пока не появлялось нечто новое, более подходящее.

Уже к III в. до Р. Х. наблюдаются осторожные попытки начала перехода к механическому восприятию зрения в оптических исследованиях, приписываемых великому александрийскому математику Евклиду. В трактате *“Оптика”* он блестяще изложил геометрическую трактовку зрения. Евклид продолжал считать, что зрительный луч служит основным элементом всего процесса зрения, и выдвинул ряд чрезвычайно обоснованных аргументов в защиту своей позиции.

К примеру, мы часто не замечаем предметы, даже когда смотрим на них. Уроните иголку на землю, предлагает Евклид, и потом, когда ищете ее, подумайте: а почему она не находится сразу? Иголка, конечно, не выпала из вашего поля зрения. Используя современную терминологию, иголка явно отражена в сетчатой оболочке глаз, но остается незамеченной. Потом вдруг, в мгновение ока, вы ее видите. Если зрение зависит лишь от света, падающего извне на предметы, а потом попадающего в глаза, то тогда нужно было бы сразу же увидеть иголку. Очевидно, что во время поисков свет отражался от иголки и

попадал в глаза, поэтому, заключает Евклид, зрение не может в первую очередь зависеть от внешнего света. Однако эта загадка решается, если мы применим теорию зрительного луча. Во время поисков иголки зрительный луч самих глаз поддерживает связь, курсируя “туда — сюда” по участку земли. И только когда он наткнется на иголку, мы ее видим!

Однако есть важные аспекты, в которых зрительный луч Евклида отличается от проливающих свет эфирных эманаций Платона и Эмпедокла. У Евклида эманация огня глаз превращается в прямую линию, в зрительный луч, который поддается логике дедукции и проверяется доказательствами геометрии. Его обширные математические исследования были весьма плодотворны и стали основой для дальнейших изысканий в арабском мире, а через много столетий они послужили отправной точкой в обнаружении и обосновании линейной перспективы в работах Брунеллески, Альберти и Дюрера. Но за математизацию пришлось заплатить. В результате человек отдалился от предшествовавшего, более непосредственного переживания, отраженного в платоновском понимании процесса зрения.

Не следует недооценивать значение математизации. Наука, в том виде, как мы ее знаем, не могла бы существовать без абстрагирования. Тем не менее, для того, чтобы проанализировать явление, необходимо прекратить его переживать. И продолжать исследование, представляя объект изучения в виде мысли кристальной ясности, как это происходит, например, с математическими понятиями. Именно так и поступал Евклид. Довольно трудное для понимания нематериальное представление Платона о мостике света между объектом и глазами превратилось в работах Евклида в своеобразную геометрию визуальных лучей, конусов и угловых измерений. Было развито все, что было необходимо для изучения геометрической оптики, но в процессе выявляется важный элемент — дистанцирование от субъективного человеческого опыта зрительного восприятия. Безупречный стиль математической аргументации Евклида пришел на смену более поэтическому подходу, использованному Эмпедоклом и Платоном. Как знает каждый физик, изящные математические формулы могут с легкостью затмить скучные потоги опыта и со временем прийти

на смену тем явлениям, которые они были созданы описывать изначально. Евклидовский подход к свегу является предвестником растущего отделения зрения как переживаемого опыта от зрения в виде номинального объекта изучения. В истории света была открыта новая страница, и, таким образом, тайна зрения вышла на новый этап, который получил дальнейшее развитие сначала в арабских странах, а потом был доведен до финального завершения в трудах еще одного великого геометра и математика, Рене Декарта.

“Арабский связной”

К концу существования Римской империи появились условия для дальнейшего развития в эволюции сознания. Закрытие Юстинианом Платоновской академии в 529 г. огласило похоронным звоном конец греческой философии на Западе и возвестило начало мрачного средневековья. В течение многих столетий Академия была храмом, где процветали идеи Платона и его последователей. Однако, по мере распространения христианства, языческая философия оказалась под угрозой уничтожения. В 389 г., во время восстания христиан была разрушена великолепная библиотека в Александрии, где хранилось около полумиллиона манускриптов. Государство, утвердившее полномочия Римской церкви, подвергло преследованиям и позору как опасных еретиков платоников, по-прежнему поклонявшихся языческим богам. Когда солдаты Юстиниана ворвались в Платоновскую академию, последним ученикам Платона пришлось бежать из Афин. Семь великих мудрецов Академии, захватив драгоценные книги, отправились в Персию, где их благосклонно принял император Хосров I в своем великолепном летнем дворце в Гондишапуре (неподалеку от города Дизфул в Иране)²⁰.

При дворе Хосрова I и в блистательной Академии Гондишапура процветали литература, искусства, наука и философия. Афинские беженцы очутились в атмосфере космополитизма, где царила удивительная терпимость. Местные религии зороастризм и манихейство подверглись влиянию не только восточной религиозной мысли, но и язычества, христианства

и иудаизма. Шапур I (241 — 272 гг.) основал Гондишапур для того, чтобы разместить в нем пленных, захваченных им после разгрома в 260 г. римского императора Валериана. К VI в. Гондишапур превратился в самый значительный учебный центр в мире, где была замечательная астрономическая обсерватория, медицинская школа и первая в мире больница. Гондишапур славился и тогда, и в течение последующих столетий своими врачами и мудрыми советниками. Распространение ислама замедлило влияние Гондишапура, но руководители Гондишапурской академии были тем ядром, вокруг которого сформировались гуманитарные науки и ученость ислама.

В VII в., по мере возрастания влияния ислама, на Аравийском полуострове произошла культурная революция беспрецедентного масштаба. После становления новой религии Мохаммеда и системы управления обширной империей, укрепившейся после побед в священных войнах, исламские ученые стали чрезвычайно активно заниматься сбором и переводом греческих манускриптов. Багдад, которым в IX в. руководил и управлял ученый-переводчик Гунаин ибн Исхак, стал важным центром обучения. Как следствие этого, вскорости стали больше цениться как арабская наука, так и арабские ученые. В то время как на Западе ученые-мыслители ушли от эллинизма в лоно богословских вопросов, в особенности вопроса о спасении души, философы и врачи исламского Ближнего Востока под влиянием, исходившим из Гондишапура, были заняты освоением, составлением комментариев и расширением кладезя знаний античности.

Знаменитый философ, математик, астроном и оптик Ибн аль-Хайсам был одной из ведущих фигур в этом направлении²¹. В его трудах история представлений о зрении сделала еще один шаг от более ранних и духовных, или психологических, взглядов в сторону математико-физической теории зрения.

Ибн аль-Хайсам, или Альгазен, как его знают на Западе, родился в Басре (Ирак) в 965 г. В мире оптики он стал самым значительным ученым своего времени. В детстве и отрочестве Альгазен пытался найти истину в изучении исламских религиозных наук того периода. Придя в смятение из-за недостижимости данной цели и ужаснувшись ненависти, царившей в

отношениях конкурировавших религиозных сект, он решил посвятить свои силы изучению “доктрины, содержание которой было бы воспринимается чувствами, а форма — рациональной”²². Он чувствовал, что истина была одна, и в течение последовавших десятилетий неуклонно следовал своему изначальному решению избегать превратностей духовных наук. Вместо этого он написал десятки трактатов по математике и другим научным предметам, наиболее значимым из которых оказалась “Оптика”. Через сто пятьдесят лет после его смерти, в 1040 г., этот трактат был переведен на латинский язык и со временем стал основой для будущих изысканий в области оптики. Нас особо интересуют два аспекта данной работы: замена платоновской теории зрения собственной, совершенно отличной теорией и исследования, связанные с *camera obscura*. Новые представления Альгазена о свете проявляются в обоих направлениях.

В выдающихся древнегреческих трактатах о зрении первоначальное значение придавалось внутренней деятельности зрячего. Как мы видели, подобный подход проявлялся в представлении о том, что чистое пламя, неотъемлемый элемент зрения, находится внутри глаз и светит наружу, подобно солнцу, для освещения мира. Подобным представлениям продолжали обучать на Западе до XII в., как, например, это делал великий учитель Вильгельм Конхесский (Гийом из Конша) в соборных школах Шартра и Парижа. Основательно изучив труды Платона, Вильгельм Конхесский также почерпнул сведения у Галена о том, что пища превращается из материи в духовный свет в течение нескольких этапов. Первое преобразование происходит в печени, где пища становится “природной добродетелью”. Потом, проходя через сердце, она становится “духовной добродетелью”; попадая, наконец, в мозг, она очищается и превращается в ветер, проливающий свет, который оживляет органы чувственного восприятия и наделяет глаза внутренними лучами²³.

Другим важным постулатом древнегреческой мысли было представление о том, что акт зрения происходит за счет

передачи оболочек или форм (называемых *eidola*, или *simulacra*) от объекта глазам. Древнегреческие атомисты считали, что пленки, или образы, снимаются, как кожура, с объектов или отпечатываются ими в воздухе и несутся к наблюдателю, где они и попадают в глаза. В качестве доказательства данной гипотезы приводилось то, что мы видим крошечное отражение мира в зрачке стоящего рядом с нами человека. В этой теории есть явные проблемы. Как, например, оболочка размером с гору уменьшилась до такой степени, что смогла поместиться в зрачке²⁴? Данные представления нашли свое место и в Средние века, но, оставляя это сейчас в стороне, мы вернемся к нашему “арабскому связному”.

На Ближнем Востоке развивалось представление о зрении, дополнявшее взгляды Платона в том виде, как их преподавали в Шартре. В нем подчеркивалась роль внешнего источника света, и оно было особенно развито в арабском мире. Альгазен выстроил ряд логических доказательств в поддержку того, что зрение происходит не частично, а полностью за счет света, падающего в глаза от объектов вокруг нас. Он рассматривал следующую ситуацию. Невозможно долго смотреть на солнце без того, чтобы не заболели глаза. Если следовать теории, что свет исходит из глаз, то возникает вопрос, отчего появляется боль? Однако, если предположить, что идет своего рода передача от солнца в глаза, то ошеломляющее воздействие солнца на глаза может послужить объяснением болезненных ощущений. Еще одно из доказательств Альгазена касается последовательных зрительных ощущений.

В течение тридцати секунд посмотрите на источник яркого света или на освещенное окно, а потом закройте глаза. Четкое чувственное восприятие плывет перед глазами, сохраняя те же очертания, что и оригинал, но обычно проявляя цвета, являющиеся дополнительными по отношению к тем, которые были видны. Опять же, Альгазен считал данные ощущения доказательством того, что что-то воздействует на глаза извне, отпечатываясь на глазах настолько сильно, что данное воздействие остается даже после того, как свет “погашен”. Данные и многие другие явления сопровождалась тщательно продуманными вескими аргументами, направленными

на отрицание теорий зрения Платона и других мыслителей. Альгазен допускал, что, возможно, математикам по-прежнему полезно проводить “визуальные лучи” от глаз к объекту для геометрического изучения света, но таким образом они “не пользуются ничем в своих показах, кроме воображаемых линий... а убеждение тех, кто полагает, что что-то [реально] происходит из глаз, ошибочно”²⁵.

Таким образом, были погашены лучи эмпедокловского внутреннего пламени. Вместо них Альгазен предложил тщательно разработанную теорию внешних, физических лучей, которую можно совместить с точными формулировками математических формул Евклида для того, чтобы представить убедительный научный отчет о зрении. Глаза, когда-то считавшиеся вместилищем солнцеподобного, божественного пламени, быстро стали сумеречной палатой, для освещения которой нужна внешняя сила.

Зрение в темной комнате

В то время прибор, известный под названием *camera obscura*, что буквально означает “затемненная комната”, настолько сильно повлиял на воображение ученых, что к XVII в. именно он стал единственной моделью глаза. Хотя предшественников данной модели можно обнаружить и ранее, ее первое четкое описание мы находим в трудах Альгазена²⁶.

В солнечный день войдите в затемненную комнату. Прделайте маленькое отверстие размером с печатную букву “о” в светонепроницаемой занавеске, закрывающей окно в комнате. Снаружи светит солнце, внутри — темная комната; они связаны лишь светом, просочившимся сквозь единственное крошечное отверстие. На стене затемненной комнаты напротив отверстия появляется удивительное, перевернутое отражение того, что происходит на улице, вплоть до малейших подробностей. Во время изучения *camera obscura* Альгазен поставил в ряд несколько свечей с одной стороны так, что их дрожащее пламя отражалось на экране, но только в перевернутом виде. Если придерживаться теории “оболочек”, то все они должны были бы пройти через отверстие, не смешиваясь друг с другом.

Каким-то образом свет каждой свечи одновременно проходит через то же самое отверстие, не нарушая свечения других свечей. Поразительно, что все это, не теряя ни малейшего оттенка света и других деталей, находит дорогу без помех в *camera obscura* через одно крошечное отверстие. На самом деле, если сделать отверстие слишком большим, то изображение, хотя и станет ярче, но потеряет четкость.

Для обнаружения конкретной взаимосвязи этого эксперимента со зрением понадобится четыреста лет, пока гений Возрождения Леонардо да Винчи не выступит с исключительным предположением, что сам глаз и есть *camera obscura*. Глаз, также и по мнению да Винчи, — это темная комната, в которую проецируется изображение внешнего мира.

В первые годы XVII в. математик и астроном Иоганн Кеплер разработал законченное геометрическое объяснение феномена *camera obscura*, а также дал подробное и убедительное объяснение оптических процессов внутри глаза и самого зрения в терминах оптики. Как и в случае с *camera obscura*, внешний мир проецировался на внутренний экран глаз. Кеплер заявил, что “зрение происходит, когда изображение всего полушария мира, предстающего перед глазами ... сосредотачивается на красновато-белой выгнутой сетчатой оболочке глаза”²⁷. Тем не менее, Кеплера, как и многих ученых до него, беспокоил один момент: изображение на экране *camera obscura* было перевернутым! Как же может быть, что изображение на сетчатке оказывается перевернутым, когда мы видим мир нормальным образом? Придумывались бесконечные фантастические чертежи для того, чтобы исправить данное изображение, но геометрически обусловленные доказательства Кеплера были настолько прочно увязаны, что даже при отсутствии непосредственно наблюдаемых доказательств было невозможно не прийти к выводу: изображение на сетчатой оболочке глаз должно быть перевернутым. Кеплер принял это, предоставив другим находить объяснение, каким образом можно “исправить” данное изображение. В настоящее время мы считаем, что решение данной проблемы находится в сознании, связывая эти процессы с психологией зрительного восприятия. По словам Кеплера:

Каким образом образ или изображение составляется визуальными духами, которые пребывают в сетчатой оболочке глаз и в зрительных нервах, и предстает ли это перед душой или же перед судом визуальных способностей духа в извилинах головного мозга или же самой визуальной способностью ... все это я оставляю для обсуждения физикам [философам]. Весь инструментарий оптиков не в состоянии помочь им пройти эту непроницаемую стену, с которой сталкиваются внутри глаз²⁸.

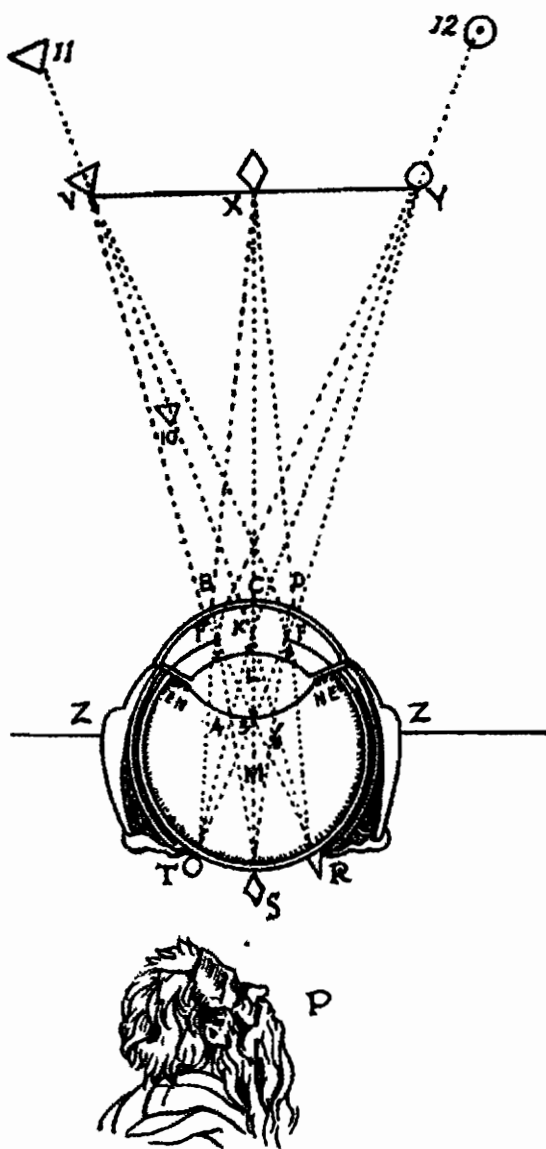
Здесь кончаются возможности оптики, и необходимо подключение света тела, т.е. душевных способностей, для того, чтобы мир не предстал перед нами перевернутым с ног на голову.

Декарт

Правильность логических выводов Кеплера была окончательно подтверждена экспериментальными опытами Рене Декарта. Оптические исследования Декарта служат показательным примером зрительной системы, которая подспудно демонстрирует не только декартовское понимание анатомии глаза и оптики зрения, но также и его философию восприятия²⁹.

На иллюстрации над глазом огромных размеров и на расстоянии от него расположены три геометрические фигуры: круг, ромб и треугольник. Через хрусталик глаза вниз от них тянутся лучи, которые упираются в сетчатую оболочку глаза. Задние оболочки глаза удалены с тем, чтобы философ (сам Декарт?) мог видеть три изображения, проецируемые на заднюю поверхность. Внешний мир, изображаемый в верхней части, показан светлым; нижняя часть рисунка, окружающая наблюдателя, — темная. Как и для Альгазена, для Декарта мир ярок, а глаз темен.

Освещающий внутренний луч или огонь исчез. Тем не менее, Декарт по-прежнему придерживается теории зрения, обуславливающей восприятие на двух этапах. На первом — свет (который он считал материальным и механическим) передается через физические органы зрения в общие органы чувств



Оптический анализ Декарта. Философ рассматривал мир через бычий глаз, задняя оболочка которого была удалена для прозрачности. Увиденное изображение было перевернутым.

тела. Затем, по Декарту, механические стимулы “воспринимаются” за счет духовного принципа внутри человека. Для Декарта мир экстенсии, материи — *res extensa* — проходил весь путь в физическое тело, но не мог сам по себе завершить зрительный процесс. По-прежнему был необходим какой-то духовный принцип, разум, или душа — *res cogitans*. Подобно философу на рисунке, всматривающемуся в мерцающие изображения на сетчатой оболочке глаза с наблюдательного пункта в темноте, бестелесный разум воспринимает механические толчки мира в органах чувств.

Хотя свет глаз, который изливался наружу и придавал значение неоформленным ощущениям, удалился из тела, он сохранился в дуалистической позиции Декарта в качестве бесплотного духа, что было частицей прошлого. Тем не менее, даже слабому отголоску греческого наследия предстояло, по крайней мере, на время, исчезнуть.

Современная физиология чувственного восприятия

Рано или поздно мы придем к созданию какого-нибудь механического эквивалента сознания.

Томас Хаксли

В середине XIX в. нейрофизиология и психология зрительного восприятия продвигались вперед неслыханными темпами. А заключительный акт драмы эволюции представлений о зрительном восприятии (и мне многое придется здесь пропустить) происходит в XX в. Поражает уровень знаний, которыми мы теперь обладаем в области особенностей строения и функционирования головного мозга, нейронной анатомии глаза и зрительных путей. В вихре ажиотажа, которым по естественным причинам сопровождался век открытий, многие считают, что у них в руках уже находится “механический эквивалент сознания”, как это называл Томас Хаксли.

Биолог-исследователь Гарвардского университета, лауреат Нобелевской премии Дэвид Хубель отражает мнение

многих ученых, утверждая, что головной мозг — машина, “выполняющая свои функции в согласии с законами физики, объект, который можно, в конечном счете, понять точно таким же образом, как понимается устройство печатного станка. Я считаю, что мозг — именно такой объект”³⁰. Более того, в отличие от Декарта, нам не нужно обращаться к “мистическим жизненным силам, или к разуму” для того, чтобы объяснить процессы восприятия, формирования мыслей или эмоций. Они являются в чистом виде просто разными состояниями физического головного мозга.

Хубель справедливо признает глубокие последствия данной точки зрения на все аспекты жизнедеятельности. Наши представления о разуме задают рамки подхода ко всему: от вопросов образования вплоть до любовных отношений. По мнению Хубеля, как только мы начинаем понимать, что разум — это иллюзия, и что единственной реальностью является головной мозг, мы можем перестроить нашу систему образования и социальных структур для того, чтобы удовлетворялись нужды головного мозга, а не устаревшего представления о “духовном человеке”.

Используя традиционные формулировки, замена духовной реальности чисто материальными и чувственными представлениями называется идолопоклонством. В книге Оуэна Барфилда *“Соблюдение приличий”*, небольшой по объему, но полной глубоких наблюдений, высказывается предположение о взаимосвязи между библейским запретом на идолопоклонство и благоговением перед моделями, так широко распространенным в современной научной практике³¹. Научные модели, естественно, занимают свое место по праву. Но когда же модель становится идолом — т. е. когда ее начинают принимать уже за что-то, выходящее за рамки просто модели, — когда она становится “реальностью”? Модель атома в качестве планетарной системы в миниатюре полезна только до тех пор, пока ее не начинают принимать буквально. Квантовая физика уже давно обнаружила все опасности идолопоклонства. Нейрофизиологам еще предстоит извлечь свои уроки. Для многих из них головной мозг стал идолом; он превратился в наиболее существенную часть человека.

Существует множество опасностей, связанных с таким преклонением перед головным мозгом. Образ, который мы составляем о самих себе, — мощное средство; он определяет наши поступки, а также тот мир, который мы создаем для себя и для наших детей. Поэтому чрезвычайно важно уметь терпеливо и осторожно проводить разграничения между идолом и фактом.

Я не предлагаю упрощенного возвращения к прошлому в духе романтизма. Обратной дороги нет. Тем не менее, прав ли Хубель и множество ученых, разделяющих его точку зрения, считая, что можно свести все человеческие качества к функциям головного мозга? Ответ однозначный — нет. Модель мозга, описанная Хубелем, — это тщательно разработанное и поразительное изображение, созданное в результате научных исследований, полное глубоких находок, но которое по ошибке принимают за то, чем оно не является. Можно ли охватить результаты научных исследований, не впадая в такое идолопоклонство? Да, но это, вероятно, наибольшая проблема, с которой мы сталкиваемся в настоящее время. Наше будущее будет во многом определяться тем, добьемся ли мы успеха или потерпим поражение при попытке создать науку, свободную от идолопоклонства.

Заново зажигая огонь глаз

Отмеченные этапы напоминают гармонию контрапункта, когда одна мелодия звучит в противовес другой. По мере того, как меркнул свет глаз, ярче разгорался свет внешнего мира. Маячок глаза постепенно уходит внутрь, а сила солнечного света все глубже и глубже проникает внутрь человека до тех пор, пока наконец эфирные эманации Платона и даже картезианского наблюдателя не исчезают полностью из западного научного понимания личности. Тем не менее, некоторые данные и научные разработки указывают на возможность “постмодернистского” взгляда на личность и на зрительное восприятие, в котором есть место для света глаз. В нем внутренние лучи могут еще раз найти свое место, даже если их при этом и будут называть по-другому.

Мы узнали, что наше сознание не является неизменным. Склад нашего мышления превращается в восприятие, и каким бы веским и глубоким оно ни казалось, такое восприятие не универсально и не “истинно”. Нам нужно научиться брать на себя ответственность за него. Согласуется ли оно с нашими сокровеннейшими намерениями и с тем, что несет добро нашему обществу и планете? В этом смысле стихи из Евангелия от Матфея становятся по-настоящему понятными: “Если же око твое будет худо, то все тело твое будет темно. Итак, если свет, который в тебе, тьма, то какова же тьма?” Наш свет, свет смысла, определяет наш мир, формирует его из дневного света. Если же наш свет превратится во тьму, во зло, тогда мы привносим тьму и зло во все на личном и на социально-общественном уровнях. Если же наш свет светел, т.е. наполнен добром, тогда мы наполняем здоровьем, которое мы же и привносим в мир.

Платоновский свет глаз был светом интерпретации, “преднамеренности”, как выразились бы современные феноменологи; свет, наделяющий смыслом. Познание подразумевает два действия: мир представляется нам, но мы должны “заново представить” его. Мы привносим себя со всеми нашими способностями и ограничениями в представление о мире для того, чтобы оформить и наделить смыслом его содержание. Те прекрасные и продуктивные образы, которые создаются на основе опыта, — это лишь образы, плоды воображения. При этом они ничуть не менее реальны. Если, увлеченные собственным энтузиазмом, мы об этом забываем, тогда образы превращаются в идолов, требующих искупительных жертв у подножия главного алтаря. Однако эти соображения не должны становиться основой для отказа от пути познания, поскольку данный путь является методом продолжения внутреннего роста и развития. Интуитивные органы, с которыми мы приходим в этот мир, не являются ни зафиксированными, ни ограниченными. Напрогив, они поддаются воздействию и способны к расширению. Посему и важно включение интуитивных моментов в представление о свете, получаемое не только в художественных и духовных, но и в научных дисциплинах.

РАЗДЕЛЕННЫЙ СВЕТ: БОЖЕСТВЕННЫЙ СВЕТ И НАУКА ОПТИКА

На вопрос об изначальной природе света различные народы отвечали по-разному. Египтяне выходили на уровень взаимоотношений между человеком и богом Ра. Им важно было найти морально-духовные, а не механические начала. А мы, напротив, пытаемся объяснить природу света с помощью усовершенствованных оптических систем, следя за траекториями солнечных лучей, стремимся вывести математические и физические законы. В самом порядке слов — что такое свет? — не подразумевается ничего уникального. Хотя ответ, данный древними египтянами на данный вопрос, кардинально отличается от теорий квантовой оптики, насколько они действительно противоречат друг другу? Или просто египтяне стремились познать иную часть распространяющегося существа света?

Не стоит отмахиваться от вероятности, что существенные вопросы, поставленные о природе в прошлом и в будущем, могут значительно отличаться от тех, которые мы ставим перед собой теперь. Как написал в своей замечательной книге *“Отвергнутые кумиры”* К.С. Льюис, дело не в том, что наши нынешние представления не обоснованы, а в том, что нам следует осознать, что “природа дает большую часть своей реальности в ответ на наши вопросы”¹. Умностроения отражаются в задаваемых вопросах, а также в тех ответах, которые мы готовы принять. Образные представления одной эпохи могут быть отвергнуты другой отнюдь не из-за каких-то новых открытий, а из-за того, что появляются новые приоритеты и новые вопросы, — а это отражает изменения в духовной жизни.

Если мы будем непредвзято рассматривать предположения по поводу природы света, то мы сможем найти достойное место

для самых разных событий прошлого и, таким образом, воссоздать всю историю света, а не только те ее части, которые написаны нами самими. Мы сможем также заново переосмыслить текущие представления о свете и не воспринимать будущее как заданное. По мере того, как мы приближаемся к пониманию света древними, нам следует оставить на пороге завоеванные с таким трудом современные представления, с тем чтобы увидеть то, что видели другие.

Потерянное око

*Я — тот, кто открывает глаза, и наступает свет;
Когда его глаза закрыты, падает тьма.*

*Так говорил Ра
Туфинский папирус, 1300 г. до Р. Х.*

На древнюю цивилизацию в устье Нила смотрели два глаза, “два ока Гора”: солнце и луна. В древнем Египте око бога солнца Ра было самым значащим символом. Его око — солнце — обладало созидательной силой, а его зрение было самой жизнью. Считалось, что человечество появилось из слез, вытекших из глаз Ра. В языке древних египтян сами слова, означавшие слезы и человека, были сходны по звучанию.

Природа света не представляла загадки для древних египтян. Как записал жрец-писец в вышеприведенном папирусе 3300 лет назад: когда Ра “открывает глаза ... свет; когда его глаза закрыты, падает тьма”. Внимательный взгляд Ра был дневным светом. Для людей той цивилизации стоять в свете дневного солнца означало предстать пред очами бога солнца. Возможности зрения, направленные на освещение мира, были универсальны и проецировались наиболее крупномасштабно, становясь ярким дневным светом. Взгляд Бога был свет. *Свет был видением Бога.*

Вспоминаются древние греки, ощущавшие силу собственного зрения, “свет” собственных глаз, и разработавшие теорию зрительного восприятия, частично основанную на данном переживании. Исходя из мифологии древнеегипетского мира, в которой множество историй об оке Гора (или Ра), мы приходим



Солнечное око Египта. Погребальный папирус, X в. до Р. Х.

к пониманию, что до представлений, подробно определявших свет в рамках древнегреческой теории зрительного восприятия, сам солнечный свет ощущался как эманация некоего глаза, ока бога солнца Ра. Ни у греков, ни у египтян свет не воспринимался в качестве субстанции или вещи, но, скорее, его ощущали как возможность видения. “Видеть” означало “освещать”. Для Эмпедокла человеческий глаз был подобен фонарю, зажженному от горна творения мира. Когда этот глаз был открыт, его лучи устремлялись в мир, и человек видел. Для жреца в Древнем Египте само солнце было оком, которое, когда оно открывалось, приносило с собой день, а когда закрывалось — ночь. Родство между глазом и солнцем глубоко ощущалось в течение многих веков, начиная с древнего Египта до средневековых мистиков. В древнеперсидских и древнегреческих мифах постоянно возникают одни и те же образные представления: солнце и луна — это очи богов, находящиеся на небесах².

Самым первым ответом на вопрос о природе света должно быть следующее: это зрение Бога. Человечество, появившееся из слез Ра, или только посредством его зрения, в чем-то разделяет его природу, подобно поверженным богам³. К моменту появления древнегреческих философов человек, как бог, освещал мир собственным зрением. Зрение Ра освещает космос; зрение человека освещает наш собственный мир.

Изменения представлений, в которых отражается переход от освещения Вселенной и ока Бога до человека, замечательно

переданы в многочисленных египетских мифах об “утраченном оке” Гора, или Ра⁴. Похоже, что Око верховного бога Египта в виде солнца сошло с предназначенного курса, затерявшись в водных глубинах этого мира и живя в виде львицы в восточных горах рассвета. Ра послал Шу и Тефнут на поиски Ока, но к моменту, когда Око был найдено и возвращено, чтобы занять свое место на лике Ра, взамен уже было изготовлено другое око. Первое Око разъярилось, но бог Тот успокоил и излечил его. Ра нашел для него место в изображении змея в виде *Урея*, поместив его в центре собственного лба, “откуда оно могло управлять всем миром”. При изображении фараонов та же самая эмблема украшала их головные уборы. Око Ра, солнце, уже больше не могло скитаться свободно. Оно было навеки опоясано змееподобным *Уреем*. Ограниченное и точно определенное могуществом змея, Око стало владыкой *этого* мира. Всемогущий фараон, таким образом, изображается коронованным *Уреем*. Око Ра становится глазами человека; свет бога — светом человека.

Свет был и остается одним из атрибутов Божества. Свет неоднократно изображали как органы зрения, как ангела или в виде тысяч других образов; он неотделим от попыток человека создать представления о духе. Из Египта мы переносимся в древнюю Персию, где свет, тьма и божественное начало объединяются для создания великолепной, религиозно наполненной Вселенной.

Свет в темном мире

По преданиям, Заратустра, бывший всю жизнь праведником, вошел в реку Даити, чтобы зачерпнуть воды для ритуальных омовений. Набрав воды, он увидел человека светлой наружности, излучавшего яркий свет, шелковые одеяния которого были сотканы из ангельского света. Божественный посланник привел его к великому богу творения, богу света Ахурамазде, найти которого и пытался все время Заратустра. Так, во II тысячелетии до Р. Х., начались духовидческая деятельность и служение персидского пророка Заратустры.⁵ В образных представлениях древних египтян освещалось родство между светом

и оком бога и человека. Напротив, у персов шло изучение истоков и значения света и его антипода — тьмы, посредством создания величественного космогонического мифа о творении.

В дуалистической религии зороастризма антагонизм между светом и тьмой принял вид борьбы могущественных духовных существ. Ахурамазде, предвечному создателю всего доброго на небесах и на земле, противостоит соперник, также предвечный, но полностью погруженный во зло, “враждебный дух” Анхра-Майнью, или Ариман^б. Неизбежная противоположность добра и зла, света и тьмы выражается в борьбе между двумя данными существами и между их свитами, состоящими из созданных ими духов. Ахурамазда сотворил сначала этот мир в чисто духовном, бесплотном состоянии, на которое не простиралось могущество Анхра-Майнью. За этим последовало второе сотворение мира, но теперь уже в виде вещного существования, на которое было немедленно совершено нападение Анхра-Майнью вместе с дэвами (демонами), которые смешали собственную тьму со статичным, светлым совершенством изначального творения. В результате моря стали солеными, в огне появилась копоть дыма, образовались пустыни, и все физическое существование превратилось в смешение добра и зла, света и тьмы.

Самый ранний земной источник света — огонь, всегда играл важную роль в культовых практиках индийско-иранской цивилизации. Под влиянием зороастризма огню стали постепенно придавать еще большее значение в храмовых и домашних ритуалах, так что к VI в. до Р. Х. появилось большое количество храмов огня. Священный огонь, пылавший в этих храмах, подпитывался, в рамках трехчастного ритуала, сухим топливом, благовониями и животным жиром служителями культа, которые никогда не давали огню потухнуть. Возможно, поклонявшиеся огню воспринимали его как символ прощения земли. Древесина, сама по себе представлявшая смесь света и тьмы, снова превращалась вследствие алхимического действия огня в ярко светящийся свет, как будто бы это совершалось огненной мощью Ахурамазды. Дым, угли и сажа были проявлением непрощаемой тьмы, введенной в ткань творения Анхра-Майнью и теперь отвергнутой огнем бога.

Задача человечества, созданного Ахурамаздой, также символически выражалась в огненных ритуалах. Ахурамазда и божества-язаты (духи-благодетели) разделяли с людьми задачу, направленную на прощение мира, отделяя добро от зла и свет от тьмы.

По учению Заратустры, мы живем в эпоху страданий, печали, болезней и смерти, во время, когда смешались мир света и мир тьмы. Тем не менее, он утверждал, что не следует избегать страданий этого мира, наоборот, нужно принимать на себя обязанности, возложенные на нас Ахурамаздой. Наступит третья эпоха, когда будет воссоздана непорочная чистота первого творения после окончательного поражения Анхра-Майнью и его легионов силами Ахурамазды, язатов и человека. Тогда произойдет отделение добра от зла, света от тьмы, и будет достигнуто искупление. Сейчас мы живем в середине “трех времен”, составляющих космогоническую систему Заратустры: сотворение, смешение и разделение. Роль, порученная Заратустрой человеку в мировой эволюции, преисполнена колоссального достоинства и ответственности за будущее. Эта роль определяет место человека в образных представлениях данного культа, основополагающие метафоры которого — свет и тьма.

Духовная Вселенная Заратустры была населена бесчисленными божественными существами, первоначальные действия которых стали причиной возникновения всего сущего. Свет и тьма окружают нас как образные представления этих древних деяний. Будучи созданиями света, моральные действия людей будут теперь так или иначе определять будущие формы существования. Наши духовные деяния, как и поступки богов, будут однажды образно представлены в свете и тьме. То, что было внутри, станет проявляться снаружи.

Свет ангельский — свет человеческий

*Как упал ты с неба, денница, сын зари!
разбился о землю...*

Книга пророка Исайи, 14:12

В день первый Бог сотворил свет; на четвертый день Он “создал два светила великие: светило большее, для управления

днем, и светило меньшее, для управления ночью, и звезды". Помещенные на тверди небесной в момент сотворения времен солнце, луна и звезды продолжают освещать землю, управлять сменой дня и ночи и отделять свет от тьмы⁷. Так говорится в Ветхом Завете.

Описание сотворения мира в книге Бытия было принципиально новым. В нем нет ни одного повествования о битвах богов, никаких божественных войн, наподобие тех, о которых говорилось в вавилонской, греческой или скандинавской мифологиях. Мифы любой культуры населены бесчисленными божествами. У иудеев мы находим единственное существо — Яхве. Бог в процессе отдельного акта, охватившего семь дней, сотворил небо и землю, мужчину и женщину. Хотя изначально человек пребывал в Раю, приобщение к божественной мудрости было в очередной раз сопряжено с трудом в поте лица и потерей. Вкушение запретного плода с дерева познания добра и зла означало для Адама и Евы утрату Рая и начало невзгод. Женщине Яхве сказал: "в болезни будешь рождать детей", а мужчине — "в поте лица твоего будешь есть хлеб"⁸.

В образных представлениях христианства падение Адама было вызвано искушением со стороны Люцифера, а окончательное искупление первородного греха человека должно произойти посредством Христа. Согласно одному апокрифу, два существа, Люцифер и Христос, были изначально братьями, оба были высшими ангелами света. В средневековой сентенции заявлялось, что *Christus verus Lucifer*, т.е. Христос — это истинный Люцифер, что имеет даже еще больший смысл, учитывая, что само имя Люцифера означает "носитель света". Это существо — не Ариман, темный дух отречения из зороастризма. Люцифер — это существо яркой, светящейся красоты, упавшее с небес в наказание за трех гордыни. По словам пророка Исайи, он — "денница, сын зари", которого за то, что он говорил в сердце своем: "взойду на небо, выше звезд Божьих вознесу престол мой", изгнали с небес. Об этом рассказывается в иудейском апокрифе "Житие Адама и Евы"⁹.

Бог сотворил человека по образу и подобию своему и вдупул в лице его дыхание жизни. Затем архангел Михаил представил Адама перед сонмом ангелов небесных и приказал им

петь славу человеку пред очами Божьими, как того желал Господь. Люцифер взбунтовался, отвечая: “Я же не хотел поклониться тому, кто ниже меня и младше меня. Я выше в порядке Творения; прежде чем он был создан, я уже был создан. Он должен поклониться мне”.

За презрение к предупреждениям Михаила и к Божественным предписаниям Люцифер был низвержен на землю. Там он увидел Адама и Еву, по-прежнему пребывавших в Раю. Обездоленный вследствие отторжения от Бога и завидуя счастьем первой человеческой четы, он обманом заставил Еву и через нее Адама вкусить запретный плод.

Грехопадение человека было неотрывно от низвержения носителя света, Люцифера. Поскольку ангельский свет был низвержен, Адам и Ева вкусили плод дерева познания, и потому были они высланы на восток из сада Эдемского, чтобы возделывать землю.

Изгнание и падение Люцифера и последующее грехопадение человека выравниваются в воплощении Христа — сияющего солнечного существа. В Евангелии от Иоанна говорится, что Христос — это “свет человеков”, свет, который светит во тьме. В Первом соборном послании св. апостола Иоанна Богослова об этом говорится еще более откровенно. “И вот благовестие, которое мы слышали от Него, и возвещаем вам: Бог есть свет, и нет в Нем никакой тьмы ... Если же ходим во свете, как Он во свете, то имеем общение друг с другом”¹⁰.

Иоанн Креститель “пришел для свидетельства, чтобы свидетельствовать о Свете ... Он не был свет, но был послан, чтобы свидетельствовать о Свете. Был Свет истинный, Который просвещает всякого человека, приходящего в мир”¹¹. Христа нужно было понимать как “Свет истинный”, поистине духовный, ангельский свет мира, который невозможно превзойти. Без первородного греха, т. е. без изгнания из Рая, этот вышний ангел света был, тем не менее, воплощен во плоти на земле. Отвергая искушение гордыней Люцифера, Он приготовился к унижениям и поношениям во время Страстей Господних. Те, кто оскорбляли Его, кричали, какой же Он — Мессия, если Сам Господь Бог позволил бичевание, увенчание терновым венцом и распятие между двумя преступниками? Тем не менее, в образных

представлениях христианства без этих искусов жертвоприношения и любви, через которые Он прошел, преисполненный покорности и смирения, не было бы сияния света Воскресения. А не может ли искупление грехопадения человека также содержать в себе и искупление Люцифера, падшего Света?

В конце концов и Прометей был освобожден от страданий героем Гераклом в горах Кавказа. Совершив одиннадцать из двенадцати подвигов, во время которых Геракл также спускался в преисподнюю и вернулся на землю, Геракл отправляется на гору Атлас в поисках золотых яблок Гесперид. Когда выполнение этой задачи приближалось к концу, Геракл пересек Кавказский хребет, увидел прикованного Прометея и освободил его от мучений. Таким образом, величайший герой греческих мифов, завершив процесс трансформации собственной души посредством совершения двенадцати подвигов, смог освободить первого благодетеля человечества. Поскольку сам Геракл был свободен, он мог освобождать других.

Распространение общих для разных культур образных представлений о человеке как о временном постояльце в темном падшем мире, в который пробился свет, ставило перед каждой душой геркулесову задачу искупления мира, будь то последователи Заратустры или Христа. Это образное представление достигло своего наиболее яркого выражения в учении Мани, иранского гностика III в.

Манихейство — религия света

Яркий Друг существ Света! Будь милосерден, надели меня силой и приди мне на помощь со всеми приношениями.

*Манихейский гимн*¹²

В главном зале сельского горного храма, расположенного в тридцати милях на юг от города Чжанчжоу на восточном побережье Китая, находится каменная статуя Будды¹³. Все части

этой статуи вырезаны из камней различных оттенков настолько искусно, что вся статуя кажется блестящей. Многие черты Будды напоминают другие подобные статуи; безмятежный Будда сидит в позе лотоса, одетый в *рясу-кашаю* и окруженный священным сиянием нимба. Однако, присмотревшись, замечаем, что перед нами не обычная статуя Будды. Вместо опущенных долу глаз, выющихся волос и четко очерченного подбородка, типичного для изображений Будды, перед нами — лицо, окаймленное бородой, с длинными прямыми волосами до плеч. Проницательные глаза смотрят прямо на приближающегося паломника. Рядом надпись: “Мани, Будда Света”.

Возникновение манихейства было отдалено от этого удивительного китайского храма как во времени, так и в пространстве. У Мани, когда ему только исполнилось двадцать четыре года, было видение: “Прямо предо мною приземлилось и очутилось то самое красивое и великое зеркальное отражение меня самого ... мой божественный Близнец”¹⁴. С того дня в середине апреля 240 г. после Р.Х. в древнем городе Ктесифон (неподалеку от современного Багдада) появилось религиозное движение, которое охватило Римскую империю, Персию и Дальний Восток. Мани, “посланник света”, обучал своих последователей тому, что открыл ему Близнец. Он много путешествовал, исцеляя и проповедуя во время странствий. Его учение было религией света. Ее центральный миф сотворения мира и сопутствующие аскетические практики настолько сильно подействовали на воображение людей того времени, что манихейство распространилось без каких-либо военных действий, принудительных обращений в свою веру или активной поддержки со стороны царей. Мани воспринимали как угрозу самые разные ортодоксальные религии; он умер смертью мученика, но до этого создал учение, которое большинство считало наибольшей ересью, когда-либо созданной воображением человека. В XIII в. все еще исполнялись прекрасные рефрены преданными последователями христианских “манихейских” ересей в Южной Европе, пока и они не подверглись безжалостному уничтожению.

Неудивительно, что начало подъема манихейства происходит в тех краях, где зародился зороастризм, поскольку во

многим эти два течения были сходны. Мани учил, что Свет и Тьма были равными по могуществу силами, изначально четко отделенными друг от друга, но в результате повторявшихся нашествий они смешались. При первой возможности во время исходного конфликта драмы сотворения мира князь Тьмы Ахриман и его воинство набросились и покорили первочеловека Ормузда, представлявшего Царство Света. Таким образом, Свет и Тьма смешались — и появился мир. Также были созданы предпосылки для всех дальнейших попыток искупления. Для освобождения первочеловека Отец Величия обратился к Другу Света, который, в свою очередь, отправил на помощь Духа Живого. Вместе с элементами света Дух Живой вторгся в Царство Тьмы и освободил Ормузда, но во время спасения Ормузду пришлось оставить свою светоносную любовь, Пять Элементов. Самые чистые частицы света этих Элементов стали основой для создания солнца и луны, те, которые были чуть “потемнее”, превратились в звезды, а третья часть Света, оставшаяся позади, в корне искаженная, была использована для сотворения земли. Пытаясь помешать направленным на искупление усилиям Существ Света, князь Тьмы (не Яхве) создал Адама и Еву по образу и подобию третьего божественного посланца, еще не воплотившегося Христа (все это воспринималось как фантастическая ересь молодой ортодоксальной церковью). Предполагалось, что посредством Адама и Евы и их потомков Свет будет навеки оставаться в темном царстве Ахримана. Задача Мани заключалась в его освобождении. Свет, оказавшийся в плену матрицы материи после битв Ахримана, должен был снова вернуться домой.

Внутри манихейства “избранные” (т. е. жрецы) играли особенно важную роль в проекте искупления, поскольку в течение земной жизни они могли высвободить свет и пронести его внутри себя за порог смерти. Даже пища, которую они поглощали, содержала волшебный свет. Когда пища должным образом готовилась “прихожанами” (теми, кто слышал учение, но при этом не был “избранным”) и потреблялась “избранными”, свет внутри такой пищи оказывался под опекой жреца. После смерти дух “избранных” отправлялся на Луну с урожаем света. Луна продолжала прибывать благодаря щедрым дарам, приносимым ими, пока, наконец, наполнившись

до конца, столп света не поднимется с Луны и не начнет истекать на Солнце для окончательного возвращения в свой собственный небесный дом.

В жизни Мани было много страстей, во время которых он проповедовал учение о свете и тьме, о знании (*gnosis*) и спасении. Он мечтал о всемирной религии, которая бы объединила наследие Будды, Иисуса и Заратустры. Воздействие манихейства было колоссальным. Сам Блаженный Августин, один из величайших деятелей раннего христианства, был манихейцем с 373 по 382 гг. Хотя впоследствии он решительно боролся с манихейской доктриной, тем не менее, его мышление так никогда полностью и не освободилось от воздействия манихейства. Косвенным образом через его писания метафизика света, порожденная видением Мани, нашла себе дорогу в традиционное христианское мышление.

Как Христа, инкарнацию Света, ревнивые иудейские священники привели к Пилату на казнь, так и Мани, посол или Будда Света, был казнен персидским царем Бахраном I по ушению ревностного жреца зороастризма Картира, не терпевшего соперников. Однако Мани был уверен, что его учение будет продолжать существовать и после его смерти (в 277 г. после Р. Х.), как это и случилось.

В начале существования христианской церкви космогоническая система света Мани и доктрины многих сходных по духу ересей постоянно бросали вызов догматам традиционного христианства. Такие тщательно продуманные образные представления о Вселенной, оказавшейся ареной борьбы между духовным светом и тяжеловесным мраком, воодушевляли многочисленных последователей. Кроме того, современный голландский теолог Г. Ван Гронинген отмечает менее лично направленное, но равным образом воздействующее влияние гностического мышления. В гностицизме Мани и сходных сект Ван Гронинген выявляет искренний интерес к научным и философским вопросам, которые за точку отсчета принимают человека¹⁵. Данные секты, а не ранняя христианская церковь, были глубокими приверженцами познания. Они стремились к постижению знаний (*gnosis*) о духовном космосе не для того, чтобы стать хозяевами земли, а для освобождения

души, чтобы она смогла вернуться в родное царство света. Тем не менее, чаяния гностиков, считает Ван Гроппинген, служат предвестниками устремлений науки. Ранняя христианская церковь рассматривала такого рода стремления как проявления люциферовского греха гордыни. В конечном итоге, спасение души давалось лишь за счет благодати Божией, а не посредством знаний. В течение Средних веков Западная церковь внимательно следила за теми, кто в ее пастве занимался еретическими изысканиями (а такие, конечно же, находились), чтобы они не слишком далеко заходили в своих поисках. Других, находившихся за пределами своего круга, укрощали куда более жестко. Тем не менее, как и предсказывал Мани, импульс, данный им, не исчез. Последний акт драмы в этой истории — процветание и разрушение ордена катаров, или “чистых”, на юге Франции в XIII в.

Среди деревушек, замков, городов, дворцов и по всему Лангедоку парами бродили сухощавые, набожные мужчины, длинноволосые, в черных одеждах. Изможденные из-за усердного поста, они говорили тихо, без гнева или суетности, о Христе и о пути света, пути спасения души. Многочисленны были их проявления благотворительности, и неустанно устремлены были они к Богу и заняты помыслами о чистой жизни. Молодежи и простому люду они рассказывали сказки волшебной красоты¹⁶; другим они объясняли религиозное учение в соответствии с их местом в местном обществе. В благочестивой простоте они проводили совместные церемонии и таинства своей церкви. Народ называл их “*добрыми людьми*”; в рамках своей религии они были “совершенными” (*perfecti*). Проезжая мимо пожилого *perfectus*, бедно одетого и хромавшего, граф Тулузский сказал: “Я бы лучше был таким, чем королем или императором”¹⁷.

В то время как на самом деле катары (и сходные ереси того времени) отличались от манихейства, они разделяли воззрения манихеев, считавших, что сей мир был творением Сатаны и что за счет праведного поведения можно спасти Божественный свет внутри. Если успех не будет достигнут, то тогда они вернутся к жизни в виде других разумных существ (метемпсихоз) для того, чтобы попытаться сделать это снова.

Общепризнанная Римская церковь сначала игнорировала, а потом начала упорную борьбу с посягательствами катаров на ее суверенные права. Церковь посылала представителей собственных, только что созданных орденов нищенствующих монахов (в особенности стоит отметить св. Бернарда в 1145 г. и св. Доминика в 1205 г.). Пройдя длинный трудный путь босиком под лучами палящего солнца, в пыли, св. Доминик просил подаяния и чтобы его выслушали. Куда бы он ни приходил, над ним издевались, насмехались и дразнили, а он проповедовал догматы католической церкви не только на словах, но и посредством собственного благочестия и бедности. Несмотря на то, что это, несомненно, производило впечатление на слушавших, ни ему, ни св. Бернарду не удавалось обратить катаров в истинную веру. Когда стало понятно, что они ничего не добьются, подавление движения катаров было достигнуто за счет насилия. Пока Франциск Ассизский сочинял великолепный *“Гимн солнцу”*, восхитительную хвалебную песнь всему сущему, на юге Франции огнем и мечом безжалостно уничтожали катаров¹⁸.

Последним ударом стал захват в 1238 г. горной обители катаров, крепости Монсегюр, находившейся на вершине горы. Двести “совершенных”, укрывавшихся там, были сожжены без суда и следствия. Хотя понадобилось еще одно столетие непрекращавшихся гонений, казней и зверств, чтобы уничтожить идеал “чистоты”, поддерживавшийся катарами, к 1330 г. во Франции уже не было Церкви катаров. Св. Бернард Клервосский, который все силы отдавал на борьбу с катарами, отзывался о них так: “Нет ни одной проповеди, которая была бы более христианской, чем их, и мораль их непорочна”¹⁹. Аскетическая ересь катаров с непревзойденной серьезностью относилась к реальности ангельского света в померкшем мире. Они были последними на Западе, кто жил, полностью отдаваясь образным представлениям о духовном свете. С искоренением манихейской ереси закончилось существование мощного, одаренного богатым воображением направления, которое, по сути, исчезло со сцены внешней истории.

Тем не менее, метафизика света, поддерживавшаяся манихейством, нашла более традиционный отклик в религиозных и научных воззрениях человека, сыгравшего наиболее значимую роль в истории света в XIII в.

Космогония света Роберта Гроссетеста

В 1229 г., через три года после смерти почитаемого св. Франциска Ассизского, английские францисканцы пригласили Роберта Гроссетеста, архидиакона Лейстера, почтенного деятеля церкви и ученого, чтобы он обучал молодых монахов в только что построенной ими школе в Оксфорде²⁰. Через шесть лет, в 1235 г., Гроссетест был возведен в сан епископа Линкольна, крупнейшего епископата в Англии. В качестве наставника, а затем уже и епископа, Гроссетест славился справедливостью и высокоморальной жизнью в эпоху, когда духовенство часто больше интересовалось мирскими утехами, а не воздаянием после смерти. Гроссетест особо ценил бедных францисканцев, которые держались в стороне от богатств церкви и возвращали духовные добродетели, и они отвечали ему взаимной любовью. Человеком он был честным и справедливым, увлекался музыкой, ума был острого, стремился к знаниям, но основным его занятием было изучение природы света.

Среди трудов Гроссетеста особенно выделяется одно произведение, настоящий шедевр. Это небольшое по объему сочинение "*De Luce*", или "О свете". Для того чтобы полностью оценить его значимость, нужно вспомнить о влиянии Платона на средневековую научную мысль.

Незадолго до смерти Платон написал пространный диалог "*Тимей*", в начале которого [Критий] воспроизводит разговор в священном городе Саисе между одним из египетских жрецов, человеком весьма преклонных лет, и греческим поэтом Солонем. У жреца был доступ к древним рукописям, и он описал Солону древнейшую историю Греции, задолго до потопа. Тимей, астроном из круга Сократа, продолжает исторический экскурс, уходя еще дальше в прошлое, рассказывая о происхождении Вселенной. Эта "вероятная история", рассказанная Тимеем, повествует о создании мира Богом посредством подчиненного ему демиурга. Но, по сути, это не религиозное повествование, а скорее, научная презентация, в которой полагаются на доводы, доказательства и умозрение, а не на божественное вдохновение. Мир создавался, писал Платон, исходя из численных показателей, пропорций и геометрии. Пять

первозлементов: земля, вода, воздух, огонь и эфир сотканы из треугольников, которые, объединившись, создают прекрасные тела — пять видов “платоновских тел”. Космология Платона была основана на математике, что у древних греков означало, по существу, — на геометрии. На протяжении Средних веков диалог “Тимей” больше, чем какой-либо другой документ, определял научные образные представления Запада и, наряду с книгой Бытия, требовал от средневековых мыслителей создания собственной “вероятной истории” происхождения мира. “Тимей” был одним из тех немногих текстов, которые, перейдя из Древней Греции, хотя и в частичном переводе, заложили основу интеллектуальной жизни Западной Европы.

Сочинение “О свете” Гроссетеста является единственным сравнимым по значимости трудом в области научной космогонии в период с момента создания платоновского “Тимея” до XVIII в. Эта работа служит рубежом между двумя эпохами. С одной стороны, удаляющиеся в туман неясности, проступают блистательные высоты донаучной древнегреческой и христианской мысли; с другой, — все еще не появившиеся достижения современной науки и техники. Несколько лет назад выдающийся французский историк Александр Койре выдвинул поразительное предположение, что сочинение “О свете” было первым шагом на пути создания современной математической науки о природе²¹. Открыв это сочинение, мы, таким образом, могли бы ожидать, что его страницы будут пестреть многочисленными математическими формулами, вычислениями и геометрическими фигурами. Напротив, перед нами раскрывается история сотворения мира, неоплатоническая книга Бытия, в которой вся Вселенная появляется в результате распространения и изменения света.

Свет, считал Гроссетест, был первым видом вещественности (телесности), из которого последовало все остальное. Самоумножаясь бесконечно и равным образом во все стороны из некоей первичной точки, свет сформировал сферу, и параллельно с этим действием появилась материя. После распространения света до его окончательного предела наступил этап дифференциации, вызванный уплотнением и разрежением, которые, в свою очередь, привели к отделению небес от земли

и к созданию тринадцати сфер: девяти небесных и четырех земных. Мы не будем углубляться в подробности аргументации Гроссетеста, но хотелось бы подчеркнуть близкие по духу темы света и меры (или геометрии), которые красной нитью проходят через все сочинение²². Как и Платон, Гроссетест в основу космогонии положил представление о Боге – геометре и нумераторе, который “все расположил мерою, числом и весом”²³. Бог выбрал свет в качестве вещества для создания Своего творения. Да, в сочинении “О свете” представлены первые зачатки математической науки, но все представляется и ограничивается расположением материала, стилем и способом исследований Гроссетеста.

Таким образом, все материально сотворенное – это уплотненный свет. Современный архитектор Луис Кан неосознанно перефразировал Гроссетеста, заявив в интервью журналу “Тайм”: “Можно сказать, что мы в действительности рождаемся из света. Я считаю, что свет – творец всего сущего. Материальное – это использованный свет”²⁴. Однако, согласно Гроссетесту, уплотнение света – это лишь одно проявление творческого действия Бога, полюс, ведущий к созданию материального. Гроссетест был также глубоко убежден в существовании трансцендентального полюса творения, ангельского света. С его точки зрения, мы находимся на земле в окружении четырех видимых царств природы (минералы, растения, животные и человек), но над человеком возвышается иерархия девяти ангельских чинов: Ангелы, Архангелы, Начала, Власти, Силы, Господства, Престолы, Херувимы и Серафимы.

Наряду с узнаваемо научными аспектами космогонии света, у Гроссетеста обнаруживается и явно духовная метафизика света. Для Гроссетеста в высказывании Бога “Да будет свет” содержатся два начала. Одно стало, в конечном итоге, светом нашего физического существования, уплотняясь даже до вида материи, но другое начало было светом разума, воплощенным в чисто духовных, ангельских созданиях Бога. В комментариях к первым главам книги Бытия и, в особенности, в подробных исследованиях четырех основных произведений Дионисия Ареопагита (Псевдо-Дионисия) Гроссетест обнаруживает глубокий интерес к духовному упорядочиванию космоса и,

опять же, он считает, что космос лучше всего символически представлен в виде космоса света, только теперь уже речь идет об ангельском свете.

Гроссетест предстает в качестве первого сторонника математики как опорного элемента новой науки. Он писал: «Без математики нельзя узнать ничего изумительного в [науках]»²⁵. Гроссетеста называли первым толкователем экспериментальной науки. Он представил, по крайней мере в теории, зеркально-симметричные столпы, необходимые для развития современной науки: и в математике, и для проведения экспериментов. А Кромби объявил его «первым создателем систематизированной и последовательной теории экспериментальных исследований и рационального объяснения, с помощью которого геометрические правила греков были превращены в современную экспериментальную науку»²⁶. За ним последовали другие, действительно выполнившие планы, описанные Гроссетестом, но именно он четко и убедительно изложил принципы, ставшие основой новой науки в ходе грядущих столетий. Его сознание одинаково непринужденно и добросовестно анализировало как метафизику, так и физику света. В конечном итоге, речь шла о сотворенной Богом Вселенной, материальной и духовной, и для определения места человека в качестве ее обитателя требовалось знание обеих сфер, будь то посредством откровения, разума или за счет проведения экспериментов.

На мышление Гроссетеста повлияли не только платонизм и христианское богословие, но также и труды первого великого философа исламского мира аль-Кинди. В течение IX в. аль-Кинди не только ревностно стремился к созданию усовершенствованного варианта теории Евклида об эманационной природе зрительного восприятия, но и пытался включить ее в собственную духовную философию природы. Глаза — не единственная инстанция, посылающая лучи, но «все в этом мире по-своему производит лучи, подобно звездам ... Все, что действительно существует в мире элементов, во всех направлениях излучает лучи, которые наполняют весь мир»²⁷. Вселенная аль-Кинди была соткана из бескрайнего сплетения светоподобных лучей, связующих звезды с землей, магнитами, огнем, звуками и т.д. Так оптика стала исходным образом

некоего универсального процесса — лучеиспускания силы. Вторя космологии аль-Кинди, Гроссетест находит солнце и луну в глазах на человеческом лице: “ведь голова обращена к небесам и наделена двумя источниками света, как будто бы солнцем и луной”²⁸.

Роберта Гроссетеста можно представить следующим образом: подобно Янусу, он устремлен в двух направлениях. Одно направление — это вверх и назад, обращенное к метафизике света, которая охватывает сонмы ангельских существ и эманации света, действовавших в творении Бога в качестве посредников и исполнителей Его воли. Другой лик Гроссетеста устремлен по направлению к земле в будущее, в котором физика света дойдет до своего полного развития в виде современной оптики и, в особенности, в качестве математической физики, основанной на экспериментальном определении. Оба лика, оба наигия Гроссетеста, по праву занимают свое место в изучении света.

Давным-давно свет был зрением Бога. Когда взгляд Ра охватывал пространство, свет простирался от одного конца Вселенной до другого. В ночном небе планеты и звезды были некогда обителью богов и ангелов, в свою очередь передавших человеку дар света либо в результате оплошности, либо вследствие обмана. В христианстве величайшее космическое существо света Христос, в незапамятные времена бывший братом Люциферу, спустился на землю. Это было подобно тому, как если бы персидского бога солнца Ахурамазду облачили в глиняные одежды. Культовое образное представление о свете достигло своей высочайшей формы в сектах гностиков-манихеев, в которых искупление мира происходило за счет высвобождения света посредством действий человека. Заключительный грандиозный расцвет этого религиозного представления сгорел в огне, поглотившем “совершенных” ордена катаров.

После этого свет стали воспринимать по-научному. Возникнув в древнегреческой философии, пройдя через персидские и арабские земли к Гроссетесту и его современникам, образные представления о свете изменялись коренным образом,

становясь, в конечном итоге, концептуальной основой для оптических наук современной физики. Гроссетест по-прежнему ощущал присутствие восхитительной духовной традиции, которая могла подпитывать его внутреннюю жизнь. Он пытался объединить первые зачатки естественных наук с религиозными философскими системами в создании метафизики света. После заката катаров, после Гроссетеста религиозная традиция представлений об ангельском свете померкла. Со временем наука устранила атрибуты духа при оформлении материальных и математических образных представлений о свете. При этом наука сходным образом переформировала представления о человеке и космосе.

ГЛАВА 4

АНАТОМИЯ СВЕТА

*О, Свет святой! О, первенец Небес!
Хвала тебе! Дерзну ль неосужденно
Лучом совечным Вечному назвать
Тебя, когда Господь есть Свет,
От века сущий в неподступном свете,
А стало быть, о, излученный блеск
Субстанции несозданной, — в тебе!*

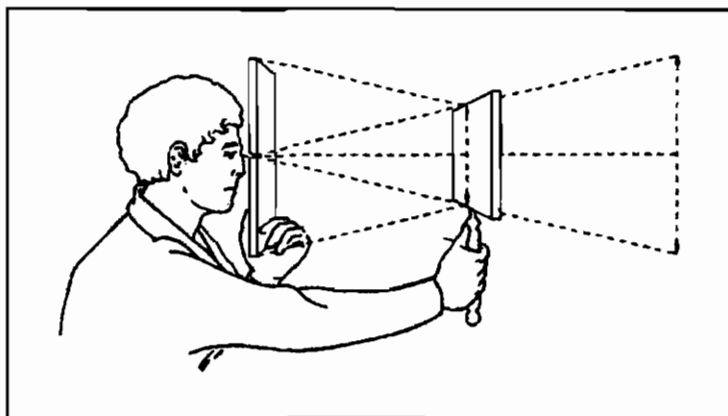
Мильтон. Потерянный Рай

На пороге научного видения

На площади перед величественным собором Санта-Мария-дель-Фьоре во Флоренции светило солнце, и легкий ветер гнал волны облаков по лазурному небосводу. Именно такого дня и дождался Филиппо Брунеллески, поэтому он оповестил друзей, что давно обещанный показ состоится сегодня¹.

Стоя у входа в собор, Брунеллески окинул взглядом мощеную площадь перед баптистерием св. Иоанна Крестителя, построенным более трехсот лет назад. Внутри тускло освещенного интерьера на куполообразном своде виднелись восхитительные мозаики, среди них — огромное изображение Христа в день Страшного суда. Как многих флорентийцев, здесь крестили и Данте Алигьери, так приобщив его к вере. Однако сейчас, стоя на пороге собора, Брунеллески не обращал внимания на росписи сюжетов из священной истории в баптистерии. Его скорее волновало пересечение линий, уходивших в бесконечный горизонт. Он смотрел на площадь так же, как будут смотреть те великие первооткрыватели, которые придут ему на смену: Галилей, Декарт и Ньютон. Ведь сегодня он был не просто архитектором и скульптором, но еще и геометром, и ученым-оптиком.

Друзья, собравшиеся вокруг худощавого молодого мастера, напряженно вслушивались в оживленное объяснение того, что он собирался им показать. Он — гений, он построит громадный купол собора, который будет находиться позади него.



Иллюзия идеальной перспективы Брунеллески. Держа зеркало в правой руке, а рисунок в левой, Брунеллески смотрел сквозь смотровое отверстие на баптистерий. С зеркалом и без него то, что он видел, было одним и тем же.

Строительство будет продолжаться 16 лет, там будут трудиться десятки строителей и художников, на постройку будут потрачены огромные деньги. Однако сегодня его задача была куда более скромной и по бюджету, и по масштабу. Для демонстрации понадобилась всего лишь квадратная деревянная панель, 30х30 см, зеркало, кисти миниатюриста, краски и один человек. Тем не менее, в тот день Брунеллески показал фокус, трюк, последствия которого значительно превосходили и купол собора, построенный им, и фактически все остальное из его творений. Короче говоря, он изменил способ нашего зрительного восприятия.

Стоя у входа в собор, Брунеллески создал первый рисунок, основанный на линейной перспективе. Ученые считают, что это произошло между 1412 и 1425 гг.² Впервые в истории человек создал такое реалистичное изображение, что, смотря с определенного места, "зритель чувствовал, что видит реальную картину" того, что было перед ним, как описывает это Манетти, современник Брунеллески³.

Для того, чтобы показать возможности иллюзии перспективы, Брунеллески придумал гениальный показ. Те, кто был

с ним в тот день, видели, как он, используя законы принципа перспективы, воспроизводил флорентийский баптистерий странным, но весьма впечатляющим образом (см. рисунок на предыдущей странице).

Они стояли у входа в собор лицом к баптистерию. Представим себе, как друзья Брунеллески держат по очереди рисунок, обратив его к себе тыльной стороной, и смотрят сквозь отверстие, проделанное в центре. Через него им видны площадь и баптистерий. Потом они подносят зеркало, размеры и форма которого таковы, что, когда его держат на расстоянии вытянутой руки, отражение изображения рисунка заполняет собой зеркало. Но при этом изображенная сцена *точно* такая же, как и то, что видно беспрепятственно. Другими словами, зритель видит одно и то же, смотря через отверстие в зеркало и без него: настоящую иллюзию. Чтобы еще больше усилить ощущение иллюзии, Брунеллески для изображения неба на рисунке использовал полированное серебро, настолько лощеное, что его зеркальная поверхность отражала облака, проносимые ветром наверху в небе. Иллюзия была мастерской и законченной.

Воздействие оказалось поразительным, а его последствиям было суждено стать ведущими в живописи до наступления XX в. Как же он это сделал? Почему до него никто до этого не додумался? Теория зрительного восприятия Евклида полностью подходила для этой задачи, и она была известна не одно столетие. Тем не менее, чего-то не хватало; не каких-то новых фактов, а нового научного способа видения.

Духовная геометрия

Ибо зримо для духа лишь то, что предстает ему в определенной форме; каждый определенный образ бытия возникает только в определенном роде и способе видения, в данности идеальных формы и смысла.⁴

Эрнст Кассирер

В небольшом зале в музее Фрика в Нью-Йорке висит написанная маслом панель, по размеру немногим больше той,



Дуччо. Испытание Христа на горе.

которую написал Брунеллески, стоя у входа в собор во Флоренции. Эта работа кисти Дуччо, созданная в 1310 г., воссоздает испытание Христа дьяволом. Христос и его темный искушитель, две непропорционально огромные фигуры, стоят на изображенной в традиционном стиле горе, высящейся посреди пустынного ландшафта, в котором помещено лишь несколько зданий. С точки зрения линейной перспективы (или если бы это снимала кинокамера) на картине всё изображено неправильно; но, с точки зрения духовных взаимоотношений, композиция безупречна. Небо, изготовленное из сусального золота, показывает, что мы смотрим не на физическое, а, скорее, на моральное или духовное пространство. Все — цвета, жесты, относительный масштаб и расположение каждой фигуры, здания и горы — открывает священную очередность, которая

может не вполне согласовываться с законами зрительного восприятия, но которая полностью созвучна идеалам и ценностям Италии XIV в. Именно так воспринимали мир и художник, и зрители в Сиене.

Для них наиболее значимой была не физическая, а духовная геометрия пространства. Так было в искусстве Древнего Египта, и так же это оставалось для Дуччо. Изображение фараона и мадонны должно было быть больше изображения тех, кто служил им, поскольку того требовало их духовное положение. Картина запечатлевала реальность, и таким образом создавался язык выражения, глубоко созвучный человеческому опыту, а не законам оптики. Только когда изменилось "то, что было", когда Брунеллески и его братья по ремеслу стали переживать мир с точки зрения анализа Евклида, только тогда появилось средство для изображения такого зрительного восприятия: линейная перспектива.

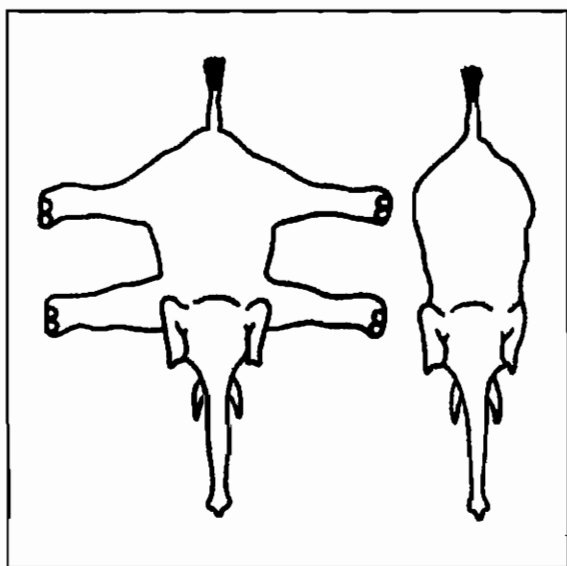
Для нас трудно, почти невозможно представить такую культуру, в которой бы зрительные изображения воспринимались не так, как в нашей. Возможно, будет полезно привести пример из страноведческих исследований. Двадцать лет назад двое моих знакомых работали с местным населением в отдаленных деревнях в Африке. В рамках проекта они пытались помочь улучшить уход за младенцами с тем, чтобы понизить чрезвычайно высокий уровень детской смертности. Один знакомый был профессиональным фотографом. Он создал слайдшоу об уходе за грудными младенцами, упаковал аппаратуру со слайдами в грузовик и поехал на встречу с девушкой, которая впоследствии стала его женой. Вместе они обсудили, как показывать слайды женщинам, жившим в деревне. После показа он спросил, понравилось ли женщинам увиденное. Очень хорошо, сказали они. Цвета красивые, и виды очень интересные. После нескольких репалайк фотограф понял, что во время просмотра в тот вечер многое или все из изображений на слайдах было просто *увидено не так*. Женщины восхищались цветом, но при этом не воспринимали в увиденном изображения младенцев, предметов или людей. Смысл и масштаб изображений на слайдах были настолько далеки от их опыта, что для них увиденное было почти бессмысленным. Таких примеров

множество. Вспомним поразительные и порой сбивающие с толку рассказы первых миссионеров, антропологов и путешественников.

В более систематическом страноведческом исследовании Ян Дереговский изучал особенности взрослого и детского зрительного восприятия в Замбии⁵. Одно из направлений его исследования было посвящено выявлению механизма присвоения графическим изображениям расположения в пространстве и глубине. Из этого исследования, как и из других работ, следует, что многие ключевые зрительные ориентиры игнорируются или неверно (с нашей точки зрения) интерпретируются в других культурах. Возьмем, к примеру, феномен изображения продольной конструкции. Когда африканским детям и взрослым показали рисунок слона, вид сверху, с учетом перспективы, и другой, на котором было продольное разделение слона, также как это видно сверху, они почти единодушно предпочли рисунок продольного разделения.

Для них “правильно”, с учетом перспективы, нарисованный слон “опасно подскакивал”. Согласно антропологическим исследованиям, предпочтение рисунка продольного разделения распространено поразительно широко. При воспроизведении животного или лица африканские художники, подобно детям или художникам Предвозрождения, не могли не учитывать “спрятанную” сторону. Наше ощущение, что линейная перспектива верно передает картину, строго обусловлено современной культурой. Такое ощущение может появиться только тогда, когда мы, как определенная культура, в достаточной степени погасили живой свет интерпретации. Тогда глаз или ноги, которые спрятаны, но про которые мы знаем, что они там есть, могут не включаться в изображение; относительный размер фараона может быть таким же, или даже меньше, чем его слуги, хотя мы и знаем, что он — более значительная фигура. Можно фактически ощутить уход света интерпретации с рождением линейной перспективы. Но даже здесь наш разум по-прежнему активен, иначе мы бы с трудом воспринимали мир, как это произошло с ребенком, пациентом д-ра Моро.

Исходя из этого и из предыдущих рассмотрений света, мы понимаем, что в каждой эпохе и культуре создается своя



сенсорная реальность, свой собственный взгляд на мир. Те же самые выводы мы можем приложить к изобретению линейной перспективы⁶.

История перспективы до Возрождения сложна и противоречива. Как утверждал выдающийся искусствовед Эрвин Панофский: “У каждого периода западной цивилизации была своя ‘перспектива’, особая символическая форма (как это называл Эрнст Кассирер), в которой отражалось особое *мировоззрение*”⁷. Элементы перспективы обнаруживаются еще у древних греков, но лишь в 1425 г. появляется последовательное, четкое понимание законов линейной перспективы. Брунеллески и художники Ренессанса стремились увидеть и запечатлеть мир в соответствии с “наглядной истиной”, как это называл Лоренцо Гиберти⁸. Они “пытались подражать природе”, приучить собственное зрение к восприятию, основанному на математически выверенных законах природы. Они вместили в себя дух геометрии, которым жил тот век, и таким образом способствовали закладке фундамента для того, чтобы появилось направление научного исследования.

К 1525 г. дух художественно-научного восприятия был настолько развит, что Альбрехт Дюрер смог опубликовать не имеющее аналогов *“Руководство к измерению циркулем и линейкой”*. В этом труде ничего не говорится о важности цвета или красок как таковых. Произведение начинается с руководства по созданию геометрических спиралей и конических сечений, потом анализируются принципы изображения многоугольников, теорема Пифагора, пилоны, солнечные часы и тела правильной и неправильной формы. Есть даже глава, в которой подробно рассматривается *“Конструкция алфавита”* из кривых линий, окружностей и отрезков. Но в последней главе, посвященной линейной перспективе, дух всего руководства и, таким образом, эпохи отражается наиболее явственно.

Принципы линейной перспективы выводятся из концепций Евклида о визуальных лучах и колбочковых рецепторах сетчатки, получивших дальнейшее развитие в работах Птолемея и аль-Кинди. Из глаза лучи перепосятся на все точки воспринимаемого объекта, образуя таким образом неправильную колбочку сетчатки с вершиной в глазу. Представьте себе плоскую поверхность (к примеру, полотно художника) где-нибудь между воспринимаемым объектом и глазом. Каждый луч в определенный момент пройдет через полотно. Соответствующие метки каждой точки на полотне создадут точное изображение объекта в идеальной перспективе.

В своем *“Руководстве”* Дюрер дал описание и чертежи различных инструментов, которые позволяют мастеру применять теорию Евклида на практике и таким образом создавать совершенно точные с точки зрения перспективы изображения. Наиболее показательным примером является последний, замечательно проиллюстрированный самим Дюрером. В левой части рисунка изображена полуобнаженная женщина, как богиня царственно возлежащая на подушках. Может быть, это эскиз изображения Афродиты, прекрасной и своенравной богини любви, которая, любопытно отметить, была супругой пламенного Гефеста, хромого бога ремесел. И все же что-то на рисунке не так. Женщина возлежит не на кушетке, а на оптической скамье, оснащенной для *“проекции и сечения изображения”*, как это называли бы сегодня. Справа восседает художник, гла-



Альбрехт Дюрер. Богиня и художник. Станок для рисунка в перспективе.

за которого неотрывно следят за стрелкой-указателем. Через него линия зрения художника (свклидов угол визуальных лучей) направлена непосредственно на объект (т. е. на "богиню") через раму, пересеченную крест-накрест суровой черной ниткой. Образованная таким способом сетка действует в качестве своеобразной системы координат, накладываемой на чувственное изображение раскинувшейся обнаженной женщины. Художник последовательно, точка за точкой, с поразительной остротой зрения переносит божественную фигуру на поперечно размеченную бумагу, лежащую перед ним на столе. Вспомним, что юный Тиресий ослеп, увидев нечто подобное. Однако справа на рисунке изображен не безусый юноша, а, скорее, потомок Гефеста, мужа Афродиты, божественного ремесленника.

Данное сопоставление поразительно. Слева перед нами фигура женщины, вызывающая эротические чувства, или мысли возвышенной чувственности, что давно было частью художественной традиции. Справа — спокойный, беспристрастный взгляд художника, отмечающий каждую подробность, каждую черточку тела, лежащего перед ним. Происходит встреча двух временных потоков: из прошлого приходит поток ириссы как чувственной, так и духовной, из будущего — другой, стремящийся к ясности и контролю. В плоскости рисунка на полотне художника они сочетаются браком, подобно тому, как Афродита обручилась с Гефестом.

В своем воодушевлении Альбрехт Дюрер отнюдь не одинок. Из известных мне изображений, анатомический эскиз

Леонардо да Винчи начала XVI в. наиболее ярко отображает изменения в сознании, происходившие в то время. Леонардо изобразил мужчину и женщину в акте любви, размножения.

Анатомический анализ человеческого тела долгое время запрещался церковью и светскими правителями. Диссекция, то есть препарирование, вышла из подполья лишь за столетие до рождения Леонардо. Хорошо известно, как Микеланджело втайне занимался анатомическими исследованиями. Под покровом ночи он тайком проникал в морг, где вскрывал при свете свечи не востребовавшие трупы нищих бродяг. До Леонардо было мало открытий в области анатомии человека. Медицинские тексты древности занимали ведущее положение, не давая развиваться реальному анатомическому анализу и объяснению. Несомненно, что Леонардо был самым замечательным художником-анатомом своего времени.

В анатомическом эскизе сексуального акта между мужчиной и женщиной Леонардо берет акт совокупления, воплощения сокровенной человеческой любви, и демонстрирует его анатомически, в поперечном разрезе. Тела любящих рассечены с головы до паховой области. Пытливый взгляд художника-анатома выбрал данное действие, как он мог бы — любое другое, и представил его на рассмотрение четкого и спокойного духа нового времени. В изображении по-прежнему ощущается нежное отношение художника, которого лишены современные анатомические тексты. Не следует представлять Леонардо, Дюрера и Брунеллески революционерами, стремившимися разрушить управляемый Богом мир. Они воспринимали свои попытки в качестве услужения Богу, который Сам сотворил мир, расположив все мерою и числом. Леонардо жаждал заглянуть за видимую грань предметов и надеялся, что “возможно, Творец был бы доволен тем, что я смог раскрыть природу человека и его нравы даже при описании человеческой фигуры”⁹. Готический собор был также выражением убеждения, что Бог при сотворении мира исходил из геометрии¹⁰. Художники Ренессанса рассматривали рисунок в перспективе как сходное подражание Его творению.



Анатомия любви. Из анатомических эскизов
Леонардо да Винчи.

Философские начала нового отношения к природе обнаруживаются в поразительно глубоких мыслях жившего в XV в. кардинала и математика Николая Кузанского¹¹. В течение столетий природа попеременно то осуждалась как результат грехопадения, изгнания Адама и Евы из Эдемского сада, то мистически почиталась как создание всемогущего Творца. К XIII в. опять возобладало рассмотрение земли как великолепной иллюстрации мудрости и могущества Бога. Считалось, что Господь Бог дал человеку две книги: Библию, которая была написана в "свете откровения", и Природу, написанную вторым светом, "светом опыта". В обеих проявлялась рука Творца. Изучение Священного Писания и философские изыскания в области природы можно воспринимать как две дороги, ведущие к одному и тому же первоисточнику.

Николай Кузанский сделал значительный шаг вперед в этом направлении, сравнив Бога с новым по тем временам математическим понятием о бесконечности. Человек есть существо конечное, и поскольку умножение любого конечного числа на любое другое также всегда конечно, Бог (как бесконечность) никогда не может быть постигнут. Отношение любого конечного числа к бесконечности всегда бесконечно, вне зависимости от того, насколько велико конечное число. Вылоть до того времени космос, как его представлял средневековый интеллект, был сплошным рядом существ (Ангелов, Архангелов ...), простиравшимся от человека на земле до Бога на небесах. Несомненно, что Гроссетест по-прежнему разделяет такой подход, но на Николае Кузанском данный ряд прерывается. Будто после второго грехопадения, мужчина и женщина оказались еще дальше отдалены от божественного пачала. Кузанец подметил, что человек, являющийся ограниченным существом, никогда не сможет постигнуть божественную сущность, сколько бы ступеней он ни прошел по лестнице, ведущей к духу. Математическая логика показывает, что малейшее несовершенство бесконечно отдаляет нас от Бога. Получается, что тогда лучше посвятить себя изучению земли, творению Бога, поддающегося определению, чем осмеливаться на допущение мысли о моральном совершенстве и приближении к божественной сущности. Множество столетий человечество, не сводя

глаз с солнца и звезд, стремилось к тому, чтобы стать богами. Затем совершенно неожиданно исчезла последняя надежда на прямое восхождение, и нам пришлось довольствоваться изучением отраженного сияния Господня в земных науках.

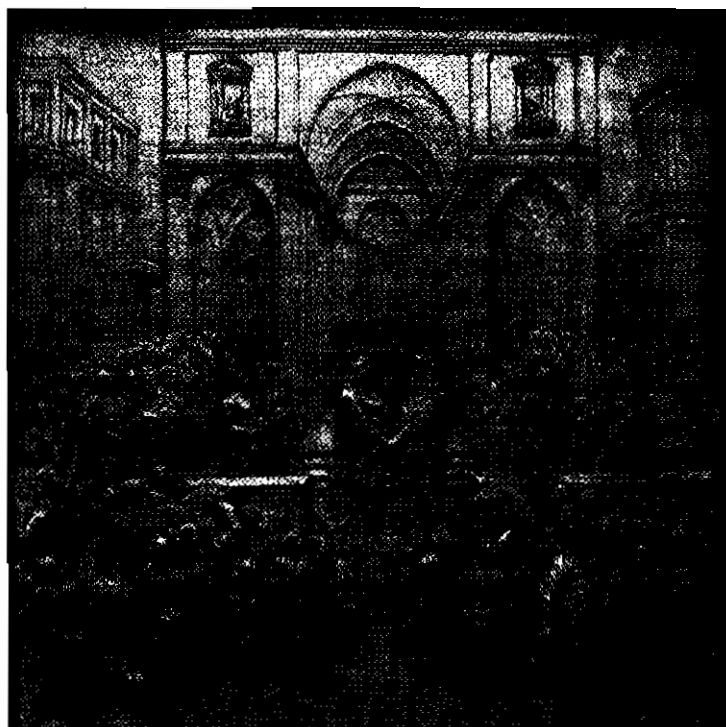
Таким образом, свет природы стал более чем заслуживающим доверия источником человеческого понимания, а художники Ренессанса, включая Леонардо да Винчи, Филиппо Брунеллески и Альбрехта Дюрера, были готовы к зрительному восприятию мира на основе этого света. Книжная ученость была с презрением отвергнута: “Я говорю живописцам, что никто никогда не должен подражать манере другого, так как в таком случае он будет называться внуком, а не сыном природы в отношении искусства”, — писал Леонардо. “Ведь если вещи в природе существуют в столь великом изобилии, то скорее хочется и следует прибегнуть к природе, чем к мастерам, которые учились у нее же”¹². Более того, следуя учению Николая Кузанского, математика привнесла уверенность, которая была утрачена как в богословском, так и в философском анализе. И опять Леонардо шел впереди: “Никакой достоверности нет в науках там, где нельзя приложить ни одной из математических наук, и в том, что не имеет связи с математикой”¹³.

Нельзя упускать из виду колоссальную важность данного перехода. Здесь мы наблюдаем другие проявления изменения парадигмы, описанной Томасом Куном в книге *“Структура научных революций”*. По мере того, как Альбрехт Дюрер всматривался в возлежащую Афродиту сквозь картезианскую сетчатую решетку, а Леонардо да Винчи составлял анатомический эскиз любовного акта в поперечном разрезе, изменялся способ зрительного восприятия. Они осуществили переход к научному зрительному восприятию. За период в двести лет от Дуччо до Дюрера западный человек перешел от религиозной точки зрения к научной, от моральной Вселенной — к материальной. Брунеллески шагнул от религиозного внутреннего пространства собора во Флоренции к порталу, к порогу нового зрительного восприятия. Его преемники вышли за порог в оживленный, светский мир базарной площади. Сначала еще теплились отголоски воспоминаний, звуки и запахи обрядов и ритуалов, совершавшихся внутри, но жизнь на площади была по-своему

очаровательна: крикливые голоса не исполняли псалмов на церковной латыни, а озвучивали итальянский язык, на котором говорили и Леонардо, и Галилей. На площади не предлагалось тело Господне в качестве подношений, а, наоборот, продавались товары, соответствовавшие мирским потребностям. Что казалось недоступным в одном царстве, могло быть приобретено в другом, была бы только валюта, использовавшаяся на рынке.

Если пройти через пьядцу Санта-Мария-дель-Фьоре, то оказываешься перед восточными дверьми в баптистерий, которые Микеланджело называл “Врата в Рай”. Лоренцо Гиберти выполнил этот заказ в 1425 г., примерно тогда же, когда Брунеллески производил свой показ. На одной из изящных дверных панелей изображена встреча прекрасной царицы Савской с премудрым царем Соломоном в его блистательном храме. Все это смело выполнено в соответствии с новыми законами линейной перспективы. Храм Соломона всегда был библейским архетипом церковной архитектуры, предметом вдохновения зодчих и строительных дел мастеров. Архитектор храма Хирам из рода Губал-Каина не стоит рядом со священными царем и царицей. Он остается, подобно множеству высококвалифицированных работников, “за кадром”¹⁴. Однако времена меняются. Соединение, происходившее в XV в. во Флоренции и в других местах, объединяло не светское и духовное могущество, а *techne* и *sophia*, мастерство и мудрость.

До сих пор для получения образования, для обучения нужно было свободное время, досуг, а для досуга требовалось наличие рабов или поддержка Церкви. Ученые и священники с презрением отворачивались от ручного труда как от того, что было ниже их достойных устремлений. Тем не менее, дух времени изменялся. В конце концов, Господь Бог тоже трудился в течение шести дней при сотворении мира, а Иисус был плотником. Человеческий труд может быть больше, чем наказание, он может быть даже подражанием Богу¹⁵. В течение Средних веков изменился уклад монашеской жизни, работу стали ценить так же, как молитвы, и таким образом создавалось такое



Бракосочетание царицы Савской с премудрым царем Соломоном, выполненное Гиберти в бронзе с искусным применением линейной перспективы.

умонастроение, согласно которому Хирам появляется в свите, сопровождающей царицу Савскую. Мне она представляется посредницей между жрмовой мудростью Соломона и мирскими силами, которыми руководил Хирам.

Из союза ученых и мастеров появилось новое течение. Его потоки проложили каньоны, в которых мы сейчас обитаем. Галилей был одним из первых “мореплавателей”, бороздивших его воды, и в том, что он искал, важное место занимали поиски вещества света.

Безупречное доказательство

САГРЕДО: Я не могу без большого удивления [...] разума слушать, как в качестве атрибутов особого благородства и совершенства природным и целостным телам Вселенной приписывают невозмутимость, неизменность, неразрушаемость [...]; сам я считаю Землю особенно благородной и достойной удивления за те многие и весьма различные изменения, превращения, возникновения и т. д., которые непрерывно на ней происходят.¹⁶

Галилей, 1632 г.

В трех частях “Божественной комедии”, озаглавленных “Рай”, “Чистилище” и “Ад”, Данте дал подробное описание расположения небесных светил, страдания душ, проходящих через чистилище, и тех, кто осужден на муки вечные. В свете заключительного осуждения Галилео Галилея инквизицией поразительно парадоксально, что в 1588 г. Флорентийская академия пригласила его, одаренного молодого ученого-математика, которому в то время было всего 24 года, выступить перед августейшим собранием совета Академии с докладом о местонахождении, размере и расположении преисподней, как это описано в “Аду”¹⁷. Ретроспективно кажется, что это неподходящий предмет для молодого человека, который впоследствии станет всемирно известен лекциями о математике движений снаряда, о конструкции телескопа и о революционных открытиях, сделанных с помощью данного инструмента. Возможно, последовавшее осуждение пожилого и ослепшего Галилея Святым Престолом было направлено на то, чтобы ускорить отправление ученого на путь, ведущий к вечному перевоспитанию в месте, координаты и помещения которого были ему хорошо знакомы еще со времени изучения “Ада” в молодости. Позиция Галилея была такова: “Священная Библия и явления природы сходным образом происходят от божественного Слова, Библия — веление Духа Святого, а Природа — исполнительная душеприказчица Божественных повелений”¹⁸. Таким

образом, не могло существовать никаких противоречий между двумя книгами (Священным Писанием и книгой Природы), если обе были верным образом прочитаны, и никаких заслуживающих осуждения деяний, нарушающих доверие Бога, не было совершено при обращении и проведении экспериментов с книгой Природы.

В чем же тогда заключались разногласия между Галилеем и его неумолимыми оппонентами? Во многом споры возникали по поводу местонахождения совершенства. Аристотель в трактате *“О небе”* четко сформулировал данный вопрос. Земля, неподвижная и находящаяся в центре Вселенной, окружена, подобно луковой коже, оболочками из четырех элементов (земля, вода, воздух и огонь; именно в таком порядке), а потом семью планетами: Луна, Венера, Меркурий, Солнце, Марс, Юпитер и Сатурн. Начиная с Луны, Вселенная была сотворена из нетленного “эфира” или пятой сущности, единственное движение которой состояло из идеальной кругообразности. Все небесные тела, эфирные по природе своей, должны также поэтому обладать идеальной и безупречной формой — иметь форму шара. Луна, Солнце, планеты и звезды были задуманы и “виделись” как безупречные, трансцендентные, шарообразные тела, незапятнанные почвами, пучинами и горами “подлунных” пределов, в которых мы обитаем. Совершенство было наверху, чин за чином над человеком, как это и представляли себе Данте, Гроссетест, Дионисий Ареопагит и многие другие, в продолжительной цепочке ангельских существ, теперь отображенных без душевного тепла в безупречных кристаллических сферах планет.

Казалось самоочевидным, что духовное совершенство отражается в физическом. Нагой и покрытый засохшей морской тиной Одиссей был выброшен на феакийский берег острова Скирос. Однако после того, как он совершил омовение, [Навсикае] казалось, что “свой он богам, беспредельного неба владыкам”¹⁹. Хотя Одиссей и не сказал, кто он такой, в нем признали человека благородного происхождения после того, как он показал свое искусство в спортивных состязаниях, метнув камень пачного дальше, чем метавшие диски феакийцы²⁰. Духовное совершенство Солнца, Луны и звезд аналогичным

образом должно было полностью отражаться в их физических признаках: безупречные, шарообразные и непреходящие.

В 1609 г. Галилей узнал, что в Миддельбурге голландские мастера, изготавливавшие очки, изобрели новый инструмент, “голландскую трубу с увеличительными стеклами”, т. е. то, что мы назвали бы телескопом. Галилей изучил свойства различных сочетаний оптических стекол и создал несколько усовершенствованных телескопов для собственных опытов. Обратив новый инструмент на небеса, он вторгся в священное пространство мирским, научным разумом. В отличие от современников Галилей не удовольствовался простым уходом из лона церкви в суету базарной площади. Наоборот, он настаивал на возвращении “менял” в храм. Созерцая “небеса”, он вместо ангелов и совершенства видел кратеры и горные хребты там, где когда-то была зеркальная поверхность Луны. Новые планеты (луны) были спутниками отдаленного Юпитера, и даже на Солнце, источнике божественного чистого света, обнаружились ужасные недостатки — пятна. Совершенство было потеряно. Никто в поисках совершенства не мог уже больше обратить взор к звездному небу, и уже не боги и не Бог освещали Вселенную в виде Гелиоса. На самом деле Солнце оказалось “огненной глыбой”, как это две тысячи лет назад пророчески предсказывал Анаксагор. Аналитические, земные взоры Брунеллески, Леонардо, Дюрера и Галилея коснулись небесных сфер. Кристаллообразная чистота небес превратилась в обычные горные породы, и земля ушла из под ног как Церкви, так и систем университетского образования, вечно бывших бастионами консервативных взглядов. В свете открытий Галилея, где теперь можно было надеяться найти совершенство?

Галилей мог бы возразить, что он не уничтожил совершенство, а лишь переместил его реальное местонахождение. Развевая миф о петленных небесах, он перевел совершенство в сферу интеллекта и в хрупкую вселенную чистой математики. Земля и ее многочисленные создания извечно воспринимались как нечто временное и несовершенное; теперь уже вся Вселенная разделяла судьбу человека — несовершенство. Без изменений оставались лишь чистая мысль и математика. По невероятному совпадению данный несовершенный мир запрятал под своим

чешуйчатым покровом изначальные математические формы в виде законов природы. Как заявлял современник Галилея Кеплер: “Геометрические причины безначальны Богу”²¹. Древние пифагорейцы, а до них еще жрецы-астрономы Древнего Вавилона прозревали числа во всем в мире. Освободившись от религиозных ограничений, данный математический подход врывается в развитие науки в XVI в., став одним из двух основных направлений научной мысли.

Пока происходило превращение совершенства в бесплотную субстанцию, второй, равным образом значимый подход формировался в сознании Галилея как будто для того, чтобы уравновесить первый. Положения физики Аристотеля, основанной на четырех элементах, доктринах материи, формы, потенциальности, реальности и т. п., перестали удовлетворять. На ее место должны были прийти четкие причинно-следственные расчеты для любого явления, понимаемые материально и механистически по сути своей.

Подобные взгляды высказывались еще древнегреческими атомистами, но от них отказались как от атеистических и опасных. Платон в трактате “Законы” в описании идеального города оговаривал особое наказание для тех, кто придерживался и распространял подобные взгляды²². Их предлагалось отвести в пустыню, заточить в одиночное заключение, посадив их на хлеб и воду с тем, чтобы они поняли ошибочность своих представлений. Если же они упорствовали, тогда их казнили. И все это от философа, горячо любимый учитель которого Сократ был приговорен к смертной казни за разложение афинской молодежи. Галилея не приговорили к смерти за перемещение совершенства; у него нашлись влиятельные сторонники, и он сам был достаточно благоразумным, притворяясь перед инквизицией, что отступился от своих взглядов, а сам продолжал тайно работать, готовясь опубликовать свои еретические мысли.

Если пришлось отойти от положений Аристотеля, что могло бы стать основой для надежно защищенной науки? Если начинать с чувственных ощущений, то как можно выйти за пределы их часто неверных представлений? В прежние времена в них проносились косвенные послания богов. А что же стояло за ними теперь? Особенно в ранних произведениях Галилей

считал, что чувственные ощущения были исключительно субъективны, что “вкусовые ощущения, запахи, цвета и т. д. были не более, чем просто наименования в том, что касается того объекта, в который мы их помещаем, и они пребывают лишь в нашем сознании”²³. Например, нечто, что воспринимается как горячее, на самом деле лишь “некое множество мельчайших частиц, имеющих особую форму и движущихся с определенной скоростью”. Вот что такое жар. Хотя Галилей и осторожно высказывал свои соображения по поводу материалистическо-корпускулярной первоосновы мира, последующие поколения философов и ученых не испытывали подобных угрызений совести. Если какой-то божественный мир и существовал, то он был значительно отделен от материального мира чувственных ощущений, и если между ними и было что-то общее, то в минимальном количестве.

Платон в космогоническом диалоге “Тимей” настаивает, что между двумя числами всегда можно обнаружить промежуток, который был бы посредником между ними и украсил бы то математическое взаимоотношение, которое они выражают. Демиург Платона создал сей мир, исходя из такого тройственного взаимоотношения. В размеченном таким образом космосе посредники соединяли небо и землю, Бога и человека. В трудах Кузанца и Галилея исчезло представление о промежуточном посреднике, и возникла зияющая бездна, отделившая материальное от математического, реальное — от идеального, а человека — от его Создателя.

Вещество, называемое свет

В конце сказки братьев Гримм “Бременские музыканты” банда напуганных разбойников ночью, осторожно, в крошечной тьме возвращается в свое лесное логово. Их уже один раз выгнали оттуда четверо смелых зверей-музыкантов. В темной комнате главарь разбойников на цыпочках крадется к очагу, где видны два светящихся шара, которые он принимает за тлеющие угли. А на самом деле это светящиеся глаза кошки, которая

взвизгнула и вцепилась в него когтями, когда он потянулся к пей, а в этот момент осел, пес и петух тоже вступают в сражение, чтобы прогнать разбойников.

Свечение кошачьих глаз и способность кошек видеть в темноте убеждали ранних оптиков в том, что внутри глаз реально существует зрительный огонь*. Тем не менее, вопрос оставался без ответа — если древние ученые мужи считали, что источник света находился внутри глаз, то почему же мы не видим ночью в темноте? Давались различные ответы, но преобладало доходчивое объяснение Аристотеля: ночной воздух светонепроницаем. Зажги фонарь, и воздух станет пропускать свет. Свет для Аристотеля был “реализацией потенциально прозрачного”.

Объясним: у современных калькуляторов или у переносных компьютеров часто имеются ЖКИ, т.е. “жидкокристаллические индикаторы”. Их работа основана на выборочном затемнении сегментов экрана. Затемнение происходит за счет расположения в интервалах между прозрачными электродами особых “жидких кристаллов” и применения малого напряжения тех участков электродов, которые нужно изменить из светлых в темные, из прозрачных в светонепроницаемые²⁴. В данном случае электрическое воздействие изменяет состояние жидкости из светонепроницаемого в прозрачное, или, как это назвал бы Аристотель, из потенциально прозрачного в фактически прозрачное. Таким же точно образом огонь изменяет состояние воздуха из темного в “светлое”, из потенциально прозрачного в фактически прозрачное. Тогда человек с помощью работающих глаз видит то, что находится в комнате. Для Аристотеля свет был не вещью, а условием или состоянием среды. У Аристотеля понимание света было бесплотным, ловкое понятие, с помощью которого легко объяснялась невидимость света. У света не было ни материи, ни структуры, но в XVII в. все изменится.

* Теперь мы понимаем данный феномен как отражение тусклого света в сферических глазах кошки и пользуемся данным явлением, помещая крошечные полоски стекла в надписи на дорожных знаках, чтобы они отражали свет встречных автомобилей.

В 1611 г. Галилей привез с собой в Рим не только свой знаменитый телескоп, но также и небольшой ящик, в котором были удивительные осколки минерала, названного его открывателем из Болоньи *spongia solis*, солнечная губка²⁵. Когда эти *холодные* камни помещали в темную комнату, они продолжали светиться, как будто их только что выставили на свет. Холодный свет! По Аристотелю, огонь, а не холодные камни, делает воздух прозрачным. Может быть, философ ошибался, и свет, подобно теплу, лучше было объяснять как корпускулярное и механическое действие. Поэтому Галилей предложил считать, что когда материя измельчается до “более неделимых атомов”, тогда “появляется свет”²⁶.

Свет может быть материальным телом, как и все остальное, лишь меньшим, а может быть, даже самым мельчайшим. Идеальный, безупречный свет, признак, символ и сама суть Бога, или Ахурамазды, — это лишь еще одно земное тело. Не является ли такое предположение более революционным, чем даже перемещение ипостаси совершенства из духовной Вселенной в интеллектуальную абстракцию? От Млечного Пути (по-новому объясненному Галилеем) до мельчайших атомов света — все стало равным образом материально, и, следовательно, равно поддающимся новым развивающимся методам научного познания. Разума и экспериментов теперь должно хватить для того, чтобы охватить две бесконечности: макро- и микроскопического масштаба.

Галилей сомневался по поводу однозначной оценки природы света и даже всего за два года до смерти подчеркнуто заявлял, что он “всегда пребывал во мраке” относительно “сущности света”. Прочитав нападки на выдвинутую им теорию света, Галилей ответил на возражения. Он был готов к тюремному заключению в кромешной тьме, на хлебе и воде, если только бы ему пообещали, что когда его выпустят на свет, он будет знать, что же на самом деле такое этот свет. Если это не было позой, то тогда он умер, так и не получив вознаграждения, по-прежнему желая познать истинную природу света.

Однако Галилей озвучил мнение, которое получило развитие и дальнейшую разработку в концептуальном плане в научных кругах. Свет не Бог, а тело. А если речь идет о теле, то тогда его можно подвергнуть анатомическому анализу, используя вскрытие и научное исследование, как в случае с другими телами. Дальше всех в этом направлении пошел сэр Исаак Ньютон.

Ньютон: стоя на плечах великанов

Мы, подобно карликам, стоим на плечах великанов; отсюда мы видим больше и дальше, чем они, но не потому что зрение у нас острее, а потому, что нас подняли наверх и теперь нас несут люди огромного роста.

Бернард Шартрский, 1115 г.

В 1669 г. Исаак Ньютон стал знаменит, как и Галилей, тоже после изобретения телескопа²⁷. Занимая физико-математическую кафедру Лукаса в Кембриджском университете, Ньютон, которому к тому времени уже исполнилось 25 лет, мог, в принципе, заниматься всем, что его интересовало. Тогда это были самые разные предметы: и алхимия, и богословие, и математика, и оптика. На основе собственных размышлений, прочитанных книг и экспериментов с оптическими явлениями зародилась идея создания нового вида телескопа, такого, для которого требовались бы не стеклянные линзы*, а вогнутое зеркало для сбора и концентрации света от отдаленных объектов. Работая в собственной мастерской, Ньютон отшлифовал зеркальную поверхность и изготовил трубу и штатив того, что стало прототипом для всех современных ведущих моделей астрономических телескопов во всем мире. Он гордился делом рук своих и, должно быть, наслаждался тем, что сначала профессиональные мастера не смогли добиться успеха, а потом им пришлось копировать его конструкции.

* Линзовые телескопы того времени страдали следующим недостатком – «хроматической аберрацией», т. е. отображения различного цвета фокусировались в разных плоскостях.

За исключением нескольких коллег из Кембриджа никто не знал о замечательных талантах Ньютона и его достижениях в самых разнообразных областях. В конце концов, слухи о его изобретении дошли до недавно созданного “Королевского общества развития знаний о природе”, члены которого по понятным причинам обратились к нему с просьбой показать им данный инструмент. Ньютон пошел им навстречу и выслал 25-ти дюймовый образец линзового телескопа. После ознакомления с телескопом члены Общества выразили единодушное восхищение и пожелали узнать поподробнее о Ньюtone с тем, чтобы принять его в свою организацию. В ответ на похвалы 6 февраля 1672 г. Ньютон направил знаменитое письмо Ольденбургу, занимавшему тогда должность секретаря Королевского общества. В данном письме он изложил результаты собственных экспериментов, направленных на изучение природы света и цвета, а также заложил основы для понимания данного феномена, которые до сих пор определяют ход общих дискуссий на эту тему.

Начало ньютоновской концепции света уходит корнями в детство, когда он любил лудить-паять всякую всячину, а также проявлял естественную склонность к изучению философии природы, основанной на механистических принципах, но мы начнем с того момента, когда в 1655 г. “Господь Всемогущий, суровый, но справедливый, наслал на город Кембридж мор buboшной чумы”²⁸. В течение двух лет, пока чума свирепствовала в Кембридже, Ньютон жил вместе с матерью в типичном домашнем очаге в деревушке Вулсторп. Эти два года вошли в историю науки, их иногда называют *anni mirabilis* просто из-за количества и значимости научных идей, которые пришли в голову Ньютону за месяцы уединения. Конечно, предшествовавшие годы интенсивных занятий создали необходимую плодотворную почву, но масштаб оригинальности, продемонстрированной в течение этих двух лет, был беспрецедентным. Среди свершений, которые Ньютон приписывал тем годам (а были и другие): изобретение интегрального исчисления, теория земной гравитации и планетарных движущих сил и теория света и цвета. Любое из этих открытий гарантировало бы сохранение его имени для потомков.

Что объединяло такие разрозненные предметы, как перечислено выше, и способствовало его, а теперь и нашему пониманию феномена света, так это основополагающий принцип, которым в совершенстве владел Ньютон, — анализ. Он не был его изобретением, но Ньютон применял анализ поразительно целесообразно и блестяще. В качестве примера, раскрывающего возможности анализа Ньютона, возьмем один из важных выводов из теории гравитации.

Все материальные предметы притягивают друг друга, но как именно? Насколько и каким образом притяжение зависит от расстояния или размера предметов? Ньютон решил эту проблему дважды — один раз для себя, и один раз для нас. В 1666 г., находясь дома, в саду, Ньютон размышлял о проблемах движения. Как мы все знаем, упало яблоко. Но при этом Ньютон усмотрел в его падении не то, что видели до этого и он, и другие. В потере высоты яблока он также увидел перемещение Луны. Они были одинаковыми! Если законы гравитации перенести на Луну (новая мысль), тогда и Луна должна была бы упасть. Если к тому же она двигается по мере падения по боковой линии, то она могла бы двигаться вокруг Земли вместо того, чтобы врезаться в ее поверхность. “Вследствие чего”, — сообщают нам в ранних источниках, — “он начал рассчитывать, каковы могут быть последствия такой догадки”²⁹. Его расчеты показали, что данное допущение могло в действительности оказаться верным.

Через двадцать лет в работе “Принципы” Ньютону пришлось убедить удивленных читателей, что у него не было галлюцинаций, когда он увидел сходство между яблоком и Луной, и для этого ему потребовался анализ. Парадоксальным образом Ньютон признал, что хотя выведение закона всемирного тяготения для таких крупных тел, как Земля, могло быть легко сделано с помощью только что изобретенного им интегрального исчисления, он предпочел использовать старинные, проверенные методы геометрии, но адаптировал их с учетом современных требований. Данные требования были не чем иным, как тем, что подразумевалось под интегральным исчислением, в котором используемые множители могли вполне находиться между величинами, стремящимися

к нулю. Как отмечает ведущий биограф Ньютона Ричард Вестфалл: “Евклид не признал бы своего детища”³⁰. У Ньютона аналитический принцип был формально воплощен в математике и, таким образом, также в его мышлении. В этот момент на Западе появляется совершенно новый способ мышления и, соответственно, видения, способ, который поведет человеческое воображение к новым высотам абстракции.

В математике до XVII в. ведущее положение занимала планиметрия. Хотя такие элементы геометрии, как линии, треугольники и т.п., совершенно идеальны и лишены физических свойств по природе, они оставались мысленно представляемыми. В неоплатонизме геометрия находилась посередине между материальным миром чувственного восприятия и чистым, нераспространенным и бесформенным миром идей. В индийской философии наблюдается сходное разграничение. Над материальным миром находилась сфера “формы”, или *тифа*; а за ней — сфера бесформенного, или *атуфа*. С развитием интегральных исчислений математика пересекла сферу *атуфа* и вышла на уровень до того времени невообразимых величин³¹.

Когда такие математики, как Ньютон и Лейбниц, осмысливали бесконечно малые величины, они и другие одновременно нащупывали контуры материального атомизма того вида, на который указывал Галилей. Земля — огромная масса, но ее можно представить в виде почти бесконечной суммы мельчайших масс. Это ключевое представление, стоящее за несколькими доказательствами Ньютона в “*Принципах*”. Земля как целое должна притягивать Луну и яблоко тем же самым образом, поскольку у каждого атома Земли есть свое собственное гравитационное отношение с Луной и с яблоком. Общее воздействие создается за счет простого сложения (или вычисления интеграла в случае продолжения процесса).

Можно ли использовать в отношении света анализ, так успешно применяемый в динамике физики? Из каких мельчайших частиц состоит свет? Можно ли их объединить и разъединить не только мысленно, но и во время лабораторного эксперимента? Ньютон снова предоставил ответы на эти вопросы и показал другим средства их достижения³².

В последовавшие годы Ньютона неоднократно изображали стоящим в затемненной комнате, в которую через ставни пробивается тонкий лучик света, попадающий в призму, которую ученый держит перед собой, внимательно и спокойно смотря на нее. Из призмы выходит радуга цветов, окрашивающая пространство вокруг, попадая на противоположную стену комнаты. Это и был анализ света, чрезвычайно важный момент, воспринимаемый Ньютоном как разложение света на “мельчайшие частицы”.

Не нарушая образ, созданный художником, Ньютон начинает “*Оптику*” с определения основополагающей единицы света, исходя из которого уже будет построена цельная система оптики. “Определение 1. Под лучами света я разумею его мельчайшие части, как в их последовательном чередовании вдоль тех же линий, так и одновременно существующие по различным линиям”³³. Данный “луч света” служит основополагающей единицей или концептуальным атомом его теории. Данное определение явно проистекает из ранней и оставшейся неизменной корпускулярной концепции света³⁴. Однако анализ света происходит на двух уровнях, в мыслях и на физическом плане, и когда на него нападали с критикой, Ньютон всегда умело использовал это разграничение. Отвечая на нападки критиков, он неизменно говорил, что его “мельчайшие частицы”, или лучи, были строго номинальными, теоретическими построениями, которые не превращали его в сторонника какой-то конкретной физической модели света.³⁵

Световые лучи, согласно воззрениям Ньютона, создаются на Солнце и доходят через пространство к нам, не изменяясь под воздействием отражения, дисперсии или преломления. Более того, каждый вид лучей по-разному воспринимается глазами: как красный, зеленый, синий и т. д. Обычный солнечный свет — это сумма многих подобных лучей, и потому воспринимается как белый. Призма, направленная на белый свет, — это аналитический инструмент, который разделяет составляющие лучи на изначальные классы. Если за первой призмой установить вторую, “красочные лучи” снова воссоединяются и воссоздают таким образом белый свет.

Ньютон проанализировал как белый свет, так и Землю, до их “мельчайших частиц”, различных цветопроизводящих лучей, а призма служила приспособлением, с помощью которого осуществлялся физический анализ.

Хотя Ньютон и пытался довольно искусно скрыть корпускулярную модель света за философскими формулировками, он не удержался от искушения и сформулировал свои взгляды на природу света, по крайней мере, в виде вопросов³⁶. К примеру, в 29-м вопросе в “*Оптике*” он спрашивает: “Не являются ли лучи света очень малыми телами, испускаемыми светящимися веществами?” Такие мельчайшие тельца, считал Ньютон, вызовут ощущения фиолетового и синего цветов с возрастающими частицами, соответственно отвечавшими за зеленый, желтый, оранжевый и красный цвета. Чувственное восприятие цвета, таким образом, должно было пониматься как субъективное реагирование на объективную реальность на уровне частиц.

В дополнение к предложению, согласно которому свет различных цветов может в конечном итоге оказаться малыми телами различных размеров, Ньютон дал объяснение важному оптическому явлению за счет вычисления траектории движения таких тел, например, при попадании из воздуха в воду или при преломлении. Данные понятия были напрямую заимствованы из результатов изучения вопросов механики. В “*Принципах*”, книге Ньютона, посвященной механике, даже был вывод из закона преломления в соответствии с корпускулярной моделью света.

Таким образом, свет был не только телом, но законы движения света ничем не отличались от тех законов, которые Ньютон уже открыл для объяснения движения небесных тел и земного притяжения. Силы притяжения и отражения притягивали и отталкивали брошенные тела света по всему миру. В невозмущенном состоянии частицы света двигались по прямой в соответствии с законами инерции, как и все другие материальные предметы. *Динамика света* была идентична движению планет.

Космос был единым во всем: от грандиозных явлений до самых малых величин, от звезд до частиц света, излучаемых ими. Данный подход отражал единое зрительное представле-

ние. Уже не рассматривалось многообразие существ, в котором каждая небесная сфера отождествлялась с уникальным разумным существом. Все было сведено к материи, движущейся в соответствии с законами, обнаруженными Ньютоном. Данное представление было впечатляющим и даже убедительным.

Осознавая значение собственных открытий, Ньютон скромно прикрывался средневековыми понятиями. В Шартрском соборе над южным порталом высятся изумительные, значительные по размеру витражи в узких окнах с острокопечной арочной перемычкой. На витражах изображены евангелисты Нового Завета, восседающие на плечах пророков Ветхого Завета, таким образом символизируя основу, на которую они опирались, продолжая трудиться во имя Божье. Их откровения основывались на предшествовавших откровениях пророков. Сходным образом открытия Ньютона опирались на изменения в сознании, достигнутые его предшественниками. Он верно подметил: “Если я и видел дальше, то только потому что стоял на плечах великанов”³⁷, расширяя их взгляды собственным ярким представлением о мире.

За исключением возражений, выраженных некоторыми учеными, богословами и художниками, открытия Ньютона были встречены с восторгом. Современники – ученые и философы были заворожены, поэты и художники также присоединились к обильным воспеваниям Ньютона³⁸. В течение многих лет считалось, что традиционные источники поэтического мировосприятия иссякали; они либо “умерли”, либо умирали. Песнопения муз уже не звучали так сладко, как раньше. Наступили “сумерки богов”, и подобно сказочным существам из мифов, боги отступили под бурным натиском и удалились в места, более им приятные. Если поэт хотел озвучить истину, куда он мог обратиться за вдохновением? Наконец был дан ответ – к Ньютону. Джон Хьюз так представлял себе Ньютона:

Я знаю великого Колумба небес!

Именно дух Ньютона ежедневно бороздит эти просторы

В поисках знаний для человечества на земле.

*О, не уходи, прекрасный дух, постой,
Меня ты проведи по всем нехоженым дорогам.*³⁹

Ньютон стал духом вдохновения, Музой и для поэтов, и для философов. Ученого воспевали во многих песнях, и во множестве стихотворений в поэтической форме излагались положения его научных трактатов⁴⁰.

Пройдет целое столетие, прежде чем поэты обвинят Ньютона в деспотизме, с которым он все превратил в предмет научного изучения. Поэты станут оплакивать расчленение мира на части, потому что истинно целого уже никогда не собрать. Но на тот момент большинство было довольноно.

После публикации *“Оптики”* в 1704 г. оптическая теория Ньютона распространилась в упрощенном виде среди широких слоев населения. При этом использовались три основных средства. В университетах теория Ньютона принималась без критики и безо всяких философских мудрствований в качестве основы для обучения. Поскольку истина была найдена, новые оптические исследования казались ненужными, и потому никто ими не занимался. О теории волн, выдвинутой голландским физиком Христианом Гюйгенсом и конкурировавшей с ньютонической, забыли в пылу восторга, вызванного оптикой Ньютона и самим Ньютоном. Поэтому неудивительно, что из университетов доносилось мало критических голосов.

Еще одним средством распространения воззрений Ньютона для населения были “бродячие” популяризаторы, приезжавшие в научные клубы и выступавшие с лекциями перед представителями высшего и среднего классов, показывая и объясняя последние научные достижения, казавшиеся волшебными. Третьим средством было распространение популярных статей, написанных литераторами. Пожалуй, наиболее показателен в выполнении этой задачи был Вольтер, блестящий ум французского Просвещения. Под руководством своей равным образом блестящей в интеллектуальном смысле возлюбленной, “бессмертной Эмилии”, любовь которой к математике и математикам превратилась в легенду, Вольтер стремился “состричь шипы с писаний Ньютона, не отягощая их цветами, которые были бы там неуместны”. После опубликования вольтеровских *“Элементов ньютонической философии”* даже его противники-

иезуиты должны были признать, что “у всех парижан на устах имя Ньютона, все, запинаясь, повторяют его имя, и все парижане занимаются изучением его трудов”⁴¹.

За счет столь многих усилий сформировался новый способ видения во всех кругах образованного общества. Представление о свете постепенно стало более оформленным и широко распространенным. То, что в начале было областью знаний нескольких ученых, интересовавшихся математикой, стало предметом, к которому неоднократно обращались и художники, и писатели, и другие ученые. То, что в их толкованиях было утрачено в смысле философской утонченности, сменилось материалистическим упрощением. Сомнения Ньютона и Галилея в “истинной” природе света отошли в прошлое. Свет был вещным, и его движения были подобны движениям всех других тел. Таковы были факты.

Во Франции за несколько десятилетий до этого Рене Декарт создал параллельное, хотя и иное направление исследований. Подобно ньютоновскому пониманию света, метод Декарта был основан на рациональной и преимущественно материалистической концепции Вселенной. Более ста лет картезианская и ньютоновская физики были соперницами, борющимися за господство. Парадоксально, что источник универсальной математической науки Декарта подрывал его рационализм, поскольку Декарт получил свое “задание” в манере, присущей классическим библейским персонажам, — через откровение во сне.

Сон Декарта

Я честно признаюсь, что в отношении материальных предметов единственная материя, которая мне известна, — это та, которую геометры называют количеством.

Декарт, 1644 г.

Находясь в Кембридже, двадцатидвухлетний Ньютон приобрел экземпляр книги “Геометрия” Рене Декарта. Прочитав

первые страницы, он понял, что ничего больше не понимает. Ньютон начал с начала, продвинулся еще на несколько страниц, и так продолжалось, пока он не удовлетворил свое любопытство по поводу изложения математических принципов французским мыслителем. Ведь перед ним была книга, излагавшая воззрения, которые стоили таких усилий.

Декарт был на 46 лет старше Ньютона, он разработал философию природы, согласно которой Вселенная была механизмом, охватывавшим все от простейшего атома до самых сложных аспектов анатомии человеческого тела. “Законы природы — это законы механики”, — провозгласил Декарт⁴². Данное изречение было принято и распространено по наиболее эффективным каналам его другом и сторонником, влиятельным французским монахом Мареном Мерсенном. “Механистическая философия” XVII в. была создана в основном этими двумя титанами, прошедшими обучение в школе иезуитов. В уединенных размышлениях Декарт формулировал свою философию, а потом Мерсенн распространял ее посредством обширной переписки и чрезвычайно влиятельных связей. Их усилиями, а также мечами католических армий под предводительством герцога Баварского во время Тридцатилетней войны, были разрушены магическая философия анимизма эпохи Возрождения, алхимия, каббалистика и все сопутствующие элементы. На их месте появилась “универсальная и восхитительная наука” Декарта. Насколько удивителен тот парадокс, что представление о совершенно рациональной науке возникло у Декарта во сне.

В ноябре 1619 г. Декарт, двадцатитрехлетний солдат-философ, отбыл на “зимние квартиры” в небогатом доме неподалеку от г. Ульм⁴³. В течение предшествовавших двадцати месяцев он странствовал по Германии и Голландии, находясь в переписке с математиками и философами, в сферу интересов которых входили не только обычные научные вопросы, но также и связи между наукой и духовностью. Некоторые из них наверняка увлекались духовными поисками розенкрейцерства, которое в те годы привлекло небывалое внимание общественности⁴⁴. Только что были опубликованы два коротких трактата о Христиане Розенкрейце и его братстве: “*Tama fraternitatis*”

(1614) и “*Confessio*” (1615), что вызвало так называемый “розенкрейцеровский фурор”. В трактате “*Confessio*” были изложены доктрины братства Христиана Розенкрейца, среди которых было и убеждение, что основываясь на откровении Господнем и изобретательности, наблюдательности и понимании со стороны человека, “даже если бы всем книгам и суждено было сгинуть, и с согласия Господа Всемогущего все письменна и знания пропали бы безвозвратно, то только с помощью вышеупомянутого последующие поколения смогли бы заложить новый фундамент знаний и обнаружить истину”. Подобный подход был Декарту по душе. Он пытался найти кого-нибудь из членов этого “невидимого братства”, но утверждал потом, что все его поиски были тщетны. Однако после контактов с другими ищущими восприимчивый француз преисполнился осознания священной важности своей задачи: создания новой науки о Вселенной.

В середине этих поисков, после периода напряженных уединенных размышлений, Декарт сообщает нам, что 10-го ноября у него было видение, и во сне, состоявшем из трех частей, ему раскрылось собственное призвание и основы той науки, которую ему суждено было создать. Он ревностно считал, что данный случай был самым важным событием всей его жизни, и в благодарность за это дал обет совершить паломничество благодарения к иконе Лореттской Богородицы. Это обещание было выполнено через пять лет, когда Декарт пешком проделал путь из Венеции в Лоретто. Описания видения и сна самим Декартом, к сожалению, были утеряны, но у нас есть заслуживающее доверия, хотя и неполное, и лишенное ярких подробностей их краткое изложение, записанное его первым биографом Байе, изучавшим этот период жизни Декарта. Нашим лишенным святости глазам данное событие может показаться неважным, но для Декарта оно было личным переживанием сошествия Святого Духа, его жизненным прозрением.

В первой части сна Декарт видел себя борющимся с бурей и ветром, пытающимся достигнуть церкви школы La Flèche (где учились он и Мерсенн), чтобы помолиться. Во сне, чтобы не быть невежливым, Декарт обращается к человеку, с которым он не поздоровался, и в этот момент порывом ветра его

отбрасывает к церкви. Ему тут же сообщают, что некто хочет подарить ему арбуз. Декарт проснулся от боли, повернулся, на правый бок и помолился. Снова заснув, Декарт увидел еще один сон. По поводу второго сна единственное, что мы знаем, это то, что Декарт был обуян ужасом; он проснулся от звуков, напоминавших раскаты грома, и увидел, что комната залита светом тысяч искр. В третьей части сна Декарт видит словарь и поэтический сборник *Corpus poetarum* на своем столе, открывает латинские стихи Авсония и читает: *quod vitae sectabor iter?*, что означает “какому жизненному пути я последую?”. Перед ним появляется незнакомец и дает ему на листке бумаги другое стихотворение, начинавшееся со слов *est et non*, “да и нет”.

Через Байе до нас дошло лишь несколько отрывков того, каким образом сам Декарт объяснял увиденное во сне этой знаменательной ночью. Важно то, что грозовой разряд был воспринят Декартом как “Дух Истины, который снизошел на него и овладел им”. Словарь был символом суммы всех наук, а в *Corpus poetarum* “отмечается подробно и чрезвычайно особенным образом объединение философии и мудрости”.

Таким образом, мы видим, что в Германии молодой Декарт погружен в уединенные размышления в поисках средств для достижения истины. Он входит в контакт с запрещенными науками и углублен в раздумья о своей будущей жизни. Декарт сообщает нам, что “дух, который раздул в нем энтузиазм, не проходивший в течение нескольких дней, предсказал, что ему приснятся эти сны, до того, как он отошел ко сну”. Таким образом, Декарт знал, что ночью 10-го ноября будет дан ответ на его страстные поиски. Какой же ответ он получил? Жак Маритен называет этот ответ “сошествием Духа Разума”.

В последовавшие месяцы Декарт создал свой самый важный, основополагающий труд “*Рассуждение о методе*”, который изначально должен был называться “*Проект универсальной науки, которой предназначено возвысить нашу природу на высочайшую степень совершенства*”. Как говорилось в трактате “*Confessio*”, все предшествовавшие труды ученых нужно было отложить в сторону. До сих пор нами “руководили наши инстинктивные потребности и наши руководители. В результате размышлений я понял, что в отношении всех мнений, с которыми я

ознакомился до этого, наилучшее, что я мог бы с ними сделать, — это раз и навсегда избавиться от них”. На него снизошел Дух Истины; исключительной задачей Декарта стало довести все до “уровня разума”. Его замечательная универсальная наука была не коллективным трудом какого-то тайного или открытого братства, а была созданием лишь его собственного разума. Наука Декарта должна была стать праведной наукой, которая уверенно справится с явной, постигаемой интуитивно природой вещей, как знает их Бог. Маритен назвал такую науку “мифологией современности, которая всего наобещала и от всего отеклась, и которая надо всем превознесла полную независимость, божественное самозарожденное существование человеческого разума”. Она была плодом озорного гения, зарожденного в мозгу философа — видения Декарта. В этом видении, что такое свет?

Пространство, считает Декарт, непостижимо без материи. Поэтому там, где есть пространство или “объем”, также всегда должна быть материя. Проводя параллель, которая под стать французу, Декарт сравнивает пространство нашей Вселенной с бочкой винодела сразу после сбора урожая. Бочка наполнена наполовину раздавленным виноградом, который полностью окружен и даже пропитан соком, выдавленным из виноградин. Аналогичным образом в обширных пределах пространства содержатся планеты, звезды и луны, подобно винограду в собственном соку. Пространство для Декарта наполнено сконструированным из атомов “пленумом”, материальной текучей средой, которая заполняет все свободное пространство и движет планеты по их орбитам, как травинки в пучине водоворота. Именно поэтому Декарт и мог воскликнуть: “Дайте мне материю и движение, и я построю мир!”⁴⁵ А свет?

Декарт считал, что между глазами и каждым предметом существует столб “плenums”, по которому движется воздействие. Свет не является ни брошенным телом, ни потоком жидкости, а “стремлением к движению” в “пленуме”, который передает бесконечную скорость вдоль данного столба. Зрительное восприятие, пишет Декарт, подобно трости слепца. Слепец бре-

дет и ощущает тростью пространство перед собой. Предмет, на который наталкивается один конец трости слепца, тотчас передает толчок на другой. Точно так же предмет воздействует на “плenum” вокруг него, вызывая “соударение” в глазах, и таким образом происходит процесс зрительного восприятия. По Декарту, зрительное восприятие и свет должны были восприниматься как простые механизмы. Данный анализ представляет собой переломный момент — в нем находят отражение представление о природе и основа для научных исследований, которым суждено преобладать в научном дискурсе на протяжении трех столетий. Как отмечает выдающийся гарвардский историк науки А. И. Сабра, механистические аналогии использовались задолго до Декарта для объяснения определенных оптических явлений, “но картезианская теория была явно первой, утверждавшей, что сам свет не представляет собой ничего, кроме механических свойств светового объекта и передающей среды. Именно по этой причине мы можем рассматривать теорию света Декарта как логичную поворотную точку в истории современной физической оптики”⁴⁶.

В то время как представления Декарта о Вселенной и науке заложили основы научного знания, конкретные положения, выдвинутые в декартовской теории света, оказались сравнительно недолговечными. По другую сторону Ла-Манша Ньютон выявил определенные нелепости, к которым приводили подобные представления о свете и космосе. Напротив, собственные динамические формулировки оптики Ньютона, основанные на механике, получили широкое признание, но и в них наблюдались значительные недочеты. Даже во время триумфального шествия корпускулярной оптики Ньютона, постоянно раздавались критические голоса. Многие отмечали конкретные ошибки его теории⁴⁷. Например, испытание, проводимое двумя людьми, которые смотрят друг на друга, находясь в полете, должно было, казалось бы, требовать, чтобы частицы света синхронно двигались по тому же самому пути в противоположных направлениях. Кроме того, если Солнце выделяет огромное количество частиц, почему же со временем не иссякает его энергия? Сторонники отвечали, что корпускулы — чрезвычайно малые частицы, так что Солнце тратит лишь

пару каплеь материи в течение дня. А что можно сказать по поводу бесчисленных корпускул, которые должны проходить через микроотверстие *camera obscura*, не оказывая воздействия на изображение? И опять на помощь приходили соображения о чрезвычайно малом размере частиц. Но если они настолько малы, как же получается, что они при этом чрезвычайно действенны? При изучении воздействия интенсивного направленного света экспериментатор Джон Мичелл был обеспокоен тем, что плавился покрытый медью приемник излучения, находившийся в фокусе двухфутового зеркального телескопа. Свет может оказывать поразительное воздействие. Если тельца света так малы, их должно быть чрезвычайно много, иначе чем объяснить такое мощное воздействие.

В книге *“Религиозный философ”*, опубликованной в 1718 г., Ниювентит рассчитал, что пламя свечи ежесекундно выделяет $4,1866 \times 10^{44}$ частиц⁴⁸. Данное число приближается к количеству протонов всей Земли. Ниювентит воспринял данные расчеты как доказательство неотступного внимания Господа по отношению к своему творению, “направленности Вездесущего Всемогущества, распространяющего заботу Свою на все, даже на малейшие из тел”. Если, как утверждал Ньютон, корпускулы света были неизменными, почему тогда кажется, что “солнечная губка” выделяет свет иного цвета по сравнению с тем, который освещал ее вначале? Таковы были вопросы, остававшиеся без ответов.

Теория Декарта избежала подобных трудностей, заявив, что свет — это всего лишь “стремление к движению”, не вызывающее собственно движение. Таким образом Декарт пытался избежать противоречия, когда предмет (корпускулы света) двигался бы одновременно в двух противоположных направлениях. Частицы “*пленума*” на самом деле не движутся, а лишь “стремятся” к движению. Поэтому световые лучи есть “не что иное, как линия, к которой стремится данное действие”⁴⁹. По Декарту, свет это не полет брошенного тела, а распространение данного действия.

В невразумительной концепции света, разработанной Декартом, есть свои сильные стороны. Насколько бы сбивающими с толку ни казались его взгляды, в них заложено зерно чрезвычай-

чайно плодотворной концепции света, так называемой волновой теории, которая не только свергнет понимание света, предложенное Ньютоном, но и в конечном итоге повернется против собственных грез Декарта о механистической Вселенной.

Хотя и народ, и поэты восхваляли корпускулярную теорию, значительные ученые, подобно Гюйгенсу, оспаривали ее, исходя из вышеприведенных аргументов. Они выдвигали альтернативные концепции света. Некоторые рассматривали свет как материальную текучую среду огня, которая проистекала из истока, солнца, и возвращалась обратно. Другие заполняли Вселенную субстанцией, куда более тонкой, чем воздух, но при этом наделенной невероятной прочностью, вибрации которой и были светом. У всех были материалистические концепции света, но в наиболее успешных теориях также были элементы, которые в конечном итоге подрывали саму эту позицию.

Представьте, что вы плывете в океане. Обратим внимание на несколько моментов. Морская зыбь медленно нарастает по мере приближения к берегу. Когда накатывается волна, наступает момент, особенно для новичков, в течение которого тебя охватывает беспокойство, что вот сейчас она тебя подхватит и вынесет, как щепку, на берег. Когда волна и беспокойство проходят, замечаешь, что ни ты сам, ни вода вокруг не оказались на берегу, а всего лишь покачались вверх-вниз на поверхности. Вода вокруг не была приведена в движение, она лишь покачивалась на поверхности. А что же тогда произошло? Ведь волну-то видели, и она по-прежнему идет к берегу. Что же такое эта волна? Она — состояние, форма, конкретное действие океана.

А может ли свет, как звук, быть формой, вибрацией мирового эфира? Ничто не движется, а если движется, то лишь едва, кроме состояния и тела света. Тогда свет был бы не субстанцией, а, скорее, состоянием! Такие соображения стали основой для тихого, но серьезного конкурента, который появился у теории света, основанной на физике брошенного тела, который со временем окреп и нашел неожиданного союзника в новых исследованиях, которые тогда проводились при изучении электрических явлений.

То, что начинало свое существование как Бог, а у греков превратилось в светящийся внутренний огонь, эфирные эманации которого вызывали зрительное восприятие, в средние века стало “первым материальным состоянием” Гроссетеста. Он по-прежнему придерживался метафизики света, но в данном понятии о первом материальном состоянии уже заложены семена заключительного материального состояния света — корпускулярной оптики Ньютона. В течение этого пути совершенство было изгнано со своего исконного места, на котором воцарилась абстрактная математика гениальных вычислений. Абстрактное совершенство и вещественная реальность пришли на смену моральному совершенству и могуществу бессмертных богов. Это было куда серьезнее, чем просто обмен идеями; это повлекло за собой колоссальное видоизменение самого способа западного мировосприятия. Материально-механистические глаза заменили морально-духовные очи предшествующих эпох.

Научная революция XVI-XVII вв. открыла новую эпоху человечества. Человечество воспринимало данный этап как обретение зрелости и потому пыгалось отбросить все ребяческие нелепости. Со света содрали метафизическое одеяние, и его нагое тело было выставлено для всеобщего обозрения, как в анатомическом театре Леонардо. В окостеневший скелет света вгрызались резцы интеллекта Декарта и Ньютона, на состав света и принципы его движения были устремлены просвещенные научные взоры. Как в 1686 г. записал секретарь Парижской академии наук Бернар де Фонтенель, мир был не чем иным, как инсценировкой, оперой. Внимание науки было направлено не на драматическое действие, как бы интересно и страстно оно ни разыгрывалось, а, скорее, на расчетливый взгляд того, кто обычно оставался незамеченным во время представления, — инженера сцены⁵⁰.

Пришедших послушать оперу не волнует, как функционирует механооборудование. Напротив, инженеру в оркестровой яме слышны все реплики, заметен театральный грим актеров, он руководит работой осветителей, поднимает занавес и приводит в движение устройство сцены. Исполнители и технический

персонал совместными усилиями пытаются создать иллюзию, которая бы развлекала довольную публику, но лишь один инженер сцены знает всю правду без прикрас.

Фонтенель утверждает, что сходным образом природа прилагает все усилия для того, чтобы представить красочную инсценировку человеческим чувствам. Нас может занимать закат солнца, пение птиц, нас могут волновать человеческие страсти в перипетиях любви и войны, но за всеми этими внешними происшествиями действует тайное механооборудование природы, средства, которые она использует для того, чтобы представить свои иллюзии неведающей публике. В отличие от простых людей ученый не останавливается на том, что видит во время представления, он пытается проникнуть за кулисы совершающегося. Он упорно ищет настоящие механические действия природы. Фонтенель пишет: "Тот, кто хочет увидеть природу такой, какая она есть на самом деле, должен стоять за кулисами во время представления".

Как и Вольтер, Фонтенель писал для того, чтобы просвещать любопытную публику по поводу тех механизмов, которые ученые считали движущими внешними проявлениями природы. Из под пера Фонтенеля (так же, как и из под пера Мерсенна) появлялись слова о "механистическом космосе", которые приводили публику в восторг. Грезы Декарта стали грезами эпохи. Юношескому восторгу, однако, довольно часто противостоят уроки и вопросы опыта. Так же произошло в случае с историей света и механистической Вселенной. Свет сохранил собственную непреложную природу, всегда готовый выбросить новую раковину диковинной формы на берег человеческого воображения.

ПОЮЩЕЕ ПЛАМЯ: СВЕТ В ВИДЕ ЭФИРНОЙ ВОЛНЫ

*А горшки, что горшечник лепит,
Могут разных быть форм и расцветок,
Но если внутри не пусть,
Их не сможешь использовать ты.*

Лао Цзы

Пространство всегда подобно описанной Лао Цзы пустоте внутри глиняного горшка. Не в нем, а в пустоте внутри содержится все, нужное нам. С тех пор как появилось понятие “пространство”, в нем содержится все, что мы в него вкладываем. Под пространством представляется множество вещей, и в таких представлениях есть важные последствия и для понимания света. Если пространство наделяется Божественной природой, то свет подобен Богу; выявляется его форма, свет становится геометрическим; пространство наполняется материей, свет — веществен. От Моисея до Эйнштейна история представлений о свете — это и история представлений о пространстве.

Когда в первый день сотворения мира Бог сказал: да будет свет, то, в интерпретации ранних отцов церкви, первым светом была та благородная духовная реальность, которую они называли *lux*, бывшая душой пространства. И потом средневековые ученые долго и напряженно трудились, пытаясь выявить различия между *lux* и его эманацией, или же телесным “двойником”, *lumen*. Нам трудно представить данное различие, хотя оно и было чрезвычайно важным для их представлений о мире¹.

Lux — дарованный Богом, необходимый свет, существо света, и как таковое — отражение его Создателя. Блаженный Августин считал его строжайшим, благороднейшим, наиболее мобильным и многообразным из всего сущего. Напротив, *lumen*

считались материальными средствами, через которые осуществлялось восприятие существа света (*lux*). Когда на уровне зрительного восприятия ощущается яркое сияние солнца, мы воспринимаем его *lux*, но происходит это за счет невидимых *lumen*, которые соединяют его с нами. В период от Августина до Галилея существо света, которое воодушевляло пространство (*lux*), удалось, оставив позади себя “окаменевшие” материальные частицы (*lumen*) в качестве ископаемого слоя для любопытствующих натурфилософов.

Свет очаровывал и продолжает очаровывать нас, поскольку, как писал Леонардо да Винчи: “Среди тех предметов, которыми занимаются при изучении естественных причин и законов природы, именно свет доставляет наивысшее удовольствие”². Охватывая период в истории представлений от светящегося ока Древнего Египта до современных квантовых теорий поля, свет “лепит” пространство для своих нужд.

В образных представлениях Гроссетеста развертывание света из первобытного очага дало рождение пространству, когда свет самоумножался, поколение за поколением, пока наконец, исчерпавшись, он не умер на береговой линии Вселенной, которую сам же и создал.

Пространство Евклида и Брунеллески было чистой геометрией. Свет и зрение исходили в виде лучей; чистая геометрия чувствительных линий, соединяющих душу с миром.

Для Декарта пространство было измеряемым, продолжающимся и потому должно было быть вещественным. Он не мог представить продолжение пространства без субстанции; там, где было одно, должно было быть другое. Ночью или днем, посмотрев наверх, можно увидеть “небо, сотворенное из жидкой материи”, и вращение планет в вихревом течении, подобно травинкам, попавшим в пучину водоворога³. Чем бы ни был свет, ему приходится проходить через эту материальную среду. В конце XVIII в. считали, что данная материальная среда состоит из эфира, движение которого стало *lumen*, вызывающих зрительное восприятие, а *lux* уже перестал быть признаком Божества и воспринимался лишь как плод субъективного воображения.

Таким образом, наше понимание света переплетается с тем, какие понятия появляются в отношении пространства.

Происходит их совместная эволюция: если пространство морально, то свет духовен; а когда пространство постигается по законам перспективы, тогда свет воспринимается геометрически; если же пространство — материально, то свет состоит из вещества. Каждая эпоха обращает внимание на одно из проявлений света, и так раскрываются предпочтения определенного периода. В корпускулярной теории света упор делался на его вещественную природу, тем не менее, и в ней были серьезные неувязки. Может быть, предлагали некоторые, вместо того, чтобы рассматривать свет как материальную субстанцию или жидкость, лучше считать, что свет — просто состояние в чистом виде, танец форм. Ведь, наконец, удалось разгадать таинственную природу звука, и оказалось, что это вибрация воздуха. Нельзя ли и со светом поступить так же? Кажется логичным, что первым выдвинул гипотезу, согласно которой свет — это танец форм в эфире, один математик, жизнь и работа которого состояли в неустанном изучении тонких материй.

В возрасте 53 лет ослепший Леонард Эйлер, величайший математик XVIII в., автор многочисленных трактатов по математике и физике и написавший самое большое количество работ член Прусской и Российской академий наук, удовлетворил просьбу любознательной юной немецкой принцессы из Анхальт-Дессау поделиться с ней соображениями о науке. В «Письмах к немецкой принцессе» (1760-1762 гг.) были охвачены все аспекты науки, они быстро привлекли внимание европейской общественности и разошлись в 36 изданиях на 9 языках. Написав письмо о солнечном свете, Эйлер предвидел вопросы принцессы (и наши). «После того, как я уже столько говорил о солнечных лучах, этом источнике тепла и света, которыми мы все наслаждаемся, у Вашего Высочества, без сомнения возникнет вопрос: что представляют собой солнечные лучи? Бесспорно, это одна из наиболее важных проблем физики»⁴.

Ответ Эйлера, поскольку он был дан в эпоху, отражавшую взгляды Ньютона, прозвучал как ересь. Лучи солнечного света, возражал он, «это нечто, что доходит до нас от самого Солнца или образующей его субстанции», а Солнце — не что иное, как колокол, через который раздается свет.⁵ Эти слова озвучили первый серьезный вызов ньютоновской концепции

света. В ответ принцесса спросила: “Да, конечно, уважаемый сэр, но что такое звук, и что такое эфир?” Если понимать свет по аналогии со звуком, то прежде нужно выяснить его [звука] сущность.

Знания о распространении звука появились не скоро. Его духовные истоки были облачены в пимб Слова, а в число исследователей звука входили мастера всех времен. Хотя и не сразу, но появилась уверенность по поводу звука, и ко времени Эйлера принцессе можно было дать полный ответ. Нам, как и ему, придется отойти от рассказа о свете с тем, чтобы временно предаться запятиям исследования истории представлений о звуке. Когда мы разберемся со звуком, мы сможем оценить ту изящную аналогию, которую Эйлер предложил для понимания природы света.

О гармониях и вакууме

С великолепной северной башни (“Башни солнца”) Шартрского собора звон колоколов созывает верующих на церковную службу. На 100 метров ниже, в архивольтах Королевского портала находятся иные, молчаливые каменные колокола. Они входят в изображение ученой христианской жизни, полной паучного усердия и медитаций, которая проходила в усвоении семи “либеральных искусств”. Эти семь предметов составили, по выражению Вильгельма Конхесского, “надлежащий и единственный инструмент всей философии”. Четыре (“Квадривиум”) были посвящены наукам. Они “просвещали разум”, а одна была наукой музыки⁶. На одном из рельефов в Шартре изображен средневековый покровитель музыки; это не какой-то рапный христианский композитор, а языческий философ Пифагор: он сидит, вслушиваясь в перезвон колокольчиков и тона лиры — с помощью этих инструментов он впервые обнаружил присутствие чисел во всех вещах. Может показаться, что он слушает лишь земные тона, но шартрские мастера хорошо знали, что ему открывались и неслышные созвучия небесной музыки, божественные гармонии которой отражались в науке от Пифагора до Иоганна Кеплера. У звука, как и у света, есть не только мирская, но и духовная история, которая параллельна



Пифагор, вслушивающийся в гармонию сфер.
Рельеф Шартрского собора.

его визуальному “компаньону”. В финском народном эпосе “Калевала” говорится, что мир был сотворен с помощью звуков песни. До того как звук стал обозначаемым для механистического образа света, как это было для Эйлера, ему пришлось освободиться от своей духовной природы, он должен был обрести телесность, а не вечную реверберацию Слова.

Переход к полностью механистическому представлению о звуке произошел в XVII в. Одним из типичных деятелей той поры был ученый Атанасиус Кирхер, в котором объединились религиозный настрой с современной склонностью к

экспериментальным исследованиям и разоблачению языческих предрассудков. Он, например, с одной стороны, интерпретировал строчку из “Книги Иова” — “...при общем ликовании утренних звезд...”, — как ссылку на пифагорейскую гармонию небесных сфер, предмет, о котором он написал подробный комментарий⁷. Но при этом, стремясь услышать чистую песнь Господа, Кирхер одновременно занимался экспериментами в лаборатории и в Музее звука Римского колледжа, создавая новые акустические приборы, которые он часто использовал для того, чтобы развеять предрассудки простолудинов. Например, на Пятидесятницу, религиозный праздник, отмечающий чудо сошествия Духа Святого, при котором на первых учеников Христа сошли языки пламени, Кирхер с коллегами притащили огромные слуховые трубки на гору св. Евстахия. Играв роль хора ангелов, они так озвучили литании, что их было слышно в окрестных деревнях, расположенных в пяти милях от горы. Более двух тысяч деревенских жителей собрались на этот глас свыше, принеся дары этим наглым “ангелам”.

Тем не менее, Кирхер был серьезным исследователем, его самым значительным научным экспериментом была попытка впервые исследовать распространение звука в вакууме. В те дни горячо оспаривалась сама идея о вакууме, пространстве, лишенном материи. Задолго до этого Аристотель заявил, что “природа не терпит пустоты”, и его слова считались непреложным мнением. Невзирая на споры, в 1650 г. Кирхер перевернул ртутный столбик (как это часто делается в ртутных барометрах) и поместил колокольчик в пустом пространстве над ртутью. Из-за вращений магнитного железняка — магнита — вокруг закрытого железного язычка колокольчика, колокольчик зазвенел, и, услышав эти звуки, раздававшиеся в вакууме, Кирхер весьма здраво заключил, что воздух не является необходимым условием для передачи звука. В Академии дель Чименто (Академии опытных знаний) во Флоренции другие ученые повторили эксперимент и, достигнув сходных результатов, пришли к аналогичному выводу. Все это, казалось, поддерживало точку зрения французского философа-атомиста Гассенди, считавшего, что звук вызван выделением чистого потока невидимых частиц, двигающихся от источника звука к

уху. Лишь через 10 лет после эксперимента Кирхера Роберт Бойль, используя значительно усовершенствованный вакуумный насос Отто фон Герике, добился успеха, показав, что звон колокольчика, на самом деле, мог быть не услышан, если колокольчик должным образом подвешен в безвоздушном стеклянном контейнере. Воздух был необходим для передачи звука.

Интересно отметить, что было видно через вакуум: вакуум не был темным, что означало, что для распространения света, напротив, воздуха не требовалось. Хотя для движения света, в отличие от звука, воздуха не требовалось, оставалось вполне вероятным, что там остается еще более неуловимая субстанция, которую не истребить даже вакуумным насосом.

Открытие того, что для передачи звука требуется материальная среда, и сходные открытия, включая точные измерения и диагностику скорости звука, способствовали “привязке” звука к земле. В образных представлениях научного мира того времени звук стал рассматриваться как механистический и материальный феномен. Но сама конкретная природа звука, как писал Бекон, оставалась “лишь поверхностно наблюдаемой” и была “одним из наиболее неуловимых элементов природы”⁸. Как происходит физическое производство звука и какова его конкретная природа во время распространения через воздух?

Напойте несколько нот и при этом дотроньтесь до гортани или приложите пальцы плотно к ушам. Ощущаемые вибрации убедительно указывают на механизм, связанный с производством звука. Присмотритесь к смычковой скрипичной струне или к краю губной гармоники. Плавное движение естественно подсказывает, что существует связь между вибрацией и производством звука, на что обращал внимание еще Аристотель⁹. Но все же, каким образом в развернутой форме такие вибрации соотносятся со звуком?

Выявление математического соотношения между высотой звука и напряженностью или длиной струны восходит корнями к Пифагору, но его связь с конкретной частотой вибрации была выявлена Галилеем в конце “Дня первого” в *“Диалогах о двух главнейших системах мира: Птолемеевой и Коперниковой”* в 1638 г. Если провести ногтем по классной доске, от пронзительного

скрипа не только мурашки побегут по спине, но и почувствуется вибрация на кончике пальца. Попробуем сделать то же самое куском твердого мела, при этом замечая, что вибрирующий мел оставляет после себя на доске след с интервалами меньшей или большей величины в зависимости от того, выше или ниже высота звука. Сначала это наблюдение мимоходом сделал Галилей, когда он провел жестким железным резцом по медной пластине. Потом он раз за разом проводил резцом по медной пластине, изменяя условия эксперимента. Хотя визг, наверняка, был душераздирающим, результаты были головокружительными. Каждая вибрация оставляла след резца на пластине. Сосчитав следы на дюйм поверхности, Галилей вывел соотношение между полученной высотой звука и количеством вибраций в секунду. Он даже смог подтвердить античную пифагорейскую меру для музыкального интервала квинты за счет звуков, произведенных соприкосновением резца и пластины, сравнивая их с должным образом настроенными клавирами. Таким образом, высота звука и частота вибраций были объединены. Звук стал вибрацией, которая распространялась через вещественную воздушную среду.

Вспомним океанскую волну, идущую к берегу, из предыдущей главы. Набегающая волна поднимает и опускает воду, но не несет ее к берегу. В этом смысле все волновые движения похожи друг на друга. Хватает несильного, иногда чрезвычайно слабого движения, чтобы отослать “форму” ряби от источника движения. Среда, которая распространяет такую форму, лишь слабо вибрирует, но, тем не менее, раскат грома проходит дистанцию в 11 миль за минуту, и его слышно на расстоянии двадцати миль.

Через 200 лет после Галилея и уже после того, как была точно установлена вибрационная основа звука, она неожиданно получила визуальное подтверждение во время исполнения грандиозного трио Бетховена. Слушая выступление струнного трио, врач Джон Лекони подошел к двум газовым рожкам “рыбий хвост” рядом с фортепиано. Было видно, как пламя одного пульсирует *абсолютно синхронно* с музыкой¹⁰. Даже вибрации нот, производимых виолончелью, рябью проходили

через слой пламени так, что “даже глухой мог увидеть эту гармонию”. Потайные вибрации звука стали видимыми за счет “чувствительного пламени”.

Холодное, тусклое мерцание “солнечной губки” подсказало Галилею идею, что свет может быть телом, наименьшим среди сущего. Возможно, он ошибался; вероятно, можно заменить его лишенную воображения материальную концепцию света таким подходом, в котором свет воспринимается как мельчайшие волны, рябью проходящие через эфир, подобно вибрациям нот виолончели через открытый огонь. Может быть, свет — это поющее пламя, изысканная вибрация светоносного эфира.

Два лика знания

Звук, отсеченный от древних связей с Божьим Словом творения, представлялся пронизательным интеллектуалам XVIII в. в виде волны переменного давления и разрежения в невидимой воздушной среде. Когда этот взгляд на звук стал общепризнанным, свет начали считать чем-то сходным по природе. Образные представления науки или иных дисциплин естественно прозревают неизвестное в знакомых средствах выражения: Бога — по образу и подобию человека, свет — по образу и подобию звука.

До того, как мы продолжим наш рассказ, задержимся, чтобы осознать незавершенность картины, созданной в случае со звуком. Чистая, стабильная вибрация не наделена никаким значением; это теорема в математической физике. *Бесконечно* выводя смычком на скрипке ноту “си-бемоль”, ничего не передашь: ни музыку, ни голос; нет передачи “сигнала”. На самом деле, чувство слуха об этом прекрасно осведомлено и потому будет склонно не слышать неизменный фоновый звук, будь это шум водопада или гудение плохо укрепленной флуоресцентной лампы. Для того, чтобы говорить, необходимо модулировать чистые тона, производимые человеком, придавая им форму слов. Значение появляется в равной степени как посредством молчания, так и за счет звука. Граф Морис Метерлинк понимал это, когда написал: “Души взвешивают в тишине подобно тому, как золото и серебро взвешивают в чистой воде, и слова,

которые мы произносим, не имеют никакого значения без той тишины, в которую их окунают”¹¹.

Вибрация воздуха подобна бесформенному комку глины до того, как руки скульптора превратят его в произведение искусства, способное поразить нас необычайным образом. Гортань человека действует как руки, оформляющие монотонные звуки аудиоосциллятора физика в дикцию наполненной смыслом речи. Может ли подобное иметь место в случае со светом? В XII в. Аделяр из Бата написал, что зрение происходит из-за “видимого дыхания”¹². Он считал, что мы “вдыхаем” внешний свет (*lumen*) и “выдыхаем” свет значения (*lux*), что напоминает взаимное воздействие внешнего и внутреннего света, о котором писали древние греки.

Восприятие звука или света лишь в качестве вибрации означает сведение к мраморной пыли статую *Давида* Микеланджело. В каком-то смысле это может быть верным, но при таком подходе теряется истина, воплощенная в статуе. В нетронutom мраморе все — потенциально. Как бог Протей, мрамор может принять любую форму. Оставленный сам по себе, он ничего не передает. Используя язык света, можно сказать, что *lux* должен привести в движение *lumen*, чтобы речь, музыка или нежное пение птиц могли нас тронуть физически и психически. Если вибрация — это тело выраженного тона, ее дух отражается в ее наполненной бесконечным количеством оттенков форме. Для зрения, как и для слуха, требуется колеблющаяся и искусно изготовленная форма света для получения значения. Если изображения на сетчатой оболочке глаза сделать полностью неподвижными, они исчезнут. Это факт, подтверждаемый психологией чувственного восприятия. Зрительно воспринимаются лишь изменения, движение, жизнь.

В течение XVIII в. произошло выделение конкретных особенностей речи и слуха в отдельную дисциплину (начало физиологии и психологии чувственного восприятия), при этом “телесные аспекты” оставались для изучения ученым-физикам. Среди них был и Леонард Эйлер, предоставивший в работе “*Новая теория света и цвета*” (1746) первую тщательно

обоснованную вибрационную теорию света. Светящиеся предметы “вибрируют”, писал он, и эфир доносит эти вибрации до глаз, как воздух доносит звук до ушей. Для продвижения собственной вибрационной теории ему сначала нужно было дискредитировать корпускулярную теорию Ньютона, и это он делал куда более методично, чем кто-либо до него, используя многие возражения, упомянутые в конце предыдущей главы. Тем не менее, даже вибрационная теория Эйлера не могла объяснить все многочисленные проявления света, в особенности то, что касалось феномена дифракции. Само слово “дифракция” было предложено иезуитским священником Франческо Мария Гримальди из Болоньи, Италия, после углубленных исследований феномена света в 1655 г. Дифракция воздействует на окружающий мир неуловимым образом, и обычно мы этого просто не замечаем.

Посмотрите на кредитную карточку. На ней, вероятнее всего, есть небольшое голографическое изображение. Иногда на обложках гламурных журналов, в рекламных проспектах и в любом естественно-историческом музее имеются сходные трехмерные голограммы. Все это основано на феномене дифракции.

Дождливым вечером, находясь на улице, посмотрите на уличный фонарь через зонтик. Многократное, красочно измененное изображение фонаря — это и есть явление дифракции.

А теперь, собрав пальцы в кулак, но не до конца, посмотрите через “трубу” на источник света. Появляющийся узор из темных линий и форм и есть результат дифракции.

Из бесчисленных конфигураций, вызывающих дифракцию, простейший пример, когда свет проходит рядом с темной кромкой. Перед такой неотступной границей свободный белый свет внезапно наталкивается на темноту и уступает ей. Результаты этой встречи едва уловимы, но легко узнаваемы. Там, где раньше были лишь свет и тьма, появляются пестрые параллельные полосы света, ритмически вторгающиеся в каждую сферу. Незамеченное до XVII в., данное явление обогащает метафору света. Опять же продолжается борьба света с тьмой, и в результате столкновения появляется цвет.



Дифракция света проявляется в виде интерференционных полос, обводящих руку и монетку. Для изображения использован свет лазера.

Ни одно из этих явлений не объяснялось с помощью корпускулярной теории света. Волновая теория Эйлера также не могла дать адекватное объяснение, поскольку в ней по-прежнему отсутствовало ключевое понятие. Если свет был подобен звуку, тогда сходные воздействия дифракции должны проявляться и в звуке. В то время не было известно ничего подобного. Как выясняется, в звуке также есть сходные действия, только не столь очевидные. Например, находясь в ванной комнате, пропойте какую-нибудь ноту. Медленно измените высоту звука и отметьте, как меняется интенсивность звука. Когда частота вибрации резонирует в помещении, тогда начинается взаимодействие звуковых волн и наблюдается

явное увеличение громкости звука. Даже такое простейшее акустическое явление не могло быть осознано в то время. В понимании волн, акустических или световых, не хватало чего-то важного. Отсутствовавшее понятие было предоставлено английским ученым Юнгом и блестяще применено его современником Френелем во Франции.

Томас Юнг был необыкновенно одаренным человеком с эрудицией поразительной широты¹³. Научившись читать в возрасте двух лет, в молодые годы Юнг в основном занимался самообразованием в математике, изучая дифференциальное и интегральное исчисления, и в сфере естественных наук (включая самостоятельное изготовление телескопов и микроскопов). С ранних лет он проявлял неугасимый интерес к изучению иностранных языков, начал с латыни, древнегреческого, французского и итальянского, а потом выучил иврит, арамейский, сирийский, самаритянский, арабский, персидский, турецкий и эфиопский языки. Более того, Юнг смог расшифровать части надписей Розеттского камня независимо от Шампольона и, таким образом, помог прочесть иероглифические письма древнего Египта. В Лондоне, Эдинбурге и Гёттингене он изучал медицину, получив звание доктора медицины в 1796 г. Интерес к вопросам зрительного восприятия и изучение строения глаза привели его в 1801 г. к конструктивному предположению, что цветовое зрительное восприятие происходит за счет чувствительности сетчатой оболочки глаза к трем основным цветам: красному, желтому и синему. Впоследствии Максвелл и Гельмгольц модифицировали и расширили воззрения Юнга по поводу трехцветного зрения, сформулировав подход, широко распространенный сегодня. Не по годам развитый, любитель танцев и выездки, Юнг был изысканным и блестящим интеллектуалом, важность которого для нас заключается в выдвинутом им революционном «принципе интерференции».

Находясь под значительным влиянием трудов Эйлера, Юнг поддерживал вибрационную теорию света и существование мирового светоносного эфира. Однако, кроме того, он

выдвинул принцип, который, настаивал он, мог разъяснить феномен дифракции. На подобные заявления отваживались немногие. Проводя параллель с тем, как перекрещивающиеся морские волны либо усиливают, либо гасят друг друга, Юнг предположил, что волнообразные колебания эфира усиливаются или ослабляются до полного исчезновения за счет сходных интерференций. В настоящее время мы усваиваем эти идеи в старших классах средней школы, но нужно представить явное “сумасшествие” предположения Юнга в то время. Исходя из вышеизложенного принципа, сегменты равным образом освещенного экрана *затемняются* за счет *добавления* света. “Свет” плюс “свет” равно “тьма”? Именно такое предложение и выдвинул Юнг.

Генри Броум озвучил мнение многих современников, выступив с заявлением, что принцип интерференции Юнга был “одним из наиболее невразумительных допущений на нашей памяти, с которыми мы встречались в истории выдвинутых гипотез”¹⁴. Отвергнув принцип интерференции, критики также отклонили гипотезу о том, что свет — это сенсорный эффект вибраций в светоносном эфире. Об эфире лорд Броум высказался следующим образом: “От такой глупой фантазии нельзя ничего ожидать”. Не найдя нигде понимания, Юнг стал считать себя Кассандрой своего времени; Кассандра тоже говорила правду, но ее никто не понимал. Тем не менее, от угроз, исходивших от дифракции и поляризации, пошатнулись позиции тех, кто считал свет потоком мельчайших налетающих частиц, и не за горами было то время, когда будут свергнуты гипотезы, которыми они дорожили, и будет обоснован “невразумительный” принцип наложения Юнга (невразумительность, кстати, только возросла в квантовой механике).

В изложениях теорий света Ньютона, Декарта, Гюйгенса, Юнга и Эйлера частности различались между собой, но было важное объединяющее свойство. Они все подчеркивали важность понимания света на основе аналогии. То есть, свет рассматривался наподобие чего-то еще: в чем-то наподобие материи, или же наподобие волн на поверхности водоема. Однако

Эйлер разработал параллельный подход, а именно, формализованное математическое описание природы.

Эйлер моделировал свет на основе звука и, таким образом, шел в русле уже установившейся традиции рассуждений на основе аналогии с более изученными явлениями. Однако, будучи математиком, он также развивал и альтернативное описание данного феномена, такое, которое давало более абстрактное представление о природе за счет применения высшей математики, включая вновь разработанные методы исчислений.

Конечно же, Эйлер был не первым ученым, применившим математику для описания природы. В действительности, подобно истории представлений о свете и звуке, у применения математики к природе есть своя удивительная история, в которой отражается эволюция человеческого сознания. Еще в Древнем Вавилоне астрономы-жрецы взбирались на вершины зиккуратов (ступенчатых пирамид), чтобы наблюдать за движением Солнца, Луны, планет и звезд. На основе наблюдений они составили полностью арифметическую астрономию, которая отличалась поразительной точностью¹⁵. Важно то, что у них не было никаких иных представлений о космосе, кроме того, что было отражено в религиозной мифологии. В течение последовавших веков произошли коренные изменения в сознании астрономов. Планеты и звезды перестали быть обиталищем богов и стали отдаленными массами, геометрически расположенными вокруг Земли и Солнца. Также изменилась и математика. Ее объекты уже не были ограничены лишь числами и арифметическими действиями и не сводились к элементам и доказательствам геометрии Евклида; к XVIII в. к математике относились совершенно новые, казавшиеся невообразимыми сущности, наподобие бесконечно малых величин математического анализа, а к концу века была сделана первая попытка разработки неевклидовой геометрии. Совершенство, сведенное Галилеем с небес и размещенное в математике, потихоньку развернулось так, что иногда это вызывало тревогу.

Эйлер и его современники сделали значительный шаг вперед в применении современного математического анализа к природе. Подобно игре светотени на предметах, Эйлер и все физики после него использовали два языка для обсуждения

природы нашего мира. Один язык обращен к воспринимаемому чувствами образному представлению, другой — к абстрактным суждениям. С того времени до наших дней существо света пытаются поймать, не только раскинув сети механистических аналогий, но и посредством куда более утонченной и нематериальной паутины математики. Многие поспешно прижались к Фогтвелю, наблюдавшему за природными явлениями из-за кулис оперного театра, где можно было на близком расстоянии изучить подъемные механизмы и реквизит, грим и освещение. Однако для горстки других механооборудование природы было, конечно, интересно, но далеко не так прекрасно, как созерцание ее форм и моделей, наблюдаемых через математические линзы.

Эйлер обращался не только, даже не в первую очередь, к немецкой принцессе, а, скорее, к совершенно другой и более близкой ему аудитории в сотнях писем и книг. Он создавал эти труды для крохотной элитарной группы лиц, непрочное существование которых зависело от прихотей и щедрости таких деспотов, как Екатерина II или Фридрих II Великий. В тот самый год, когда появились *“Письма к немецкой принцессе”*, Эйлер опубликовал научный труд *“Механика”*, все двенадцать напечатанных экземпляров которого разошлись за первые два года. Поразительно, что духовные наследники этих двенадцати читателей, в число которых входили Лагранж, Лаплас, Пуассон, Фурье и Гаусс, стали первыми математическими физиками. В конце концов, они создадут всю научную культуру. Они, а не немецкая принцесса, упорно трудились, выращивая нежные всходы современной науки. В данном процессе сам язык научного общения, особенно после изобретения математического анализа, все меньше и меньше оставался общей собственностью образованных людей. Расширяющаяся пропасть между устращающим дискурсом математики и популярным остроумием невозможно, наверное, продемонстрировать ярче, чем на примере встречи Эйлера с блестящим создателем замечательной французской *“Энциклопедии”* Дени Дидро при дворе императрицы Екатерины II в России.

В 1773 г. мятежный философ Дидро отправился в Санкт-Петербург, чтобы стать первым библиотекарем вновь созданной

библиотеки Екатерины. Его смелость, красноречие и атеистические взгляды обещали настолько испортить дворцовую молодежь, что пожилые придворные навязали императрице условие обуздать язык французика-пасквилянта. Скрепя сердце, Екатерина согласилась, но пожелала, чтобы это было сделано без нее. Поэтому было условлено, что Дидро встретится с "российским философом, ученым математиком и выдающимся членом Российской академии, который готов доказать ему, что Бог существует, алгебраически в присутствии всего двора"¹⁶. (Проект, который, кстати, был продолжен математиком-гением Куртом Гёделем.) Когда представился подходящий случай, собрался весь двор, и российский философ (Эйлер!) мрачно подошел к Дидро и серьезно, убежденным голосом начал так: "Месяе, $(a+b^a)/z = x$, поэтому Бог существует! Что Вы на это скажете?" Не имевший равных в интеллектуальных спорах, Дидро не смог соперничать с Эйлером в царстве математики и отказался участвовать в дискуссии! Вскоре после этого он решил покинуть двор Екатерины и вернулся во Францию. Даже энциклопедист Дидро перешел в стан немецкой прищессы, когда столкнулся с высказываниями современного математического физика.

Утонченная математика и материалистические концепции мира, которые стремились создать механистические модели невидимых реальностей: таковы были черты интеллектуального мира XVIII в. Ранее свет пребывал в совершенно иных имажинальных ландшафтах, но теперь его сущности пришлось по необходимости поселиться в психологическом пространстве, предложенном ему лучшими умами того времени. А когда-нибудь происходит по-другому? Не определяет ли содержание нашего интеллекта тот мир, который мы видим?

Тем не менее, человеческий дух непоседлив, а природа извечно податлива и готова ответить на те вопросы, о которых еще и не мечтали. Она способна открыть новые обширные перспективы, обнаруживая скрытые части своего существа. Сбивающие с толку и необъяснимые черты и явления света оставались таковыми и побуждали к продолжению исследований. Под их влиянием один француз выдвинул теорию, настолько успешную, что она свергла представления о свете,

предложенные Ньютоном, и стала оригинальной волновой теорией в качестве основного представления о свете.

Свет на обочине

Дифракция оказалась упорным фактом, непрестанно указывавшим на волновую теорию. Однако загадка “поляризованного света” также не поддавалась разумению и сначала, казалось, что для разгадки нужно будет обратиться к корпускулярной точке зрения. А сторонникам волновых представлений, помимо всего прочего, нужно было ответить вот на какой вопрос: что такое этот вездесущный эфир? Данные проблемы привели к тому, что в своих исследованиях теоретики волнового подхода должны были модифицировать взгляды Эйлера таким образом, чтобы волновая модель света стала грозным противником и в конечном итоге смогла бы разгромить положения корпускулярной теории. В принципе наложения Юнга, каким бы странным он ни казался некоторым, содержался важный отсутствовавший элемент. По-прежнему нужен был одаренный человек с математическим складом ума, чтобы превратить данный принцип в изящный и неопровержимый формальный подход. Парадоксально, что такой человек нашелся “на обочине”, он руководил конструкцией и строительством дорог и мостов, его звали Огюстен Френель, он работал в компании “*Corps des Ponts et Chaussées*”.

Если нужно назвать единственное событие, которое ознаменовало переход к новому, основанному на математике представлению о свете, то тогда это заседание Парижской академии наук в марте 1819 г. В состав комиссии входили величайшие математические физики века, большинство из них — убежденные корпускуляристы. Им предстояло определить наилучшее научное изложение неподатливой проблемы дифракции. На рассмотрение было подано всего два заявления, одно — абсурдное, а второе — такое мощное, масштабное и настолько подробно проработанное в смысле математических построений, что ее автор, сравнительно неизвестный

Французский инженер из провинции, и его теория вырвались на передний план в исследованиях, посвященных выявлению природы света.¹⁷

В одиночку, не зная о работе Томаса Юнга, инженер-строитель Огюстен Френель энергично проводил тщательно подготовленные эксперименты по дифракции (прибегая к услугам местного кузнеца в качестве изготовителя точных приборов) и разработал математические основы для волновой теории света, с помощью которой можно было объяснить наблюдаемое во время экспериментов. Все величайшие математические физики того времени, включая Пуассона, Био и Лапласа, были сторонниками ньютоновской концепции света и потому решительно выступали против волновой теории света. Френелю пришлось представить на конкурс свой труд на рассмотрение этим людям, и с годами против них обернется то, что никому не известный провинциальный инженер проводил свою линию в одной научной публикации за другой. Используя и развивая принцип интерференции наряду с мастерским применением математического анализа, Френель провел замечательные новые расчеты, многие из которых подтвердились на практике. Тем не менее, и его анализ был не всегда исчерпывающим.

В работу, поданную на конкурс, Френель включил настолько сложные формальные решения проблемы дифракции, что он не мог вывести заключения для конкретных случаев. Другими словами, он проводил абстрактный анализ проблемы дифракции, но при этом не мог предоставить никаких конкретных экспериментальных расчетов. Его блестящий оппонент Пуассон приступил к решению одного из неподатливых уравнений Френеля и потом пытался использовать его для того, чтобы выставить напоказ явную абсурдность теории Френеля. Пуассон обратил внимание на то, что из теории Френеля явно следует, что в *самом центре тени*, отбрасываемой небольшим диском, должно находиться светлое пятно. Осветим, к примеру, шарообразную пулю для духового ружья и пространство за ней, в центре отбрасываемой ею тени должно быть пятно света, такой яркости, как будто и нет никакой пули! Абсурд, заявил Пуассон. Другой член комиссии, экспериментатор Араго, друг и сторонник Френеля, провел данный эксперимент

и обнаружил пятно, именно такое, как это предсказывал Пуассон, использовавший теорию Френеля. Волновая теория Френеля была доказана. Сам того не желая, Пуассон вбил последний гвоздь в гроб, где покоилась корпускулярная теория Ньютона.

Как в повседневной жизни проявляются такие воздействия дифракции? Хотя Френель во время экспериментов использовал специальные источники освещения и приборы, совершенно аналогичное явление наблюдается во время наступления полнолуния! Когда прозрачные облака набегают на луну, вокруг нее появляются цветные кольца: рядом с лунной — синеватое, превращающееся потом в белое, а заканчивается — красноватым. Называемое ореолом, или кольцом, это очаровательное зрелище вызвано дифракцией лунного света вокруг водяных капель или ледяных кристаллов точно таким же образом, как образовано пятно Пуассона, но только в этом случае повторенное для каждой из бесчисленных капель, составляющих облако¹⁸. Вместо того, чтобы лишь загораживать свет, капли и кристаллы облака помещают свет там, где не должно быть никакого света, если представлять свет лишь в виде геометрических или корпускулярных лучей. Ореол должен нам напомнить о немыслимом мастерстве света, его сверхъестественной возможности появляться в центре самой темной тени.

Френелю и Юнгу удалось объяснить еще один неподатливый момент экспериментальных данных, а именно — феномен поляризации. Наиболее распространенный пример поляризации связан с блеском. В автомобиле или на яхте отражение солнечного света от поверхностей может раздражать и даже быть опасным. Такой блеск можно волшебным образом убрать, надев так называемые очки “Полароид” с поляризующими линзами. Секрет этой новинки основан на понимании поляризации, разработанном, главным образом, Фрепелем.

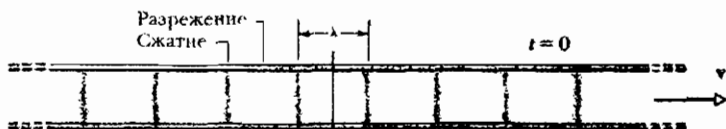
Пропустим свет через незамутненный кристалл исландского шпата, и покажется, что он в каком-то смысле стал “направленным”. Данное свойство подтверждается за счет пропускания направленного (или поляризованного) света через идентичный второй кристалл. Он также совершенно прозрачен, но, тем не менее, из-за определенных направлений двух

кристаллов, свет *совершенно не* проходит через второй кристалл. Корпускулярные теоретики предполагали, что частицы света, проходя через первый кристалл, отбирались на основе их формы. Если же второй кристалл установить таким же точно образом, что и первый, тогда свет через него проходит, а по-другому — нет. Это все равно, что пытаться загнать квадратные кольшки в квадратные отверстия; они войдут, только если соответствующим образом направлены. Феномен поляризации поставил в тупик волновых теоретиков, поскольку в звуке не отражаются никакие результаты поляризации. Если же свет был такой же волной, что и звук, тогда в них должны проявляться идентичные действия. Решение предложил Фрешель. Если бы вибрация в эфире, который он воспринимал как свет, была трансверсальна к направлению распространения света, тогда это согласовывалось бы с направлением света.

Звук — это волна сжатия и разрежения в воздухе. Скажите что-нибудь через один конец трубы, и волна распространится по ней со скоростью звука в воздухе. Движение волны идет *по* направлению сжатия. Если бы цепочку домино оспастить пружинками, чтобы они возвращали их в исходное положение по мере падения, волнистая линия падающих и восстанавливающихся костяшек домино была бы хорошим примером звука.

Свет больше походит на волны струны или моря, чем на волны звука. Струна может вибрировать вверх-вниз или влево-направо. Эти движения соответствуют двум линейным поляризациям вибраций света и, таким образом, служат причиной “направления” света¹⁹. Устранения блеска, который, по большей части, является горизонтально поляризованным светом, можно добиться за счет направления поляризующих фильтров так, чтобы они пропускали лишь вертикально поляризованный свет.

Одним из наиболее поразительных и красивейших феноменов поляризации является поляризация цветов. Для того чтобы увидеть, как это происходит, нужно лишь поместить кусок старомодного целлофана или прозрачную обертку конфеты между двумя поляроидными фильтрами (если есть пара старых очков “Полароид”, можно просто *вынуть* стекла). *Перед*



Изображение звуковой волны в воздухе. Звук, движущийся направо, — это ряд сжатий и разрежений, как показано на схеме.

глазами неожиданно возникнет восхитительная последовательность образчиков цвета, и цвета будут меняться при вращении поляризованных линз! При ближайшем рассмотрении оказывается, что при каждом изменении толщины целлофана появляется новый цвет.

Видя эти цвета, не могу не вспомнить “Синхромю”, серию картин американского художника Моргана Рассела. На этих картинах сами цвета становятся языком, оторванным от изображения. Под картиной, названной “Синхромия в сине-фиолетовом”, надпись в каталоге поясняет: “И сказал Бог: да будет свет. И стал свет...” В центре картины, привлекая к себе внимание зрителя, — желтизна, про которую Рассел и говорил, что она символизирует тот свет и первые глаза, увидевшие его. В письме г-же Витни он написал: “Взрыв центрального образа в моей картине ... несомненно несет в себе смутную параллель с тем, что, должно быть, происходило с первым зрительным органом”. Во второй половине 1910-х гг. Рассел был также занят созданием того, что он называл “световые ящики”. Это были небольшие деревянные ящики, две продольные стороны которых оставались открытыми. Внутри ящиков устанавливались лампы, а потом на открытые стороны налагались раскрашенные прозрачные кальки. Когда лампы зажигались, экспонаты Рассела буквально сияли, излучая в пространство цвета, подобно лучам солнца, проходящим через панели витражей. Не довольствуясь ограниченным пространством ящика, свет выходит наружу и, где возможно, по периметру проявляются яркие

цвета кальки или стекла, иначе остававшиеся бы бесцветными и темными.

16 мая 1832 г. великий английский астроном Вильям Гершель послал своему другу, физику Уэвеллу, то, что он также называл “коробкой, наполненной светом”. У этой коробки не было ярко раскрашенных сторон и ее не выдавали за произведение искусства, наподобие световых коробок Рассела, но, поясняя Гершель, эта коробка “излучала свет не мгновенно, а была такой, воздействие которой проявляется медленно”. В ней были научные разработки Огюстена Френеля.

С 1820 по 1835 гг. британские ученые занимались изучением и применением идей Френеля. По ходу исследований стало казаться, что наконец-то основные математические отношения, характеризующие свет, были уловлены и записаны в работах Френеля, которые поместились в небольшой картонной коробке. Галилей с радостью залез бы в эту темную коробку, возможно, со свечой, чтобы в такой одиночной камере узнать математическую истину о свете. И, тем не менее, несмотря на непрерываемый успех теории Френеля, свету “не сиделось” в коробке света Гершеля. Ему не терпелось наружу как в научном смысле, так и в духовном. Эксперименты Фарадея с электричеством и динамическая теория Максвелла разорвали коробку на части и разбросали эти бумаги. Свет — это волна? Максвелл и Фарадей отвечали: “Да!”, но из чего она сделана и какого она типа? Современниками Юнга и Френеля были мыслители, поэты и художники Романтизма и американского трансцендентализма, которые считали, что сущность света никогда невозможно уловить в уравнениях или “поместить в ящик”. В их редакции свет был куда более яростным и природным, чем в трактовке ученых, и эти взгляды также станут неотъемлемой частью нашей истории света.

Смерть материального эфира

Недовольные тем, что не видим, мы напрягаем все приборы и мышцы интеллекта, чтобы обнаружить природу невидимой, повседневной вещи — света. Не видя его, мы предполагаем. Может быть, как и звук, это мимолетная фигура, форма

которой проносится сквозь пространство в вибрирующей среде. Подобно тому, как воздух проводит звук, а вода — океанские волны, возможно, свет — это волна, рожденная представленным эфиром. В противовес непосредственным наблюдениям в течение XIX в. многие физики представляли свет как вибрацию эфирной материи, но при таком подходе обнаруживались значительные проблемы.

Воздух и вода нам известны, но какова природа этого материального эфира? Едва ли покажется удовлетворительным объяснение одного невидимки, — света, посредством другого, — эфира. А какова его плотность, структура, состав и другие физические свойства? Исходя из того, что мы и Земля мчимся в пространстве и, соответственно, в эфире, последний, должно быть, чрезвычайно тонок. Тем не менее, для бешеной скорости света, 186 тысяч миль [300 тысяч км] в секунду, от эфира требуются иные, кажущиеся противоречащими свойства. Мы опять можем исходить из аналогии, па этот раз — с волнами струны или веревки.

Натяните длинную веревку между двумя столбами. Троньте один конец и вы заметите, что возмущение движется быстро к противоположному концу, где оно отражается назад и возвращается в исходную точку, чтобы опять отразиться и пойти обратно... Натяните веревку потуже и повторите эксперимент. Гиперповерхность движется в этот раз быстрее. Ослабьте веревку, и движение замедляется. Очевидно, что скорость передвижения возмущения по веревке зависит от ее натяжения. Мы ощущаем верность данного взаимоотношения, исходя из проведенного опыта. Щелкните пальцами. Если щелкнуть с применением большей силы, пальцы двинутся быстрее. Сходным образом, натяжение веревки — это та сила, которая действует для восстановления ее исходного состояния. Чем больше восстанавливающая сила, тем быстрее возвращается веревка в исходное положение, и тем быстрее бежит по веревке возмущение.

Скорость парастает с напряжением. Однако второе свойство веревки также влияет на скорость, а именно — ее масса. Под одинаковым воздействием растягивающих сил труднее отпустить толстый канат, чем тонкую веревку. Потому неудивительно, что по мере возрастания массы (по существу, массы на меру

длины), скорость падает. Изготовители таких музыкальных инструментов, как пианино, гитара или скрипка, используют данную закономерность, предназначая тяжелые струны для басов, а легкие — для верхов. При проведении тщательных экспериментов и теоретического анализа выясняется, что скорость возмущения задается формулой $v = \sqrt{T/m}$. Скорость v равняется квадратному корню натяжения, разделенного на массу. При увеличении натяжения возмущение ускоряется, при увеличении массы оно замедляется в точном соответствии с вышеприведенным уравнением.

По аналогии, если свет — это волна внутри данной неясной среды, тогда у эфира также должен быть источник напряженности и массовая плотность. Каковы они? Ответ облакает в плоть остававшееся иначе смутным понятие, предоставляя нам конкретный материальный образ эфира и, таким образом, света. Везде, куда попадает свет, существует и эфир, поддерживая вибрации света. Это эластичное тело, настолько подвижное, что волна, распространяющаяся в нем, может обойти вокруг Земли более семи раз за одну секунду. Тем не менее, та же самая Земля должна быть в состоянии беспрепятственно проходить через эфирную атмосферу Вселенной.

Еще в 1746 г. Эйлер дал развернутую оценку физических свойств эфира, основываясь на сравнении скоростей распространения звука и света. Исходя из этого, он утверждал, что плотность эфира должна быть, по крайней мере, в сто миллионов раз меньше, чем у воздуха, а его эластичность — в тысячу раз больше, чтобы объяснить чрезвычайную быстроту света. Таким образом, у эфира эластичность должна была быть большей, чем у стали, но при этом он в миллионы раз тоньше воздуха.

Через столетие сэр Джордж Стокс в приложении к техническому документу предложил модель эфира²⁰. Из смешения клея и воды получается тугая желеобразная масса, которая, с одной стороны, может действовать как тело для *скоростных* вибраций, но при этом позволит прохождение через себя *медленно* движущегося тела. Может быть, у эфира сходное строение. Исключительно скоростные, малые вибрации света мчатся в данной среде со скоростью 186 тысяч миль в секунду, в то время как громоздкие планеты медленно движутся по орбитам

со скоростью всего лишь 10 тысяч миль в час, бороздя эфир по мере движения.

Используя подсказку Френеля, галантливые французские и английские математики создали динамические модели эфира, подобно модели Стокса, а именно: они разработали подробные картины движения и взаимодействия “эфирных молекул”, которые требовались, исходя из изученных свойств света. С учетом удивительной скорости света на эластичность эфира налагались необходимые условия; учитывая движения планет и комет, выдвигались ограничения по поводу плотности эфира; из установленных фактов феномена поляризации следовало, что можно предложить систему эфирных взаимодействий. После многочисленных экспериментов казалось, что в работе этих великих ученых-математиков обнаруживается сходение в одной точке всех элементов развернутой материально-механистической модели светоносного эфира, с помощью которой можно было бы объяснить любое отдельное эмпирическое явление.

В их картине света был лишь один коренной недостаток, а именно то, что эфир был материальным. Большинство ученых XIX в. были замкнуты в образах представлений, которые были однозначно материалистическими. Какими бы тонкими и необычными не были его свойства, по если эфир был чем-то *вещным*, то тогда у этой вещи должна быть какая-то природа субстанции. А если нет, то тогда он просто не мог существовать. Для них дух был противоположностью материи, а признать нематериальность света означало открыть шлязы спекулятивной естественной теологии.

В середине XVIII в. епископ Беркли и шевалье Рамсей по отдельности выдвинули представление об эфире как, главным образом, о духовном начале, возвращаясь к *prisca sapientia* (истокам) традиций Древнего Египта, Античной Греции, Персии и алхимических писаний, уже знакомых нам по предыдущим главам. Рамсей называл эфир “*телом* великого Оромаза [т.е. Ахурамазды], душа которого — истина ... Он рассеивает себя повсеместно”²¹. Верующие в догмат Троицы либо проводили аналогию между Святым Духом и Мировым Эфиром, либо предлагали их отождествление. После 1875 г. подобные мнения стали рассматриваться вповь, когда “кризис веры” поразил

многих поздневикторианских ученых, которые часто пытались примирить науку и религию посредством спиритуализма²².

Отрицание материальной природы света или эфира означало поэтому заигрывание с возвращением к донаучным, духовным представлениям о свете, с точкой зрения, которая была ненавистна научным умам, царившим в ту эпоху. Не следует недооценивать значение религиозных склонностей (или отсутствие таковых) в поведении ученых, в особенности, по отношению к защите невразумительно подкреплённых гипотез. В данном контексте становится понятным, почему многие тогда настаивали на том, что свет и эфир должны быть в своей основе материальными. Разработанные динамические модели того времени предлагали им, в буквальном смысле, конкретное понимание света, которое устраивало их предвзятое отношение к метафизике и, более того, могло быть использовано, чтобы предсказывать, как проявляется эфир, пусть даже и чрезвычайно неуловимым образом.

В связи с этим поиски эфира систематически велись в многочисленных паучьих лабораториях и обсерваториях как в Европе, так и в зарождавшемся тогда научном сообществе Америки. Каждый предложенный эксперимент проводился и повторялся, и даже сегодня новые эксперименты, направленные на поиск материального эфира, продолжают проводиться с непререкаемой тщательностью. К 1900 г. нараставшие свидетельства проясняли картину; к 1990 г. их стало невозможно отрицать. Материального эфира не существует. Он был гипотетическим вымыслом, порожденным материалистическими представлениями.

Свет *не* является световой пульсацией на материальном слое эфира. И все же, хотя бесчисленные эксперименты отрицают существование эфира, есть, похоже, столько же подтверждений волнообразной природы света. Если серьезно отнестись к обоим фактам и предположить, что свет в каком-то смысле — волна, то что же тогда колеблется? В случае с морскими волнами, со звуковыми волнами, с вибрирующими струнами ... *что-то* всегда колеблется. Тело звука рождается из воздуха. Из чего появляется неуловимое тело, которое мы называем светом? Одно стало достоверно ясным, чем бы оно ни было, оно не материально!

ГЛАВА 6

ЛУЧЕЗАРНЫЕ ПОЛЯ: ВИДЕНИЕ ПРИ СВЕТЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА

*Ибо невидимое Его,
вечная сила Его и Божество,
от создания мира
чрез рассматривание творений видимы...*

*Послание к римлянам
св. апостола Павла, 1:20*

Задолго до того, как несостоятельность материалистических представлений о свете стала очевидной, появилась еще одна, более плодотворная теория, правда, совершенно неожиданно¹. Вдали от старинных залов Оксфорда и Кембриджа, где все пропитано мудростью, а потому вдали и от помпезной тирании традиции и конкуренции, царивших в научном мире, у бедного кузнеца и его кроткой жены родился мальчик, третий из четырех детей, посланных им. Год на дворе стоял 1791, жизнь в лондонской трущобе была бедной и неприглядной. Хворый отец влачил жалкое существование, работая кузнецом, а семья жила над каретным сараем. Ежедневный заработок был скудным. В 1801 г., когда цены на продукты были высокими, младший сын получал буханку хлеба, чтобы питаться ею всю неделю. Правда, иногда неожиданный поворот судьбы наступает, несмотря на незавидные внешние обстоятельства.

В таких, мало что обещающих условиях начинал свою жизнь Майкл Фарадей, величайший ученый-экспериментатор всех времен и народов. В течение жизни (а умер он в возрасте 76 лет) Фарадей был почетным иностранным членом научных обществ Парижа, Брюсселя, Санкт-Петербурга, Флоренции, Копенгагена, Стокгольма, Берлина, Мюнхена, Вены и многих других городов, ему предлагали как рыцарское звание, так и должность президента Королевского [научного] общества и

Королевского института в Лондоне, но он наотрез отказывался от этих почестей. А когда близкий коллега Гиндаль уговаривал состарившегося Фарадея их принять, он ответил: “Тиндаль, я должен до конца оставаться просто Майклом Фарадеем”².

Эта “простая” душа создала принципиально новую концепцию света, не связанную с материалистическим мировоззрением того времени. *Историки науки связывают с именем сына обычного кузнеца основополагающие творческие представления современной теории поля.* Фарадей видится мне как замечательный человек, который настолько глубоко был заинтересован в нахождении истины, что его не сбивали с толку модные модели того времени, и который знал, что идеи постоянно проверяются природой. Как же получилось, что простой Фарадей смог так глубоко проникнуть в сердце природы? Какие у него были характер, образование? И чем он был одарен, что превратился в личность, опорную для XIX в. в контексте нашей биографии света?

Если судить по детству и отрочеству Фарадея, то покажется совершенно невозможным представить успешный жизненный путь в сфере научных открытий. Фарадея можно сравнить с Золушкой: вырос в золе отцовской кузницы и стал князем натурфилософии. Школьное образование Майкла Фарадея приостановилось после получения начальных навыков письма, чтения и арифметики. Нежная мать не захотела, чтобы сына подвергали телесным наказаниям за неправильное произнесение буквы “г” [фонетически сходной с русским “р” — *прим. пер.*], и забрала его из школы. С тех пор он набирался ума дома и на лондонских улицах.

Хотя семья была бедной в материальном смысле, их духовная жизнь была насыщенной, что оказало созидательное воздействие и непреходящее влияние на Фарадея. С ранних лет он сохранял тихую и непоколебимую религиозную веру, как это практиковалось в небольшой христианской секте Сендманианской церкви, к которой принадлежали его родители. В течение всей жизни она оставалась его духовным домом. Фарадей не усматривал никаких противоречий между своей работой и делом Бога, поскольку, перефразируя излюбленный среди сендменитов стих Послания св. апостола Павла, он

написал: “Даже в земных делах я убежден, что четко видно невидимое Его от создания мира”³. Страсть к объективности научного исследования и сокровенное религиозное настроение сходным образом жили в душе Майкла Фарадея. Неуловимым, но значительным образом каждый из этих факторов дополнял другой, так что его коллега Тиндаль, бывший агностиком, написал в мемуарах: “Размышления о природе и о его отношении к ней вызывали в Фарадее своего рода духовный восторг, который выявляется здесь. Его религиозные чувства и его философия [наука] были нераздельны; одно постоянно переливалось в другое”⁴.

Свет был одним из тех “невидимых” предметов, изучением которых занимался Фарадей. Следуя предписанию св. апостола Павла, Фарадей искал знаний о невидимом за счет понимания “творений”, т. е. посредством постоянных непредубежденных наблюдений и экспериментов. Ничто не было для него так важно, как истинно раскрывающееся явление. Фарадей работал с неослабевающей энергией и озаренный духом, пытаясь выявить прототип феномена электромагнетизма. Оставшиеся неоткрытыми до Фарадея, данные явления после их обнаружения помогли сформировать совершенно новое представление о свете.

Электроволны

В возрасте 13 лет Майкл Фарадей начал работу посыльным у господина Рибо, эмигранта-француза, державшего книжную лавку и переплетную мастерскую по адресу Блэндфорд-стрит, дом 2. Окруженный книгами и подбадриваемый господином Рибо, Фарадей развивал свою любознательность. Через год он перешел на должность переплетчика-подмастерья, ремесло, которым он занимался с тех пор более семи лет. Но образование, полученное в лавке, далеко выходило за пределы переплетного мастерства. Пока руки обретали сноровку, которой восхищались потом в течение всей его жизни, свободные минуты уделялись чтению. “Там было множество книг, и я их читал” — просто записал Фарадей. Рибо также вспоминал, как Фарадей копировал изображения электрических установок и

агрегатов в тетради, как часто ранним утром он отправлялся на прогулку, “всегда заходя на выставку или в поисках какого-нибудь любопытного минерала или растения — на водонапорную станцию “Холлоуэй”, к арочному проему в Хайгейт...”

Энергия Фарадея стала более целенаправленной после того, как в 1810 г. в возрасте 19 лет он вступил в Городское философское общество, которое было организовано всего за два года до этого под руководством г-на Джона Тейтема, дом, библиотека, научное оборудование и лекции которого стали основой Общества. По средам вечером, Тейтем или другой член клуба выступали на тему, связанную с их научными поисками. То, что Фарадей обычно записывал и оформлял в переплет безупречные отчеты о прослушанных лекциях, включая схемы, в конечном итоге пошло ему на пользу.

Г-н Рибо время от времени показывал четыре переплетенных Фарадеем тетради форматом ин-кварто друзьям и посетителям, среди которых оказался и некий г-н Дэнс. Увидев их, он организовал молодому Фарадею посещение лекций сэра Гемфри Дэви из Королевского института, который был самым знаменитым ученым Англии и восхитительным докладчиком. Впечатление от лекций было настолько сильным, что Фарадей стал почитателем Дэви. Он принялся за письменное изложение четырех лекций Дэви так же тщательно, как и лекций Тейтема.

Вскоре после этого, осенью 1812 г., семилетнее обучение у Рибо подошло к концу, и Фарадей не знал, чем ему заниматься дальше. Он мечтал стать ученым, но не видел никакой возможности осуществить свои устремления. В отчаянии он написал письмо сэру Джозефу Банксу, президенту Королевского общества, в котором просил о предоставлении любой работы, хоть как-то связанной с наукой. Банкс даже не ответил на непрекращавшиеся запросы Фарадея. Тем не менее, судьба распорядилась чудесным образом. Во время взрыва в лаборатории Гэмфри Дэви повредил глаза, и, вероятно, по рекомендации г-на Дэнса, Фарадей стал на несколько дней личным секретарем Дэви. В декабре Фарадей попросил Дэви помочь найти работу, приложив к просьбе переплетенный конспект безупречных записей лекций Дэви. Хотя ему это и польстило, Дэви (также

низкого происхождения) ничего не смог ему предложить. Но опять обстоятельства сложились в пользу Фарадея. Помощник Дэви оказался замешанным в скандале и был уволен. В тот же вечер, когда Фарадей раздевался в спальней, громовой стук в дверь заставил его вздрогнуть. Кучер в ливрее прибыл в экипаже с запиской от сэра Гемфри Дэви, в которой Фарадея просили зайти в Королевский институт на следующее утро. На собеседовании Дэви предложил ему занять низкооплачиваемую должность помощника за 1 гинею в неделю плюс две комнаты на чердаке Института, топливо и свечи в придачу. Фарадей попросил, чтобы ему давали фартуки для опытов и, самое важное, чтобы разрешили пользоваться приборами Института. Дэви и Институт согласились, и так 1 марта 1813 г. началось ученичество Фарадея в науке под руководством величайшего химика Англии.

Довольно скоро проявились сноровка и активность Фарадея, и в Институте к нему стали обращаться за помощью в исследованиях и лекциях, так что он стал “палочкой-выручалочкой” для всех. В течение первых трех лет Фарадей сопровождал Дэви во время поездок по европейским лабораториям в качестве камердинера и помощника, знакомясь таким образом с ведущими учеными Франции и Италии. Прошло немного времени, — и вот имя Фарадея стало появляться в ряде скромных научных публикаций по химии, а потом он открыл бензол.

Но нас Фарадей особенно интересует из-за той главной роли, которую он сыграл, предложив новую импигнальную форму для природы света, которая в конечном итоге освободилась от материалистических ограничений его современников.

Возможно, неслучайно, что период, когда Фарадей заинтересовался природой света, совпал у него с изучением природы звука, музыки и музыкальных инструментов (1828 — 1830); этот интерес начался еще во время работы в лавке Рибо, где пение было его любимым времяпрепровождением. Особенно заинтересовали Фарадея так называемые “фигуры Хладни”.

За несколько лет до этого, в 1785 г. Хладни обнаружил, что если рассыпать песок на поверхности тонкой металлической пластины, а затем, водя смычком по краю пластины, как по струнному инструменту, начать издавать звуки, то на ней



Одна из многих красивых модельных пластин Хладни. Песок аккумулируется на тех частях вибрирующей плиты, которые неподвижны.

появляются красивые фигуры. Фарадей изучал это замечательное явление и во время выступлений в Королевском институте демонстрировал его аудитории.

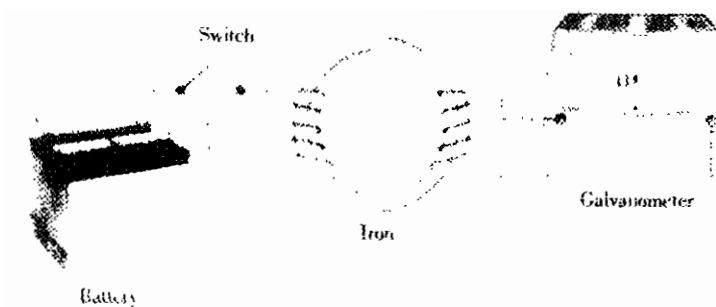
Именно в эти годы важные статьи Френеля о волновой теории света появились в переводе на английский, изложенные в популярной форме, так что математический уровень статей был сравнительно низким, и Фарадей мог их читать, все понимая и с удовольствием, восхищаясь ясностью и четкостью изложения Френеля. В сходном ключе был написан и трактат Гершеля по натуральной философии в 1830 г., в котором снова и снова подчеркивалось сходство между звуком и светом и по максимуму для наглядности использовались фигуры Хладни. Сходный характер света и звука, который изначально оспаривали Эйлер и другие в прошлом веке, теперь занимал главенствующее положение в умонастроениях.

Религиозные убеждения привели Фарадея к глубокой и твердой вере в единство природы. Он считал: то, что

представляется на поверхности несопоставимым, является по сути единым. Может быть, вибрация и была таким объединяющим принципом, который мог бы объяснить не только звук и свет, но и электрическое воздействие. С этой целью Фарадей упорно проводил эксперименты, пытаясь выявить колебание электроволны. Открытый им принцип такого воздействия — одно из самых важных его открытий — вошел в историю под названием “электромагнитной индукции”.

Название данного явления незнакомо большинству людей, не занимающихся физикой или электротехникой, но на уровне практического применения оно широко известно. Внутри почти каждого электроприбора и на множестве телеграфных столбов находятся трансформаторы, происхождение которых восходит к тому моменту в августе 1831 г., когда Фарадей обнаружил принцип, положенный в основу этих приборов. Воздействие открытия Фарадея как в практическом смысле, так и для нашего понимания света, было настолько велико, что нам нужно сделать паузу и обратиться к его изучению, поскольку попытки понять то, что представляется чисто электрическим воздействием, неумышленно заложили основу для нового понимания света. Данное воздействие проявляется в двух важных направлениях.

Для первого эксперимента Фарадей намотал две отдельные катушки провода вокруг тороида из железа. Он соединил одну с чувствительным датчиком, отклонения стрелки которого показывали, когда через катушку проходит слабый ток. Ко второй катушке через переключатель был присоединен аккумулятор. Когда переключатель замкнут, ток идет через катушку с левой стороны; когда он отключен, тока нет. Наблюдая за датчиком, Фарадей замыкал и размыкал переключатель. Но: на датчике не проявлялось никаких отклонений ни при замкнутом, ни при разомкнутом положении переключателя. То есть, на катушке с правой стороны в обоих случаях не было тока. Однако как раз в моменты замыкания-размыкания наблюдались резкие отклонения стрелки. Более того, стрелка отклонялась в разные стороны в зависимости от того, замыкался или размыкался переключатель. Что указывало на то, что краткий скачок тока проявлялся в правой катушке, когда начиналось



Исходный эксперимент Фарадея по электромагнитной индукции. Когда переключатель слева замкнут, происходит бросок тока через левую катушку, за счет чего происходит движение тока по цепи справа, что отражается на стрелке гальванометра.

или прекращалось движение тока в катушке слева. Другими словами, ток вызывался в правой катушке только тогда, когда происходило изменение тока в катушке слева. Изменение в одной цепи вызывало изменение в другой. И наоборот, когда не было изменений тока, не было и никакого воздействия на соседние катушки.

Одно последнее предостережение по поводу природы соединения между катушками. Поскольку вышеописанное явление "индукции" усиливается железным торовым кольцом, соединяющим две катушки, сам тор не имеет никакого значения в эксперименте. Через него не проходит никакой ток. Удалим железный сердечник, и будет наблюдаться пусть слабое, но все же заметное индуктивное влияние. Изменение в электрическом состоянии в одной из катушек вызывает соответствующее изменение в другой."

Для понимания электромагнитной индукции Фарадей выдвинул предположение, что "волна электричества" вызвана неожиданными изменениями тока через первую, или "основную", цепь. Данная электрическая волна проходит через пространство и вызывает сходное возмущение в соседней "вторичной" катушке провода. Таким образом происходит отклонение стрелки.

Если хлопнуть в ладоши, звук эхом отзовется в пространстве; если зажечь спичку, тьма постепенно отступит перед колыхающимся светом. Сходным образом, если перевести стрелку мощного источника электричества, то последующий скачок тока вызывает невидимое электрическое возмущение, которое распространяется в пространстве и улавливается в сети электросхемы на значительном расстоянии. При доведении до максимума первый эксперимент Фарадея превращается в радиосвязь космических станций, которые посылают изображения с Юпитера, Сатурна и Урана, находясь от Земли на расстоянии сотен миллионов километров. Электрическое возмущение создается в антенне на борту космического корабля, и через три часа крошечное, но полностью соответствующее возмущение появляется в плазменной высокочувствительной антенне. Разработки и идеи, предложенные сыном кузнеца, продолжают способствовать появлению новых технологий и знаний.

Тем не менее, что же такое эта “электрическая волна”, которая соединяет отдаленные друг от друга цепи без какого-либо видимого материального соединения любого рода? Майклу Фарадею потребовалось без малого тридцать лет, чтобы пайти ответ на этот вопрос посредством проведения дальнейших опытов и формулировки осторожных предположений. В конце концов, он выдвинул предложение, которое окончательно и коренным образом преобразовало научные представления о свете.

Во втором, связанном с первым эксперименте, проведенном сразу после первого, заменяется магнитом та катушка провода, которая была соединена с аккумулятором. Фарадей обнаружил, что за счет передвижения магнита внутри и из катушки провода, начинается движение слабого тока. Если магнит закреплен по отношению к катушке провода, тогда тока нет; когда его двигают, ток появляется. Это одно из самых значительных, прототипных явлений электромагнетизма. Трудно переоценить его практическое и теоретическое значение. Производство электроэнергии на каждом генераторе — не что иное, как это действие в том или ином виде. Открытием Фарадея как следует воспользовалась не только промышленность, но также и чистая наука вплоть до Альберта Эйнштейна, который использовал идею Фарадея в начале XX в. при разработке “принципа относительности”.

Природная истина и тень предположений

Во взглядах, которые я так смело выдвигаю на всеобщее обозрение, таким образом, радиация рассматривается в качестве высшего вида вибраций по линии силы...

Майкл Фарадей

Мировоззрение, которого придерживалось большинство ученых начала XIX в., было достаточно прямолинейным. Вселенная наполнена материальными предметами, между которыми простирается несколько неуловимых, но материальных эфиров, движения которых передают силы тяжести, света, распространения тепла, электричества и магнетизма от одного предмета другому. Субстанция находилась повсюду: измеримая, обладающая массой материя. Никогда ни до, ни после у материализма не было такого положения, когда весь мир был схвачен целиком и полностью. Лучезарные очи египетского бога Ра, которые когда-то осветили начало цивилизации, были плотно закрыты.

На эту арену ступила невысокая фигурка Майкла Фарадея, взгляды которого перевернут основополагающие концепции так горячо любимого им научного сообщества. Фарадей был мягким, почтительным и религиозным человеком, трудно представить его мятежником-революционером. Однако он был упорным экспериментатором и мыслителем. Выступление против направления современных ему научных представлений, которые благосклонно отнеслись к основанной на вибрациях эфирной теории света Френеля, было бы ересью. Тем не менее, в двух выступлениях в Королевском институте (первое — в 1844 г., второе — в 1846 г.) Фарадей осмелился выступить против этой теории и таким образом вывел западную науку на новый этап представлений о свете.

Начиная с первых научных исследований, Фарадей исходил из принципа любви к истине, получаемой за счет непосредственных экспериментов, и потому он всегда с недоверием относился к таким спекулятивным теориям, как теории молекулярного эфира, популярным в то время. Постоянно осознававший

опасность таких предположений в собственных исследованиях, Фарадей занес следующую запись в дневник 19 декабря 1833 г., вскоре после своего открытия электромагнитной индукции: “Я должен сохранять мои исследования действительно *Экспериментальными* и не давать им ни в чем становиться по сути *гипотетическими представлениями*”⁵. Ключевое слово здесь “гипотетический”. Новые идеи и представления должны быть постоянно основаны на добросовестных, экспериментально подтвержденных фактах, а иначе на место осмотрительного творческого мышления приходит фантазия.

В лекциях 1844 и 1846 гг. Фарадей очень осторожно выдвинул собственные воззрения на первичную природу материи, электричества и света. Первое нападение было направлено против бытовавших тогда наивных корпускулярных представлений о неделимой материи⁶. Вместо атомов, которые представлялись в виде мельчайших “пузырьков” непроницаемой материи, Фарадей предложил считать атомы “центрами сил” в чистом виде. Поскольку о предметах мы узнаем по их свойствам, а они передаются исключительно посредством сил, то не нужно приписывать излишние концепции каких-то материальных источников данным силам.

В философии буддизма это могло бы быть сформулировано следующим образом. Можно ли помыслить о каком-то “носителе свойств” вне всех таких свойств, как размер, форма, местоположение и т.п.? Возьмем монетку в один пенни в качестве примера. Она — твердая, круглая, тонкая, медного цвета, в диаметре около дюйма и с обеих сторон на ней чеканные изображения. А теперь по очереди лишим монетку всех этих свойств. Попробуйте это сделать. Сначала удалим изображения, и монетка в один пенни превращается в жетон. Продолжим мысленный эксперимент, представив, что у нее нет ни определенного цвета, ни размера или формы. У вас это получается? У меня нет. Если не представить себе предмет без его свойств, то тогда зачем вообще сохранять понятие о носителе свойств? Сходным образом, если мир познается лишь за счет действия различных сил, к чему утверждать, что существуют носители сил?

Поскольку все такие свойства, как твердость, цвет и т.д., понимались в качестве результата действия сил, тогда атомы

(которые Фарадей считал необходимым условием) — это просто геометрические центры данных сил. Субстанциальные атомы, представляемые как крошечные, наиплотнейшие единицы материи, полностью исчезают, но по мере их исчезновения та атмосфера сил, которая, считалось, окружает их, приобретает первостепенное значение. Сила, а не субстанция, является реальной сутью мира, и она, а не эфир, простирается из одного конца Вселенной в другой. Силы могут располагаться бесчисленным образом и совершенно по-разному для создания химических частиц, визуального, тактильного и полностью чувственно воспринимаемого “телесного” мира, но в своей основе все является по-прежнему силой, а не материальной субстанцией. Онтология Фарадея в корне отличалась от взглядов его коллег.

Вспомним образ космоса, созданный Декартом, — наполненный материей, “пленимом”, подобный водовороту, в котором планеты двигались подобно щепкам, веточкам и листьям. Фарадей предложил считать, что на самом деле поток, описанный Декартом — это океан чистых сил. Пункты материи — атомы — были подобные звездам пересечения бесчисленных лучевых линий сил, которые простирались из своих центров, чтобы, переплетаясь, проходить через всю Вселенную.

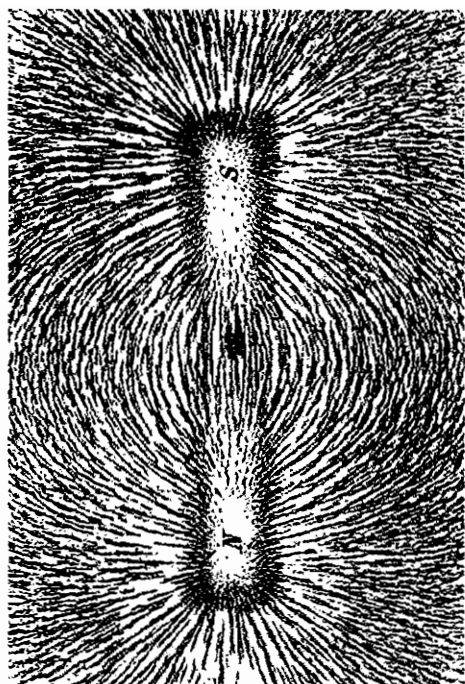
Во втором выступлении, через два года после первого, Фарадей явно ненамеренно сделал еще один важный шаг для продвижения своих идей⁷. Обычно это описывается так: 10 апреля 1846 г. Фарадей с сотрудником Уитстоном стояли рядом с лекционным залом Королевского института, ожидая, когда часы возвестят о начале их лекции. Фарадей считал, что с лекцией выступит Уитстон, но за несколько минут до начала чрезвычайно застенчивый Уитстон удрал, убежав впиз по лестнице. Совершенно не ожидавший этого Фарадей, тем не менее, “лег грудью на амбразуру” и сначала выступил с лекцией по заявленной Уитстоном теме “Электромагнитный хроноскоп”, но затем неожиданно приступил к изложению ставших знаменитыми “Мыслей о лучевых вибрациях”⁸. Поскольку материалов для лекции было мало, Фарадей “вывалил в качестве предположения смутные соображения собственного разума”.

Его смутные предположения были хотя и новыми для других, но отнюдь не новыми для него самого. Эти мысли

созревали во время предшествовавших 15 лет исследований. Уже в первых отчетах по “Экспериментальным исследованиям электричества” в ноябре 1831 г. Фарадей использовал концепцию “силовых линий магнитного поля”, идею, ставшую центральной в его выступлениях 1844 и 1846 гг. Если рассыпать железные опилки на магнит и вокруг него, они выстраиваются в соответствии с определенными моделями. Фарадей превратил эту картину в мощный инструмент для составления представлений. Основываясь на упорных исследованиях и осторожных рассуждениях, ему казалось возможным представить всю Вселенную “пропитой” бесчисленным количеством таких “силовых линий”. Читая его работы, можно проследить, как зарождалась новая научная концепция — концепция “поля”, как она появилась из экспериментов и представлений Фарадея.

Как Земля связана с Солнцем? Проведем следующий мысленный эксперимент, предлагает Фарадей. Представим пространство, в котором есть только Солнце. Оно в одиночестве пребывает в своей Вселенной. Теперь в мгновение ока помещаем Землю на расстоянии 93 миллионов миль от него. Разумно ли предположить, спрашивает Фарадей, что отдаленное присутствие Земли вызовет вдруг у Солнца какую-то силу притяжения? А откуда появится такая сила? Не нарушает ли подобное допущение наше представление, что силы, в каком-то смысле, должны сохраняться? Еще лучше то, что изолированное Солнце, даже еще до появления Земли, должно распространять свое влияние, аналогично тому, как распространяется солнечный свет, даже если и нет никаких объектов, на которые могло бы распространиться такое воздействие. Солнце светит только ли тогда, когда есть глаза, которые могут его видеть? Таким образом, и силовые гравитационные линии проходят через пространство еще до того, как появляется Земля. Тогда Земля реагирует на локальную, а не на отдаленную силу, т. е. на силу поля в своем местонахождении.

В эпоху, когда все пространство считалось проникнутым эфирами, предложение Фарадея могло быть расценено так, что в эфире находились нагрузки и механические воздействия, сходные с теми, которые присутствуют в крошечных мостов. Идея поля, согласно таким воззрениям, была всего лишь



Визуальное отображение силовых линий магнитного поля с железными опилками.

поверхностным изложением того, что по-прежнему в своей основе было механическим и вещественным взаимодействием. Однако Фарадей решил выйти за пределы материалистических представлений своих современников. Изначально он рассматривал силовые линии (как он называл “поля”) лишь как полезные функции, но чем больше он углублялся в размышление о них, тем большей представлялась их реальная значимость, до тех пор, пока они не стали для него реальнее, чем атомы материи, которые считались их источниками, или эфир, который из них состоял⁹. Результаты исследований электромагнитной индукции еще больше убедили Фарадея в существовании электронов, т.е. вибраций таких силовых линий. Он, действительно, был хорошо подготовлен на случай бегства Уитстона.

Принципиально новый подход, озвученный в его лекции в 1846 г. перед аудиторией, собравшейся для того, чтобы ознакомиться со взглядами Уитстона, состоял в следующем предположении: вибрации, называвшиеся светом, так изящно описанные Френелем и прочими, вовсе не были вибрациями в каком-то эфире, а, скорее, являлись вибрациями физических силовых линий. Теория Фарадея “стремится отказаться от эфира, но не от вибраций”¹⁰.

Вибрации оставались существенными, а эфир — нет. Не удовлетворяясь простым преобразованием атомов в силовые центры, Фарадей также в корне изменил наши представления о пространстве и свете. Горшок Лао Цзы был лишен эфирных субстанций и наполнился силой, движения которой были светом. Декарт пошел бы на штурм Королевского института, если бы его пропустили сначала через реку Лету, а потом уже через пролив Ла-Манш, и даже самые сочувствовавшие Фарадею референты считали, что на этот раз он зашел слишком далеко. Превращение чего-то настолько нереального, как силовые линии, в онтологическую основу мира казалось абсурдным материалистическим представлением, и тем не менее, в этом лежала основа теории поля, которую разовьют физики уже через столетие. В ясном, хотя и скромном, голосе сына кузнеца мы слышим первые звуки грандиозных новых представлений о свете¹¹.

Фарадей знал, что его взгляды вышли за пределы очевидных для любимой им науки фактов, и тем не менее, казалось, именно эти факты призывали к нематериальным представлениям о свете. Будучи всегда любезным и осторожным при изложении философских воззрений, Фарадей так же осмотрительно изложил свою точку зрения по этому вопросу, даже как бы извиняясь, закончив выступление перед аудиторией словами: “Мне кажется вероятным, что на предыдущих страницах я допустил множество ошибок, поскольку даже мне самому в этот момент мои же идеи кажутся лишь тенью гипотезы... Те, кто занимаются экспериментальными исследованиями, знают, насколько они многочисленны, и как часто наружное соответствие и красота гипотезы исчезает перед достижениями и развитием настоящей ясной истины”¹². Его гипотезы не исчезли.

Спектры философии

*Величие, что небесам пристало,
И душу тот лишь сохранит, кто может
Узреть тот свет, который ярче Феба,
И может все затмить его сиянье.*

Боэций. Утешение Философией. Книга III, X

В 524 г. одинокий философ-мудрец при дворе Теодориха в Равенне томился в ожидании пыток и смерти из-за прихоти подозрительного повелителя. Годы, проведенные в изучении трудов великих греческих философов, а также в размышлениях о пользе новой христианской веры, прошли на службе у импульсивного Теодориха. Теперь утешение, которое давало ему изучение, покинуло Боэция. Он был углублен в размышления о своей горькой участи, когда ему показалось, что над головой вдруг явилась женщина. Ее фигура была одновременно величественной и обычной. Сквозь слезы Боэций видел ее пылающие очи, ясный взгляд и лик, исполненный достоинства. На сотканном ею собственноручно одеянии были изображены Мудрость и Вселенная, а также следы ран, нанесенных теми, кто взалкал "урвать" знаний. Божественная София, Философия, пришла в темную одиночную камеру, чтобы утешить приговоренного человека, философа Боэция.

В беседе обнаруживается настоящая причина печали Боэция — забвение истинного "Я". Утешение Философии тогда было направлено на то, чтобы "развеять это облако легким теплом, чтобы ты смог узреть величие истинного света". Именно тогда, в последние дни своей жизни Боэций создает самое значительное произведение, трактат "Утешение Философией", которое так повлияло на философскую мысль последующих веков. Когда книга была написана, Боэция пытали, а потом забили до смерти палками. "Утешение" заканчивается словами Философии: "Великая и невыразимая необходимость благочестия возложена на все, ибо живете вы под оком всевидящего Судьи!" Эти слова оказались пророческими, поскольку, согласно преданию, после казни Боэция и его заступника Симмаха, Теодориху подали на блюде рыбу голову огромных размеров.

Виповному сознанию Теодориха почудилось, что у рыбы лик тех, кого он осудил на смерть. Он зарыдал и пребывал в безутешных муках до последовавшей вскоре смерти.

Через шестьсот лет аналогичное видение было у Алана Лильского, одного из шартрских наставников, во время приступа дупевной тоски¹⁴. Утешительница представилась как *Natura*, суть Природы. Во всех ее чертах отражалась Вселенная, каждое слово было направлено на пробуждение в Алане того знания о ней, которое, похоже, утратил и он, и все в мире. Алан назвал ту песню, что она ему пропела, “Плач Природы”, песнь стенаний, не услышанных человечеством.

А еще через шесть столетий — уже в произведении Гете — Фауст томился отчаянием в тесной готической комнате со сводчатым потолком¹⁵. Овладев всеми науками, посвятив этому всю жизнь, он “был и остался дураком”. В гневном отчаянии он призывает невидимые силы: “Духи, если вы вблизи, ответьте мне на этот зов!” Его взор падает на знак Макрокосма и знак Духа Земли.

Затем Фауст призывает, даже заставляет явиться Духа Земли. *Natura* утешила и научила Алана Лильского так же добровольно, как и до нее София утешала осужденного на смерть Боэция. Напротив, Фауст по собственной воле и для выполнения собственных потребностей заклинал Духа Земли явиться перед ним. “Явись! Явись! Явись!”, — воскликнул он, — “Пусть это жизни стоит!” Когда же Дух Земли явился перед ним, Фауст дрогнул при виде духа в пламени, но все равно осмелился назвать этого величайшего духа природы своим прообразом. Дух напрочь отрицает надменные притязания Фауста, говоря: “О нет, с тобою схож лишь дух, который сам ты познаешь, — не я!” Затем в комнату стучится дух, поддающийся разумению Фауста — входит Вагнер в сальном колпаке и халате, с мерцающей свечой в руке, жалкий противовес охваченному пламенем Духу Земли, который только что был в комнате.

Представляется, что в последние годы Дух Земли стал еще более отдаленным и затруднительным для доступа. Единственный способ приблизиться к нему, путь образованности аля Вагнер, чаще всего приводит не к Духу, а лишь к затемненному, порой даже демоническому отражению этого духа.



Рембрандт, 1652 г. "Фауст в своем кабинете".

Великий преемник Майкла Фарадея Джеймс Клерк Максвелл в молодости пошел по пути Фауста и столкнулся с ужасной противоположностью образа божественной Софии. Отпрыск знатной семьи из Эдинбурга (Шотландия) и подающий большие надежды молодой математик Максвелл сообщил о своем видении в готических палатах, когда он был студентом-третьекурсником в "Тринити-колледж" в Кембридже в 1852 г.¹⁶

Колокола пробили полночь, и Максвелл оставил "проклятую гидростатику", чтобы отойти ко сну, вопрошая самого себя в сомнениях "неровным голосом, а будет ли полезно, хоть что-нибудь из прочтенного мной". Размышляя о будущем, он представляет жизнь, в которой, вероятно, будет много внешних свершений и высоких чинов, и знает, что это будет лишь плодом того, что разум поставлен под "контроль мирской гордыни". Во всех его бумагах, заполненных математическими

проблемами, мерцают спектральные модели, превращаясь в шествие крошечных существ, перед ним проходят “блаженной вереницей” бывшие и настоящие преподаватели, “тщательно проверявшие дрожащие линии”. Как будто этого мало, перед подавленным студентом появляется ужасное создание, которое намерено отстоять обветшавшую практику научного сообщества.

*Угловата по виду и форме,
Ни на что на земле не похожа,
Не забудешь ее — ну и розжа!
Все ужасно, глаза б не смотрели.
Перья вместо волос, вместо кожи — бумага,
Дышит паром, плюет кислотой.
А одежда — давнишний покрой
Под лекалом ученого франта.*

*Стеклянные глаза — оптические оси,
Как лен, переплетают все светлые лучи.
Так параллакс смещает их в истину из лжи.
Первично и вторично фокальные кривые
Ломаются в смотрящих друг на друга плоскостях,
Подытоживая все, что изменчиво на свете,
В взгляде тусклом, бестолковом ее глаз.*

Когда эта мерзкая математическая “ведьма” приступила к изгнанию из сердца Максвелла понимания красоты и поэзии, произнося демонические заговоры и заклинания, “Вдруг, я, голову склоняя, /Свет заметил, что сияет,/ Карга в морщинах завывает, его увидев, исчезает”. На месте отвратной ведьмы, вещавшей голосом “притворного привидения”, он ловит отблески “существа, которому она подражала”. Максвелл не называет, кого он видит, но его описание сходно с тем, как Бозций описывал богиню Философию, а Алан Лильский — существо *Natura*. Ее скромное, спокойное сияние намного превосходило неловкое обличье педантичности, поскольку как бы помпезно не рядили педантичные заявления, педантичность всегда закрывает пеленой и ничего не раскрывает.

Тем не менее, объявляет Максвелл, мироздание может устоять и перед разумом, и перед вычислениями, если только к ним добавить и их сопровождать элементом преклонения.

*Преклонение? А что еще достойней
Освобожденья от строгих знания оков и
Воспаленного ума раскрепощенья,
Так человек, в безмолвном восхищенье
Прозреет славу Божьего Творенья
Тогда, в священном размышленьи,
Бежит он от ученых прочь!*

Молодой Максвелл мечтал покинуть ученую толпу кембриджских педантов, как Фауст, который, несмотря на всю ученость, жаждал оставить Вагнера, копавшегося в пыльных томах, чтобы самому попытаться отыскать истину. Это оказалось куда более трудным, чем представлялось студенту Максвеллу.

Примерно через полгода после “видения” Максвелл серьезно заболел (у него было “воспаление головного мозга”) и переселился в дом преподобного К. Б. Тейлора, приходского священника Отли, неподалеку от Ипсвича. В это время Максвелл занимался изучением классического трактата сэра Томаса Брауна “*Religio Medici*” (“Религия врача”), в котором набожный англиканец, осторожно уклоняясь от ересей, пытался обозначить веру, основанную на философии, которая бы была приемлема для Церкви Англии. Непрестанные усилия Максвелла примирить свои подлинные религиозные чувства со строгими требованиями натуральной философии были искренни. В конце “Вечернего псалма студента”, написанного в то время, отражаются эти богобоязненные мысли.

*Научи меня так читать Твои труды
Чтобы моя вера — набираясь новых сил —
Могла бы вести меня из одного мифа в другой
Продолжая плодотворные поиски мудрости
Пока Твоя истина не наполнит мой разум
Я объявляю Приспосущный Символ веры
Часто повторяя блаженную тему
Господь Бог наш — Господь истинный.*

В этих строчках узнаются две книги Брауна, посвященные божественной природе: “Таким образом, есть две книги, из которых я черпаю свою теологию; кроме той, написанной Господом, вторая создана его служанкой Природой, — это все-ленский и открытый для всех манускрипт, который лежит в раскрытом виде перед глазами всех; те, кто никогда не видел его в одной из книг, находят его в другой”¹⁷.

Хотя юношеские страдания по поводу разделения Бога и природы, должно быть, откликнулись и в последовавшие годы, разрыв между верой и наукой все разрастался, становясь все более четко оформленным. Максвелл быстро понял, что любые попытки согласовать эти два начала “не следует рассматривать как что-то имеющее какое-то значение, кроме как для самого человека”¹⁸. Эта позиция была безопасной и традиционной, санкции были даны Лютером и Кальвином, а уже в XX в. появилась новая традиция в рамках протестантизма, озвученная знаменитым немецким теологом Карлом Бартом.

Божественное существо природы, так же, как и существо света, скрылось из глаз на время, отделявшее светоносное египетское око от эфира, чьи вибрации согласовывались с дифференциальными уравнениями, открытие которых Максвеллу было уготовано судьбой. Почти всегда *Natura* уступала дорогу математической ведьме. Века, отделявшие Алапа Лильского от Максвелла, были отмечены сумерками богов. Они, боги, сочли нужным переместиться в области менее враждебные, чем наше место обитания. Как выразился немецкий поэт-романтик Гёльдерлин: “По-прежнему длится, но в пространствах иных вечное время богов!”¹⁹

Отделив духовные интересы от физики, Максвелл был готов к математизации открытий Фарадея.

Электромагнитная Вселенная

Величайшее изменение в аксиоматичной основе физики — в нашей концепции структуры реальности — после создания теоретической физики Ньютона произошло благодаря открытиям, сделанным Фарадеем и Максвеллом в области электромагнитных явлений.

Альберт Эйнштейн²⁰

Слова Эйнштейна подготавливают нас к тому, что произойдет. Со времен Ньютона происходило коренное изменение понимания реальности наукой и во все большей степени каждым человеком. Мы приближаемся к поразительной кульминации той революции, которую совершило продуманное обращение со светом Максвелла. До сих пор в представлениях ученых царил механический мир, состоящий из движущейся материи, но в конечном итоге исследования Фарадея и Максвелла привели к преобразованию такого мировоззрения до самых основ. За прошедшие сто лет были исследованы новые силы, электрические и магнитные, и теперь и язык, и представления, и математические инструменты были готовы принять величайшее достижение: представление о свете, основанное на электромагнитной теории. Максвелл совершил переворот без философских фанфар, а используя аппарат математической физики.

Без опоры неподвижный велосипед падает. По этой причине на детские велосипеды ставятся дополнительные колеса, когда малыши только учатся кататься. Дополнительные колеса не способствуют процессу обучения, они только затрудняют повороты на скорости, но зато они уменьшают страх. Для физиков XIX в. эфир выполнял именно эту функцию. Всем казалось очевидным, что движение волн происходит в какой-то среде, поэтому ее и придумали. Максвелл был в ней уверен так же, как и остальные. В статье 1878 г., озаглавленной "Эфир", для энциклопедии "Британика" он пишет: "С какими бы трудностями мы ни сталкивались при формировании

последовательного представления о строении эфира, не может быть никаких сомнений в том, что пространство между планетами и звездами заполнено некоей материальной субстанцией или телом...”, иначе как бы мог свет проходить через это пространство? Однако от эфира откажутся уже через тридцать лет. Как только электромагнитная теория света получила полное признание, учебные колеса сняли, и новая машина прекрасно покатила без них.

В этой связи самым значительным событием была произведенная Максвеллом математизация научных представлений Фарадея. Максвелл постоянно говорил о решении, принятом в юности, разобраться во всех известных явлениях электричества и магнетизма, сначала прочитав все “Экспериментальные исследования по электричеству” Фарадея, и только потом позволить себе ознакомиться с существующей теорией того времени. Используя язык Фарадея, Максвелл хотел сначала прочитать книгу “природной истины” перед тем, как изучать “туманные измышления”. Читая труды Фарадея, Максвелл, математик по образованию, был приятно удивлен, обнаружив родственную душу, человека, который мыслил математически, хотя и выражал все в образах. Изобретение Фарадея и то, как он применил “свою идею силовых линий в согласии с явлением магнитно-электрической индукции показывает, что он на самом деле математик очень высокого уровня”, — написал Максвелл.

По окончании первого прочтения работ Фарадея Максвелл решает “перевести” мысли Фарадея на язык математики. В этом направлении он добился особого успеха. Его работа “Динамическая теория электромагнитного поля”, законченная в 1864 г., стала важной вехой в истории науки. В данной работе Максвелл обобщил все разрозненные знания об электричестве и магнетизме в единство четырех уравнений, которые теперь так и называются “уравнения Максвелла”. Все совершенные и будущие (за исключением отдельных квантовых эффектов) эксперименты с электричеством, магнетизмом и / или оптикой находят формальное теоретическое объяснение с помощью этих четырех уравнений. За счет “перевода” Максвелл продемонстрировал необычайное могущество и математическую

изящность идей Фарадея. Говоря о достижениях Максвелла, побелевский лауреат Ричард Фейнман однажды сказал: “Неосомненно, что через десять тысяч лет наиболее значимым событием XIX в. будет считаться открытие Максвеллом законов электродинамики. В сравнении с этим американская гражданская война отойдет на второй план”²¹.

Однако в целях нашего исследования грандиозное обобщение Максвеллом знаний об электричестве и магнетизме важно постольку, поскольку в нем оказалось спрятанным нечто совершенно неожиданное. С самого начала серьезного изучения электричества и магнетизма (еще до Максвелла) исследования света и электромагнетизма велись совершенно раздельно. Определенные материалы, например, янтарь, притягивают кусочки бумаги, если их какое-то время потереть. Этот принцип был известен еще древним грекам, которые называли его эффектом *ελεκτρον* (*elektron*), откуда и появилось такое название. Бенджамин Франклин показал, что молния — воздействие электричества. И многие пытались поймать молнию в лабораториях и даже в вечерних салонах, играя с вновь обнаруженным феноменом электричества (игра, опасная для жизни, как показали несколько печальных случаев). Бесчисленные любители и профессионалы равным образом занимались увлекательным изучением электрических эффектов. Другие исследователи отшлифовывали линзы для телескопов и микроскопов и изучали мудреные проявления света и цвета. Что общего между этими двумя сферами природы? Все! — так ответил на этот вопрос Максвелл (и Фарадей). Данное комплексное воззрение больше, чем что-либо другое, привело Эйнштейна к тому, что он называл исследования Фарадея и Максвелла истоками “величайших изменений представлений о структуре реальности со времен Ньютона”.

Читая работу Максвелла 1864 г., можно заметить, когда у него зарождается понимание новой структуры реальности. Здесь Максвелл создает представление, согласно которому каждое тело окружено не каким-то материальным эфиром, а электромагнитным полем. Силовые линии Фарадея простираются в пространстве, окружая и даже пронизывая все предметы. Все электрические и магнетические действия (притяжение,

отталкивание, индукция и т. п.) изящно и точно объясняются с помощью теории Максвелла в рамках этих воззрений. Обобщение всех электрических и магнетических действий, хотя и блестящее само по себе, — это не та революция, о которой говорил Эйнштейн, но тут Максвелл предлагает что-то совершенно неожиданное.

В конце работы Максвелл отходит от рассмотрения электрических и магнетических действий и переходит к свету, от янтаря и магнитного железняка — к свече. Те сложные уравнения, с которыми он так мастерски обращался, уравнения, которые озадачили опытного Фарадея, привели к выдвижению смелого предположения. Дело в том, что в своем анализе Максвелл вывел уравнение для электромагнитного поля, которое было совершенным аналогом уравнения, выведенного Эйлером для распространения звуковых волн. Более того, исходя из этого уравнения, можно было рассчитать скорость света, и это совпадало с наиболее точными измерениями, доступными в ту пору. Здесь, как всегда классически сдержанно, Максвелл делает следующий вывод: “Соответствие данных результатов, похоже, показывает, что свет и магнетизм — это воздействия одной и той же субстанции, и что *свет — это электромагнитное возмущение, распространяющееся через поле в соответствии с электромагнитными законами*”. В одном предложении Максвелл предложил коренное изменение представлений о свете, такое, в котором свет, электричество и магнетизм оказались переплетенными, и таковыми останутся навеки. Произошло объединение двух сфер физики, которые по всем внешним показателям не имели между собой ничего общего. Лучевые вибрации Фарадея достигли зрелости в математических выкладках Максвелла. Было объявлено, что свет — это электромагнитные волны, вибрации которых колеблются в пространстве.

Заметьте, что в подходе Максвелла сохраняются представления прошлого, когда он пишет, что электричество, магнетизм и свет — это “воздействия одной и той же субстанции”. Под данной субстанцией подразумевался эфир. Максвелл, как и все остальные, по-прежнему мыслил категориями эфира, но для математического анализа эфир оказался совершенно непужным. Впервые волновая концепция света получила полное

теоретическое обоснование, в котором эфир, действительно, не был задействован. Пройдет четыре десятилетия, пока научное сообщество полностью это не осознает, но все равно эфир — умер. Эфир, как учебные колеса, выполнял полезную функцию, но теперь от него можно было отказаться. Без него электромагнитные представления о свете могли “оседлать” луч еще лучше.

К отказу от эфира призывал Генрих Герц. В 1887 г. он посредством эксперимента подтвердил, что законы отражения и преломления, которые были известны в связи со светом, также подчинялись невидимым электрическим возмущениям, производимым искрами. Да, похоже, что свет был только особым видом электромагнитного возмущения. Герц восхищался математической формулировкой света, которую дал Максвелл, и предупреждал, что не нужно ошибочно принимать “пестрые наряды [т.е. эфир], которыми мы пользовались для его облачения”, за “скромную фигуру”, представленную в настоящей теории.

По мере того, как теория поля получала признание, Максвелл и другие ученые стали воспринимать само электромагнитное поле как вмес­ти­ли­ще энергии. Максвелл понимал четкую взаимосвязь его концепции энергии с электромагнитным полем. “Я хочу, чтобы меня понимали буквально... Согласно нашей теории, энергия находится внутри электромагнитного поля, не только в пространстве, окружающем наэлектризованные и магнитные тела, но и внутри самих этих тел”. По теории Максвелла, поле обладало энергией. Из теоремы, выведенной Пойнтингом, можно было вывести на поверхность поток энергии электромагнитного поля. Результаты потрясающие. Почему нить накала лампочки нагревается и накаляется? Это происходит не из-за потока электричества через нить накала, а, скорее, потому, что по мере движения электрического тока энергия поля направляется в нить накала из пространства, окружающего ее. По этому поводу в математических вычислениях все представляется ясным. Потоки энергии идут вокруг и в проводники, а не через них.

Могло ли быть так, что в корне все является видом энергии поля, организованной самыми различными способами?

Таким вопросом задавался Максвелл и другие “энергетики”. Впечатляющие усилия были сделаны в этом направлении, но потом они запутались²². Только после открытий Эйнштейна и развития квантовой теории мы узнали, как связаны энергия и материя.

Фарадей был сторонником убедительного воздействия явлений. Он был мастером исследования, увлеченным наблюдателем и неординарным экспериментатором, который доверял тому, что наблюдал. Помимо языка явлений, существовало еще два: одно представление о природе было математическим, а другое — механистическим. Фарадей не мог понять первое и не доверял последнему. Фарадей обратился к Максвеллу с тем, чтобы тот “перевел” его изложение “из каракулей, чтобы я тоже мог бы работать над ними, проводя эксперименты”. Его просьба осталась безответной. Недоверие Фарадея по отношению к механистическим моделям и явное предпочтение феноменов также не нашло должного понимания в промежуточные годы.

Уильям Томсон, ставший впоследствии лордом Кельвином, — это тот человек, который, возможно, больше, дольше и напряженнее, чем кто-либо другой, пытался совместить механистическую картину мира с точностью математики. Благодаря его усилиям, материальный эфир и связанные с ним представления о свете наконец-то исчерпали себя. После этого естественная истина эксперимента побуждала новых исследователей заглянуть в неведомые ранее пространства, создавая неслыханные концепции о существовании света, которые заходили куда дальше, чем теории Фарадея и Максвелла.

Финальный провал

Наиболее напряженные усилия, которыми я настойчиво посвятил 55 лет, можно охарактеризовать одним словом... это слово — ПРОВАЛ.

Уильям Томсон

В 1841 г., в нежном возрасте 18 лет Уильям Томсон, уже восторженный почитатель трудов Фарадея, заявил о себе в научном сообществе, опубликовав глубокое математическое сравнение теории Фурье о распространении тепла в твердом теле с действием электричества на расстоянии. Эту работу Фарадей, бывший на тридцать лет старше Томсона, прочитал без особого понимания²³. В течение следующего десятилетия теоретические изыскания Томсона в области распространения тепла упрочили его репутацию, а также убедили его в том, что все физические явления, включая свет и электромагнитные силы, можно было истолковать через движение материи в согласии с законами механики при условии, что будет открыта природа эфира. Этому убеждению он придерживался в течение всей научной деятельности и приложил множество усилий для его реализации.

Если он был прав, то субстанция должна быть повсюду. “Мы рассматриваем пространство как наполненное”, — писал Томсон, — наполненное жидкостью, исключительные свойства которой он рассматривал как расширение, несжимаемость и инерцию. Все цвета, распространение тепла, электромагнитные эффекты и т. д. — это лишь отражение основополагающих, законных движений этой жидкости. Основываясь на успехе волновой теории света Френеля, Томсон объявил, что “существование эфира — это факт, в котором нельзя усомниться”, и продолжал рассчитывать его вероятную плотность, исходя из новых данных о солнечной энергии. Силовые линии Фарадея были, конечно, замечательны, но нужно было их понимать с помощью механистических свойств эфира, если хотели разобраться в электрических, магнитных или гравитационных силах. Именно поэтому Томсон решился на грандиозный

замысел — создание универсальной физики, скроенной по образцу принципов простой, инерционной материи, движущейся в соответствии с законами механики.

Свет, как обычно, оказался для Томсона наиболее строптивой чертой мироздания. Максвелл, хотя и относившийся с пониманием к программе Томсона, сам был вынужден отказаться, по крайней мере, временно, от любых теорий, связанных с эфиром. Вместо этого он вернулся к математическому изложению, для которого не существовало модели, предоставлявшей возможность наглядного представления. Томсон, напротив, не хотел сдаваться. Адаптируя и преобразуя концепции, разработанные такими блестящими коллегами-математиками, как Стокс и Грин, он всю жизнь посвятил поиску логичных механистических гипотез эфира.

Если вы окажетесь в университете города Глазго, где Томсон преподавал более пятидесяти лет, вы увидите экспозицию, созданную им сто лет назад и действующую до сих пор. Замысел экспоната — пояснить представления Томсона об эфире. Посреди контейнера с водой находится кусок воска. Наверху на нем пули, а под ним небольшие пробки. Примерно за год пули медленно проходят вниз через воск в то время, как пробки перемещаются через него наверх.

Сходным образом предполагалось понимание и всего пространства, заполненного некой чрезвычайно эластичной субстанцией, способной вибрировать на очень высоких световых частотах, как того требовала теория Френеля, и которые в то же самое время позволяют планетам и звездам продолжать свой задумчивый путь во Вселенной. Вдохновленный опытами немецкого коллеги Гельмгольца в сфере движения жидкостей, Томсон предложил считать, что пространство наполнено “вихревыми атомами”, которые движутся подобно кольцам дыма в эфире. Это была действительно блестяще задуманная гипотеза, с помощью которой можно было объяснить, что происходит при отражении, преломлении, рассеивании и поляризации. Тем не менее, как отметил уже тогда американский физик Уиллард Гиббс, несмотря на все удачные находки и дерзновенный талант автора, теория Томсона “не должна заставить нас забывать о действительном положении данного вопроса. Про

теорию электричества Максвелла можно по-прежнему сказать, что для нее не нужны новые гипотезы, а нужно лишь применять законы, созданные наукой об электричестве”²⁴. Томсон создал всего лишь еще одного идола для объяснения света, который был ничем не лучше тех, что были созданы его предшественниками. Гипотетические вихревые атомы оказались недолговечными и немногим смогли послужить развитию науки о свете. Лучше, утверждал Гиббс, не заниматься изобретением таких представлений, а придерживаться чистой абстрактной математической теории Максвелла. Как мусульмане запрещают изображать Бога или Пророка, так и Гиббс опасался, что представления о вихревых атомах не дадут ученым увидеть простые математические истины о свете.

Гиббса отделял от Томсона океан. Безопасное расстояние, поскольку Томсон, теперь уже лорд Кельвин, упорно продвигал свои воззрения, а его угрозы и устрашения стали легендарными. С годами он превратился в правящего патриарха британской физики. Даже когда ему уже было восемьдесят лет, лорд Кельвин представлял собой труднопреодолимое препятствие, что явствует из рассказа Эрнеста Резерфорда (открывателя ядерной модели атома) о выступлении с лекцией о радиации в Королевском институте²⁵.

Войдя в полутемный зал, я сразу же заметил среди собравшихся лорда Кельвина. Я понял, что будут проблемы с заключительной частью выступления, касавшейся возраста Земли, поскольку у нас были различные точки зрения. К моему облегчению, Кельвин быстро задремал, но когда я стал приближаться к этому важному месту в лекции, я увидел, что “стрелиный воробей” выпрямился в кресле, открыл глаза и мрачно на меня посмотрел! Вдруг меня озарило неожиданное вдохновение, и я сказал: “Лорд Кельвин ограничил возраст Земли, *при условии, что не будет обнаружено никакого нового источника тепла*. Это пророческое высказывание относится к тому, что мы рассматриваем сегодня, — к радию!” И вот! “Старик” приветливо улыбнулся.

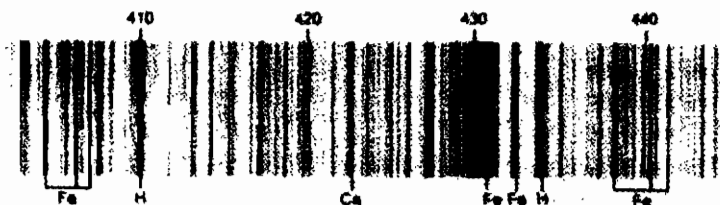
Резерфорд осознал, что открытый источник тепла для обеспечения необыкновенного тепла Земли, даже через миллионы

лет, — это энергия, выделяемая при распаде радия. В течение 18 лет Кельвин ломал копыя в спорах с геологами, “доказывая”, исходя из принципов термодинамики, что Земля — молодое образование. Он, конечно, по понятным причинам не учитывал еще не открытое тогда тепло, излучаемое при радиоактивном распаде, происходившем в земной коре, но все равно нужно было быть осторожным, чтобы не навлечь гнева Кельвина.

Несмотря на все могущество Кельвина, многим его страстно разделяемым убеждениям суждено было умереть перед лицом простых экспериментальных фактов, “природных истин”, так горячо любимых Фарадеем. Одним таким фактом, который он успел увидеть при жизни, было тщательное экспериментальное исследование эфира, сделанное Майкельсоном и Морли в 1887 г. Эксперимент однозначно продемонстрировал, что никакого эфира нет. Проведя собственный анализ сделанного эксперимента, Кельвин не смог ни к чему придаться и потому в знаменитом обращении, озаглавленном “Два облака” (1900), он назвал данный эксперимент плотным облаком, нависшим над эфирной теорией света, которую он оберегал. Всего лишь через пять лет специальная теория относительности Эйнштейна рассеяла это облако, но при этом исчезла и эфирная теория света. Второе облако, увиденное Кельвином, касалось спектральных цветов света, связанных с тепловым излучением в видимом диапазоне волн. Понимание распространения тепла (термодинамики) и электромагнетизма до 1900 г. не было совершенным и не могло объяснить появление цветов при нагревании так называемых “абсолютно черных тел”. Данное несоответствие исчезнет лишь после появления квантовой механики.

Лорд Кельвин был наделен даром провидения. Из двух облаков, нависших над физикой XIX в., появилось колоссальное преобразование физики XX в. и возникло новое представление о свете. Однако, также существовало и третье облако, которое внесло свою лепту в развитие современной физики.

Вспомним, что в 1612 г. Галилей, обратив телескоп к Солнцу, обнаружил темные “пятна” на его поверхности, чему не



Участок спектра солнечного излучения.

могли поверить астрономы того времени. Баварский мастер-самоучка Йозеф Фраунгофер (1787 — 1826) еще дальше продвинулся в изучении солнечных пятен. В 1814 г. он прикрепил призму к телескопу и проанализировал цвета спектра солнечного света более тщательно, чем Ньютон или кто-либо другой до него. Безупречная целостность цветов, которую наблюдал Ньютон, когда цвета незаметным образом переходят один в другой, на самом деле прерывалась черными линиями. В то время, как Галилей обнаружил темные пятна на яркой поверхности Солнца, Фраунгофер выявил затемнения в феномене спектра солнечного света, который оставался великолепным во всех других случаях. Чем были данные темные линии, испортившие радугу солнечного света?

Лишь в 1859 г. два профессора из Гейдельберга Густав Кирхгоф и Р.В. Бунзен установили четкую взаимосвязь между последовательностью темных спектральных линий, видимых в солнечном свете, и сходным рядом спектрального анализа света, производимого при испарении вещества в пламени горелки Бунзена. У каждого элемента свой уникальный рисунок волны света, уникальный спектр дискретных линий.

Это открытие позволило астрономам впервые исследовать спектры Солнца и звезд и определить вид и количество элементов, находившихся в таком отдалении. Наземная физика посредством спектрального анализа света совершила скачок в космос. Спектры Солнца и звезд воспринимались подобно тем, которые производились в Гейдельберге, приводя к простому заключению, что звезды мало чем (за исключением средней температуры) отличались от знакомого нам мира.

Спектральный анализ света наряду с экспериментами Майкельсона-Морли и “абсолютно черными телами” необходимо включить в качестве третьего облака в — по всем другим параметрам — блистательное и четкое представление Кельвина о горизонтах физики. Физика XIX в. добилась знаменательных успехов почти во всех сферах. Тем не менее, феномен света оставался без объяснений. Необходимо было мужество, чтобы серьезно заниматься этой проблемой, но тех, кто отваживался на это, ожидали награды, выходящие за пределы их ожиданий.

Столкнувшись с этими проблемами, лорд Кельвин, несмотря на браваду, мог откровенно оценить собственные достижения. На банкете, посвященном 50-летию его преподавательской деятельности в университете г. Глазго, он так ответил на тост, в котором превозносились его успехи: “Наиболее напряженные усилия, которым я настойчиво посвятил 55 лет, можно охарактеризовать одним словом... это слово — ПРОВАЛ. Я знаю об электрических и магнитных силах, об отношениях между эфиром, электричеством и осязаемой материей ничуть не больше, чем я знал, когда на первом занятии пытался учить студентов натурфилософии пятьдесят лет назад”²⁶.

Он упорно сопротивлялся появлению новых представлений о свете. Если продолжать считать свет материальным, то это обречено на провал. Кельвину и его единомышленникам пришлось сойти с научного пьедестала. Путь, начатый Фарадеем и продолженный Максвеллом, нужно было продолжать новым открывателям и идти, не сбиваясь в колею прошлого. Новая эпоха света, ведомая экспериментами и духом века, началась в 1900 г. Ее значение мы пытаемся осмыслить до сих пор.

Хотя мы и стоим на пороге XXI в., я хотел бы задержаться на миг и более внимательно проанализировать, что произошло со светом и с теми явлениями, которые он нам представляет.

Сердечные волнения

*Когда лампы разбиты,
Огонь умирает в пыли,
Когда буря забыта,
Все меньше радуг вдали.
Когда лютня упала,
Струна звенит все слабей;
Когда речь отзвучала,
Бледнеет память о ней.*

Перси Биши Шелли (пер. И. Ивановского)

В последние годы жизни рассудок Фарадея постепенно угасал, он дряхлел. Когда его единственный ученик Тиндаль, сознательно стремившийся стать *Шиллером* для Фарадея-Гете, в последний раз пришел навестить старика натурфилософа (Фарадею претило новое название “ученый”), он увидел, что “внутреннее сияние, которое во времена расцвета так ярко горело на его лице, перешло в спокойный и сердечный свет”. Тиндаль вспоминает, как он “преклонился перед ним на ковре и положил ладонь на колено Фарадея; он ласково ее коснулся, улыбнулся и зашептал тихо мягким голосом”²⁷.

Последними тихими радостями Фарадея были закаты, которые он наблюдал из сада дома, где доживал свои дни. В молодости вид радуги, бури или заката вызывал блеск у него в глазах. Ведь перед ним представали “природные истины” грандиозного масштаба, истины, пред которыми стоит преклониться с восторгом и благоговением.

Тем не менее, в течение XIX в. многие задавались вопросом, как данные явления можно рассмотреть через призму электромагнитной теории: может быть, радуга это не более, чем паутина, сотканная из электромагнитных формул, закат — результат рассеивания дифференциального света, а молния — лишь бесчисленные миллионы электронов? Получается, что математическая ведьма Максвелла все-таки победила? Достаточно ли было оставаться благочестивым англиканцем, пока ведьма грабила храмы природы, уничтожая

богов и богинь, с единственной целью — поставить на их места идолов научных представлений?

Джон Стюарт Милль не отступил от убеждения, что восхищение красотой природы не представляет собой препятствий на пути научных знаний: “Наиболее глубокое ощущение, возникающее при виде красоты облака в лучах заходящего солнца, ни в коем случае не препятствует моему пониманию, что это облако — водные пары, подчиняющиеся всем законам парообразных веществ в “висячем” состоянии”²⁸. Но разве не верно и обратное утверждение? Не затемняют ли и даже не уничтожают ли теоретико-научные знания те чувства, которые появляются у нас при виде чего-то возвышенного? Говоря о закате, вспомним слова Генри Дейвида Торо в дневниковой записи под Рождество 1851 г.: “Находясь на расстоянии в двадцать миль, я вижу на горизонте багровое облако. Можно сказать, что это масса парообразного вещества, в которой отражаются все другие лучи и красный цвет, но мне это ни к чему... Что это за наука, которая расширяет понимание, но сужает воображение? Если бы мы обо всем имели лишь механистическое представление, что бы мы тогда вообще знали?”²⁹

Торо казалось, что яркость земного света угрожает самому существованию духовного света воображения. На другом конце света японский философ Кейдзи Нишитани обратился к высказываниям буддистского священника Мусо Кокуши, который сходным образом выразил свои мысли в книге XIV в., озаглавленной “*Muschū mondō*” (“Вопросы и ответы во сне”). Мусо вспоминает древних, считавших, что у каждого разумного существа есть духовный свет, исходящий из “самадхи Сокровищницы Великого Света”. “Чудесный свет” всех Будд происходит из этого же самого источника. В нашей собственной жизни каждый акт понимания, даже в таких простых вопросах, как различение запада и востока, черного и белого, — это “удивительное проявление духовного света. Но глупцы забывают этот изначальный свет и уходят от внутреннего в поисках света мирского”³⁰.

В течение жизни Фарадея велась напряженная борьба между теми, кого устраивал такой мирской свет, и теми, кто помнил, пусть даже и смутно, какой-то изначальный свет. Гете

и Новалис в Германии, Кольридж в Англии и Эмерсон и Торо в Америке, эти поэты, куда больше, чем современные им научные умы, пытались осознать научные представления по-иному. Некоторые мыслители романтизма считали, что единственный способ — это полное отрицание науки. Куда более интересным был подход тех, кто следовал примеру Гете, заново оценивая основную суть науки, пытаясь определить, действительно ли в ней нет места для человека.

На “распутывание радуги”, как это называл Китс, ушло много столетий. Яхве повесил на небесах первую радугу, когда солнце осветило Ноя после потопа. Пока на небесах появляется радуга, договор между Богом и человеком нерушим: “Я повесил на облаках свой лук — радугу — в знак договора между Мною и жителями земли ... что потопа, который губит все живое, уже не будет”³¹. Радуга была символом обещанной защиты. Радуга учитывалась в течение столетий в каждом открытии в сфере оптики и в каждом новом представлении о свете. Для многих поэтически настроенных сердец это и было “распутывание” радуги, выполнявшееся математической ведьмой, поскольку данное действие угрожало свести Ирис (радугу) с небес и таким образом нарушить договор между Богом и человеком.

Вместо того, чтобы просто скорбеть об утрате Ириды, нельзя ли понимать науку так, чтобы не лишать природу души, а человеческую жизнь — смысла? Поэтому наряду с изучением научных открытий, происходивших в начале XX в. — квантовой механики и теории относительности, мы прислушаемся к тем, кто пытался переосмыслить науку и представления о свете в более духовном смысле, чтобы не происходило изгнания Природы, даже если она и является в новых одеяниях.

Прежде, однако, мы объединим воедино многие столетия биографии света, рассмотрев одно из его наиболее прекрасных проявлений — радугу.

ГЛАВА 7

ВРАТА РАДУГИ

*Потом, когда мы шли, впереди
появилось кучевое облако,
превратившееся в вигвам,
и вход в него открывала радуга.*

Черный лось¹

Весной 1988 г. я увидел радугу именно так, как ее видели в древности. До этого я часто видел современные радуги, но тогда впервые испытал, что такое радуга, восходящая к началу времен.

Во время ежегодного ритуала, возникшего еще до письменных преданий, жители Губбио (Италия) отправляются на перегонки в монастырь св. Увальдо, расположенный на вершине горы, на склонах которой они проживают. Рано утром толпы мужчин и юношей выносят на плечах три огромные, шестиметровые, фаллические “свечи”, или *ceri*, вырезанные из дерева, и торжественно проносят их через весь городок. На каждой свече стоит сходная с пламенем фигура почитаемого святого, освящая этот языческий ритуал.

Приготовления к пиршествам и увеселениям идут с утра. Когда солнце клонится к западу, свечи приносят к городским воротам, откуда идет дорога к базилике св. Увальдо на вершине горы. Стоя у церкви на вершине, я видел и *ceri*, и тысячи зрителей вдоль всего извилистого пути, и участников соревнования в спортивной форме. Последние были готовы взять на себя громадную “эстафетную палочку”, когда настанет их черед. Сначала слышался шум, а потом с поразительной быстротой, но необыкновенно изящно процессия с высокими, прямо стоящими *ceri* двинулась по извилистой дороге вверх.

По мере того, как они проходили последний поворот, все вокруг меня забурило, раздались крики. Мимо пронесли *ceri* — и все зрители смотрели, как их быстро вносят в открытые двери церкви св. Увальдо, чтобы выиграть соревнование. Потом



Намиррги из племени Дэнгбон, населяющего плато Арнемленд. "Радужная змея", рисунок на коре.

я увидел радугу, древнюю и потрясающую, выгнувшуюся дугой в небе над процессией и над церковью. В мгновение ока все стало ясно. Соревнование не могло завершиться в темных нефях церкви, оно продолжалось, пока целое поколение соревнующихся не пройдет под переливающейся разными цветами аркой. Мерцающие святые были языческими божеествами, светившимися в красноватом сумеречном свете, а радуга была их нимбом. Эстафета завершалась не в базилике св. Убальдо, а во вневременном святилище, "врата в которое открывала радуга".

Это был древний ритуал, и на небе была древняя радуга. Они теперь не часто появляются в нашем современном мире. Когда-то давным-давно они встречались намного чаще.

У глубокого озера в пустыне в Австралии абориген присел на корточки с дымящейся головней в руках. К озеру его привела жажда, но ему угрожает опасность. Допустим, не было действенной магии огня и дыма... Тогда из водных глубин появилась бы огромная многоцветная змея, которая набросилась бы на человека и утащила бы его на дно. Однако она боится головни, потому абориген утолит жажду и уйдет без помех. По всей Австралии эту змею называют "радужной змеей", такое

очаровательное имя дано ей из-за красивой, разноцветной чешуи. Иногда это создание встает, выгнувшись, над землей среди облаков. Древнее, могущественное и волшебное существо, оно с самого начала присутствует в мифологии аборигенов.

Когда странствующие боги племени навахо подходили к глубокому ущелью в каньонах или к речному порогу, мостик радуги перекидывался через пропасть, чтобы они могли беспрепятственно продолжать свой путь. По их следам шли священные койоты, радостно игравшие с новорожденным радужным следом. Некоторые из радужных мостов отвердели, став природными каменными мостами, перекинутыми через ущелья в пустыне на юго-западе США.

“Тою порою троянам, подобная вихрям Ирида, вестница Зевса Кронида, явилася с вестию грозной”². Грозный Зевс-громовержец часто посылал Ириду с поручениями к другим богам и людям. Ирида, богиня радуги, соединяла высоты Олимпа с полем брани под стенами Трои. Гомер называет ее “бегущей по дождливому ветру”. Мне она представляется в виде мирно изогнувшейся в грозовом небе восхитительной радуги, соединяющей небо с волнующимися равнинами, приносящей мысли Зевса ахейцам или аргивянам. В сознании древних греков радуга была богиней и посланницей — скорой на ногу и изменчивой.

Радуга — дочь изумления

С момента появления “человека мыслящего” призрачная небесная арка, которую мы называем радугой, очаровывала его сознание. Радуга была предметом восхищения, мифов и суеверий; истолкование данного феномена во многом определяло развитие научных представлений о свете.

Среди древних семитских народов Ближнего Востока появление радуги ознаменовало переход от древних времен возраставшего беззакония к нашему времени; тема, которая

вошла в традицию с книги Бытия. Радуга, появившаяся перед Ноем, закрепила договор между Яхве и “всеми жителями земли”. Впредь уже воды потопа не станут губить все живое, впредь уже не будет грешное человечество наказано потопом, опустошающим землю³. Когда радуга появляется в небе, озаренном наполовину, это может быть воспринято как успокоительное напоминание об обещании Бога человеку, поскольку наше бытие подвержено многим серьезным угрозам в таком ненадежном мире.

Для Гомера радуга была проявлением богини Ириды; он сообщил нам о ее генеалогии. Тавмант, бог чудес, “дочь Океана глубокотекущего, деу Электру взял себе в жены. Родила она мужу Ириду быструю и Аэлло с Окипетую, Гарпий кудрявых”. В представлениях древних греков в Ириде, радуге и посланнице богов, объединялись глубокотекущее внешнее море, называемое Океаном, которое описывало древний мир, с богом чудес Тавмантом. Слово *Thaumas* в греческом языке обозначало чудо. В мифе о происхождении Ириды воплотилось древнегреческое представление, пронизанное восхищением кружевной разноцветной радугой; это было чудо, *thaumas*, обрученное с водой, Океаном. Радуга — детище воды и чуда; Ирида — дочь Океана и Тавманта. Как отметил Платон: “Тот, кто назвал Ириду дочерью Тавманта, видно, знал толк в родословных”.

В начале истории радуги разноцветная арка выгнулась, соединив небеса с землей, став естественным мостом, соединившим два мира. Как написал греческий драматург Аристофан: “А Ирида, по словам Гомера, пронесится сквозь небеса, подобно голубице, в которую вселился ужас”, передавая сообщения богов людям. Данный мотив часто встречается и в других культурах. Для североамериканских индейцев, полинезийцев и других народностей радуга прокладывала дорогу душам в высшие миры, в Японии радугу называли “подвесной небесный мостик”. В исландской “Эдде” бог Один, воплотившийся в виде Ганглери, искал пути с земли на небо, и “отвечал со смехом Высокий: «Неразумен твой вопрос! Разве тебе неизвестно, что боги построили мост от земли до неба, и зовется мост Биврест? Ты его, верно, видел. Может статься, что ты зовешь его радугой. Он трех цветов и очень прочен и сделан — нельзя

искуснее и хитрее». Под надзором Хсймдалля боги совершат последний переход по радуге в момент ухода из нашего мира, сумерек богов. Тогда будет уничтожена радуга.

Тайна радуги продолжает очаровывать. При подходе к ней она удаляется так, что никогда не удастся пройти под ее сводом или дойти до ее легендарного конца. Что же такое радуга, сотканная из света, дождя и глаз? *Тавмант*, чудо, сопровождает ее в течение столетий; Ирида и сегодня такая же прекрасная и удивительная, какой она представлялась древним грекам. В молодости поэт Джерард Мэнли Хопкинс выразил эту загадку в стихотворной форме.

*Было непросто развязать сей узел.
Сияет радуга, но только лишь в сознание
Того, кто смотрит. Но не только в этом,
Кто радугу творит при помощи машин?
И многие, застыв у водопада,
Зрят каждый по дуге, но не одну для всех,
Ведь каждая из них на пядь подальше, чем та, что ей вослед.
Бьет водопад, и солнце пишет текст,
Он все еще в глазах или в мыслях.
Было непросто развязать сей узел.*

Ощущение чуда в стихах Хопкинса и Гомера — это основа как философии, так и науки. Вернемся к тому, что написал об Ириде Платон: «Ибо как раз философу свойственно испытать такое изумление. Оно и есть начало философии, и тот, кто назвал Ириду дочерью Тавманта, видно, знал толк в родословных»⁴. Генеалогия западного сознания восходит к Ириде, к человеческому ощущению чуда при виде радуги, и доходит до сумерек богов, до разрушения радуги, до окончания действия договора между Яхве и человеком.

Феномен

*Еще не полдень: радуга сияет.
В потоке всеми красками небес...*

Лорд Байрон

Где, когда и при каких обстоятельствах появляется радуга? Ясность представления о подробностях такого появления неразрывно связана с пониманием феномена. Все мы видели радугу, но обращали ли вы внимание на то, в каком направлении проявляется радуга, в какое время дня, какой она формы и насколько высоко раскинулась она в небе? Каковы цвета радуги, и в каком порядке они проявляются? Ответ на каждый из этих вопросов может стать памеком на причину появления радуги.

Когда я занимался физическими исследованиями в лаборатории в Боулдере, штат Колорадо (США), по вечерам мы с женой часто любовались радугой. Вечерний проливной дождь начинался незаметно. Дождевые облака приходили с гор на западе, они продолжали свой путь к восточным долинам, которые пересекаются со Скалистыми горами в Боулдере. Дождь и облака проходили поверху, закрывая на какое-то время яркий солнечный свет, лившийся с гор на закате. Из окон квартиры радугу было не видно, но мы знали, что она там. У дверей всегда был наготове зонтик, чтобы можно было в любой момент выйти на улицу посмотреть на радугу. Мы выходили в поле за жилыми зданиями и смотрели на роскошные разноцветные дуги, раскинувшиеся над равниной в полутемном небе.

Может быть, мое описание пробудило в вас воспоминание о радуге, которую вы сами видели четко и ясно. А теперь ответьте на вопросы, с которых я начал. Где была радуга? Снизу, на востоке, на горизонте. В какое время суток появилась радуга? Вечером. Уже с помощью этих двух наблюдений мы можем начать то, что я называю “воплощением” радуги, т.е. составление ее геометрической и временной форм. Когда мы четко определимся с предметом радуги, мы сможем увидеть радугу не только глазами, но и с помощью понимания.

Еще один фактор воплощения радуги — это местоположение солнца. Где находится солнце в момент появления радуги? Вергилий знал об этом, что явствует из его стихов.

*[Как радуга, стоящая напротив солнца,]
С неба Ирида летит на шафранных крыльях росистых,
В утренних солнца лучах стоцветный след оставляя.*

Солнце — напротив радуги. Чтобы увидеть радугу, надо вернуться спиной к солнцу — и тысячи переплетенных цветов засверкают на пути росистых крыльев Ириды.

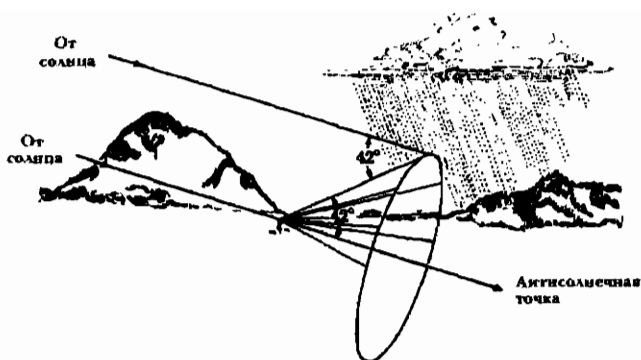
Каковы составляющие радугу цвета по численности и виду, и в каком порядке они появляются? Вергилий отмечает стоцветный след. Аристотель настаивает, что их три — “первый и самый значительный — красный”, а за ним следуют зеленый и синий по мере движения внутрь. Ксенофан согласен: “То, что они называют Иридой, — это еще и облако, синее, красное и желто-зеленое [*clorous*] на вид”⁵. В исландском эпосе “Эдда” также упоминаются три цвета.

Неизменная последовательность цветов в первичной дуге (изнутри — наружу) такова: фиолетовый, синий, зеленый, оранжевый, красный. Их число варьируется, поскольку они смешиваются между собой, хотя часто отмечают три доминирующих оттенка.

А какова форма радуги? Шелли отвечает:

*Солнце скрою, над бездной морскою
Перекину гигантский пролет
И концам на горы, не ища в них опоры,
Лягу, чудом воздвигнутый свод.
Под сияюще-яркой триумфальною аркой
Пролечу, словно шквал грозовой,
Приковав неземные силы зыбкой стихии
К колеснице своей боевой...*

Аристотель совершенно верно выявил форму радуги в качестве сегмента круга, который никогда не больше полукруга, по крайней мере, при обычных обстоятельствах. Иногда,



Геометрия радуги.

когда положение солнца, наблюдателя и водяной пыли оказываются соответствующими, может проявиться больше радуги. В "Путешествии натуралиста вокруг света на корабле «Бигль»" Дарвин дал описание восхитительной радуги:

Протянувшиеся одна за другой цепи гор [южной части Чили] казались мутными теньями, и заходящее солнце бросало на леса желтые отблески, очень похожие на те, какие дает пламя винного спирта. Вода казалась белой от водяной пыли, ветер затихал и снова ревел в снастях; то была зловещая, но грандиозная картина. На несколько минут вспыхнула яркая радуга, и тут любопытно было наблюдать влияние на нее водяной пыли; проносясь над поверхностью воды, она превращала обычный полукруг радуги в круг: полоса радужных цветов, продолжаясь от обоих оснований обычной дуги, пересекала залив и подходила к самому борту корабля, образуя неправильное, но почти замкнутое кольцо.⁶

Если у радуги обычно форма полукруглая, то где тогда ее центр? Его можно вычислить следующим образом. Проведем мысленно черту от солнца до земли под радугой. Там будет заметна тень, отбрасываемая головой стоящего наблюдателя.

Линия, соединяющая солнце, глаз наблюдателя и тень, — это ось, вокруг которой образуется радуга.

Вторую линию можно провести от глаза наблюдателя до самой радуги. Неважно, где именно на радуге, и вне зависимости от того, идет ли речь о весеннем дожде или водяной пыли от садового шланга, угол, образующийся между первой и второй линиями, всегда равен 42° — это угол радуги.

Внимательный наблюдатель также заметит несколько других аспектов радуги. Сначала радуга проявляется как граница между наполненным светом внутренним пространством и темной внешней полосой — так называемой “темной александровой полосой”. Таким образом цвета радуги появляются при контакте света и тьмы. Я назвал внешнее окаймление полосой, поскольку внешняя окаемка часто проявляется менее ярко выраженной, “вторичной” радугой опять же под определенным углом — 51° . Цвета вторичной дуги идут в измененном порядке, красный — внутри, а синий — снаружи. Данное искажение последовательности цветов вызвало широко распространенное толкование, что вторичная дуга — это дело рук Сатаны, который создал ее в виде насмешки над божественной радугой, скрепившей договор Бога с Ноем. В Германии и Аравии ее так и называли “дьявольская радуга”. Поэтому помимо божественных признаков в радуге всегда прозревали и напоминание о сопернике Бога.

Еще один, последний атрибут радуги — так называемые дополнительные дуги. Это эфемерные дуги, обычно розового и зеленого цвета, которые иногда появляются под основной радугой. Постарайтесь обратить на них внимание, когда в следующий раз увидите радугу; *и* часто не замечают, но их изящная красота послужит достойной наградой для внимательного наблюдателя.

В Боулдере мы с женой стояли рядом под зонтиком, наблюдая за стремительным бегом Ириды. За спиной сидело солнце, на земле перед нами были наши собственные тени. Загадка — поразмышляем над ней вместе с Хопкинсом: “Радуга сияет лишь в мыслях того, кто на нее смотрит”. От двух голов — две тени, и таким образом также проходили две оси от солнца через две пары глаз к теням наших голов. Так две

радуги оформляют оси, которые проводил каждый из нас. Мы “видим каждый радугу, но не одну и ту же, а каждую на пядь подальше, чем следующую”. Поскольку мы стояли порознь, ее радуга отстояла от моей. Чтобы увидеть ее радугу, мне пришлось бы буквально посмотреть через ее глаза, а ей бы пришлось прикрыть один глаз, чтобы так окончательно устранить любую неопределенность. Вот об этой-то загадке и писал Хопкинс в стихотворении о радуге.

Все это принадлежит феномену радуги. Когда перед нами разноцветная радуга, нам необходимо учитывать появление солнца за спиной, фактор наших глаз, туман впереди, цвета радуги и дополнительные дуги. Геометрия и временные параметры радуги совместно со всем вышеперечисленным являются частью божественного воплощения Ириды.

До XVII в. во Франции радугу преимущественно так и называли *ирида*, в честь греческой богини-посланицы. Рене Декарт заменил это древнее имя более прозаическим, которое до того редко использовалось: *arc-en-ciel*, “дуга в небе”. Вот еще один пример, когда переход от мифа к науке отражается в развитии языка. Но эволюция продолжается, и интересно, не случится ли так, что в один прекрасный день великолепие радуги не приведет к появлению нового имени, вновь наполненного образными представлениями.

Хотя и выселенная из своих любимых мест, Ирида по-прежнему царит в одной из частей нашей Вселенной. Еще раз представьте линию, проходящую от солнца в зрачок глаза наблюдателя. Если эту линию провести до озаренного солнцем тумана, то появится радуга, охватывающая, как Океан, эту ось зрения. Но еще одно, куда более скромное кольцо цвета охватывает ту же самую ось. Оно покоится на водном органе самого зрения, между темной внутренностью и белым наружным слоем, на пороге внутреннего мира и “служит вратами в него”. Это небольшое кольцо цвета до сих пор несет в себе название Ириды, посланицы богов, — радужная оболочка глаза.

Расплетая радугу

Расскажем теперь о гало и радуге, о том, что это за явления и какая причина их вызывает, о ложных солнцах и жезлах, ибо все это возникает по причинам, друг другу тождественным.

Аристотель⁷

Развитие теории радуги начинается с Аристотеля и продолжается в трудах Гроссетеста, Декарта, Ньютона и волновых теоретиков⁸. Новые оптические концепции появлялись либо после тщательного изучения радуги, либо быстро применялись по отношению к ней для того, чтобы дать объяснение ее таинственных свойств. Таким образом, сама радуга представляет идеальную возможность для наблюдения на примере одного природного явления за изменением взгляда, которое человечество направляло на оптические эффекты. В смене этих представлений отражается эволюция света, как мы ее прослеживаем со времен античности до XIX в.

Представления о радуге стали отходить от мифических и превращаться в научные во время эллинского периода. Уже в “Метеорологике” Аристотеля находим подробное описание радуги в виде подлунного “метеора” света наряду с описаниями ореолов, полярного сияния, комет и метеоритов. Описательные сообщения Аристотеля поразительно ясны, в них впервые даются взвешенные геометрические и физические основания для радуги. Аристотель подверг Ириду такому же скрупулезному анализу, как и Евклид при геометризации зрения. Что касается физических начал цветов радуги, то Аристотель считал, что облака состоят из тумана, который действует наподобие бесчисленных мельчайших зеркал, настолько крошечных, что они отражают *зрение* наблюдателя без сохранения образа солнца (вспомним зрительные лучи глаза в представлениях древних греков). Поэтому из глаза зрительный луч отправляется к радуге (т.е. к зеркалоподобным капелькам облака), а оттуда — к солнцу. Теория цвета Аристотеля рассматривала все цвета как промежуточные этапы между белым и черным цветами. При применении дан-

ной теории к радуге появлялись три цвета: “Более сильный зрительный луч превращает цвет [отражения] в красный, луч, следующий [за этим по силе], — в зеленый, а еще более слабый — в синий”. Такovy были цвета радуги Аристотеля.

Следующий значительный шаг в понимании феномена радуги был сделан Робертом Гроссетестом в небольшой брошюре “*О радуге и зеркале*”⁹. Сначала автор излагает мысли о зрительных лучах и дает собственное понимание метафизики света. Он пишет:

Не следует считать, что выделение зрительных лучей — это выдумки, не подкрепленные реальностью, как заявляют об этом те, кто занят рассмотрением частного, а не целого. Но следует учитывать, что видимые *частицы* — это субстанция, сходная по природе с солнцем, которое светит и испускает лучи. Данные видимые частицы при соединении с лучеиспусканием некоего внешнего освещенного тела завершают акт зрительного восприятия¹⁰.

Здесь Гроссетест блестяще подытожил платоновское понимание света, широко распространенное в Средние века. Два рода эманации, от глаза и от солнца, тождественны между собой, и при их соединении происходит акт зрительного восприятия.

После внимательного рассмотрения вопросов отражения и свойств радуги Гроссетест приходит к выводу: объяснение, данное радуге Аристотелем и подразумевавшее, что радуга — отражение света облаков, не соответствует действительности. Вместо этого Гроссетест предлагает принцип рефракции: “Потому необходимо, чтобы радуга считалась результатом рефракции солнечных лучей во влажной среде выпуклого облака”¹¹.

Явления, связанные с рефракцией, многообразны и давно известны. Когда свет (или, как считали древние греки, зрение) появляется или исчезает из новой среды под определенным углом, он кажется преломленным на границе. Гроссетест считал, что, возможно, влажная среда облака, в особенности сформированная в выпуклую форму, может преломлять свет солнца в радугу. У Гроссетеста не было никаких подробных

обоснований данного принципа, но он выдвинул плодотворное предположение, которое оказалось правильным.

Примерно через сто лет после появления скромного труда Гроссетеста немецкий монах Теодорик из Фрейберга [Дитрих Фрейбергский] (не путать с повелителем, осудившим Бэция на смерть) сделал еще один шаг в этом направлении. В 1304 г. Теодорик провел исследование радуги, которое было революционным не только по методу, но и по результатам. Его предшественники рассматривали водяную среду облака как единое целое, не принимая во внимание роль каждой отдельной крошечной дождевой капли. Теодорик, напротив, считал, что облако состоит из отдельных капель, и важно учитывать взаимодействие со светом каждой из них. Если отдельную каплю можно подвергнуть анализу с достаточной степенью точности, то, объединяя результаты многих сходных капель, можно создать радугу. Это именно тот принцип, который впоследствии будет так эффективно использован Ньютоном в математическом анализе и при определении проблемы гравитации.

Малый размер водяной капли затруднял ее исследование, поэтому Теодорик провел опыт с “увеличенной каплей”: наполненной водой сферической колбой, помещенной на солнце. Эксперименты помогли ему прийти к выводу, что по мере того, как свет попадает в дождевую каплю, сначала происходит преломление, затем отражение на вогнутой внутренней поверхности задней части капли, а затем свет выходит из капли опять же через преломление. “Я считаю, что подобное лучеиспускание служит для объяснения того, как появляется радуга”, — написал Теодорик¹².

Словно этого было недостаточно, Теодорик продолжил свои изыскания и обратился к изучению появления более слабой вторичной дуги. Он установил, что совершенно сходный процесс происходит и там, только теперь с дополнительным отражением внутри капель.

Наконец, поместив капли обратно в небесную среду, Теодорик осознал, что каждая капля могла дать лишь отдельный цвет в зрительном восприятии в зависимости от точного геометрического расположения глаза, капли и солнца. Таким образом, радуга, воспринимаемая сразу целиком, должна быть

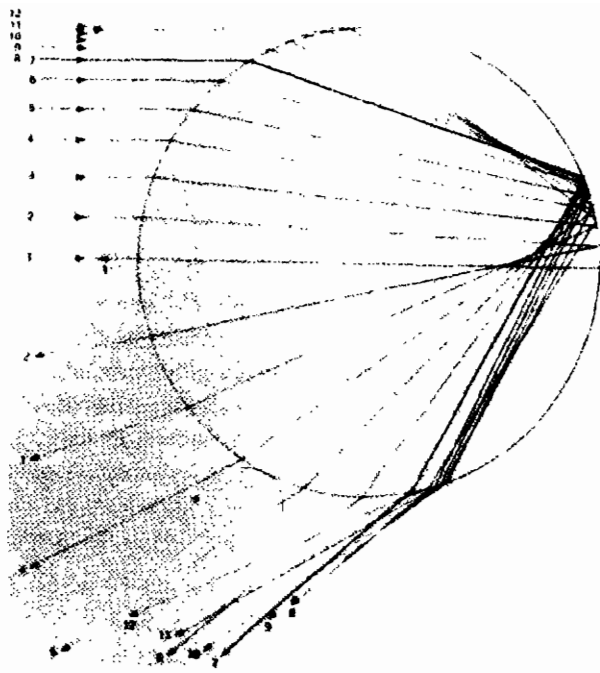
результатом множества таких капель. “Сходным образом, если все цвета видны одновременно, как это происходит при появлении радуги, это должно быть непременно результатом действия различных капель, занимающих разные положения по отношению к глазу, и глаза — по отношению к ним”¹³.

Посмотрим на росу на рассвете. Каждая росинка сияет, как драгоценный камень. Найдем ту, что сияет ярче всех, и пачнем медленно раскачивать головой — вверх-вниз. Наблюдаемые таким образом блестящие цвета всегда следуют в том же самом заданном порядке цветов радуги: красный, желтый, зеленый, фиолетовый. Представьте, что эти росинки — капельки дождя в небе, и они продолжают блестеть каждая своим отдельным цветом. Еще раз качните головой, и новые капельки засветятся красным цветом, в то время, как старые превратятся в желтые. В воплощении света все основано на геометрии. Бесцветная сама по себе, каждая капелька блестит, словно бриллиант цветного света, возникающий между оком Гора и глазом человека.

Оптическая теория постепенно охватывала радугу, но по-прежнему нужны были два завершающих штриха. Первый был сделан Рене Декартом, а второй — Исааком Ньютоном.

Вклад Декарта в освоение радуги был тонким, но глубоким, раскрывшим причину угла радуги и также подтвердившим наличие темной александровой полосы. Для начала представим себе траекторию струи воды из садового шланга. Медленно изменим наклон насадки с горизонтального на вертикальный и отметим изменение расстояния, проходимого водой. Сначала, по мере увеличения угла, возрастает и расстояние. Однако, когда насадка оказывается под углом 45° , вода из шланга доходит до самой дальней точки; дальнейшее увеличение угла приводит к сокращению расстояния. Как отметил еще в случае с артиллерийскими орудиями Галилей, максимальная дальность достигается при угле прицела 45° , а при увеличении или уменьшении угла дальность понижается.

При изучении радуги Декарт вычислил сходный принцип. Открыв параллельно со Снеллом первый, по-настоящему



Лучи света проникают в дождевую каплю (наверху) и выходят из нее (внизу). Обратите внимание, как они группируются вокруг луча № 7. Именно здесь и появляется радуга.

математический, закон преломления, Декарт получил все (за исключением одного) теоретические средства для современного описания радуги.

Мы можем последовать примеру Теодорика, как это и сделал Декарт, и воспользоваться большой сферической колбой, наполненной водой, для моделирования дождевых капель. Направим в колбу отдельный узкий луч белого света. Пусть этот луч сначала войдет в сферу прямо в центре.

Медленно и неуклонно проводим лучом по водяной сфере к краю. Луч, появляющийся из колбы, соответственно движется все дальше и дальше в одну сторону, пока (как и в слу-

чае со шлангом) он не останавливается и не поворачивается обратно. В момент остановки преломленный и отраженный луч окрашивается в разные цвета — цвета радуги. Угол между входящим и выходящим лучами равен тогда 42° — угол радуги. “Поворот луча в обратную сторону” — ключ к пониманию радуги. Без него сколько бы ни было преломления, этого было бы недостаточно для того, чтобы в небе появлялась радуга.

К тому же получает объяснение и темная полоса. Как вода из шланга не может охватить больше определенного расстояния, как бы ни изменялся угол наклона, так же и в случае со светом: за углом радуги нет больше никакого преломления света, сколько бы света ни попадало на водяную кашлю. Такое отсутствие света подразумевает наличие темной области за пределами 42° — темная александрова полоса.

Вторичная дуга, находящаяся непосредственно за пределами темной полосы, объясняется сходным образом. Дополнительное внутреннее отражение, находящееся в последней, своим следствием имеет то, что выходящий луч приближается к новому углу радуги в 51° , но теперь уже с *противоположной* стороны. Преломленные и отраженные лучи останавливаются, как и раньше, и возвращаются назад к большим углам, производя цвета в обратном порядке. Темная александрова полоса сохраняется в пространстве между 42° и 51° , куда не попадает ни один луч; темная пропасть между радугой Яхве и дугой Сатаны.

Декарт дал полное представление о геометрии радуги, но оно было полностью монохромным. У него отсутствовало убедительное объяснение сущности радуги: ее цветов.

В 1672 году, через две тысячи лет после Гомера, Ньютон, тогда еще гений-отшельник при Кембриджском университете, послал письмо в Королевское общество в Лондоне. В письме было описание новой теории света и цвета, которая в течение столетия не только подведет итоги научных представлений о радуге, но и изменит образные представления. Ньютон предложил считать, что радуга сложена из “лучей,

преломляющихся в разных направлениях”, каждый из которых вызывает ощущение конкретного цвета.

Вспомним корпускулярную теорию света Ньютона. Согласно Ньютону, белый свет совсем не то, чем он кажется. На самом деле он состоит из лучей, или атомов, света различных видов, каждый из которых может вызывать ощущение разного цвета. Ньютон сделал важное экспериментальное наблюдение, что свет разного цвета преломляется в несколько разном количестве. Для радуги важность данного наблюдения колоссальна. Хотя Декарт смог дать объяснение угла радуги как крайнего угла перед возвращением луча, по-прежнему оставался открытым вопрос о цветах радуги. Для Декарта геометрия радуги сводилась к двум цветам — черному и белому. Теория Ньютона давала радуге разные цвета. Угол радуги несколько отличается для каждого из лучей, которые вместе составляют белый солнечный свет. Иными словами, крайний угол до возвращения луча постоянно изменяется от красного через зеленый к фиолетовому. Это явление называется разложением, или дисперсия. Факт рассеивания, вне зависимости от правильности или ложности положений корпускулярной теории Ньютона, был последним недостающим звеном. Механизм дисперсии, её физические причины, оказались не такими, как их представлял себе Ньютон. Однако, несмотря ни на что, его описание наряду с имплицитно предполагаемой корпускулярной динамикой одержало победу.

XVIII век возликовал. Наконец-то секрет радуги был раскрыт, богиня Ирида была захвачена сэром Исааком Ньютоном — странный парадокс, учитывая, что Ньютону женщины были совсем ни к чему. Поэты воспевали Ньютона, среди них и Джеймс Томсон:

*Даже сам Свет, который присутствует в каждом предмете,
Сиял, не раскрываясь, пока его светлейший ум
Не расплел его сияющие одежды.
И из белого неразличимого яркого света,
Собрав по лучику и их сгруппировав,
Очарованному глазу явился роскошный кортеж
Родительских цветов.¹⁴*

Сам свет был теперь освещен еще более ярким светом ньютоновского разума и предстал в виде процессии родительских цветов, обычно сплетенных в белизну. В призме и в радуге “желтые локоны” солнечного света оказываются распуганными и разложенными в виде лучей, преломляющихся в разные стороны.

Феномен радуги был наконец объяснен, неясными оставались лишь несколько второстепенных моментов, например, чем объяснить дополнительные розово-зеленые дуги непосредственно под первичной радугой. В современных представлениях это объясняется как следствие воздействия интерференции того типа, который был предложен еще Томасом Юнгом. Таким образом, в исследовании радуги проявляется хроника всех открытий оптической теории.

Эти открытия также будоражили эмоции поэтов-романтиков, которые в торжестве оптической науки над радугой усматривали смерть поэтической чувствительности. Марк Твен писал о горячо любимой им реке Миссисипи, что он видел ее и как писатель, и как речной лоцман. Глазами писателя он вбирал в себя каждый водоворот, каждую ветку, несомую потоком, каждую набегаящую волну в качестве предмета вдохновения к написанию прозы, наполненной аллюзиями и чувством. А для расчетливого взгляда лоцмана те же самые предметы были указателями менявшихся отмелей, свидетельствами недавнего шторма или каким-то другим природным явлением, которое могло помешать безопасному проходу судна. Можно ли хоть как-то совместить эти два взгляда? Пока царит один, второй дремлет; это подобно смене дня и ночи.

Тот, кто жил под знаком ночного вдохновения, оцлакивал потерю радуги.

Дивные радуги

*...От прикосновенья
Холодной философии — виденья
Волшебные не распадутся ль в прах?
Дивились радуге на небесах
Когда-то все, а ныне — что нам в ней,
Разложенной на тысячу частей?
Подрезал разум ангела крыла,
Над тайнами линейка верх взяла,
Не стало гномов в коты заповедной —
И радуга была расплетена...*

Джон Китс. Ламия

Одни, наряду с Александром Поупом, превозносили Ньютона, заявляя: “Природы строй, ее закон в извечной тьме таился, И молвил Бог: “Явись, Ньютон!”, — и сразу свет разлился”. Для них развитие научных представлений было прогрессом, а научные достижения отделяли нашу эпоху от предшествовавших веков варварства и невежества.

Другие, вместе с Китсом творившие в начале XIX в., оплакивали потерю стремительной и прекрасной Ириды, пропавшей с небес. Для них наступление науки лишь форсировало наступление сумерек богов, разрушение моста Биврест. Богатый внутренний душевный мир радуги был разграблен, а на его место устремились абстрактные атомы цвета. В какие бы пышные наряды ни рядили поэты труды Ньютона, их безжизненный скелет был виден насквозь. Казалось, что Золотой век безвозвратно ушел в прошлое. В ответ они часто поворачивались спиной к новым научным представлениям о природе.

Художник Бенджамин Роберт Хейдон сделал запись в своем дневнике 28 декабря 1817 г., описав “вечернюю пирушку, на которой присутствовали бессмертные”¹⁵ Китс, Вордсворт и Лэм. Китс с великолепной иронией нападал на Хейдона за то, что тот изобразил Ньютона на одном из своих полотен: “а ведь это был человек, который ничему не поверит, пока все не станет так же ясно, как три стороны треугольника”. Описывая

вечеринку, Хейдон рассказывает, как Лэм и Китс “согласились, что он [Ньютон] уничтожил всю поэзию радуги, сведя ее к призматическим цветам. С Китсом было невозможно не согласиться”, и они провозгласили тост: “Да здравствует Ньютон и позор математике”.¹⁶ Их отношение было запечатлено Томасом Кэмпбеллом в стихотворении о радуге.¹⁷

*Триумфальная арка, что заполнила небо,
Когда штормы готовы уйти,
Я не к гордым философам обращаюсь,
Чтобы мне рассказали, кто ты.*

*Может ли все, что известно оптике,
Рассказать мне так о тебе,
Чтоб когда я мечтал о камнях драгоценных и золоте,
То сверкали они бы в твоей лучезарной дуге?*

*Когда Наука с облика Творенья
Снимает занавес очированья,
Тогда прекрасные виденья бегут под натиском
Холодных законов материальных знанья!*

От сознания и представлений, усматривавших в радуге договор с Богом — или саму богиню — мы пришли к тому, что воспринимаем радугу в качестве эфемерного феномена земного света, получаемого вследствие преломления лучей и дождя. Мы разменяли древний взгляд или представление о мире на воззрения современной науки и при этом мы, по словам Китса, “расплели радугу”.

Изменение представлений — очевидный факт. Некоторым это покажется прогрессом, а для других — это потеря благодати, но мы действительно живем в ином мире по сравнению с австралийскими аборигенами или древними шумерами. Различия продиктованы, в основном, не техническими достижениями, лежащими на поверхности нашего существования, а, скорее, коренным изменением в нашем мышлении и восприятии, изменениями, происходящими внутри нас. Мы — наследники не только внешней культуры, но и внутренней.

В действительности они неразрывно связаны одна с другой. Внешняя история неотделима от истории нашего внутреннего ландшафта, поэтому история радуги становится историей сознания, воспринимаемой через одну из граней многогранного самоцвета.

История радуги от эпохи мифов до взглядов современной оптики — это, в миниатюре, пример того, как происходит проникновение человека в суть природных явлений и как меняется отношение к ним. Эта захватывающая история начинается с Ириды, богини-посланницы из Греции времен Гомера, охватывает философов древности и доходит до Декарта, Ньютона и Юнга, которые заложили основу для современных представлений о радуге.

Тем не менее, хотя и занимательная сама по себе, история радуги вмещает в себя еще одну историю, куда более значительную, чем то, что лежит на поверхности истории науки. Дело в том, что изменяющиеся образные представления о радуге отражают для нас значительные изменения в материи самого сознания. История света, радуги и, в более общих чертах, история науки продолжают действовать как текст, в котором мы читаем про психогенез разума.

Использование собственного света

*Смотря в темноту, достигаешь ясности.
Умение уступить — признак силы.
Пользуйся собственным светом и
возвращайся к истокам света.
Именно так обучаются вечности.*

Лао Цзы¹⁸

Оуэн Барфилд в начале своей замечательной книги “Соблюдение приличий” делится с читателем размышлением о радуге¹⁹. Он задает простой вопрос: *А есть ли радуга на самом деле?*

Ведь к радуге не подойти вплотную, не коснуться ее, не ощутить ее запах, не пройти под ней или сквозь нее, поэтому возникают вопросы: есть ли она на самом деле, или же это лишь особое рассеивание света, исходящее из крошечных

жидких сферических капель? Есть один фактор, подкрепляющий ее реальность: все когда-то видели радугу. На уровне нашей цивилизации есть общее переживание данного опыта, и потому, чем бы ни была радуга на самом деле, она существует в качестве коллективного феномена.

Но тогда, предлагает Барфилд, рассмотрим дерево. Применим к нему ту же логику, что и в случае с радугой. Дерево, конечно, отличается от радуги тем, что к нему можно подойти вплотную, потрогать его, может быть, даже ощутить его аромат. По-прежнему нельзя “войти в дерево”, но в его реальности трудно сомневаться. Тем не менее, начиная с Галилея и, в особенности, в течение XX в. физика настаивает, что дерево, как и радуга, состоит из малых сферических тел материи, называемых атомами, которые рассеивают свет в соответствии с определенными законами. Некоторая небольшая часть данного света попадает нам в глаза, и мы “представляем” дерево за счет неизвестного сверхъестественного процесса.

На ветру дрожащие листья осины обнажают серебристую поверхность в то время, как темно-зеленые сосны спокойно покачиваются в такт, поскрипывая верхними ветками. Пройдет вечерний ливень, и над деревьями перед горой повиснет радуга. Физика утверждает, что все это — комплексное электромагнитное взаимодействие среди расположенных по соседству целлюлозных молекул, воды, образующих их атомов и света, но нам не видны ни световые волны, ни атомы; мы видим, слышим, ощущаем и чувствуем деревья и радугу. Они и мы — это привычные объекты сознания. Мы питаем любовь к таким вещам. И мы готовы им предаться.

Дети, деревья и радуги существуют. По этому поводу ни Барфилд, ни я спорить не будем. Чем они при этом являются, по сути, мы, вероятно, знаем не до конца, но мы их себе “представляем” в живом цвете и наделенными характером. И, странным образом, вся наша современная культура представляет их примерно так же, как мы. Если мы начнем прозревать радуги и деревья тогда, когда другие их не видят, наши галлюцинации могут привести нас к психиатру. Так во все времена и у всех народов были общие представления. Барфилд называет их “коллективными представлениями”.

А теперь пора задать важный вопрос из двух частей: как появляются такие представления, и могут ли они отличаться друг от друга в зависимости от времени и / или места? Вспомним, что мы говорили о зрении. Помните загадку внутреннего луча, света, который источает фонарь нашего тела — глаз? На примере случая с С.Б. и другими людьми, слепыми с рождения, мы знаем, что под зрением подразумевается куда больше, чем простое наличие функциональных органов зрительного восприятия. К неоформленным ощущениям присоединяются память, воображение, умственные привычки, чувства и даже воля (насколько мы обращаем *внимание* на что-то). Без света, которым мы наделяем чувственные ощущения, мир остается темным и лишенным значения. Если физический глаз — это камера обскура, “темная палата”, тогда для зрения дополнительно нужно духовное око, для которого образ фонаря, предложенный Эмпедоклом, служит наиболее подходящей метафорой.

Новейшая эволюционная биология весьма естественно утверждает, что современный физический глаз — это конечный продукт длительного процесса эволюционного развития. Безглазые рыбы плавают в темных, лишенных света водах американской реки Эхо в Мамонтовых пещерах в штате Кентукки. Поскольку не было света, у рыб не было процесса выделения глаз как органа. Напротив, свет омывает нашу планету миллионы лет. Под его неотступным воздействием физические органы восприятия появились в соответствующей форме. А возможно ли, что в течение десятков тысячелетий существования наделенного разумом человечества могла проходить сходная эволюция в развитии духовных возможностей, которые наделяют значением и смыслом шевеления наших чувств? Уместно, пожалуй, упомянуть высказывание Гете: “Глаз обязан своим существованием свету. Из безразличных вспомогательных органов животного свет вызывает к жизни орган, который должен стать ему подобным; так, глаз образуется на свету для света, дабы внутренний свет выступил навстречу внешнему... Если бы глаз не был подобен солнцу, как бы мы смогли воспринимать свет?”²⁰

Если в течение тысячелетий созидательный внешний свет солнца вызвал к жизни физические глаза, какие же силы

создали, разбудили и окрасили наш внутренний свет? Как это обозначает английский химик и философ Майкл Полани, наш язык, рабочие органы и действия создают способности: "... мы формируем структуры психики через усвоение структур внешней деятельности и заставляем себя погружаться в них"²¹. За счет погружения в них появляются новые органы познания. Размышляя об истории света и радуги, мне кажется, что мы начинаем ощущать эти изменяющиеся психические силы, в которых обитает человек, и которые наделяют значением переживаемый опыт.

При изучении света нас интересуют не "верные" объяснения современной оптики, а меняющиеся представления о свете. Пожалуй каждому по заслугам важность и славу, поскольку они долго и по праву царили в свое время. У электромагнитных представлений, выдвинутых Максвеллом, стаж не больше; а мы еще не добрались до квантовой теории света.

Лучше было бы ставить вопрос не о том, были ли предыдущие взгляды на свет правильными, а о том, — насколько важны эти взгляды? Что жило в душе древних египтян или греков, что было согласно с представлениями об оке Гора и быстрокрылой Ириде? Как написал Джон Стюарт Милль, перефразируя Кольриджа: "Если какое-то мнение существует в течение длительного периода времени, то это, по крайней мере, доказывает, что оно в той или иной степени усвоено человеческим разумом; и если, докапываясь до корней, мы не находим, как это обычно и происходит, какой-то истины, то тогда обнаруживается какая-то природная потребность или нужда человеческой природы, которую удовлетворяет доктрина, о которой идет речь"²².

Происходят наглядные изменения в нашем сознательном восприятии света, радуги и, на самом деле, всех явлений в течение тысячелетий, во время которых мы как род человеческий их воспринимаем. По мере развития человека на биологическом уровне, происходила и эволюция человеческого сознания. Более того, данная эволюция продолжается и по сей день. И ее будущее остается открытым. Что мы с ним сделаем? Интересно.

Одни, папрочь отмежевываясь от эволюции сознания, будут прочно держаться за материалистические представления

о свете XIX в. даже в эпоху, научные открытия которой опровергают их воззрения. Они говорят о “фотонах”, а, на самом деле, лишь заново обращаются к корпускулярной теории света Ньютона. Другие, лучше информированные, приспособятся к радикальному релятивизму. Они заявляют, что все знания — это лишь условность. Изыскания в сфере природы света — это не что иное, как социально утвержденная игра; а само понятие света — это всего-навсего условность. Их деконструктивизм полезен тем, что подрывает самодовольство науки, но, в итоге, ничего не предлагается взамен. В конечном счете, деконструкция — это груда руин: нигилизм. Эволюционные изменения приемлемы для сторонников этих взглядов, но эволюция, в конечном итоге, бессмысленна.

Третье направление — наименее популярное, поскольку оно требует больше всего: нужно представлять свет, самих себя и мир глубже и шире, чем это возможно с помощью механистических представлений. Гете, среди прочих, выступал за такое миропонимание. Он и его единомышленники осторожно, но бесстрашно, искали путь, который вел бы от физического к духовному. То сознание, которое необходимо в будущем для усвоения таких научных взглядов, не может быть просто механическим, оно всегда должно быть готово к погружению в новые феномены, действия и выражения для того, чтобы создавались новые способности познавательного восприятия. Тогда сущность света будет уже не физическим явлением, идолом, а духовной реальностью, или фактором.

На последующих страницах мы увидим, как происходило развитие всех трех направлений в течение XX в. С первыми двумя, материалистическим реализмом и различными проявлениями релятивизма, справиться легко, поскольку многие ученые и философы уже работали в этих областях. Современная духовная история света, напротив, менее знакома, и, на первый взгляд, может показаться прямой противоположностью научным рассуждениям. Но мне кажется, что такой подход неверен. Факел, зажженный Гете и другими, например, Кольриджем и Эмерсоном, был подхвачен философом и основателем духовной науки Рудольфом Штейнером. В этой связи наряду с рассмотрением развития квантовой теории света в

напряженных усилиях Планка, Эйнштейна и Бора, мы также одновременно обратимся к тому, как создавались современные духовные представления о свете в трудах Рудольфа Штейнера.

Биография света подобна радуге; это сложная многоликая гармония, в которой слетаются воедино научные данные законов природы и изменчивая человеческая душа, чтобы создать мимолетное появление цветов. Солнце, заходящее за спиной наблюдателя, может вписать в туман перед ним текст, состоящий из двух величественных дуг: одной — божественной, а другой — сатанинской, разделенных пучиной тьмы. Изящные розовые дуги пробиваются в наполненное светом пространство, расположенное под более яркой основной радугой. Скромная сложность радуги легко становится метафорой человеческой жизни. В нас по-прежнему смешиваются миф и наука.

Сломленного и удрученного гетевского Фауста будят тихие звуки эоловых арф и песнь духа Ариэля. В водяных парах водопада Фауст видит возникновение великолепной радуги. В его словах передано и буйство водопада, и метания собственной души, темные мысли и безмятежное сияние солнца и человеческого духа. Между ними цветет радуга, в многоцветных отражениях которой отражаются жизненные цели и свершения.

*Нет, солнце, ты милей, когда ты — слади.
Передо мной сверкальце водопада.
Я восхищен, на это чудо глядя.
Вода шумит, скача через преграды,
Рождает гул и брызгов дождь ответный,
И яркой радуге окрестность рада,
Которая изрожа семицветной
Изменчивость возводит в постоянство,
То выступая слабо, то заметно,
И обдает прохладною пространством.
В ней — наше зеркало. Смотри, как схожи
Душевный миф и радуги убранство!
Та радуга и жизнь — одно и то же.²³*

ВИДЕНИЕ СВЕТА— ОДУШЕВЛЕНИЕ НАУКИ: ГЕТЕ И ШТЕЙНЕР

*Те, кто больше всего ценят цвет, —
это самые чистые и глубокие умы.*

Джон Рескин

Представьте себе, что вы — сотрудник лаборатории, расположенной в том же месте, что и приют матери Терезы, где трудятся, не покладая рук, ослепшие благодатью. Какие вопросы о свете и цвете станут самыми главными в таком контексте? Мое знакомство с наукой о цвете произошло при сходных обстоятельствах, под попечительством необыкновенного, замечательного человека, Майкла Уилсона.

Дело было в 1974 г. Мы с Уилсоном ехали на машине из университета Эксетера в его лабораторию по изучению цвета в Кленге, неподалеку от Бирмингема, чтобы в течение недели поработать там вместе. Когда мы проезжали по извилистой дороге вдоль атлантического побережья на юге Англии, он указывал на туманные красоты покрытого вереском берега, хотя сам очень любил бродить по горам Уэльса. Там, на сине-зеленых холмах между небом и каменной землей раскинулись пастбища, на которых пастухи пасли стада овец. Уилсон был на сорок лет старше меня, он считался мэтром в науке о цвете, а я был неопытным американским аспирантом, более привычным к измерению электронного воздействия возбуждения гелия, чем к выявлению различных оттенков радуги. Я приехал по рекомендации преподавателя, которому я доверял, зная, что Уилсон был председателем Группы по изучению цвета в Англии и автором нескольких важных научных работ по цвету. Я был менее осведомлен о его частной жизни, но в последовавшие дни и в течение многолетней дружбы, выросшей из этого

знакомства, я узнал, насколько тесно его жизнь была соединена со светом и цветом.

Как только мы въехали на ферму Уилсона, я понял, что знакомство с цветом будет в корне отличаться от обучения физике в университете Анн-Арбор, штат Мичиган (США). Микроавтобус “Фольксваген” остановился у старого фермерского дома, мы вышли и пошли по дорожке, ведущей к детскому дому “Санфилд”. Примерно за тридцать лет до этого Уилсон с близкими друзьями основал приют для психически больных детей. С тех пор приют превратился в крупный поселок. Поднявшись на вершину холма, с которого открывался вид на “Санфилд”, мы увидели поля, деревья и группки детей, явно инвалидов, с заботливыми воспитателями. Я вдруг осознал, что буду здесь заниматься изучением цвета в окружении детей-инвалидов, и что они были окружением и поддержкой работы по изучению цвета, которую вел Майкл Уилсон. Раньше я знал работу в специализированных центрах, где были блестящие, но нервные ученые и специалисты. Здесь же царил иной ритм и стиль исследований, основную роль играло сострадание, а не сроки, установленные грантом, или научное соперничество. Обстановка в “Санфилде” побудила меня изменить отношение к собственным научным изысканиям. С тех пор я пытаюсь сохранить такой подход.

На обратном пути мы остановились, чтобы пообщаться с воспитателями и детьми в главном здании. Именно тогда я начал понимать весь спектр занятий Уилсона цветом. Он не только вел научные разработки, соблюдая принципы современной теории цвета, но помимо этого в течение многих лет осторожно вел эксперименты с цветом в качестве терапии для детей-инвалидов в “Санфилде”.

Передо мной был, очевидно, независимо мыслящий человек с отзывчивым сердцем, человек, которого уважали не только ученые по обе стороны Атлантического океана, но который пользовался любовью и отвечал взаимностью детям “Санфилда”, страдавшим синдромом Дауна, большим спастическим параличом и аутизмом. Любовь Уилсона к цвету не только очистила его сознание, как это предсказывал Рескин, но она также соединила те миры, которые я до этого всегда видел

разделенными непреодолимыми барьерами. Я стремился узнать, чем были свет и цвет для этого человека.

От Лэнда к Гете

В ноябре 1957 г. Эдвин Лэнд (изобретатель аппарата мгновенной съемки "Полароид") выступал с лекциями о цвете с демонстрацией наглядных примеров в Национальной академии наук США и в Рокфеллеровском институте медицинских исследований¹. Его доклады — о которых широко сообщалось в прессе — всколыхнули научное сообщество. В лекциях Лэнд ставил под сомнение сами основы существовавшей тогда теории цвета. Через полгода Лэнд выступил с лекциями в Британском королевском фотографическом обществе в Лондоне, и вскоре после этого Уилсон начал собственное, хорошо известное исследование, посвященное радикальному пересмотру, который предложил Эдвин Лэнд для науки о цвете².

Уилсон поочередно познакомил меня с демонстрациями, проведенными Лэндом, во время моего визита. Это происходило в хорошо оснащенной экспериментальной цветовой лаборатории (находившейся в переоборудованном фермерском сарае). Демонстрации Лэнда были на самом деле поразительны. Ничто из того, чему меня учили в университете, не могло объяснить то, что я видел перед собой. Традиционные основы для понимания цвета были заложены Ньютоном. Затем была открыта волновая теория света, и взаимосвязь между цветом и длиной волны стала общим местом. Эти теории стали общепринятой основой для понимания цвета. Хотя этого и хватало для объяснения феномена радуги, тем не менее этого было недостаточно, чтобы разобраться в том, что я видел во время демонстрационных показов. Казалось, что демонстрации Лэнда бросают куда более серьезный вызов научным представлениям о цвете, чем все предшествовавшие эксперименты.

Ньютон показал, что если из спектра, произведенного призмой, извлечь, скажем, желтый свет и смешать его с оранжевым светом, произведенным сходным образом, то тогда

появляется цвет, промежуточный между этими двумя, — желто-оранжевый. Конкретные оттенки зависят от того, какой цвет преобладал в смеси, оранжевый или желтый. Лэнд провел тот же самый эксперимент, но только внеся одно важное изменение. Он направлял лучи оранжевого и желтого света через черно-белые фотографические слайды. На слайдах был запечатлен один и тот же натюрморт, правда, сфотографированный через фильтры разного цвета. Когда проецировали лишь желтое изображение, тогда на экране появлялся чисто монохромный желтый натюрморт. В изображении не оставалось никаких изначальных цветов, все было желтого цвета разных оттенков. То же самое происходило, когда второе изображение проецировалось по отдельности через оранжевый фильтр. Однако теперь весь натюрморт был окрашен в оранжевый цвет разных оттенков.

Не забывая о выкладках Ньютона, что бы вы ожидали увидеть, если оба изображения спроецированы на экран друг на друга? Какие-то оттенки между желтым и оранжевым цветами, как раньше? Я ожидал увидеть именно это, как и большинство членов Национальной академии наук США. Однако, на экране были совсем не желтые апельсины! При воспроизведении экспериментов Лэнда вместе с Уилсоном я увидел то, что казалось полным спектром, включая красные, синие и зеленые цвета. Но это были цвета, про которые я “знал”, что они просто не могут там быть! Глаза мне говорили одно, а все мои знания физика — совершенно другое. Что же это было?

Майкл Уилсон ответил на мои вопросы в кабинете, заставленном книгами, когда мы сидели рядом, греясь у электрического камина. Он напомнил мне о начале XIX в., о немецком поэте Гете. Парадоксально, что основа для понимания того, что шокировало членов Национальной академии наук США, была заложена исследованиями цвета, произведенными величайшим литературным гением Германии. Тогда я понял, почему институт Уилсона называется Фондом по изучению научных трудов Гете.

Цвета глаза

За нами остается право восхищаться проявлениями и значениями цвета, изумляться и, по возможности, раскрывать секреты цвета.³

Гете

В январе 1790 г. величайший литературный гений Германии Иоганн Вольфганг Гете поднес призму к глазам, надеясь проникнуть в тайны цвета. Вместе с другим оптическим оборудованием призма была давно позаимствована у надворного советника Бютнера из Йены, но сейчас у дверей стоял посыльный, нетерпеливо переминаясь с ноги на ногу, говоривший, что все это необходимо немедленно вернуть. Владелец, по понятным причинам, уже отчаялся когда-либо получить обратно свое оборудование, пылившееся который месяц в кабинете Гете. Поэт понял, что больше нельзя игнорировать докучные просьбы Бютнера. Из шкафа достали ящик с оптическими приборами, но до того, как отдать их посыльному, Гете не устоял перед искушением и вытащил призму. Пусть и мельком, но он хотел увидеть “знаменитый феномен цветов” Ньютона, о котором слышал с детства.

Держа призму перед глазами и твердо помня теорию света Ньютона, Гете посмотрел на белые стены кабинета, ожидая, что они будут окрашены в цвета радуги. Вместо этого он увидел лишь белый цвет! В удивлении он повернулся к окну, темная рама которого четко выделялась на фоне светло серого неба. Здесь на пересечении рамы и неба, там, где сходились свет и темнота, возникли очень яркие цвета. Озарение наступило, как гром среди ясного неба, и Гете воскликнул: “Ньютон ошибался!” О возвращении призм Бютнеру нечего было и думать, поэтому посланец опять вернулся с пустыми руками. Так Гете, наконец, начал исследование цвета⁴.

В течение последовавших 40 лет Гете проводил эксперименты со светом и цветом. Он пытался раскрыть не только секреты цвета, но также и вывести метод исследования, более близкий его темпераменту, который стал бы одновременно объективным и при этом не противоречил бы природе, метод,

одновременно являвший бы собой науку и искусство.

В конце длинного жизненного пути Гете, оглядываясь назад, заявил о достижении, по крайней мере, скромного успеха. Он сам оценивал свои научные исследования куда выше, чем все остальное творчество, выше *“Фауста”*, поэзии, пьес и романов. Все мое творчество, предрекал Гете, померкнет в сравнении с другими писателями. Более стойким окажется вклад в науку, и самым главным будет многостраничное исследование света, тьмы и цвета. В разговорах со своим секретарем Эккерманом Гете часто повторял в последние годы жизни, что “я не похваляюсь тем, что сделал как поэт. Превосходнейшие поэты жили одновременно со мной, еще лучшие жили до меня и будут жить после. Но то, что в наш век в многотрудной науке, занимающейся проблемами цвета, мне одному известна истина, это преисполняет меня гордости и сознания превосходства над многими”⁵. Такую оценку умудренный Гете дал после 50 лет изучения ботаники, цвета, зоологии, геологии, метеорологии и многих других областей науки. Слова будоражат очень многих его почитателей. Никто не оспаривает высот, достигнутых им в истории всемирной литературы, но его научные труды остаются загадкой. Уж не обманывался ли по этому поводу великий человек, или же все его достижения в этой сфере постоянно неправильно истолковываются?

Для изучения природы гения Гете нам необходимо научиться видеть мир частично его глазами. Поскольку его предположения не вошли в язык традиционной науки, их так легко неверно истолковать. Гете не выдвигает какую-то альтернативную теорию света, как другие, он, скорее, предлагает совершенно новую интерпретацию всего корпуса науки. Он это делает не абстрактно, как философ, а конкретно, как художник-ученый или, как его впоследствии назовет Эмерсон, образцовый “поэт-мудрец”. В работах Гете творческое воображение сливается с научными экспериментами так, что мы вдруг оказываемся куда ближе к свету.

Нетерпеливый посылыный Бютиера подтолкнул Гете к поспешному воспроизведению простого эксперимента

Ньютона и, таким образом, к созданию учения о цвете. И все же такой подход к науке о цвете, что ощущал и сам Гете, казался крамольным другим. Что характерно, он решил познакомить своих читателей с учением о цвете на примере именно тех явлений, которые уже в течение длительного времени были сброшены со счета как несущественные или просто вводящие в заблуждение, — оптических иллюзий⁶.

Как-то вечером в трактире Гете обратил внимание на появление исключительно красивой молодой женщины. Белоснежное лицо ее светилось, что ярко контрастировало с черными, как смоль, волосами. Пурпурный корсет лишь подчеркивал прелесть пышной фигуры. Гете был очарован незнакомкой. Он смотрел на нее, не отрываясь, а она стояла, освещенная светом ламп. Потом она отошла в сторону, но в это же время на белой стене за ней появился ее близнец, прямо на том месте, где она только что стояла. Правда, теперь появилось темное лицо, обрамленное ярким световым нимбом. А вместо пурпурного корсета на “темной” красотке было великолепное одеяние цвета морской волны. Видение было еще более прекрасным, чем сама посетительница.

Нам уже встречались сходные, непонятные загадки зрительного восприятия, но в состоящем из трех частей исследовании света и цвета Гете, озаглавленном “*На пути к созданию учения о цвете*”, они занимают главное место. Вместо того, чтобы просто отмахнуться от них, как от вредных плодов воображения, Гете с самого начала сообщает читателю, что именно эти явления и послужат основой для всего учения. Действительно, Гете не признает ничего, что можно было бы назвать оптической иллюзией: “Оптические иллюзии — это оптические истины!”, — вызывающе заявляет поэт⁷. В них подтверждается живое взаимодействие нашей внутренней природы с внешней. Особенно ценны примеры патологического восприятия цвета, поскольку в них наиболее четко проявляются истины о цвете и процессе познания. Неудивительно, что Гете предвосхитил Дальтона в изучении цветовой слепоты.

Это был блестящий ход. С самого начала Гете отличается от других, выдвигая в корне иной подход к цвету и свету, который, не препятствуя его поэтическому гению, был в буквальном смысле основан на воображении. То, что воспринималось как явные иллюзии, стало вехами на пути к истине. Плоды воображения стали фактами, и через них можно было, не торопясь, начать разбираться в тонкостях цветового зрения.

По стопам Гете пошла целая череда выдающихся ученых. Они застенчиво следовали его примеру, занимаясь изучением иллюзий и патологий восприятия. Выступление Эдвина Лэнда перед членами Национальной академии наук США, как и увлекательные исследования Оливера Сакса, идут в том же направлении и, в конечном итоге, основываются на первом абзаце *“Учения о цвете”* Гете.

Среди бумаг Гете есть один простой портрет женщины, но цвета в нем даны в обратном порядке; возможно, это та поразительная незнакомка, которую он увидел тогда в трактире. Если посмотреть на портрет внимательно в течение минуты, а потом отодвинуть его в сторону, видно, как появляется изначальная белокожая посетительница, паря, как привидение. Исходя из таких опытов, Гете сформулировал свой подход к свету, подход, который начинается с мира цвета собственно глаз прежде, чем происходит исследование цветов внешней природы.

Заново зажигая огонь Эмпедокла

*Как мы видим физическими органами зрения?
Точно так же, как это происходит в сознании —
посредством творческой мощи воображения. Сознание — это глаза и уши, орган чувств для выявления
внутреннего и внешнего значений.*

Новалис

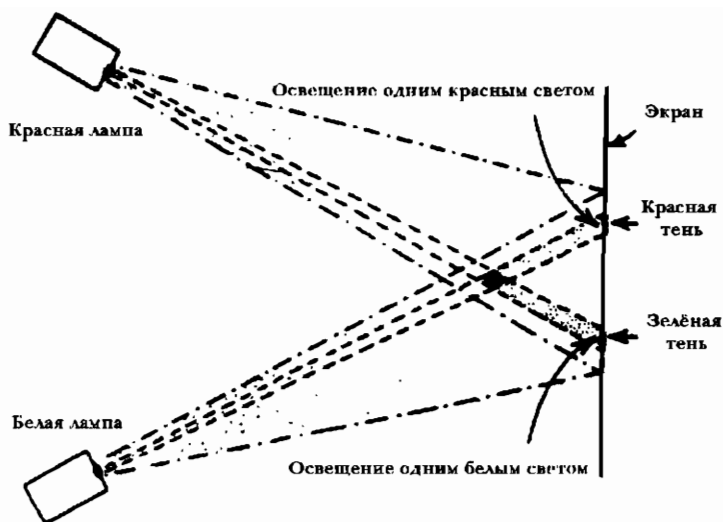
Воспроизводя в обычных условиях сцену в трактире, поместите небольшой ярко окрашенный предмет на белый лист бумаги перед собой. Не отрываясь, посмотрите на него

в течение примерно 30 секунд. Теперь отодвиньте предмет в сторону (или переведите глаза на поверхность нейтрального цвета) — и расслабьтесь. Перед вами парит изображение, форма которого идентична тому предмету, на который вы только что смотрели, но его цвет отличается, точнее, он противоположен цвету оригинала. Он может начать рассеиваться или меркнуть, но его на какое-то время можно оживить посредством моргания. Контуры изменяются, проходя через последовательность цветов, изображение начинает уходить вовнутрь, а потом полностью исчезает из поля зрения. Если упражнение довести до конца вы увидите *отрицательный последовательный образ*.

После того, как Аристотель в труде “*О снах*” впервые описал последовательные образы, они то появлялись, то исчезали из работ, посвященных рассмотрению зрительного восприятия. Яркие предметы вызывают темные последовательные образы, а темные предметы — яркие; красный предмет вызывает зеленый последовательный образ в то время, как зеленый предмет — красный последовательный образ. В данных явлениях ощущается закономерная модель, истина о зрительном восприятии. Гете называл это “законом обязательного изменения”⁸. Глаз “вынужден к своего рода противодействию: помещая крайность против крайности ... быстро объединяя противоположности и пытаясь привести их к единому целому”. Модель зрительного восприятия можно изящно представить в виде цветового круга.

Когда цвет, взятый из сегмента цветового круга, стимулирует глаз, последний пытается “завершить цветовой круг внутри себя” за счет предоставления его противоположности⁹. Данная закономерность становится еще более важной, когда противоположный цвет появляется не только в результате первичного впечатления, но и *одновременно* с ним, как это происходит в случае с окрашенными тенями, которые также были досконально изучены Гете. Хотя это довольно сложно описать словами, результаты настолько поразительны, что я рекомендую вам попробовать это самим¹⁰.

Сначала, в 1672 г., на это явление обратил внимание изобретатель вакуумного насоса Отто фон Герике. Цветные гены появляются всякий раз, когда два источника разного цвета



Цветные тени появляются, когда участок освещен двумя источниками разного цвета. Как может появиться зеленая тень без источника зеленого цвета?

освещают отдельный участок, как это показано на рисунке. Очевидно, что появляются две тени, одна из них вызвана блокированием света каждого источника. Пусть, например, один из источников освещения будет бесцветным, а второй — красным. Тогда после недолгого размышления становится ясно, что одна тень освещена лишь красным светом, а вторая — только белым. Поэтому на экране существуют три участка: сам по себе красный, сам по себе белый и красный плюс белый. Что мы ожидаем увидеть? Сам по себе красный свет создает ярко красный участок, что понятно. Красный и белый вместе создают бледно-красный цвет, что тоже соответствует нашим ожиданиям. Но к удивлению всех наблюдателей сам по себе белый воспринимается как зеленый! Сам по себе ни один из источников света не является зеленым; зеленого нет вообще, и тем не менее, совершенно определенно виден зеленый цвет.

Вот еще раз проявление “закона обязательного изменения”. Когда глаз (под которым теперь понимается вся система зрительного восприятия) находится в основном под влиянием красного цвета, как это было описано выше, тогда он реагирует, “видя” белый как зеленый, который является цветом, дополнительным для красного. Если изменить цвет источника освещения с красного на синий, тогда белый участок видится как желто-оранжевый, дополнительный цвет для синего, и т.д.

Данные явления “хроматической адаптации”, как их теперь называют, демонстрируют важную истину, что зрительное восприятие — активный процесс, подчиняющийся собственным законам. Исследования цвета Эдвина Лэнда могут быть осознаны, если только мы начнем учитывать данный фактор активного зрительного восприятия. До Гете от подобных явлений отмахивались, как от помех. Напротив, для Гете такие иллюзии были надлежащей отправной точкой и основой для научного изучения цвета. Именно посредством иллюзий мы получаем возможность мельком взглянуть на природу зрительного восприятия и на “идеальные”, творческие возможности, задействованные в нем.

Исследователь работ Гете и достижений современной науки о цвете Уилсон был очень хорошо подготовлен для анализа экспериментов Лэнда. Уилсон показал, что синие цвета, воспринимаемые при проведении экспериментов Лэнда, были обусловлены тем же самым процессом, что и при появлении цветных теней, которые были подробно изучены со времени Гете. Организация зрительного восприятия человека приспособливается к преобладающему цвету, в случае Лэнда, — к желто-оранжевому. Отсутствие данного цвета — как цветная тень — будет восприниматься как сине-фиолетовый, цвет, дополняющий желто-оранжевый. Не только контекст, но и сам предмет значительно влияют на тот цвет, который мы видим. Все необъяснимые цвета в демонстрациях Лэнда появляются в результате нашей бессознательной адаптации к цветовому контексту.

В работах Гете и Лэнда подвижность и интеллект, задействованные в зрительном восприятии, явно выходят на передний план. Нельзя игнорировать способности глаза, его

внутренний свет, как сказал бы Эмпедокл, если мы хотим разобраться в том, что происходит при зрительном восприятии цвета. Цветовые “иллюзии” Лэнда и Гете дают нам редкую возможность увидеть вездесущее присутствие разума в процессе зрительного восприятия. Любое зрительное восприятие в буквальном смысле окрашено контекстом, предыдущим опытом, поистине, всеми аспектами нашего внутреннего мира. Все эти элементы задействованы при создании цвета. После изучения случая с художником-дальтономиком Оливер Сакс отметил, что цвет — это неотъемлемая часть нас самих, нашего индивидуального жизненного мира. Как таковые, мы воздействуем на него, но и он влияет на нас, и это влияние куда глубже, чем мы это осознаем.

Дети только что ушли. Их акварельные рисунки, наполненные разными цветами, все еще переливались в лучах полуденного солнца. Наиболее способные дети в “Санфилде” закончили занятие с учительницей рисования. Она работала в соответствии с планом терапии, который был разработан совместно с врачом в детском доме, классным учителем и Майклом Уилсоном. В центре каждого рисунка светился бледно-желтый полумесяц, окруженный темно-синим небом¹¹. Дети были вовлечены в яркое переживание света и смогли передать настроение ночного неба.

В “Санфилде” все, кому это могло быть полезно, направлялись на занятия цветовой терапией. Дети, которые не могли рисовать, направлялись в комнату, где был установлен цветовой проектор, или в разноцветный бассейн. Сеанс с Урсулой Грал, врачом цветовой комнаты, убедил меня в неувловимом, но мощном воздействии цвета.

Посадив меня в маленькой комнате, Урсула постепенно, не говоря ни слова, провела меня по пространству, окрашенному цветом. Освещение комнаты изменялось, тускнело, все окрасилось в темно-синий цвет. Когда свет был наиболее темным, передо мной раскрылись занавески, и цвета (направленные проектором из-за стены) мягко заполнили большой экран, комнату и меня. Урсула виртуозно управляла инструментами

Уилсона, медленно меняя цвета, последовательно переводя их через метаморфический ряд, что оказывало мягкое воздействие. Я успокоился, а затем почувствовал прилив бодрости, вызванный воздействием чистого цвета.

Лишь в конце я заметил на экране след маленький ступни. Урсула объяснила, что во время сеанса с одним из детей, мальчик встал и пошел по направлению к полю цвета, как человек, который давно потерялся и вдруг нашел тропинку, ведущую домой. Она поймала его за руку, когда он уже задел ногой экран. Этот ребенок так хотел жить в цвете, что Уилсон разработал и построил совершенно новую терапевтическую ситуацию — бассейн для цветовой терапии.

В теплом, тускло освещенном помещении находится уложенный плиткой мелкий бассейн для купания детей, вода отсвечивает и блестит, как постоянный драгоценный камень. Врач и ребенок медленно заходят в бассейн, и я замечаю, как ярко освещены их тела и ноги. Уилсон установил мощные цветные лампы по периметру бассейна непосредственно под поверхностью воды. Очень малое количество света исчезает в силу полного внутреннего отражения, и, как в случае с моим “световым ящиком”, когда нет чего-то, от чего мог бы отражаться свет, он, как всегда, остается невидимым. Только когда ребенок входит в воду, становится ясно, что он купается не в одной воде, но и в свете. Уилсон объяснил мне, что некоторые дети начинают осознавать наличие собственного тела только в этом бассейне. Окутанные цветом, они впервые замечают самих себя.

В “Санфилде” шли исследования терапевтического применения цвета, все делалось смело, но без ненужного пафоса. Но все же для эффективного использования необходимо было досконально точно изучить внутреннюю природу цвета. Электромагнитная теория могла оказаться полезной для Уилсона на техническом уровне, но для ее непосредственного использования нужны были знания иного рода. Здесь естественным отправным пунктом для Уилсона и сотрудников “Санфилда” стало учение о цвете Гете. В этом учении внутренним, эстетическим свойствам цвета придается столько же значения, сколько и его внешним характеристикам.

Цвет как сущность света

И потому мое изучение природы полагается на непорочную основу живого опыта.¹²

Гете

Гете заинтересовался светом как ученый, когда бродил по склонам холмов в окрестностях Рима под ярким небесным сводом Средиземноморья¹³. Пока он находился в Италии, в беседах с художниками-пейзажистами Гете ощущал беспокойное недовольство, которое его не оставляло, — у них, похоже, не было никакой реальной основы для эстетического использования цвета. Что же тогда, вопрошал Гете, определяет художественное применение цвета? Было ли это лишь “прихотью, определяемой вкусом, который, в свою очередь, был предре-шен традицией, пристрастностью, художественными условностями?”¹⁴ С другой стороны, подбирались ли цвета лишь в подражание экстерьеру, или же художником руководили знатоки искусства, собственные вкусы которых и определяли нормы данного периода? Характер Гете был таков, что он не успокоился, пока не “раскусил” унитарные приципы цвета, приципы, которые охватывали также и “моральные” аспекты цвета. Как только их обнаружат, был уверен Гете, данные “озарения” повлекут за собой и последствия на уровне эстетики. Особую важность играет тот факт, что этот гений обратился к изучению цвета, изначально черпая импульс не из науки, а из искусства.

Гете, по возвращении домой в Веймар, обратился к научному справочнику, чтобы оживить смутные воспоминания о том, как наука того времени объясняла феномен цвета. В справочнике он обнаружил традиционное изложение корпускулярной теории Ньютона, но ему казалось, что для его целей это объяснение не имеет никакой ценности. Близкий к тому, чтобы отказаться от этого вопроса, он начал размышлять, что, может быть, ему удастся докопаться до истины о цвете просто за счет собственных наблюдений и экспериментов. Данный подход привел к судьбоносной просьбе, обращенной к надворному советнику Бютнеру, о предоставлении оптического оборудования и к первому опыту с призмой в коридоре.

Отведя призму Бютнера от глаз и отвернувшись от окна, Гете также отвернулся от корпускулярной теории света, выдвинутой Ньютоном. Он был убежден, что цвета не были секретным образом заперты в белом свете так, что разложить их можно было лишь с помощью призмы. То, что наблюдал Гете, убедило его в том, что подобное мнение было ошибочным. Для появления призматических цветов были в равной степени необходимы как тьма, так и свет. И все же Гете пытался найти не какое-то новое механистическое объяснение проявления цвета, а полностью иной способ объяснения данного явления. Он отказался от механистических моделей того типа, которым пользовались его предшественники и современники, но какие при этом у него были альтернативы?

В то время в Германии процветало философское движение, стремившееся объединить естественные науки с понятиями возвышенного идеализма. Фридрих Шелинг, Лоренц Окен и Георг Вильгельм Фридрих Гегель — это лишь три представителя куда более многочисленной группы “натурфилософов”, которые с превеликим удовольствием приняли бы в свои ряды такого гиганта, как Гете. Однако здесь Гете тоже оставался верен своему подходу к свету. Спекулятивные философские системы умопостроений данных соотечественников выглядели бледно и нездорово для его художественного глаза. Например, Гегель, которым восхищался Гете, и который был одним из немногих сторонников Гете в его битве с механикой Ньютона (ньютонизмом), дал такое определение света: “Как абстрактная самость материи свет является абсолютно легким, а как материя он есть бесконечное вне-себя-бытие, но как чистая манифестация, как материальная идеальность он есть нераздельное и простое вне-себя-бытие”¹⁵.

Если таковы были плоды диалектического метода Гегеля, Гете не хотел иметь с ними ничего общего. Он считал своей обязанностью найти собственный подход к свету. Полагаясь на собственное ощущение художественного, он пытался найти свет там, где он существовал, в чувственно воспринимаемом феномене цвета. Здесь, а не в гегелевском “подобии устрице, сером или совсем темном Абсолюте” (как сам Гегель назвал это

в письме к Гете) можно было ознакомиться с жизнеописанием драгоценного ресурса, называемого светом.

Гете отказался определять свет в механистических или абстрактных терминах, говоря, что “ибо, собственно, все наши попытки выразить сущность какого-нибудь предмета остаются тщетными. Действия — вот что мы обнаруживаем, и полная история этих действий охватила бы, несомненно, сущность каждой вещи. Напрасно стараемся мы определить характер какого-нибудь человека; но сопоставьте его поступки, его дела, и вы получите представление о его характере”¹⁶.

Попробуйте дать определение человеческого существа, используя терминологию психологических теорий, и вы неизбежно окажетесь в ситуации, когда не сможете раскрыть сущность существа человека, но если вы — прозаик, то опишите походку, движения рук, головы, выражение лица вашего персонажа ... и так мгновенно проявится сущность человека. Гете был хорошо знаком с таким методом. Поэтому он не пытался выявить причины, а стремился дать описание манифестаций света, в которых свет проявляется самыми разнообразными способами посредством цвета. В совокупности все это объединялось в яркую и живую биографию света, текст которой непосредственно открывает читателю сущность света, духовную и физическую. Как с людьми, так и со светом, предлагает Гете. Если мы хотим проникнуть в сущность света, тогда нам следует исследовать его действия и жесты, каковыми являются цвета¹⁷.

Тогда цвета становятся вратами, ведущими к внутренней сути света. Гете называл свой метод “облагороженным эмпиризмом”. Взяв за основу учение Фрэнсиса Бэкона, но не ограничиваясь при этом узкими рамками индукции, Гете применял такой стиль исследования, который, писал он, “позволяет самым сокровенным образом проникнуться предметом исследования и таким образом становится непосредственно теорией. Такое возвышение духовных сил является, однако, принадлежностью высоко развитой эпохи”¹⁸.

Если мы захотим ускорить наступление такого будущего, высоко развитой эпохи, и применять на практике гетевский метод “облагороженного эмпиризма” по отношению к свету, тогда нам необходимо исследовать весь спектр феномена

цвета, который дается светом, становясь “самым сокровенным образом” единым с ним. Таким образом мы движемся в пространстве света, но и одновременно начинаем процесс самообразования, который приводит к появлению новых способностей интуитивного понимания.

Здесь мы касаемся двух аспектов, которые важны для осознания того, как Гете понимал науку. Во-первых, наряду с другими учеными Гете пытался выявить модели, скрытые закономерности, кроющиеся в стихии феномена цвета, но для него они были возвышенными опытами восприятия, а не абстрактной подменой великолепия природы. Во-вторых, он подчеркивал неотъемлемое значение *Bildung* (“самопреобразования”) в своем научном методе.

Формирование органов зрения

Гете считал, что человек постоянно задействован в процессе самоформирования. Мы уже знаем, что даже такому природному органу, как глаз, нужно воображение, чтобы видеть. Если слепому нельзя вернуть зрение лишь физическими средствами, тогда насколько еще более справедлив этот вывод в том, что касается тех органов познания, которые позволяют нам “видеть” законы природы. Зрительное восприятие закономерных моделей в многообразии явлений требует наличия соответствующих внутренних органов. С ними не рождаются, их развивают в течение жизни. Не следует также путать эти способности с аналитическими качествами или с логикой, несмотря на их ценность в соответствующих сферах. В дополнение к аналитическим рассуждениям все ученые (и мы тоже) полагаются на своего рода зрение, способность к интуитивному пониманию, которая формируется вследствие вдумчивого опыта. С ее помощью становится заметно то, что другие, наблюдающие за тем же самым явлением, могут и не увидеть. Именно так ученые проводят исследования и совершают открытия.

Так происходило десятки раз. Всякий раз, когда мы вместе с опытным натуралистом идем на прогулку, я еще раз

убеждаюсь, насколько уместно было то значение, которое Гете придавал *Bildung* и “органам” интуитивного понимания. Когда мы смотрим вместе с геологом на выход горной породы на поверхность, я знаю, что он видит больше, чем я, стоящий с ним рядом. Я замечаю несколько отличий, он — сотню, и каждое из наблюдений говорит ему о том, что мне вообще неизвестно: вот след континентального обледенения, вот отложение озерных руд или след извержения вулканической лавы; геолог находит ископаемые у меня под ногами. Я чувствую себя не только невеждой, но и слепым. Геолог не только дает куда более глубокое объяснение явлениям, но ему видно и то, что я вообще не замечаю. Я не то что не могу ничего прочесть из текста, открытого перед нами, я его даже не вижу. Он — Шерлок Холмс, а я — бедняга Ватсон со всеми моими знаниями, почерпнутыми из книг. Как написал Эмерсон: “Мы оживляем то, что видим, и мы видим только то, во что мы вдохнули душу”¹⁹.

Такое видение можно усовершенствовать, доведя его до высокого искусства. Словно через мощный телескоп, эти органы познания четко показывают отдаленные рубежи неисследованных областей науки. Через них, а не только посредством аналитических размышлений, выявляются основные модели природы и совершаются научные открытия.

Вспомним понятие “свет тела”, оно поможет понять точку зрения Гете. Для зрячего глаза требуется больше, чем прием природного света; для него также нужно то, что Эмпедокл называл внутренним, зрительным светом разума. Если мы будем пренебрегать оживляющим светом ясного разума, который освещает и протекает через все наше восприятие, тогда великолепие мира смолкает перед нашим вопрошающим духом. Гете подчеркивал важность света, находящегося внутри. По его словам: “Будь несолнечен наш глаз — кто бы солнцем любовался?” [пер. В. А. Жуковського].

Как разжечь эмпедоклов огонь глаз? Гете давал простой ответ — за счет активного взаимодействия с миром. Каждое вдумчивое взаимодействие оказывает формирующее и глубоко созидательное воздействие: “Каждый глубоко продуманный предмет создает в нас орган восприятия”²⁰. Гете рассматривал зрительный аппарат в качестве парадигмы развития и

формирования органов. Он считал, что этот процесс создается самим светом по мере того, как свет воздействует на человеческий организм. “Из безразличных вспомогательных органов животного свет вызывает к жизни орган, который должен стать ему подобным; так, глаз образуется на свету для света, дабы внутренний свет выступил навстречу внешнему”²¹.

Слова Гете — отзвук идей античности; и, тем не менее, можно поместить их в куда более современный, эволюционный контекст. Свет способствует развитию. Под его воздействием растут растения, но также сформировались и органы зрения. Сходным образом, под влиянием гор, камней и ручьев геолог развивает органы познания, зажигает свет Эмпедокла, который проливает свет на любимое им царство природы.

Наука Гете подразумевает непосредственное участие ученого в исследовании, в ней наиболее важным является видение идеи, момент прозрения. Как можно увидеть идею внутри наблюдаемого явления, прозреть сквозь цвет сущность света? Это возможно лишь за счет создания необходимых органов. Химик, трудящийся за лабораторным столом, математик, записывающий уравнение, работают над химикатами в колбе или над уравнением в такой же степени, как и над собой, занимаясь созданием и воспитанием способностей для интуитивного понимания. Каждое взаимодействие и действие носит педагогический характер, обучая новые органы тому, как совершать открытия, художественные или научные.

Светящееся око медленно меркло во время длительного перехода от Древнего Египта к Альгазени и Декарту. У Гете оно снова обретает свет и жизнь. Удастся ли нам повернуть эту новую жизнь непосредственно на сам свет в надежде попытаться проникнуть в его основную суть? Сможем ли мы создать “око”, которое увидит свет невидимый?

История света — это, по большей части, история идолопоклонничества. Вместо света один за другим предлагаются его лики. Гете, как все величайшие ученые (включая Галилея и Ньютона), знал разницу между плодами изобретательного человеческого ума и законами природы. И все же позиция

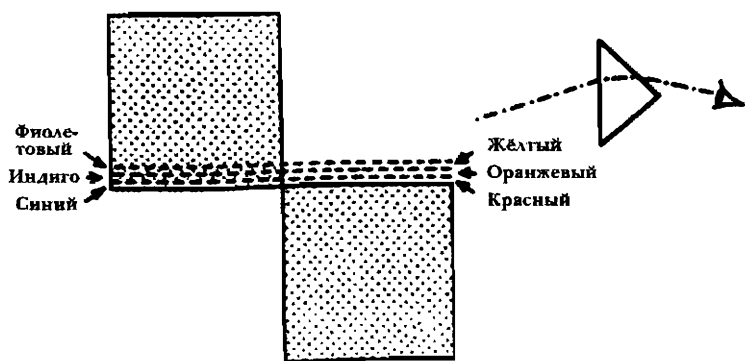
Гете отличалась от других тем, что он неуклонно стремился постигнуть конкретные, постигаемые посредством чувств и непосредственного опыта аспекты природы. У него был художественный, а не научный склад ума, он получал удовольствие от запаха красок и звучания отточенной фразы. Если бы Гете, как Фарадей, проникал в неизменный режим работы природы, тогда факты или сами явления должны были бы быть подняты на высокий теоретический уровень с тем, чтобы он “увидел” в них ту модель, которую создавала природа. Как художник-портретист, использующий краски для того, чтобы раскрыть характер человека на холсте, Гете работал с природными явлениями до тех пор, пока они не открывали его внимательному глазу то, что он называл “общеизвестным секретом” природы. В его методе проявлялся непревзойденный мастер своего дела; но разве научные открытия когда-либо совершаются по-другому? Эмерсон правильно отмечал, что “никогда никакая наука не зарождалась без поэтического восприятия”. Гете убежденно обращает наше внимание на моменты прозрения в науке, на поэзию, которая является духом науки.

Видение идей

*Мое восприятие само по себе уже мышление,
а мое мышление — восприятие.*²²

Гете

Подобно Гете, достающему призму из ящика с оптическим оборудованием Бютнера, можно начать развивать новые органы зрения для видения света, приблизив призму к глазам, чтобы увидеть знаменитый феномен цвета. Когда призма оказывается у человека в руках, его переполняют смутные ожидания. Невысказанным остается вопрос: “Интересно, что я увижу?” После одного взгляда через призму изумление только возрастает. Потом, через минуту улыбок, появляется немного напряженное, озадаченное выражение заинтересованности. Похоже, вопрос такой: “Как мне разобраться в этом милом нагромождении?” В этот момент мы отступаем от чистого удовольствия наивных “эмпирических явлений”, как их называл

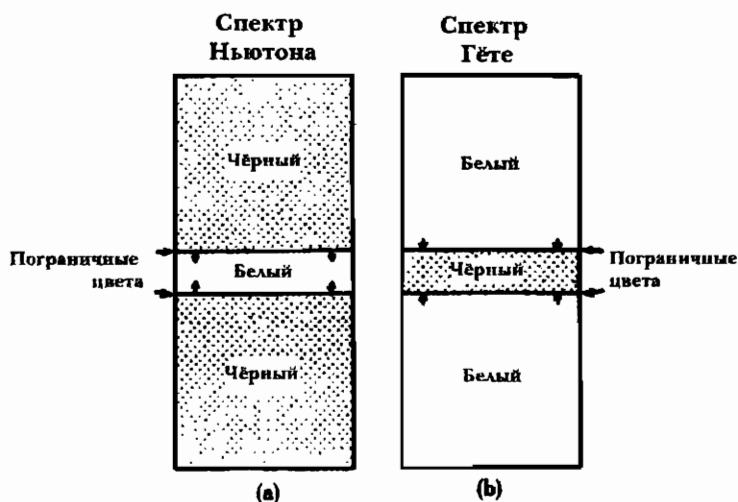


При восприятии через призму цвета на краях появляются там, где свет встречается с тьмой.

Гете, и делаем шаг в сторону попроще “научных феноменов”²³. Мы движемся от изумления, переходящего в заинтересованность, к интуитивному пониманию и таким образом подходим к созерцанию идеального.

Процесс идет медленно, экспериментатор начинает изменять условия, при которых происходит наблюдаемое явление, отделяя те, которые для него существенны, от тех, которые таковыми не являются. Быстро появляются упрощения. Как свет, так и тьма, нужны для создания призматических цветов, и простейшая такая конфигурация — это отдельная прямая, разделяющая области света и тьмы.

На иллюстрации видны две важные конфигурации, свет — сверху, тьма — снизу; или наоборот, свет — снизу, а тьма — сверху. Если посмотреть на них через призму, синие и фиолетовые цвета появляются вдоль одного края (это зависит от того, каким образом держат призму); вдоль другого края — желтые и красные цвета. Две данные конфигурации света и тьмы дополняют друг друга. При восприятии через призму они производят “холодные” цвета для одной конфигурации и “теплые” цвета — для другой. Для Гете сама простота данного эксперимента и характер его результатов поддерживали его значимость. Вспомним также и вопрос эстетического характера, оставшийся в



Зеленый появляется при сужении участка белого цвета (а). Напротив, по мере сужения темного участка проявляется пурпурный цвет (б).

сознании Гете после итальянского путешествия. Полярность теплого и холодного цвета была хорошо известна художникам. Здесь она опять происходит весьма естественно, но уже в научной аранжировке. При одной конфигурации света и тьмы появляются теплые цвета, а при противоположном раскладе — холодные. Художественная полярность цвета, похоже, имеет объективную основу и в экспериментах.

Для завершения полного цветового круга не хватает зеленого и пурпурного цветов. Они волшебным образом появляются за счет модификации конфигурации кромок, создавая тонкие полосы света и тьмы, зеленый появляется в середине белой полосы, а пурпурный — в темной.

Для того, чтобы разобраться в вышеуказанных явлениях, Гете не пытался создать какую-нибудь абстрактную теорию, он стремился найти отдельные примеры, в которых наилучшим образом представлены данные взаимоотношения света и тьмы, из-за которых и появляются теплые и холодные цвета. Он называл их "Ur-phenomena", то есть, прафеномены. В случае с теплыми

цветами желтые и красные цвета рассвета или заката предлагают нам тот пример, который мы ищем. Научаясь их видеть, мы начинаем понимать один из полюсов мистерии цвета.

На закате свет солнца проходит через все возрастающее атмосферное пространство на пути к глазу. Таким образом, свет, путешествуя от солнца к нам, путешествует через сгущающуюся, или “темную”, воздушную среду, как это называл Гете. Во время данного процесса появляются все теплые цвета. Это исходное взаимоотношение между светом и тьмой, в результате которого появляются красный, оранжевый и желтый цвета, — свет сквозь тьму. Чем сильнее затемнение, тем интенсивнее краснота цвета.

Днем голубой небосвод дает возможность наблюдать исходный пример другого полюса цвета. Здесь не свет проходит сквозь тьму, напротив, тьма проходит сквозь свет. Посмотрев наверх, мы вглядываемся в темные глубины пространства, но здесь опять вмешивается атмосфера. Правда, на этот раз она играет иную роль. Теперь воздух ловит свет. Поэтому мы смотрим через наполненную светом атмосферную среду в темноту. Или же, если мы последуем за Гете и будем считать тьму равным образом, пусть и в противоположном смысле, активной, как и свет, тьма сияет сквозь наполненный светом воздух, и появляются холодные цвета.

Когда научаешься видеть цветовые законы в цветах небес, тогда примеры станут появляться повсюду: и в легком голубом тумане над окутанным табачным дымом бильярдным столом, и в том, как “воздушной перспективой” пользуется художник (то, что расположено на большем расстоянии, кажется синеватым вследствие вмешивающейся туманности воздуха). Призматические цвета, как и в вышеописанном случае с пограничными цветами, являются более сложными, но также могут быть объяснены аналогичным образом. Во всех случаях свет и тьма пересекаются в мутной среде для создания цвета.

В новейших физических теориях выдвигаются сходные причины появления цвета, хотя описание и дается куда более точное, основанное на математике. Согласно этим теориям, цвета появляются посредством “рассеивания” света. Мутная среда предоставляет бесчисленные центры рассеяния, будь

они молекулами в воздухе или стеклянной призмой. Из них свет рассеивается в соответствии с четкими математическими законами, и за счет этого процесса появляются цвета. Даже радуга, расположенная между темной александровой полосой и освещенным внутренним участком, может быть объяснена аналогичным образом. Там, где свет пересекается с тьмой, внезапно появляются цвета. Поэтому цвета — результат самой значительной полярности, которая существует в нашей Вселенной. На мифическом языке Заратустры цвета — отражение грандиозной битвы, неустанно ведущейся между богом света Ахурамаздой и темными полчищами Аримана. На языке Гете: “Цвета — деяния света, деяния и страдания”, деяния и страдания света и тьмы²⁴.

Если мы пойдем за Гете при изучении цвета, мы не придем к созданию модели света, основанной на волнах или частицах. Зато мы сможем создать восприятие взаимоотношений между светом и тьмой, в результате которых появляется цвет. Правильно воспринимаемые феномены голубого неба и заката — это и есть теория, и в точном соответствии с древнегреческим корнем *theoria*, теория на самом деле есть “созерцание”. Прочитируем Гете: “Высшим было бы понять, что все фактическое есть уже теория. Синева неба открывает нам основной закон хроматики. Главное — ничего не искать за феноменами; они сами — учение”²⁵.

Как геолог, который читает горные породы, или Ньютон, прозревающий законы, кроющиеся за падением яблока, или Архимед, воскликнувший: “Эврика!”, мы можем научиться постигать законы хроматики в синеве небосвода и в первых лучах восходящего солнца. Исследуя воздействие света на тьму и тьмы на свет, мы начинаем ощущать “деяния и страдания”, выражающиеся в цвете. Как только мы разожгли свет Эмпедокла внутри и приспособили соответствующие органы для интуитивного понимания, появляются исходные феномены, и в них мы видим идею.

Со времен Платона философия разделяет знание на две обособленные сферы: идеи и опыт. Гете, пусть и наивно, но

упрямо, непрестанно пытался найти способ испытать идеи посредством опыта, перекинуть мостик через ту пропасть, которую другие считали непроходимой. Союз идеи и опыта может показаться невозможным, но Гете говорил: “Мы можем лелеять благие желания, и попытка любовно приблизиться к непостижимому не запрещена”²⁶.

Метод Гете постепенно превращает факты в теорию, зримую реальность — в идеальную реальность, и это и есть ответ Гете философскому дуализму. Истину силой не захватишь, но, может быть, опосредованным образом, через феномены, знаки и символы мы сможем приблизиться к ней. “Истина, которая является идентичной божественному, не позволяет нам узнать ее напрямую. Скорее, мы различаем ее лишь в отражении, в отдельном факте, в символе, в отдельных и сходных проявлениях. Мы начинаем ее осознавать как непостижимость жизни, и все же не можем отказаться от стремления ее постигнуть”.

Метод Гете требует взаимного усиления как природных феноменов, так и наблюдающего разума. Все начинается с изумления, как правильно сказал Платон, но потом процесс переходит в участие и, таким образом, в живое изыскание. В данном процессе идет формирование новых органов восприятия, которые подходят для видения сущностных аспектов наблюдаемых феноменов. По мере усиления когнитивных способностей мы одновременно расширяем границы видимого мира, пока, наконец, не начинаем созерцать идеал внутри действительности в качестве прафеномена. К ним поднимаешься, как этот процесс описал Гете, и от них можно спуститься, чтобы разобраться в отдельных явлениях. Они и есть конечный опыт, и это тот предел, дальше которого нельзя пойти, ничего не нарушая. Большинство из нас, тем не менее, этого не понимают и продолжают путь, замещая прафеномен, например, моделью или идолом. “Люди обычно не удовлетворяются содержанием прафеномена, им подавай го, что кроется за ним, и в этом они похожи на детей, что, глянув в зеркало, тотчас же переворачивают его — посмотреть, что там с другой стороны”²⁷.

Смысл, придававшийся Гете научному осмыслению, основан на интуитивном понимании, а не на построении моделей, и потому справедлив как для науки, так и для искусства.

В любом научном открытии от Галилея до Эйнштейна можно проследить момент, когда ученый переживал момент “Эврика!”, когда за феноменом проявляется идеал, и воспринимается идея. С этого головокружительного момента ученый работает, пытаясь передать свое интуитивное понимание в словах и символах. В данном процессе часто теряется опыт “Эврика!”, хотя и сохраняются технические возможности. Гете больше интересовало первое, он постоянно пытался найти средства, которые бы позволили каждому обрести прозрение в природные стези, увидеть идеи.

Для философии Гете показал обычный фокус. Фокусник стоит перед аудиторией, держа два несоединенных сплошных металлических кольца, одно — в левой руке, другое — в правой. Он стучит ими одно об другое, чтобы показать, что они не могут соединиться. Потом, прямо у всех на виду, он со звоном их соударяет — и они сцеплены. Кольца проходят через центр друг друга. В мгновение ока полностью изменилась топология. Теперь все такие разграничения, как внутри-снаружи, просто потеряли значение. Как и в случае с двумя кольцами, Гете считал области мышления и восприятия взаимопроникающими. Восприятие осуществляется одновременно вовне и в центре мышления, а мышление сходным образом проходит через сущность видения и окружает его.

Два мира, так долго сохранявшиеся порознь, объединяются в нашем восприятии прафеноменов. Чтобы их видеть, нам нужно создать новые органы познания, потому что их не получишь лишь за счет логики. После того, как они становятся известны, они представляют наивысшее из того, что мы можем надеяться достигнуть. Для художника один финальный и имеющий максимальное значение аспект этого метода заключается в том, что в восприятии прафеномена природу можно только возвеличивать, а не отнимать у нее что-то или разлагать ее на составные компоненты. Закат солнца по-прежнему наполнен

великолепным красным цветом, он не сводится к дифференциальному поглощению и рассеянию. Осознание научной идеи не требует смерти всего прекрасного.

Последняя глава “Учения о цвете” Гете посвящена предварительному изложению “чувственно-моральных” воздействий цвета. На этих страницах Гете дает описание собственного внутреннего реагирования на цвет, соединяя эту главу с предыдущими. Тенденция глаза завершать цветовой круг связана с принципами цветовой гармонии; полярность теплых и холодных цветов получает новое значение в свете опытов Гете с призмой. Внутренние аспекты являются в той же степени частью опытного восприятия цвета, что и краснота красного цвета. Феномены включают в себя духовные аспекты вместе с тем, что воспринимается чувствами.

Вспомним вопрос по поводу использования цвета художниками, появившийся у Гете на склонах холмов в окрестностях Рима и побудивший его к дальнейшим исследованиям. Также вспомним терапевтическое применение цвета в детском доме “Санфилд”. В учебниках физики не найти ответов на реальные вопросы Гете и Уилсона. Такие ответы появляются лишь вследствие работы с самими феноменами, поскольку только тогда у нас формируются органы для науки, в которой переживается не только полезное, но и прекрасное, не только физическое, но и человеческое. Так Гете показал второй фокус. Как однажды написал Гастон Башлар, и как это вполне продемонстрировал Гете: “Феномены данного мира, как только они получают некую долю совместимости и единства, превращаются в общечеловеческие истины”²⁸.

Больше света!

Всю жизнь Гете любил природу и, в особенности, свет. В юности эта любовь носила характер страсти; в преклонные годы — страсти улеглись, но чувство оставалось глубоким. В детстве Гете благоговел перед Богом, восхищаясь Его творениями, созданными Им минералами, растениями, животными и небесами. Первое место в этой иерархии занимало солнце. Однажды маленький Гете соорудил алтарь этому богу, по

примеру пророков Ветхого Завета. Он взял разукрашенный четырехугольный отцовский попитр для нот и разложил на нем самые дорогие свои сокровища: кристаллы, минералы, ракушки и растения. Но для верхней части алтаря нужно было что-то особенно замечательное — может быть, пламя с мягко поднимающимся дымком. В маленькое фарфоровое блюдце юный жрец поместил немного ладана, на этом создание алтаря было завершено. Для того, чтобы начать церемонию, нужно было только воскурить ладан.

Тайная служба проходила на рассвете, на ней присутствовал лишь сам Гете. Когда яркое солнце поднялось над домами на востоке, Гете с помощью увеличительного стекла направил солнечный свет на ладан. Как жрец зороастризма, мальчик соединил священное пламя наверху алтаря с солнцем. Ритуал был полностью соблюден. За счет энергии солнца и лупы, использованной как техническое подспорье, была разыграна целая мистерия. Иоганн был доволен.

Гете прожил долгую жизнь, в течение которой его учение о цвете игнорировалось или отрицалось учеными-современниками, которые не могли отойти в сторону от укоренившихся в них механистических представлений о свете. Математические формулы они предпочитали языку опытного восприятия цвета, а физические модели — прафеноменам. И все же величайший из многих гениев Германии ни разу не отказался от собственной высокой оценки того, чего он достиг в этой области.

Свет фонаря паромщика в волшебной сказке Гете *“О Зеленой Змее и Прекрасной Лилии”* превращал все, на что он падал, в золото. Сходным образом цвета — это драгоценные круги на воде, которые блестят, когда на них падает свет. Гете изучал их многие годы, сказав в конце жизни: *“Я познал истинный непорочный свет, и это мой долг — стремиться его добиться”*²⁹.

Перед смертью последнее, о чем попросил он, был свет. За полчаса до кончины Гете приказал открыть оконные ставни, чтобы в комнату, где он лежал, лилось больше света. Когда его земные устремления подошли к концу, как уместно то, что последние слова Гете, по преданиям, были: *“Больше света!”*³⁰ Рескин был прав: те, кто любят свет, чисты. И, конечно

же, им, если вообще кому-то, будет дарован открытый секрет природы — свет.

В “Санфилде” я оценил подход к цветку, предложенный Гете, а также его понимание того, что суть научного исследования — это видение идей, но его трактовка “чувственно-моральных” аспектов цвета, чрезвычайно важная для цветовой терапии Уилсона, по-прежнему ставила меня в тупик. В общепринятой физике не было места для моральных параметров цвета. Я попросил Уилсона объяснить, как он их понимает. В ответ он рассказал мне, что в молодости, когда учился в консерватории на дирижера оркестра и параллельно обучался игре на скрипке, он работал в оперной труппе. В то время он был очарован сценическим освещением и за счет этого — цветом. Поэтому мать подарила ему книгу о цвете, написанную философом, которым она восхищалась. Книга читалась нелегко. Прочтя половину, Уилсон в отчаянии швырнул книгу в угол, но потом снова продолжил чтение. В последовавшие годы он стал прилежно изучать работы этого философа и предложил, что если я хочу узнать больше о морально-духовных характеристиках цвета, как их представлял себе Гете, то мне также следует прочитать работы этого философа.

Метафизика света Рудольфа Штейнера

Только слабый свет брезжит, как крошечная точка в огромной черноте. Этот слабый свет — только предчувствие, отдаться которому нет у души яркой смелости: быть может, как раз этот свет — сон, а чернота — действительность?

Василий Кандинский

В 1908 г. в Берлине художники Василий Кандинский и Габриэль Мюнтер встретили старых друзей мюнхенского периода — Александра и Марию Стракош. Александр вспоминал, как они вместе с другими близкими друзьями из Мюнхена собирались и замечательно проводили вечера в берлинской

мастерской Кандинского. Для всех них это был период напряженных исканий как на личном, так и на художественном уровне. Они стремились отыскать то, что нельзя было найти с помощью механистических представлений о природе и сущности личности, которые предлагала наука XIX в. Многие чувствовали потребность в более широком и одушевленном представлении об этих предметах. Стракош пишет: “Друзья, зная о наших исканиях, рассказали нам о еженедельных лекциях в *Architektenhaus* [Доме архитектуры] и посоветовали сходить туда”³¹. Это были лекции Рудольфа Штейнера, того самого ученого и философа, который в начале 1890-х гг. работал в Веймаре, редактируя научные произведения Гете. Он покинул пыльный архив Гете и Шиллера и отправился в Берлин, где в 1897 г. поступил на должность редактора авангардного “*Литературного журнала*”. Благодаря этому он оказался в самом центре событий литературного мира великого города Германии.

Люди, собиравшиеся в *Architektenhaus*, приходили туда не на лекции о литературе, а для того, чтобы послушать выступления Штейнера, в которых он говорил о духовной науке о человеке и Вселенной. К тому времени, когда в 1908 г. Кандинский с друзьями пришел на его лекции, Штейнер из берлинского интеллектуала стал духовным философом. Он уже написал много книг и выступил с сотнями лекций о медитации, христианстве, духовной истории человечества и духовных аспектах Вселенной, в основном перед теософами. (Штейнер основал Антропософское общество в 1913 г.).

26 марта 1908 г. Кандинский, Александр и Мария Стракош с друзьями пришли на лекцию Штейнера “Солнце, Луна и Звезды” в *Architektenhaus*. Из того, что говорилось в лекции, явствовало, что Штейнер относился к тем, кто понимал свет в духовном смысле, т. е., он был в одном ряду с такими фигурами, как Гроссетест, Мани и Зороастр. Он, как Гроссетест, был посредником между двумя мирами, миром духовным и миром научным, в котором он также был своим. Между этими мирами издавна существовал раскол, а Штейнер пытался их примирить, создавая гармонию вместо разлада.

Лекция, должно быть, задела кукую-то струну в душе Кандинского, потому что сразу после нее он написал сцену с

Ариэлем из “Фауста” Гете, строки которого Штейнер процитировал в заключение лекции. Кандинский подарил полотно Марии Стракош. На картине изображена целительная радуга, сияющая над водопадом. Нависший туман мягко поднимается над шумом воды, улавливая свет, направляя его в пышные цвета, которые окутывают утомленного Фауста. Жизнь подобна радуге. Мы уже слышали эти строчки:

*В ней — наше зеркало. Смотри, как схожи
Душевный мир и радуги убранство!
Та радуга и мир — одно и то же.*

Гете связал свет с жизнью; в радуге отражается не только солнечный свет, но и душевный мир и деяния человека. Цвета радуги — это символ наших чаяний и свершений. Здесь было заложено семя для образных представлений о свете, которые обогащают научные представления, не лишая их образности художественных образов. Кандинский и Штейнер поняли метафору Гете, и каждый нашел для нее выражение в своей области.

Родившись в семье простого железнодорожного служащего, Рудольф Штейнер получил образование в Венском техническом университете, аналогичном по значимости в то время Массачусетскому технологическому институту; прошел курсы по математике, физике и химии. В дополнение к обычному набору технических дисциплин он тщательно изучал работы Канта, Фихте, Гегеля, Ницше и Дарвина, впоследствии получив степень доктора наук по философии в то время, когда он занимался редакцией научных произведений Гете в Веймаре³². Штейнер овладел наукой и академической философией, но из личного опыта переживания духовных явлений он ощущал, что требовалась иная концепция мира, шире, чем та, которую предлагала научная мысль XIX в. Уже на раннем этапе рассмотрение света стало показательным примером глубокого конфликта, который существовал между его научной подготовкой и личным духовным опытом.

Будучи студентом университета, Штейнер, подобно многим в ту пору, все более критически относился к эфирной

гипотезе, проистекавшей из волновой теории³³. Тем не менее, Штейнер пошел намного дальше. Он чувствовал, что несмотря на то, что свет может проявляться как цвет в чувственно воспринимаемых явлениях, свет сам по себе был по сути непознаваем чувствами. В нем чисто духовное воспринималось внутри чувственно *воспринимаемого*. Штейнер так и записал: “Свет уже и так духовен. Внутри сферы чувственно воспринимаемого главную роль играет духовное”³⁴.

По мнению Штейнера, не только свет, но и большую часть жизни нужно было постигать духовно, а не только физически. Традиционная наука XIX в. была нерасположена и плохо подготовлена к тому, чтобы взять на себя эту задачу, поэтому, взяв за основу философские знания и научные исследования Гете в области цвета, ботаники и биологии, Штейнер выдвинул “учение о сверхчувственном”. Его лекции в *Architektenhaus* были лишь одним из примеров данного целенаправленного проекта.

В качестве дополнения к подтверждаемым физическим исследованиям света Штейнер предложил духовное представление о свете. Как мы видели, у древних цивилизаций свет и его небесные источники всегда воспринимались как божественные. Штейнер стремился создать современную христианскую метафизику, в которой космос, которому служили жрецы Древнего Египта, древнегреческие философы и Роберт Гроссетест, мог бы обрести новую жизнь на философской основе, не противореча науке. Штейнер считал, что до тех пор, пока наблюдения, эксперименты и представления естественных наук остаются строго объективными, никакого конфликта с духовной наукой не будет. Довольно часто, однако, естествознание не ограничивалось одними наблюдениями, заявляя об отказе в существовании духовному. Для Штейнера подобная позиция была несостоятельной с философской и моральной точек зрения. По его мнению, настало время для появления духовной науки, которая смогла бы перейти от рассмотрения чувственно воспринимаемых явлений к духовным феноменам, не сбиваясь на туманные мистические фразы. Он отказался от модного тогда подхода, предлагавшегося спиритуализмом и психическими исследованиями, называя их перевернутым

Ариэлем из “Фауста” Гете, строки которого Штейнер процитировал в заключение лекции. Кандинский подарил полотно Марии Стракош. На картине изображена целостная радуга, сияющая над водопадом. Нависший туман мягко поднимается над шумом воды, улавливая свет, направляя его в пышные цвета, которые окутывают утомленного Фауста. Жизнь подобна радуге. Мы уже слышали эти строчки:

*В ней — наше зеркало. Смотри, как схожи
Душевный мир и радуги убранство!
Та радуга и мир — одно и то же.*

Гете связал свет с жизнью; в радуге отражается не только солнечный свет, но и душевный мир и деяния человека. Цвета радуги — это символ наших чаяний и свершений. Здесь было заронено семя для образных представлений о свете, которые обогащают научные представления, не лишая их образности художественных образов. Кандинский и Штейнер поняли метафору Гете, и каждый нашел для нее выражение в своей области.

Родившись в семье простого железнодорожного служащего, Рудольф Штейнер получил образование в Венском техническом университете, аналогичном по значимости в то время Массачусетскому технологическому институту; прошел курсы по математике, физике и химии. В дополнение к обычному набору технических дисциплин он тщательно изучал работы Канта, Фихте, Гегеля, Ницше и Дарвина, впоследствии получив степень доктора наук по философии в то время, когда он занимался редакцией научных произведений Гете в Веймаре³². Штейнер овладел наукой и академической философией, но из личного опыта переживания духовных явлений он ощущал, что требовалась иная концепция мира, шире, чем та, которую предлагала научная мысль XIX в. Уже на раннем этапе рассмотрение света стало показательным примером глубокого конфликта, который существовал между его научной подготовкой и личным духовным опытом.

Будучи студентом университета, Штейнер, подобно многим в ту пору, все более критически относился к эфирной

гипотезе, проистекавшей из волновой теории³³. Тем не менее, Штейнер пошел намного дальше. Он чувствовал, что несмотря на то, что свет может проявляться как цвет в чувственно воспринимаемых явлениях, свет сам по себе был по сути непознаваем чувствами. В нем чисто духовное воспринималось внутри чувственно *воспринимаемого*. Штейнер так и записал: “Свет уже и так духовен. Внутри сферы чувственно воспринимаемого главную роль играет духовное”³⁴.

По мнению Штейнера, не только свет, но и большую часть жизни нужно было постигать духовно, а не только физически. Традиционная наука XIX в. была нерасположена и плохо подготовлена к тому, чтобы взять на себя эту задачу, поэтому, взяв за основу философские знания и научные исследования Гете в области цвета, ботаники и биологии, Штейнер выдвинул “учение о сверхчувственном”. Его лекции в *Architektenhaus* были лишь одним из примеров данного целенаправленного проекта.

В качестве дополнения к подтверждаемым физическим исследованиям света Штейнер предложил духовное представление о свете. Как мы видели, у древних цивилизаций свет и его небесные источники всегда воспринимались как божественные. Штейнер стремился создать современную христианскую метафизику, в которой космос, которому служили жрецы Древнего Египта, древнегреческие философы и Роберт Гроссетест, мог бы обрести новую жизнь на философской основе, не противореча науке. Штейнер считал, что до тех пор, пока наблюдения, эксперименты и представления естественных наук остаются строго объективными, никакого конфликта с духовной наукой не будет. Довольно часто, однако, естествознание не ограничивалось одними наблюдениями, заявляя об отказе в существовании духовному. Для Штейнера подобная позиция была несостоятельной с философской и моральной точек зрения. По его мнению, настало время для появления духовной науки, которая смогла бы перейти от рассмотрения чувственно воспринимаемых явлений к духовным феноменам, не сбиваясь на туманные мистические фразы. Он отказался от модного тогда подхода, предлагавшегося спиритуализмом и психическими исследованиями, называя их перевернутым

материализмом духа, и пытался, скорее, следовать научному методу Гете, который подразумевал развитие органов познания, подходящих для всех сфер опыта, включая духовные области.

Свет духа

*Вселенная, воспринимаемая изнутри, есть свет; видимая снаружи посредством органов духовного восприятия, она есть мысль.*³⁵

Рудольф Штейнер

Как многие до него, Штейнер обращался к Прологу Евангелия от Иоанна, стремясь обнаружить духовные аспекты света. Иоанн говорит о Логосе, или Слове, как о свете человеков. Все, что мы видим, включая солнце, потоки, облака, животных и человека, есть, говорит Штейнер, воплощение или образ этой божественно-духовной реальности — Логоса.

Яснее всего внешнее физическое тело Логоса открывается во внешнем солнечном свете. Солнечный свет это не просто материальный свет. Для духовного взгляда солнечный свет есть в то же время одеяние Логоса. В солнечном свете духовное струится на Землю, это дух любви... С физическим солнечным светом струится на Землю пламенная Божественная любовь.³⁶

Свет — чистое тело Слова, Логоса. Тот же самый свет, который освещает наш мир, служит самым совершенным образом песни творения Господа. Гроссетест называл свет первой материальной формой; Штейнер согласился с такой оценкой. Электромагнитная теория света была, по мысли Штейнера, лишь бледным и абстрактным отражением куда более возвышенной природы света, той, о которой нам никогда не следует забывать.

В лекциях в конце 1920 г., прочитанных перед аудиторией, хорошо знакомой с его представлениями о духовном мире,

Штейнер открыл примечательную перспективу во взглядах на природу и биографию света. Он представил метод своего рода духовной археологии, направленной на древнее происхождение света, предоставив описание, которое было мифологично по своим пропорциям и языку, и все же такое, которое было нацелено на то, чтобы стать четким представлением о происхождении и бытии света³⁷. В очередной раз наше рассмотрение начинается с Гете. “Цвета”, — говорил Гете, — “деяния и страдания света”. Это точная метафора; но все же, кто может действовать и страдать, кроме существ?

Духовные иерархии, о которых писали еще в раннем христианстве (Ангелы, Архангелы и т. д.), и которые были неотъемлемой частью мира Гроссетеста, были и по-прежнему остаются реальными, считает Штейнер. У каждого из нас есть свой Ангел Хранитель, группы народов направляет Архангел-вдохновитель, и у каждого века есть свой *Zeitgeist*, или Архай. Штейнер дал много подробных описаний природы и эволюции духовных иерархий, масштаб которых не имел себе равных со времен строительства готических соборов. Кажется, что развитие ангельских чинов, идущее в течение грандиозных периодов времени, сходно в чем-то с духовной эволюцией самого человека. В особенности, ангельский чин прошел свой “человеческий” период за прошедшие миллиарды лет. В течение этого времени у них были внутренний и моральный миры, сходные с нашими, наполненные жизнью и борьбой, деяниями достойными и постыдными. Затем Штейнер дает поразительное описание того, как то, что ангельские сонмы когда-то носили в себе в качестве моральных реальностей, превратилось с тех пор в “миры мысли”, которые мы в свою очередь переживаем как свет мира. Реальный физический свет, окружающий нас, похож на застывшие останки древнего морального мира, которым жили ангельские существа. То, что было внутренним, стало внешним.

С обезоруживающей логикой Штейнер продолжает свой дискурс, показывая, что тот моральный мир, который мы возвращаем внутри души, однажды сходным образом станет светом или тьмой будущего этапа эволюции космоса. “Вокруг нас сегодня мы наблюдаем мир света; миллионы лет назад это был

моральный мир. Внутри нас мы носим мир морали, который через миллионы лет станет миром света... И колоссальное чувство ответственности по отношению к будущему миру зарождается в нас, поскольку наши моральные импульсы впоследствии станут сияющими мирами”³⁸.

В рамках этого взгляда никогда не возникает вопрос об отделении морального от физического. Цитируем Эмерсона: “Всякий естественный факт есть символ известного духовного факта... Мир эмблематичен. Законы нравственной природы соответствуют законам материи, словно отражения друг друга в зеркале”³⁹. Поэтому любая физическая реальность это не что иное, как лицевая сторона реальности моральной. Взгляды Штейнера выводили представления Эмерсона к самым отдаленным горизонтам истории человечества и космоса. Штейнер считал, что физический мир является “результатом морального мира. Непорочные сердца действительно озарят миры будущего. Или, если мы будем питать тьму внутри себя, то законным последствием в отдаленном будущем станет появление темного мира. Мы — создатели мира не только посредством того, что творим своими руками, но в еще большей степени это относится к тем духовным импульсам, которые зарождаются в душе. Как писал Штейнер: “Между физическим и моральным нет четко определенной границы. На самом деле они лишь различные аспекты того, что по сути своей едино. Моральный миропорядок раскрывается в миропорядке природы”.

Взаимосвязь между физическим и моральным, чувственно воспринимаемым и духовным как в прошлом, так и в настоящем, воспринимается по большей части как еретическая концепция не только в религиозных, но и в научных кругах. Влиятельные силы в рамках протестантской теологии настаивают на полном отделении религии от науки. Сходным образом внутри научного сообщества религия воспринимается как область, которая охватывает тот аспект жизни, который никак не связан с тем, чем занимается наука. Хотя Макс Планк и выразил мнение многих, сказав: “Между религией и наукой никогда не может быть реального противопоставления, поскольку одно дополняет другое”. Тем не менее, для ученого и для бого-

слова существуют два мира и потому две истины: одна — научная, а другая — религиозная.

Гете, Эмерсон и Штейнер, напротив, признавали разные дискурсы, но при этом отказывались фрагментировать жизнь. Истина может проявляться по-разному, но в своей основе она едина. Для Штейнера высказывание Планка звучит наивно. Простая вера, как ее представляет себе Планк, не сможет устоять перед внушительным и все возрастающим напором естественных наук. Если возобладает современная привычка представлять природу как детерминистский механизм, “тогда нет никакой возможности сохранения моральной сферы ... в этой моральной сфере попросту нет очевидных доказательств того, что она способна превозмочь сферу естественного порядка”⁴⁰. Предположительно, если произойдет падение моральной сферы, то тогда эта же участь постигнет свет будущих эпох. Поэтому Штейнер воспринимает разобщенность научного и духовного знания не только как помеху целостному пониманию света, но и как угрозу для будущего. Для Штейнера мир природы возникает из морального мира внутри человека подобно тому, как бабочка появляется из куколки. Ее форма будет зависеть от того, что мы поместим внутри кокона.

“Учение о цвете” Гете не нашло должного понимания. Концепция света, выдвинутая Штейнером, наряду со всей его философией, встретила еще более яростное сопротивление. Нападки на него в начале 20-х гг. XX в. шли со всех сторон: духовенства, научного мира, политиков, национал-социалистов, и многих других. Большинство выпадов публиковалось в печати, но другие нападки были более жестокими. Во время открытой лекции в Мюнхене в 1922 г. Штейнеру удалось избежать серьезных увечий лишь благодаря быстрым действиям молодых слушателей, которые, вскочив на сцену, заслонили его от толпы хулиганов. Туристическое агентство “Сакс и Вольф” сообщило Штейнеру, что они больше не могут ручаться за его безопасность и потому отказываются от организации его лекций.

В канун наступления нового, 1923 года после лекции Штейнера о происхождении естественных наук был совершен

поджог центра Антропософского общества, расположенного в Дорнахе (Швейцария). Сгорело здание, где находились помещения для более чем тысячи людей. Оно называлось "Гетеанум", в честь Гете. Спроектированное с любовью, построенное из дерева, расписанное сотнями добровольцев за предшествовавшее десятилетие, оно было впечатляющим плодом антропософии Штейнера. В одну ночь то, что Штейнер с соратниками создавали годами, было уничтожено в пламени, в моральной тьме гонений.

Удрученный, но не сломленный, Штейнер с удвоенной энергией трудился в течение последних двух лет своей жизни. Он основал Университет духовной науки и разработал проект нового, вписывающегося в пейзаж, бетонного здания, ставшего вторым Гетеанумом. В здании воплотился импульс, который озвучил Штейнер, в нем утверждался союз религии, науки и искусства, и в этом же импульсе моральный мир человека был истинным прародителем света.

С именами Гете и Штейнера в нашу биографию света входит основная тема контрапункта. До сих пор повествование текло, описывая различные представления о свете с античных мифов до взглядов современной науки. Однако эти два титана ознакомили нас с возрождением мифического. Оба принадлежат современной эпохе, оба разбирались в науке, и все же они пытались преобразовать науку с тем, чтобы включить в нее духовные свойства света.

На мой взгляд, наш мир нуждается в обогащении мифами и этикой, рожденной из сострадания. Все лаборатории следует расположить, подобно лаборатории Уилсона, на солнечном поле [«Санфилд» (англ. Sunfield), букв. «солнечное поле», — прим. пер.], где бы ученые не теряли из виду вопросы, на которые нужно найти ответы. В Гете и Штейнере мне видится зарождение новой мифологии и науки сострадания.

Новалис мудро сказал, что внутри пламени задействованы все силы природы. Истина его слов основана на том факте, что пламя и свет, отбрасываемый им, это не только естественные, но еще и моральные, и духовные силы. Свет един, а не

двойственен. В этом единстве — его сила. В научных исследованиях света никогда не следует приуменьшать его полное значение. Но мы идем по ландшафту, разделенному каньонами и ущельями. Однако, в отличие богов племени навахо, мы боимся и не хотим оторваться от твердой, знакомой почвы под ногами, не желаем перебросить мост радуги через темные расщелины нашего мира. Для того, чтобы увидеть единство мира, не нужно становиться лунатиком, надо смело смотреть вперед, зная, что нужно стремиться к объединению любви с интуитивным пониманием.

ГЛАВА 9

КВАНТОВАЯ ТЕОРИЯ ПРИ СВЕТЕ СВЕЧИ

*Свеча горела на столе, светила ярко
Мерцаньем желтым в темноте, блаженством жарким.
Так все нечетко в темноте, пустыня ночи,
И пламя нежно наугад глаза щекочет.*

Джерард Мэнли Хопкинс. Свеча в комнате

Вечером 21 октября 1929 г. Америка переживала один из наиболее знаменательных моментов в биографии света. В тот вечер Томас Алва Эдисон, Генри Форд и президент Гувер шли вместе по центральной улице нового “парка живой истории” Гринфилд Виллидж к старой лаборатории Эдисона (перевезенной туда Фордом из Менло-Парк, Нью-Джерси). Согбенный и взволнованный Эдисон, подходя к старому лабораторному стенду, подготовился к воспроизведению того, как пятьдесят лет назад был создан яркий электрический свет. Миллионы слушателей внимали голосу Форда, транслировавшемуся сотнями радиостанций. Форд попросил радиослушателей выключить все электричество в честь такой знаменательной даты. В тот вечер и жители Гринфилд Виллидж, и большинство американцев по всей стране ждали повторения изобретения Эдисона при свете свечи. Когда наступил долгожданный момент, Эдисон повернул рычаг, подававший электричество в хрупкую почерневшую нить накала в электрической лампочке. Слабое сияние озарило его постаревшее лицо, и одновременно по всей Америке включился свет, полившийся по сети в Гринфилд Виллидж и в стоявшие в темноте дома по всему континенту. В течение нескольких минут свет всех прошедших эпох был снова вызван к жизни с тем, чтобы его можно было потушить в триумфальный момент технической бравады.

Сегодня, пожалуй, даже больше, чем в 1929 г., свеча — это анахронизм, но, может быть, вследствие этого она приобрела сакральное значение. Мы, как и многие до нас, ставим свечи на

алтарь, у кровати или, когда хватает смелости, прикрепляем их к веткам рождественской елки. Смотрим, как горят свечи, и, повторяя слова Джерарда Мэнли Хопкинса, думаем о том “мерцанье желтом в темноте, блаженстве жарком”, где все “так нечетко в темноте”. Тем не менее, кажется, что в пламени свечи есть нечто большее, чем свет. В то время, когда функциональность вещи играет основную роль, свеча — больше символ, чем предмет домашней техники. И, как радуга, она тоже становится вратами к пониманию света.

Каждое Рождество в течение 35 лет Майкл Фарадей выступал с лекциями перед “молодежной аудиторией”; они быстро стали пользоваться чрезвычайной популярностью. Во время рождественских каникул 1860-1861 гг. он в последний раз прочитал такие лекции в знаменитом зале Королевского института. Темой была “Химическая история свечи”¹. С тех пор эти лекции стали классикой в истории науки. Хотя ему уже было 70 лет, он говорил звонким юношеским голосом. “Я претендую на привилегию обращаться к молодежи на равных”, — сказал Фарадей. И он так и сделал с радостью и пылом, которыми отличались все пятьдесят лет, в течение которых он служил в этом учреждении. Подмастерье переплетчика книг стал самым известным и популярным ученым Великобритании. Фарадей предложил молодым слушателям присоединиться к его исследованиям, сказав им: “Нет никакого лучшего способа, нет двери, через которую можно было бы ближе подойти к изучению натурфилософии, чем при рассмотрении физических явлений света свечи”.

Зажгите свечу и прежде всего заметьте, какая идеальная лунка образуется от пламени при плавлении воска. Пламя, двигаясь вдоль фитиля, плавит воск в центре свечи в то время, как поток воздуха, поднимающийся вокруг свечи, охлаждает ее края, не давая им упасть; и так создается сосуд, прекрасно подходящий для того, чтобы сохранять расплавленное содержание. Жидкость изнутри поднимается вверх по фитилю с помощью тех же сил, что движут сок по стволу растений и деревьев: так проявляется действие капилляров. Однако вместо

того, чтобы питать листья и цветы, жидкий воск испаряется в темном внутреннем пространстве пламени, находящемся ближе всего к фитилю, там он смешивается с воздухом и подпитывает пламя. Если бы этим исчерпывался весь процесс, как это происходит в некоторых случаях, тогда бы от свечи было очень немного света. Тем не менее яркий желтый конус, распространяющий мягкое свечение, появляется вследствие крошечного мерцающего жара негоревших до конца “углей”, тех, что превращаются в сажу, когда фитиль слишком длинный. В холодном состоянии это самое темное вещество, но в горячем сажа становится озаренной красивейшим образом.

Поэтически настроенный глаз Гастона Башлара усмотрел в пламени свечи образцовый феномен. В нем “из самого грубого материала появляется свет. Очищение происходит в самом акте излучения света. Зло — кормилица добра. В пламени свечи философ находит *модель-феномен*, космическое явление, модель усовершенствования”². Как показательный феномен, пламя свечи символично, в него входят не только физические, но и моральные аспекты. Грубая материя очищается в пламени, становясь светом. Смотря на пламя, Поль Клодель задумывается о происходящем изменении: “Откуда бежит материя, рассекая крыльями воздух, переходя в разряд божественного”³. Для поэта в этом явлении — модель совершенствования, для ученого — неразгаданная загадка; в любом случае, пламя свечи притягивает нас, как мотыльков.

В рождественских лекциях о свече Фарадей не озвучил в молодежной аудитории один момент, в котором больше, чем во всем остальном, содержался зародыш представлений, перевернувших впоследствии физику и ознаменовавших появление совершенно новой концепции физического мира. Моментом, которым пренебрегли, был цвет света свечи.

Посмотрим на пламя свечи. Оно мерцает, колышется и пульсирует, у него яркие, желтые, иллюзорные очертания. Посмотрим теперь на пламя через призму, и вот появляется знакомый вид спектра в виде прекрасной, оформленной в форму пламени цепочки цветов радуги. Внутри изящной яркой формы запрято совершенно новое понимание природы. “В свете фонаря задействованы все силы природы”,⁴ — написал

Новалис. В его мирном пламени открывается, как нам подсказал Фарадей, самый надежный путь к знаниям. Нам необходимо отправиться по этому пути, чтобы начать рассмотрение квантовой теории света.

Свет от нагревания

*Свет — это гений процесса горения.
Из света получается огонь.*

Новалис

Любое нагретое твердое или жидкое тело, будь то глина в обжиговой печи гончара или нить накала раскаленной добела лампы, мерцает совершенно так же, как сажа в пламени свечи. Это универсальный закон вне зависимости от того, какое нагревается вещество. Нагретая материя всегда источает свет и всегда одинаково.

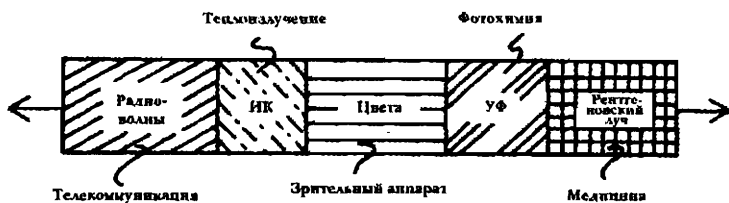
Любой гончар, стеклодув, сталевар знают этот закон. Цвета раскаленных, светящихся веществ, с которыми они работают, предсказуемо изменяются в зависимости от температуры. При низких температурах железо в горне кузнеца того же тусклого красного цвета, как и глина в печке для обжига. Чем выше температура, тем ярче становится свечение вещества, окрашивающегося сначала в оранжевый, а потом в желтый цвет. Каждая температура отличается своим цветом (так называемая "цветовая температура"). Она служит основой для оптических методов измерения температуры, часто используемых в стекольных мастерских и на сталелитейных предприятиях. В астрономии тот же метод позволяет ученым определять, что температура на поверхности Солнца равняется 11 000 градусов по Фаренгейту (что равно 6 093 градусам по Цельсию). Тепловыделение и цвет света взаимосвязаны.

Всякий, кого интересует свет свечи или солнца, сможет без труда пропустить этот свет через призму, чтобы посмотреть на получающийся спектр. Именно такие эксперименты, приводившие к поразительным результатам, проводились в

Великобритании и Германии в XIX в. Когда английский астроном Гершель занимался анализом спектра солнечных лучей, он направил их на ряд термометров. Он был не первым, кто проводил такой эксперимент, но именно он заметил то, на что другие не обращали внимания. Те термометры, которые случайно оказались за пределами обозримого красного края спектра, показывали значительное повышение температуры. Там, где ничего не было видно, по-прежнему происходило воздействие нагревания. Сходные наблюдения были в то же время сделаны и другими, но уже по поводу другого края спектра, за фиолетовым цветом. В данном случае, однако, воздействие приводило не к нагреванию, а к изменению химического свойства. Минералы изменяли окраску или начинали светиться, когда их помещали за фиолетовым краем спектра. Так было обнаружено то, что мы теперь называем инфракрасным и ультрафиолетовым излучением. Излучение жара, исходящего от раскаленной чугунной печи, — это пример невидимого инфракрасного излучения. С другой стороны спектра не только минералы, но и мы изменяем окраску в лучах ультрафиолетового излучения. Степень загара зависит по большей части от ультрафиолетового света, наподобие процесса фотосинтеза в растениях.

Было выявлено, что эти виды излучения ведут себя как обозримый свет во всех смыслах, кроме того, что они не вызывают никакого реагирования в органах зрительного восприятия человека. Подобно собакам, которые слышат высоту звука за пределами возможностей человеческого слухового аппарата, существуют и создания, которые, очевидно, видят в этих частях спектра. Мы, с другой стороны, должны полагаться на более опосредованные средства для того, чтобы продемонстрировать их существование. Открытие “невидимых видов света” колоссально расширило концепцию света, существовавшую в физике. В настоящее время считается, что свет охватывает весь диапазон от радиоволн до гамма-лучей. Спектр света свечи намного шире, чем заметно невооруженным глазом.

Многие экспериментальные исследования света, излучаемого светящимися нагретыми телами, проводились в Берлине в последние годы XIX в. Сложность изучения пламени свечи с его изменяющимися условиями и интервалами температур



Электромагнитный спектр.

привела к изобретению берлинскими учеными Рубенсом, Луммером и Прингсхаймом такого источника света, с помощью которого можно было более точно изучать взаимоотношения между температурой и цветом. Вследствие этого их подход позволил провести самый точный в XIX в. спектральный анализ света, излучаемого нагретыми телами. По техническим причинам его называли исследованием "температурного излучения абсолютно черного тела"⁵. На концептуальном уровне этот эксперимент позволил просчитать то, что было очевидно при наблюдении, когда через призму рассматривалось накаленное докрасна тело, но при этом эксперимент позволял учитывать невидимую, инфракрасную (ИК) часть спектра.

При определенной температуре виден весьма конкретный, неразрывный спектр цветов. Например, когда невооруженному глазу раскаленный металл кажется оранжевым, тогда наярчайший цвет в спектре — оранжевый, а цвета с обеих сторон (красный — с одной, а желтый-зеленый-синий — с другой) постепенно теряют интенсивность окраски. Особый вид распределения интенсивности, цвет за цветом, был как раз тем действием, которое тщательно замеряли Рубенс и другие ученые в Берлине. Вопрос заключался в том, как все это понимать, т. е., каким образом истолковывать цвета света свечи?

Как мы видели, физики XIX в. были уверены, что с учетом механики Ньютона, электромагнитной теории Максвелла и начал термодинамики они могли объяснить все на свете. Нужно было только расширить вычислительные возможности, доступные тогда, и все нерешенные проблемы можно будет

решить. Конечно, неприязательный свет свечи Фарадея был пустяковым делом, и эту проблемку будет легко разрешить коллективному научному разуму трех предшествовавших столетий. И потому лучшие физики-теоретики того времени в Германии и Франции вознамерились рассчитать, исходя из основных принципов, спектр пламени свечи. Тем не менее, они не добились успеха. В 1899 г. физика не могла дать объяснение цветов света свечи!

Честный человек

Изучение света привело к достижению интуитивного понимания, созданию образных представлений и изобретательности, непревзойденных ни в одной из областей умственной деятельности; это также наглядно демонстрируется лучше, чем в любой другой отрасли физики, в чередовании теорий.

Сэр Дж. Дж. Томсон, 1925

В последние годы XIX в. в Берлинском университете начал работать энергичный физик-теоретик. Его звали — теперь это имя неразрывно связано с рождением квантовой механики — Макс Планк⁶. Потомок пасторов, ученых и юристов Планк перенял от них консервативное поведение и прямоту, которые он сохранял всю жизнь. Его предки являли собой образец идеалов и ценностей эпохи Просвещения, включая рационализм и терпимость, присоединив к ним глубокие протестантские убеждения экуменического толка. Макс Планк следовал их доброму примеру, современники считали его образцом выполнения классических моральных принципов, а также магистром всех достижений классической физики. Но жизнь не так проста. Оставаясь в плену прусской благонадежности, он не смог не пойти на сомнительные компромиссы с наукой Третьего рейха, но в 1900 г. цепкий ум ученого заставил его, скрепя сердце, преодолеть порог на пути к созданию новых представлений о свете.

С подачи друга Планк начал теоретический анализ света, ни минуты не сомневаясь, что классической физики будет

достаточно для того, чтобы справиться с задачей. Со временем, однако, как он ни старался, его усилия не приносили никаких удовлетворительных результатов. Как и другие, Планк начал с допущения, что светящиеся тела можно смоделировать в виде ряда атомных осцилляторов, вибрирующих на определенных частотах. С равной непредрвзятостью законы термодинамики распределяли имеющуюся тепловую энергию среди них одинаковым образом. Все вычисления, основанные на данной модели, включая вычисления Планка, катастрофическим образом расходились с фактами. В 1899 г., после четырех долгих лет поисков, Планк пошел на казавшуюся незначительной, но оказавшуюся очень важной, уступку. В своей теории излучения абсолютно черного тела он унизился до будто бы неоправданного математического изобретения, полную значимость которого он смутно ощущал, но ни тогда, ни в течение последующих лет не смог оценить до конца.

Рассмотрим колебания маятника часов. Частота колебаний зависит, как это первым обнаружил Галилей, от длины маятника. Его амплитуда (т.е. длина колебаний) определяется только тем, что служит причиной движения, энергией, приданной маятнику. Может показаться страшным, почему Планку пришлось пойти на такое чрезвычайное допущение и посчитать, что на квантовом уровне данное описание движения маятника неадекватно. На самом деле, возможны не все амплитуды. Другими словами, мы не можем отвести маятник назад на любую высоту, есть определенные изначальные пределы. Поэтому и энергия маятника не может принимать любые величины. Напротив, возможен лишь определенный набор показателей таких амплитуд и энергии. Они определены в знаменитом уравнении Планка: $E=hv$. То есть, энергия такого осциллятора, как маятник, может принимать только такие значения, которые, являясь целым, кратным h (постоянная величина Планка, *очень* малое число), умножаются на частоту ν (количество колебаний в секунду).

Это единственное допущение все меняет. Маятник надеется энергией или ее теряет лишь при конкретных повышениях. Можно провести параллель с тем, как поднимаются по лестнице — нельзя подняться на полступеньки. А у высокочастотных осцилляторов (соответствующих синему цвету)

интервалы больше, чем у низкочастотных (красный цвет). К тому же при низких температурах не хватает энергии для возбуждения высокочастотных синих осцилляторов или, если подойти к этому с другого угла, для больших шагов, которые необходимы. Но вокруг ведь есть и другие осцилляторы с меньшими “красными” ступенями, которые можно легче преодолеть шаг за шагом. Поэтому анализ Планка привел к предположению, что при низких температурах только красные осцилляторы будут проявлять активность при поглощении и выделении энергии. Соответственно, спектр света свечи (низкая температура) будет по большей части красного цвета, а недостающая синяя часть спектра будет проявляться лишь при том, что сопровождается более высокими температурами.

В своей основе энергия, поступающая в или испускаемая осцилляторами, электромагнитного свойства, т. е., это свет. Поэтому допущение Планка, если воспринимать его буквально, подразумевало, что сам свет может быть квантовым, существующим лишь в дискретных элементах. Изначально Планк считал, что его допущение было просто математическим фокусом, который ускорил вычисления, и со временем от него можно будет отказаться. Английский физик Джеймс Джинс согласился с данным допущением, предложив считать, что h можно будет направить к нулю в определенный момент вычислений, и в этом мире все снова станет хорошо. Тем не менее, от постоянной величины Планка было невозможно вот просто так отказаться. В квантовой механике был открыт ящик Пандоры, и все сопутствующие несчастья, вытекающие из анализа Планка, невозможно было снова загнать в аккуратно очерченные границы физики XIX в. Возникли явные проблемы со “световым ящиком” Гершеля. Из этой дилеммы появился новый квант света. Колоссальные последствия скромного допущения Планка были очевидны лишь нескольким из его коллег. В дальнейшем энергию, которой является свет, будут квантовать.

С помощью такого одного допущения Планк смог вывести математическую формулу, весьма успешно соответствовавшую тем данным, которые у него были. Чтобы еще более тщательно проверить свою теорию, Планк, живший в окрестностях Берлина, пригласил Рубенса в гости к себе домой. Рубенс рассказал

ему о результатах последних измерений. В ответ Планк представил свою новую формулу для определения распределения излучения абсолютно черного тела. Впервые теория полностью соответствовала экспериментальным данным. Успех был обусловлен странным допущением Планка о дискретном движении маятника.

Должно быть, Планк угадал глубочайшую важность этого момента, потому что на волне успеха он повел своего сына Эрвина на ставшую знаменательной длительную прогулку в Грюневальдский лес в пригороде Берлина. Тогда Эрвину было семь лет, и он знал, что отец давно занимается анализом света. Во время прогулки отец признался сыну, что считает, что его открытию предназначено такое же место в истории науки, как и открытиям Коперника или Ньютона. В нем была основа для радикального переворота. Эти смелые, провидческие слова честного, осторожного человека прозвучали как ересь, которая была озвучена в разговоре не с кем другим, а с сыном, и все же слова эти были произнесены с полным убеждением. Парадоксальные требования, предъявляемые теорией света Планка образным представлениям человека, продолжают отражаться столетие спустя в виде корпускулярно-волнового дуализма.

Сам Планк не хотел принимать квант света, им изобретенный, снова и снова пытаясь избежать его необходимости. Одним из очень немногих, кто усвоил последствия анализа света свечи Планка, был тогда еще совсем неизвестный физик Альберт Эйнштейн.

Отчаянный квант

Согласно этому сделанному здесь предположению, энергия пучка света, вышедшего из некоторой точки, не распределяется непрерывно во все возрастающем объеме, а складывается из конечного числа локализованных в пространстве неделимых квантов энергии, поглощаемых или возникающих только целиком.⁷

Альберт Эйнштейн, 1905

Главные открытия Эйнштейн сделал в знаменательный период с 1902 по 1908 гг., когда он занимал должность

рядового лаборанта в патентном бюро. Этот никому не известный гигант научной мысли умудрялся в считанные часы, выкроенные между работой и домашними хлопотами, написать множество грандиозных научных работ. В данный период Эйнштейн, всегда смелый и наделенный даром предвидения мыслитель, отважно шагнул дальше Планка, предположив в 1905 г., что свет можно рассматривать как совокупность независимых частиц энергии⁸. Исходя из этой гипотезы, Эйнштейн обратился к объяснению других недавних экспериментов, которые также привели к возникновению непреодолимых трудностей для классической волновой теории света. Его предложение вкупе в разъясняющими расчетами и прогнозами были встречены молчанием. Частицы света? Сама идея отпугивала. Она противоречила обоснованию волновой теории вековой давности. Гюйгенс, Эйлер, Френель, Фарадей, Максвелл — разве их усилия наконец-то не завершились созданием колоссально успешной точки зрения на свет как на электромагнитную волну? Не только эксперименты по интерференции видимого света поддерживали этот взгляд, но потом и другие со значительно большей длиной волны, включая недавно изобретенные ИК и радиоволны. Не испугавшись, Эйнштейн был, по его собственным словам, “непрестанно занят решением чрезвычайно важного и сложного” вопроса о составе света. Исследования убедили ученого, что “следующий этап развития теоретической физики даст нам теорию света, которую можно будет интерпретировать как своего рода синтез волновой и эмиссионной (корпускулярной) теорий”⁹.

В те ранние годы один из величайших американских экспериментаторов Роберт Милликен занимался изучением эмиссии электронов с металлических поверхностей при освещении их светом. Определенные моменты, наблюдавшиеся при этом явлении, составили убедительную (хотя и не во всем) платформу в поддержку взглядов Эйнштейна на частицы. И все же такие воззрения на свет были в корне неприемлемы для Милликена, настолько неприемлемы, что даже несмотря на собственные данные, он называл их “смелой, если не сказать безрассудной, гипотезой”¹⁰. То, что такая гипотеза могла



Вручение Максом Планком медали Планка Альберту
Эйнштейну в 1929 г.

объяснить собранные им данные, вызывало замешательство, в особенности потому, что никто не воспринимал ее серьезно. Даже сам Планк, который после 1905 г. ознакомился и уважительно отнесся к другим научным вкладам Эйнштейна, весьма критически отзывался о той концепции света, которую выдвинул Эйнштейн.

В качестве примера того фурора, который сопутствовал представлению концепции квантов света, можно вспомнить выступление Эйнштейна с приветственным словом на 81-м заседании немецких ученых и физиков в Зальцбурге в 1909 г. В аудитории были Планк, Рубенс, Штарк и другие физики. Эйнштейн мастерски описал ситуацию, сложившуюся вокруг проблемы изучения света, коснулся предполагаемого эфира и обосновал необходимость световых квантов. После глубокого анализа ключевых экспериментов, Эйнштейн заявил, что "нам следует отказаться от существующих основ для теории излучения". Он продолжил, задав вопрос, который был у всех на уме. Нельзя ли, используя результаты Планка, дать объяснение ключевым экспериментам без "устрашающе выглядящей гипотезы о световых квантах", как он ее называл? Нельзя ли, по крайней мере, сохранить классическую красоту электромагнитных полей Максвелла для распространения света в свободном пространстве и объяснять лишь материальные процессы эмиссии и поглощения иным образом? Ответ Эйнштейна на этот вопрос был решительным: "Нет". Он продолжил доклад, выдвинув тезис, непосредственно следовавший из результатов экспериментов Планка, так что не пойти по этой дороге было невозможно. Подробные результаты экспериментов по излучению абсолютно черного тела ограничивали возможности объяснения самым жестким образом, принуждая принять теорию световых квантов, сказал Эйнштейн.

Первым откликнулся на лекцию сам Планк. Он был готов признать, что существует квантовая дискретность, но при этом Планк был просто убежден, что ее причины можно и должно искать целиком и полностью в атомной природе материи, а не приписывать ее самому свету. Каким образом частицы света создавали огромное разнообразие интерференционных эффектов, которые с легкостью объяснялись с помощью волновой оп-

тики? Как частица могла интерферировать сама с собой? Это было логическим противоречием!

Эйнштейн в ответ предложил считать, что световым квантам не нужно интерферировать самим с собой, но при этом они могут интерферировать с другими квантами по мере движения. Блестящий ответ; он тогда не знал, что этот “выход” также закрыт! Если кванты существовали, их поведение было ни на что не похоже еще больше, чем он это осознавал. В действительности, Эйнштейн принуждал все физическое сообщество принять квантовую теорию света, ту теорию, от которой он напрочь отречется впоследствии. Фотоны, световые кванты, впервые представленные Эйнштейном, *действительно* интерферируют сами с собой, как мы это увидим в дальнейшем. Ставки были куда выше, чем это представлял самый отчаянный мыслитель того времени. Даже взгляды Эйнштейна на свет как энергию квантов окажутся несостоятельными. Осмотрительность Планка была хорошо обоснована. Как он и сказал пророчески своему сыну, это была революция в научной мысли, подобной которой не было со времен Коперника или Ньютона, а ее последствия были устрашающими.

Борьба между Эйнштейном и Планком усилилась благодаря влиянию третьего лица. Параллельно со страстным исследованием природы света шло полностью сходное и равным образом важное изучение природы материи. Одной из ключевых фигур в этих изысканиях был харизматический датский физик Нильс Бор. Проведенный им глубокий анализ материи привел его, сначала опосредованно, а позже напрямую к полемике о свете. Теоретические жаркие дискуссии, в которых участвовал Бор, покажутся далекими от нашего общего опытного переживания света, но, в действительности, они имеют к нему непосредственное отношение. В этом случае связь обнаруживается не при свете свечи, а при вспышках молнии и северного сияния.

Ночное небо и неоновая реклама

*Молния — отец света.*¹¹

Франц фон Баадер

Для натурфилософа XIX в. Франца фон Баадера свет рождается из покровы тьмы, подобно тому, как младенец появляется из утробы матери. В свете находится область Божественного, любовь Создателя; а в тьме покоится Его гнев. Сила Господня, высвобождающая свет от тьмы, — это сила огня, а распространение этого света — Дух Святой. Одно и то же божественное существо вечно проявляется в горних областях как свет благодетельный, а в нижних сферах — приводящей в ужас молнией¹².

Выделение света всегда происходит быстро, будь это при соприкосновении металла с кремнем, когда летят искры, или когда фитилек свечи только-только загорается. Свет рождается внезапно, а в опасности — из тьмы. Для фон Баадера молния потому и была символом происхождения света; она была отцом света. Ничто так не отличается от вспышки молнии, рассекающей воздух, как спокойный свет свечи. Если, как говорит фон Баадер, молния — отец света, то тогда незажженная свеча должна быть его матерью. Тем не менее, в молнии представлены не только символические, но и научные истины.

Можно начать, как мы уже сделали в случае с пламенем свечи, с изучения спектра молнии. Это в особенности легко сделать, поскольку перед призмой не нужно делать никаких отверстий; сама вспышка молнии уже ограничивает свет в узкой, пусть и аномальной, траектории. Рассеиваемый вид молнии во многом отличается от пламени свечи. Вместо мягко варьирующейся полосы цветов, появляются резкие линии цвета, отделенные одна от другой явно неравномерно. Это “линии спектра излучения” тех элементов, из которых состоит наша атмосфера. Когда мощный разряд электричества проходит быстро по каналу молнии, каждый элемент — азот, кислород и т. д. — обусловлено выделяет свет того рода, который полностью характеризует данный элемент. Универсального спектра

абсолютно черного тела, который не менялся бы от нагрева вещества, здесь нет. Вместо него наблюдаем своего рода свет, своеобразным образом связанный с отдельными элементами, составляющими атмосферу. Данный спектр не так уж характерен для нагретого тела, но он появляется при протекании тока через газ. Подобные явления, а также их лабораторные аналоги, привлекли к себе внимание Бора в Копенгагене. Именно из-за них началось второе нападение на потрепанную в бою электромагнитную концепцию света.

Молния — не единственное природное явление, в котором проявляется линейчатый спектр. Другое, не такое громкое явление, связано с полярной ночью, в нем также проявляются спектральные цвета, и за ним также стоит история, наполненная символическими значениями.

С расстояния несколько тысяч километров из космоса видны полярные регионы земли, освещаемые необычным овалом света диаметром в несколько сотен, если не тысяч, километров. На севере овал располагается над северо-западной оконечностью Гренландии.

При продолжении наблюдения видно, как кольцо света расширяется и сжимается, изменяя при этом не только размер, но и цвет, и форму. Если наблюдать за этим явлением с земли, овал света покажется подобным покрывалам или тканям, окрашенным в мягкий, подвижный, изящно лучистый цвет; он светит несколько часов и покрывает весь ночной небосвод. Расширяясь, тускнея и пульсируя, северное сияние наделено собственной, ни на что не похожей структурой, оно уже в течение тысячелетий вызывает всевозможные толкования¹³. Со времен древней Греции его называют *aurora borealis*, что означает “северная заря”. (В южном полушарии также есть *aurora australis*, или южная заря.)

Хотя возможностей бесконечное множество, обычно северное сияние появляется следующим образом: ночь должна быть безлунной, темной, холодной и ясной. Сначала на северном небе заметен лишь только контур белой дуги с мягко очерченным нижним краем, концы которой не доходят до земли.

Затем в нижней сфере появляются складки и изгибы, и теперь становятся видны цвета, превращая молчаливое сияние из белого в желтое, зеленое или красное. Только что бывшая неподвижной, дуга начинает пульсировать и теряет четкие формы. Если наблюдателю повезет, он, к этому моменту уже полностью замороженный зрелищем, заметит великолепный ореол, который похож на потоки пульсирующего света, исходящие из общего центра, расположенного высоко наверху.

В древности Аристотель сообщал о появлении в ночном небе таких “расселин, борозд и кроваво-красных цветов”. Потом Плутарх повторил данное сообщение, описывая сияние, наблюдавшееся в Греции в начале V в. до Р. Х. в течение 75 ночей. Подобного рода наблюдения являются редкостью в Средиземноморье, но в некоторых отдаленных северных (или южных) регионах северное (южное) сияние появляется каждую ясную темную ночь. В особенности в этих регионах предания о сиянии богаты и наполнены волшеббой, что напоминает о возможностях радуги очаровывать человека.

Среди эскимосов северное сияние связывается с душами усопших. Те, кто добровольно пошел на смерть или погиб насильственной смертью, пересекают узкий, полный опасностей мостик и, пройдя сквозь отверстие, оказываются на небесах. Оказавшись там, они играют в мяч, и их игра видна снизу как северное сияние. На языке эскимосов северное сияние называется *aksaniŋg*, что означает “играющий в мяч”. Эскимосы на севере Канады называли северное сияние “пляской мертвых”, а в Гренландии про мертворожденных или про недоношенных младенцев, умерших вскоре после родов, говорят, что они теперь играют в мяч на небесах, в результате чего и появляется северное сияние.

В северной Европе у финнов есть сказка о Репу, лисе, хвост которого вспыхивает огнем, не выделяющим жара, — северное сияние. В современном финском языке в слове северное сияние отражается его происхождение из мифа о Репу; *revontuli* означает “лисий огонь”.

Предсказатели почти повсюду толкуют особенно грандиозные северные сияния как предвестье войны или бедствий. Даже в XX в. интерпретация чуда явления Богоматери в Фати-



Северное сияние.

ме (Португалия), когда Дева Мария явилась трем детям 13 мая 1917 г., связана с северным сиянием. Дева Мария сообщила детям: "Когда увидите ночью сияние, взявшееся непонятно откуда, знайте, наступает пора кары мира сего". 25 января 1938 г. было необычно яркое северное сияние, что во многих кругах интерпретировалось как предсказание вторжения Гитлера в Австрию через три месяца.

То, что в финских преданиях говорится о хвосте лиса Репу, который вспыхивал ярким пламенем, но не выделял жара, было довольно верно. В отличие от света пламени свечи или других источников накаливания свет северного сияния не

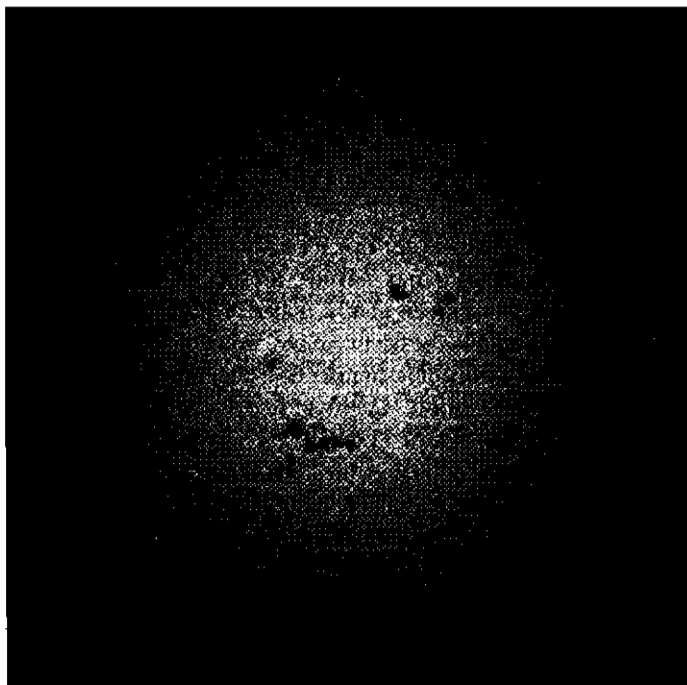
появляется в результате свечения нагретого тела, это “холодный” свет, намного более сходный со светом неоновой рекламы или “солнечной губки” Галилея, чем со светом свечи. Подобно молнии, свет северного сияния можно направить через оптическое сечение и призму для получения спектра. В нем также видны дискретные светящиеся линии, аналогичные тем, которые проявляются при наблюдении спектра молнии, и это напоминает исследования Кирхгофа и Бунзена.

Физические процессы, обуславливающие свечение яркого красного света неоновой вывески, могут помочь нам прояснить свет молнии и северного сияния. В обоих случаях свет появляется вследствие прохождения электричества через разряженную газовую атмосферу. Если газ — неон, свет красного цвета. Другие газы окрашиваются в другие цвета при проходе электричества через них, и, как подтвердили Кирхгоф и Бунзен, спектр каждого уникален. Источник электричества для неоновой вывески очевиден, но, если северное сияние и молния — сходные явления, где же находятся генераторы, питающие их электроэнергией?

Если бы во время поиска солнечных пятен Галилей одновременно изучал ночное небо Норвегии, он бы заметил определенное соответствие. Интенсивность свечения северного сияния соответствует активности солнечных пятен с интервалом в два дня между ними. Солнечные пятна — это колоссальные выбросы, посылающие поток энергии заряженных частиц на землю.

Этот поток направляется магнитным полем земли к полюсам, и северное сияние сияет, когда этот темный солнечный поток попадает в верхние слои атмосферы Земли. Невидимые магнитные силы земли суживают темный солнечный ветер, окрашивая долгую полярную ночь яркими цветами огня лиса.

Одного анализа Планка, несмотря на его авторитет, и даже с привлечением гипотезы о квантовании световой энергии недостаточно для объяснения света молнии или северного сияния. Нужно что-то большее, а именно, новая теория материи. Северное сияние ставит новые вопросы о структуре атома и порождении им света. Для этого мы обратимся к Нильсу Бору.



Солнечные пятна — неприглядные изъяны, обнаруженные Галилеем.

Бор родился в Дании в 1885 г. В 1911 г., сразу после получения докторской степени, уехал из Копенгагена в Великобританию. Сначала работал там, в Кавендишской лаборатории в Кембридже, с сэром Дж. Дж. Томсоном, который открыл электрон в 1897 г., а потом — с сэром Эрнестом Резерфордом в его лаборатории в Манчестере. В то время Резерфорд занимался проведением ставших знаменитыми экспериментов с альфа-частицами, которые привели его к созданию изображения “ядерной” модели атома, в котором основная масса атома сконцентрирована в центре, в положительно заряженном ядре. После совместной работы с этими учеными Бор возвращается домой в 1913 г., а вскоре после этого

переключается с рассмотрения строения атомного ядра на изучение проблемы света.

Исследование спектральных линий элементов к 1913 г. стало передовым направлением под названием спектроскопия. Тысячи линий заполняли спектроскопические таблицы без какого-либо видимого порядка. Однажды, из случайного разговора с коллегой, Бор узнал, что физик Ридберг предложил формулу, которая позволяет предсказывать поведение многих из известных спектральных линий, но она не подкрепляется никакими теоретическими выкладками. Он фактически обнаружил модель в видимом беспорядке, но при этом не выявил никаких причин, обосновывавших ее существование. Бор быстро понял, что объединив ядерную модель атома Резерфорда с гипотезой дискретности Планка, он мог вывести формулу Ридберга — и таким образом дать объяснение всестороннему появлению линейных спектров, включая те, которые появляются при северном сиянии или при вспышке молнии. Но, как и в случае с Планком, выведение формулы стало возможным лишь после отказа от значительной части допущений физики XIX в. Атом Бора нужно было понимать как своего рода планетарную систему с электронами, вращающимися вокруг центрального ядра по концентрическим орбитам. Это можно было представить, не выходя из привычной колее. Однако переходы с одной орбиты на другую должны были проходить скачками, как “квантовые скачки”. При каждом квантовом скачке выделялся квант света, или фотон. Его цвет или частоту нельзя было определить с помощью классического анализа движения атома, единственное, что давало такую возможность, это знаменитая формула Планка $E = h\nu$.

Физики в Великобритании и Германии скептически отнеслись к предложению Бора, но, как отметил Джеймс Джинс в разговоре с коллегами, хотя не было никаких оснований, которые бы были в пользу этого предложения, оно “весьма весомо подкреплялось успехом”. Квант Планка было не укротить. Появилась совершенно новая область применения данной идеи. Используя теорию Бора, стало возможно объяснить многие феномены, даже без подробной математической теории. Когда Вернеру Гейзенбергу удалось впоследствии разработать такую

теорию, планетообразные орбиты электронов, предложенные Бором, уже не окружали атом, который превращался в еще более странный предмет. Похоже, оставалось очень мало из того, к чему привыкла традиционная механистическая картина мира. Ведь атомы служили основными “строительными кирпичиками” всей материи, и тем не менее почти все их узнаваемые черты исчезали при тщательном анализе. У электрона нет орбиты, нет никакого реального положения в атоме; свет выделяется во время дискретных квантовых скачков; как можно было составить понимание такого мира? Это казалось невозможным!

Эйнштейн был потрясен, когда впервые услышал, как Гейзенберг представляет свою новую теорию квантовой механики на одном из знаменитых берлинских семинаров Планка¹⁴. Потом этот великий человек пригласил Гейзенберга в гости поговорить. Эйнштейн сразу начал высказывать претензии по поводу того, что в формулировке Гейзенберга нет места концепции “траектории электрона”! Гейзенберг, внимательно прочитавший работу Эйнштейна об относительности, процитировал ему то, что писал сам Эйнштейн, указав, что поскольку в действительности мы никогда не сможем прийти к выявлению такой траектории, было бы бессмысленно вводить данную концепцию в теорию. (Эйнштейн выдвигал подобные аргументы для некоторых пунктов теории относительности.) Гейзенберг был безмерно удивлен, услышав ответ Эйнштейна: “Возможно, я сам раньше и прибегал к использованию таких философских постулатов и также излагал их в письменном виде, но это все равно вздор!” Если потеря траектории электрона не устраивала Эйнштейна, то понятие о квантовом скачке, если уж на то пошло, было для него вообще неприемлемым. Ему казалось, что для объяснения квантовой теории Гейзенберга не было никаких физических оснований. Теория давала формальную математическую трактовку и возможность создавать модели, но она была лишена объясняющей ценности в обычном смысле. С этим он так никогда и не смирился. Самый смелый мыслитель десятилетия уперся на месте, как только стали известны все выводы из квантовой теории, которую он сам

помогал создавать. Бор, напротив, начал принимать — весьма осторожно, но постепенно — все более радикальную позицию, к чему его подвигали эксперименты.

Бор во всем был ровней Эйнштейну, а еще он был человеком поразительного обаяния и сильной личностью. Когда Эйнштейн наконец познакомился с ним в 1920 г., он сразу почувствовал силу индивидуальности Бора: “Мало кто из людей в моей жизни вызывал у меня такую радость просто за счет своего присутствия... [и обращаясь к физик Эренфесту] я им так же очарован, как и Вы. Он похож на чрезвычайно чувствительного ребенка, который идет по миру в своего рода транссе”¹⁵. Как и Планк, Бор не хотел ставить крест на классической теории поля, отличавшейся большой красотой, и принять атомную концепцию света. В течение 20 лет Бор сопротивлялся концепции квантового света, используя все средства в своем арсенале, поступаясь даже священным понятием причинной зависимости и сохранением энергии и инерции в отдельных актах с тем, чтобы только избежать концепции световых квантов. Он, опять же, как и Планк, утверждал, что проблема сводилась не к свету, а к материи. Не следует заниматься преобразованиями грандиозного здания электромагнитной теории, пужно скорее изменить представления о материи. Ее нужно переосмыслить в духе того, что было высказано в его знаменитой публикации 1913 г.

То, что выявляется как зернистость света, утверждал Бор, не является характеристикой света, а лишь указывает на сигнатуру ее происхождения. Аналогия поможет прояснить этот момент. Есть замечательная, хотя и возмутительная, фотография Эйнштейна, сделанная во время поездки ученого на юго-запад Америки. На снимке он стоит в широкополом сомбреро и пончо перед глипобитной хижиной в окружении местных индейцев. На его губах играет озорная ухмылка, растрепанные седые волосы выбиваются из-под шляпы, он подмигивает. Он приехал на юго-запад США, но как бы вы его не одевали, с кем бы вы его не ставили, он по-прежнему оставался Эйнштейном. Сходным образом, когда мате-

рия излучает свет, он [свет] несет на себе “наряд” источника. Спектральные линии, например, явственно показывают в конфигурации своих цветов конкретный элемент, из которого они были выделены. Не следует, однако, смешивать “наряд” с сущностью свободного света. Приводился довод, что на существе света может оставаться отпечаток, или сигнатура, источника, но свет, предоставленный сам себе, — это незатухающая (гармоническая) волна.

Бор считал, и эта точка зрения успешно сохранилась до наших дней,¹⁶ что материя состоит из атомов и квантов, но настаивал, что свет по мере движения между эмиттером и воспринимающим элементом, т. е., когда предоставлен сам себе, — это чистая электромагнитная волна.

Драматический накал нарастает, когда в 1922 г. появляются действительно убедительные экспериментальные данные о световых квантах. А.Х. Комптон провел эксперимент, в котором атомы со свободными электронами оказались под жестким воздействием рентгеновских лучей. Эффект становится понятен сразу, если представить столкновение света и электронов как столкновение двух бильiardных шаров, один из которых — электрон, а другой — квант света. Волновая теория оказалась в затруднении, пытаясь дать какое-либо объяснение данному воздействию. Направление научных теорий явно менялось, и распространение получала атомистическая концепция света. Как это выразил блестящий физик из Мюнхена Арнольд Зоммерфельд, открытие Комптона прозвучало как “похоронный звон волновой теории излучения”.

И все же Бор продолжал сопротивляться. Вместе с Крамерсом и молодым гарвардским выпускником Слейтером была разработана теория эффекта Комптона, в которой сохранялось представление о свете как о волне. Однако для поддержания волновой теории Бор пошел на колоссальную уступку. Он отказался от строгой причинной зависимости, а также от принципа сохранения энергии и инерции в отдельных актах. Сохранение присутствовало в среднем, на уровне статистики, а причинность лишь суммарно. Это был сознательно допущенный грандиозный компромисс, против которого сразу выступил Эйнштейн. Причинность была священным принципом в

течение столетий, как вообще можно было от нее отказаться? То же самое можно было сказать и по поводу сохранения энергии.

Теорию Бора, Крамерса и Слейтера можно было проверить, продолжив эксперимент Комптона, воздействуя рентгеновскими лучами на электроны, — эксперимент провалился. Хотя теория оказалась недействительной, Бор осмелился бросить вызов непоколебимым классическим концепциям причинности и сохранения энергии. Прозвучав, данный вызов не канул в лету. Был ли мир одной причинно-следственной цепочкой с начала до конца, или же для квантовой теории требовалась более широкая концепция необходимости? В первых десятилетиях XX в. эти вопросы обсуждались в широких кругах, выходящих далеко за пределы физических лабораторий.

Живая философия

На рубеже веков Берлин бурлил. Пока Макс Планк занимался в Берлинском университете изобретением квантовой теории, неподалеку каждый вечер в старом “Café des Westens” собирались выдающиеся писатели, художники и интеллектуалы для разговоров о Ван Гогe, Ницше, Фрейте и для того, чтобы сеять семена революции. В те годы поэт Эрнст Бласс переживал жизнь как “воодушевленную борьбу против бессердечности, апатии, лени и подлости мира обывателей”¹⁷. По всем фронтам шли нападки на материализм XIX в. Квантовая теория и релятивизм подрывали механистические объяснения, художники роптали против ограничений академического искусства, а интеллектуалы заявляли об отрицании традиционных ценностей в мире идей.

Новые установки призывали к отказу от скучных механизмов предшествовавшей эпохи и стремились заменить их более живой *Lebensphilosophie*, или жизненной философией мира. Физика, никогда не существовавшая в культурной изоляции, шла в ногу со временем. Один именитый преподаватель физики сказал в обращении 1925 г.: “Интересно отметить, что даже физика, предмет, строго ограниченный

результатами эксперимента, выходит на пути, которые идут полностью параллельно путям интеллектуальных движений в других областях современной жизни”¹⁸.

Наряду с революцией в физике происходила революция в сфере чувствительности, но ветер перемен не всех затронул в равной степени. В первой четверти XX в. часто проходили решительные сражения между сторонниками традиции и теми, кто отстаивал принципы новой жизни. В нашей хронике света отражается эта борьба. Планк, Эйнштейн и Бор боролись за сохранение традиционных основ науки, одновременно выдвигая принципиально новые объяснения феномена света. Художники и духовные мыслители того периода, хотя иногда и отдававшие дань грандиозным достижениям науки, тем не менее критиковали ее за односторонность и стремились воплотить мечту Эмерсона, т. е., объединить суровую науку с поэтическими и духовными представлениями.

В Париже Робер Делоне писал, исходя непосредственно из цвета и света, смешивая цветоформы, оставляя лишь намек на реализм. В 1912 г. Пауль Клее перевел эссе Делоне “О свете” для художественного журнала экспрессионистов “*Der Sturm*”. Слова Делоне в этом эссе могли принадлежать самому Клее или Кандинскому: “Пока искусство продолжает рабственно подчиняться предметам, от него остается одно название, литература...” Скорее нужно относиться к самому свету “как к независимому средству изображения”¹⁹. Эти художники отошли в своем творчестве от воспроизведения чувственно воспринимаемых предметов и двинулись в сторону того, что до тех пор оставалось неохваченным и находилось за пределами обычных чувственных восприятий, — к свету природы и разума.

Таким образом, на заре XX в. поиски внутри художественных и духовных течений воскресили и придали новую форму древней и священной родословной света. Художники мужественно исследовали первые, слабые проблески нового света, а такие духовные мыслители, как Штейнер, продолжали исследование света посредством медитации. Поразительно то разнообразие взглядов, которое существовало в первой четверти XX в., хотя отношения между различными группами были временами взрывоопасными. Мы унаследовали от

них все, чего они пытались добиться, как в смысле культуры, так и в области отрицания традиционных ценностей.

Подобно усикам корневища, протягивающимся от невидимых вечных корней, метафизика света лежала похороненной под гнетом научных достижений XIX в.; и все же она продолжала жить. Когда почва над головой разрыхлилась, неожиданно появился стебель, тянувшийся к свету, и он расцвел в начале XX в. в искусстве, литературе и в духовидческой философии. Слова У.Б.Йейтса могли быть написаны и для описания возрожденного вдохновения, появившегося вследствие метафизики света среди художников, поэтов и философов того времени.

Формы красоты, тревожащие нас в моменты вдохновения, — это люди, старше, чем мир, граждане вечности, появляющиеся все снова и снова в сознании художников и поэтов ... и потому что существа, как бы то ни было символы, это, так сказать, цветы, произрастающие из невидимых бессмертных корней, это как, так сказать, руки, указывающие дорогу к некоему божественному лабиринту.

До первой мировой войны два мира света — наука и духовность — развиваются в относительной изоляции друг от друга. Однако после разрушительных последствий войны они сталкиваются с новой силой. Некоторые молят о воссоединении, другие настаивают на изоляции, и на фигуре света остаются отпечатки этих противоречий.

Парализованная разрухой первой мировой войны и ослабленная в результате суровых условий Версальского договора, экономика Германии была в упадке. Многие из самых талантливых представителей нового поколения в науке, искусстве и религии погибли в окопах. Среди развала в Европе набирала силу философия жизни. Но пламя недовольства также раздувалось и группками фанатствующих молодчиков, возникавших вследствие широко распространенного чувства возмущения. Реакционные настроения нарастали, и Гитлеру удалось направить некоторые импульсы движения, отвергавшего

традиционные ценности, от их изначальных намерений и использовать их в своих целях. Выдающиеся деятели неосознанно добавили собственные голоса в поддержку растущей волны репрессий.

Дым костров затемнил небосвод. После прихода Гитлера к власти теорию относительности Эйнштейна назвали “еврейской”, и Эйнштейн оставил пост директора Института имени кайзера Вильгельма (позднее названного Институтом Макса Планка). Планк, фон Лауэ и Гейзенберг продолжали сомнительное существование внутри немецкого научного сообщества во время Третьего Рейха, пытаясь сохранить остатки человечности в мире, который все больше становился безумным. Во время войны уже сильно постаревший Планк неустанно выступал с лекциями, в которых делился пониманием связи и различий между наукой и религией. Тем не менее, горнила ненависти, клубясь, изрыгали ядовитые пары. Планк беспомощно наблюдал за тем, как его собственный Институт имени кайзера Вильгельма был “очищен” от ученых-евреев, а потом его стали использовать для продвижения мечты Гитлера об установлении истинно арийского миропорядка. Абстрактные идеалы науки, изолированные от ценностей ее общества, развалились. Серьезная наука хороша не тем, что она свободна от оценочных суждений, а тем, что она ценит достойные идеалы и ценности.

15 февраля 1944 г. в ходе массивной бомбардировки Берлина авиацией союзников был стерт с лица земли пригород Грюневальд, а вместе с ним и дом Планка. Все его тщательно хранившиеся письма и документы были уничтожены во время пожара. Наконец, в конце того же года его сын Эрвин, с которым он гулял в Грюневальдском лесу после своего открытия, был арестован гестапо за участие в заговоре против Гитлера. Отец сделал все возможное, чтобы спасти жизнь Эрвина, но тщетно. Боль потери почти убила самого Планка. Время было очень, очень темное. Но, может быть, как считал фон Баадер, из такой тьмы, наподобие вспышки молнии, сопровождаемой громом, сможет вновь появиться свет?

О ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ И О ПРЕКРАСНОМ

Похоже, что прежде, чем формы проявятся в предметах, они должны быть сначала созданы независимым человеческим разумом.

Альберт Эйнштейн

Изучение света Альбертом Эйнштейном, в отличие от Планка или Бора, началось не с пламени свечи, северного сияния или какого-то другого внешнего феномена, а с “*Gedanken* [мысленного] эксперимента” — эксперимента, который он проводил исключительно мысленно. У Эйнштейна было множество таких экспериментов, и в каждом случае он полагался на внутренние ощущения при выявлении его истинности. Не в пример многим скептикам он считал, “что чистая мысль может охватить реальность, как о том мечтали древние”¹. В первом мысленном эксперименте Эйнштейн вступил в борьбу со светом. Реальность света так трудно уловить посредством лабораторных экспериментов, поэтому, может быть, строгой мысли повезет больше.

Сам Эйнштейн вспоминает, что в 16-летнем возрасте, в начале 1896 г., ему пришла в голову невероятная мысль: если двигаться за световой волной со скоростью, равной скорости света, то световая волна должна быть неподвижной. Путешествуя с приятелем, не замечаешь скорости самолета, в котором вы летите. Аналогично, двигаясь вместе со светом, будет казаться, что он неподвижен. “Однако, — отмечал Эйнштейн, — похоже, ничего подобного не происходит!”² Он обнаружил удивительный парадокс, он мог его мысленно представить, но не пахнул для него решения. Можно представить движение на любой скорости, соответствующее движению любого

движущегося предмета. Тем не менее, свет не укладывается в эти рамки; его движение — это нечто особое. Неподвижный свет? Но это невозможно! И все же из мысленного представления невозможного произошла революция.

Парадокс движения наравне со светом просто не давал покоя воображению Эйнштейна. Во время учебы на первых курсах университета он продолжал “прокручивать” его в голове, стремясь раскрыть тайну света, а вместе с ней — природу предполагаемого эфира, через который двигался свет. Решению этой загадки он посвятил почти 10 лет, тщетно предлагая эксперименты преподавателям, пытаясь разобраться с таким парадоксом. За это время он стал зрелым ученым, и, подобно песчинке в растущей устрице, его вопрос о природе света был тем ядром-раздражителем, вокруг которого росла жемчужина относительности. В 1905 г., в период, отмеченный колоссальной продуктивностью, существо света наконец приоткрылось ему, по крайней мере, частично. В результате непрерывных исследований сформировалась новая мыслеформа, способная дать ответ на этот, так долго мучивший ученого вопрос; она стала известна как специальная теория относительности (СТО) Эйнштейна. Был разрешен парадокс движения со скоростью света. Отсюда появились бесчисленные прогнозы, многие из которых поразили современников Эйнштейна и продолжают поражать нас до сих пор.

Планк не стремился выдвинуть предположение, что свет можно квантовать и получать то, что впоследствии станут называть фотоном. Альберт Эйнштейн, в отличие от своего прусского коллеги, был более дерзновенным мыслителем. Он не был скован ни традиционными профессиональными устоями, ни принятым в мире классической физики складом мышления. Когда в 1911 г. знаменитый французский математик Анри Пуанкаре написал Эйнштейну рекомендательное письмо, он подчеркнул его сверхъестественную открытость новым идеям и необычайную способность увидеть все, что в них подразумевается. “Больше всего восхищаешься в нем той легкостью, с которой он приспособливается к новым идеям и доводит их до выводов ... он из тех, кто может выйти за рамки принципов классической физики”³. Действительно, как

мы видели, Эйнштейн одним из первых серьезно отнесся к работе Планка и быстро сформулировал подразумеваемые ею утверждения.

В конце XIX в. многие брели на ощупь к новым представлениям о свете, пространстве и времени, но в каждом случае какие-то рудименты классических понятий препятствовали продвижению вперед. Было невозможно освободиться ни от механистических представлений о свете, ни от основных представлений об абсолютном пространстве и абсолютном времени. Онтология силы, разработанная Фарадеем, “затвердела”, приспособиваясь к теориям эфира. В течение XIX в. наука рассматривала свет как вибрацию в мировом, материальном эфире. Хотя эта точка зрения и не выдерживала испытаний, она оказалась чрезвычайно устойчивой. На раннем этапе Эйнштейн осознал данную проблему и написал, что “включение волновой оптики в механистическую картину мира должно привести к серьезным сомнениям”⁴. Одно такое сомнение должно было возникнуть из представленного Лоренцем в конце XIX в. доказательства, что инертность эфира должна быть не просто сильной, а *бесконечной* для того, чтобы поддерживать вибрации света. Как отметил Эйнштейн: “Законы [Максвелла] были ясными и четкими, а их механистические интерпретации — громоздкими и противоречивыми”⁵.

Вследствие таких рассмотрений физики континентальной Европы начали дематериализовывать эфир, лишая его ненужных физических свойств. Важные шаги были сделаны признанным авторитетом того времени Лоренцем. Он устранил все механистические свойства эфира, за исключением одного. Эфир был лишен массы и эластичности, но он по-прежнему определял безотносительную систему взглядов. Она была непоколебима. Все движение должно было соизмеряться по отношению к ней. Исходя из этой системы, открывалось “то, что видно Богу”, когда все вещи можно было видеть такими, как они есть на самом деле. 26-летний Эйнштейн даже этот постулат подвергает сомнению. Мысленно, на теоретическом уровне он прокладывает новые пути мышления о таких древних предметах, как свет, эфир, пространство, время и причинность. Как только внутренние формы доведены до совершенства, их

можно сравнить с внешними феноменами и посмотреть, выдержат ли они строгие требования эксперимента.

Из многочисленных направлений, открывающихся в теории относительности Эйнштейна, ни одно не сияет ярче, чем свет. По мере движения нас, естественно, будут интересовать две принципиально новые особенности данной теории: полное разрушение гипотетического эфира и уникальное значение скорости света. Они отражают два постулата, как их называл Эйнштейн, на которых была основана специальная теория относительности.

Теория относительности и архетип Фарадея

До конца моих дней я буду размышлять о том, что такое свет!

Альберт Эйнштейн, прибл. 1917

Во вступлении к знаменитой работе 1905 г. Альберт Эйнштейн пошел намного дальше английских и даже европейских физиков, написав: "Введение понятия 'светоносный эфир' окажется ненужным..."⁶ Этим высказыванием Эйнштейн утверждал не только, что предшествовавшие поколения ученых ошибались во взглядах на осязаемый эфир, но и то, что без понятия эфемерного эфира, выдвинутого голландцем Лоренцем, тоже можно обойтись. В этой знаковой работе Эйнштейн успешно представил физическую концепцию не основанной на какой-то единственной системе отсчета для измерения движения. Все движение нужно оценивать лишь по отношению к другим предметам: ни одна точка обзора не удостоивается названия "абсолютный покой". Более того, в рамках каждой системы отсчета все законы физики применяются в равной степени. Это первый постулат Эйнштейна, который он назвал "принципом относительности". Для точки зрения в одной системе отсчета все объяснялось в соответствии с теми же самыми законами, что и в любой другой инерционной системе координат. Кажется, невинное допущение, но именно оно привело к кардинальным

изменениям в истолковании мира, включая такую субстанцию, как эфир. Поскольку все системы отсчета были совершенно эквивалентны, не было оснований для существования единственной абсолютной системы отсчета, предоставлявшейся эфиром.

Для того чтобы ввести основной принцип относительности, Эйнштейн обратился к первичному феномену электромагнитной индукции, открытой значительным экспериментатором Майклом Фарадеем. Этот же эксперимент впервые навел Фарадея на мысль о том, что существует связь между светом и электрическими возмущениями, что уже само по себе было принципиально новым видом взаимосвязи. Теперь этим же воспользовался Эйнштейн, но уже с другой целью. Вспомним, что когда магнит движется вдоль катушки провода, в катушке возникает ток. Но, спрашивал Эйнштейн, что *“реально”* движется при проведении такого эксперимента, магнит или катушка?

Для того чтобы прояснить ситуацию, проведем мысленный эксперимент. Представим себе “пончикообразную” космическую станцию, свободно парящую в космосе. Металлическая обшивка корпуса — хороший проводник электричества. Навстречу станции устремляется космический корабль, обычный во всем, кроме того, что его превратили в огромный магнит цилиндрической формы. На одном его конце — северный магнитный полюс, на другом — южный. Магнитный космический корабль приближается к космической станции и проносится через центральное “отверстие” на огромной скорости. На станции в металлической обшивке отмечается значительный скачок тока. Почему? По закону Фарадея, скачок происходит из-за *электрического поля*, индуцированного вокруг кругообразной станции движущимся магнитом. На борту станции ученые проводят расчеты — и, да, эксперимент не противоречит теории. Но теперь, давайте, посмотрим на это же событие с точки зрения тех, кто находится на борту космического корабля. Они вовсе не движутся, а им навстречу летит космическая станция. Когда она проносится мимо, они также совершенно верно предсказывают скачок тока на станции именно того вида, но их объяснение его причин полностью отличается от объяснения ученых на космической станции. Для тех, кто на

корабле, ток возникает в силу движения зарядов (электронов) в обшивке станции, на которую воздействует не электрическое поле (как считают находящиеся на космической станции), а исключительно *магнитные силы*. Кто прав? Ток возник под воздействием электрических или магнитных сил?

Ответ на этот вопрос, очевидно, не найти. На практике неважно, чью точку зрения мы примем, поскольку ток возникает в любом случае. Существует, однако, громадное различие в том, что, как мы считаем, вызывает ток. Если исходить из электромагнитной теории Максвелла, то ток появляется вследствие действия *магнитного поля*, в то время как в другом случае, он возникает из-за действия *электрического поля*. Иными словами, физик, находящийся на космической станции (которая играет роль катушки индуктивности в эксперименте Фарадея, описанном в гл. 6), даст одно объяснение току (называя его эффектом индуцированного электрического поля). А другой физик, путешествующий на магнитном космическом корабле, даст совершенно иное толкование (говоря, что скачок тока вызван движением зарядов в магнитном поле). Оба физика используют одну и ту же теорию электромагнетизма, но даваемые ими объяснения в корне отличаются друг от друга. Как это возможно?

Эксперимент Фарадея с катушкой и магнитом представляет для нас, в самом деле, прекрасный архетипичный пример относительности. То, что один наблюдатель считает вызванным действием электрических полей, другой наблюдатель, находящийся в движении по отношению к первому наблюдателю, сочтет вызванным действием магнитных полей или сочетанием обоих. Эйнштейн использовал простой эксперимент Фарадея как основу для еще одного коренного изменения в сфере представлений о свете и причинности. Во-первых, Эйнштейн использует его для того, чтобы отказаться от принципа абсолютного движения, а вместе с ним — и от эфира. Во-вторых, этот эксперимент требует рассмотрения электрических и магнитных полей как взаимосвязанных относительных величин. Они не находятся “там” в виде какого-то заместителя эфира, а трансформируются друг в друга в соответствии с уравнениями Эйнштейна. Поэтому объяснения такого физического явления, как генерация электричества, будут отличаться друг от друга,

но хорошую теорию (типа теории Максвелла) можно одинаково успешно использовать для любой системы отсчета. Одна эта универсальная применимость сводит на нет роль эфира. Эфир всегда предоставлял абсолютную систему отсчета, по сравнению с которой оценивалось любое движение и применялась “верная” теория. Теперь уже не нужно было определять, что “реально” двигалось, магнит или катушка; это неважно, если мы не ставим целью дать *единственно* верное объяснение физическим явлениям. Каждый наблюдатель дает свое, совершенно последовательное причинно-следственное объяснение того, почему происходит то или иное явление. Однако то, что, как каждый считает, “вызывает” событие (например, ток в катушке) или даже синхронность событий, теперь будет зависеть от их относительных состояний движения⁷. “Того, что видит Бог”, нет. Принимаем такой подход, и приращение колоссальное, а все предпочтительные системы отсчета исчезают, включая и ту, что создавал эфир. Этот упорный артефакт материалистических представлений — эфир, накопец-то пропал!

Подождите! Возможно, Эйнштейну и не нужен эфир для объяснения феноменов электричества и магнетизма, но что же тогда свет? Во всех волновых теориях предполагалось наличие эфира. Максвелл и его последователи считали свет электромагнитной вибрацией в светоносном эфире, распространяющимся в соответствии с четырьмя уравнениями Максвелла. Если свет — это волна, но эфира нет, тогда что же колеблется? Постарайтесь представить звук без колебаний воздуха. Тем не менее, именно это направление предлагал Эйнштейн для света. Тогда же его предложение получило экспериментальное подтверждение. Последствия для научного понимания феномена света — колоссальны. Свет определяется как электромагнитная волна, но при этом нет материальной среды, поддерживающей ее движение. У света отнят последний материалистический рудимент, его, так сказать, физическое тело.

Если нет эфира, что тогда остается? Может быть, сами электрические и магнитные поля реальны, даже если эфир и нет? Нет, первичный эксперимент Фарадея и принцип относительности явно демонстрируют ошибочность мнения, что электрическое и магнитное поля, существующие в

определенное время в определенном пространстве, имеют единственно верное значение. Наблюдатели, движущиеся относительно друг друга, получают совершенно разные значения полей в одной и той же точке⁸. Концепция поля Фарадея приближает нас к свету, но, используя его идею, мы не можем отделить ее от себя. Наше объяснение будет отражать наше предвзятое мнение, что мы — установившаяся постоянная, и мир вращается вокруг нас. Птолемей принял Землю за точку отсчета для наблюдения за Вселенной, Коперник выбрал Солнце; их объяснения по поводу движения небесных тел были в равной степени точные, но очень разные. Аналогично, по теории относительности, мы постоянно задействованы во всех измерениях. Физики всегда должны указывать, какую систему отсчета они принимают для своих вычислений. В принципе, неважно, какую именно систему они выбирают (хотя на практике обычно получается, что работать с одной системой намного легче, чем с другой), но их выбор будет во всем определять получаемые данные. Если не учитывать этот урок теории относительности, тогда возникает опасность соскользнуть на позиции наивного реализма, который принимает одну точку зрения и считает, что она верна повсеместно.

И наоборот, можно обратиться к квантовой теории в надежде на утешение. Если световые волны теперь представляют проблему, то можно вернуться к корпускулярной точке зрения. Но в то время как квантовая теория говорит о природе света, подобной элементарной частице, фотон остается без массы и обладает к тому же собственным набором необычных свойств. Наблюдателю становится еще труднее, если привлекается соотношение неопределенности Гейзенберга. Нет, квантовая теория может расширить границы непознанного, но раскрыть его она не в силах. Свет не веществен, но крайней мере, не в виде массивной элементарной частицы а-ля Ньютон, ни даже в виде волнового движения через материальную среду а-ля Эйлер или а-ля Максвелл. Если считать Вселенную материей, или ее движением, свет — это то исключение, которое разбивает в прах предвзятые мнения. Природу света нельзя свести к материи или ее перемещениям; он принадлежит сам себе.

Рассмотрим историю света еще раз, теперь уже с учетом работ Эйнштейна, поскольку пройден немалый путь. Сначала, когда свет ощущался как взор Бога, свет был духовной реальностью, вечным и присносущным. В период от древних греков до Ньютона свет стали интерпретировать сначала геометрически, а потом физически. Фарадей и Максвелл обозначили начало эпохи электромагнитного света, но свет по-прежнему нес в себе атрибуты своего недавнего прошлого, материальную среду — эфир. За исключением Фарадея, физики не могли представить свет — настоящий предмет — вне субстанции. Их собственное мышление не позволяло им это; материя была синонимом реальности. Затем, в 1905 г. Эйнштейн предложил альтернативу. Цена альтернативы была высока: движению не придавалось никакого абсолютного значения, эфир объявлялся ненужным, не позволялось ни одного единственно привилегированного причинно-следственного объяснения физических явлений, наблюдатель впутывался во все наблюдения, и предсказывалось множество сопутствующих последствий, включая сокращение длины и растяжение времени. И, тем не менее, за все утраченное Эйнштейн многое предложил взамен. Если теперь существовало множество причинно-следственных объяснений, то он дал физикам средства для перевода одного в другое, совершаемые при помощи преобразования Лоренца. Впоследствии он также предложил основы для выявления глубинной связи между материей и энергией: ($E=mc^2$). Хотя и не материальный, свет можно было представлять как вид энергии, поведение которой в этом мире моделируется в уравнениях электромагнитного поля Максвелла. Рациональность сохранилась, а простая, или изысканная, материя — нет.

Коперник заставил сознание человека обратиться к Солнцу и отказаться от излюбленных с древности концепций. Земля перестала быть неподвижной точкой, вокруг которой происходило вращение Вселенной; сама Земля вращалась вокруг Солнца, и она оказалась всего лишь незначительной звездой в галактике, которая, в свою очередь, была всего лишь одной из бесчис-

ленного множества других. Не было такого места в материи, которое могло бы быть центром и апофеозом творения Бога, все было сотворено равными. Эйнштейн пошел еще дальше. Теперь не было даже “места отдыха”, все повсюду находилось равным образом в движении. У Коперника относительным стало местоположение, а у Эйнштейна — движение. Совместными усилиями они раскрепостили человеческое сознание, хотя многие тосковали по утраченному ощущению надежности предшествовавшей картины мира. Постепенно исчезали традиционные, внешние атрибуты науки, религии и общества. Теперь человечество — в одиночестве, оно отчуждено в безграничной Вселенной. Утратив родителей, оказавшись вдали от дома, каждый из нас должен стать центром по отношению к себе самому и найти духовную силу для того, чтобы “висеть” без опоры в пустоте, черпая поддержку изнутри, а не снаружи.

Среди этого поразительного потока новых идей, потери абсолютного пространства, времени и эфира, оставалась лишь одна константа необычайной значимости, одна “истина”, которая не зависела ни от каких систем отсчета, — скорость света! Вокруг нее “роились” все другие скорости, местонахождения и времена, но свет, как написал Эйнштейн в 1905 г., “всегда распространяется в пустом пространстве с определенной скоростью c , которая не зависит от состояния движения излучающего тела”. Это был второй постулат Эйнштейна и опора для его теории относительности.

Скорость света

По неуловимости и быстроте с ним не сравнится никакая материальная сущность.

Вильгельм Конхесский, XII в.

Ночное небо древней Греции не затеняли городские огни и смог. В небе и над городом, и над полем по ночам сверкали звезды, красота и упорядоченное расположение которых стали трамплином для развития науки. Самые первые измерения скорости света были сделаны наблюдателями, которые, как и многие до и после них, с благоговением обращали взор к звездам.

Если, как считали Эмпедокл, Платон и многие другие, во время акта зрительного восприятия что-то исходит от глаза к созерцаемому объекту, тогда при созерцании отдаленных звезд это что-то должно проходить самые длительные расстояния, которые можно было себе представить, и все это — в мгновение ока. В конце концов, открывая глаза, сразу видишь весь мир от одного горизонта до другого, до самой отдаленной звезды или планеты. Что бы там ни “проходило”, оно должно совершать свой путь на самой высокой скорости. Измерение, имплицитно, невыраженно присутствовавшее в данном рассуждении, широко распространенном в древности, было в действительности измерением не скорости света, а “скорости зрения”. Исследования, начатые античными авторами в области скорости восприятия, продолжались в течение двух тысячелетий. Джон Пекхэм, наиболее известный ученый-оптик Средневековья, писал только об этом, а не о скорости света в важной работе *“Perspectiva Communis”*. Тем не менее, начиная с Платона⁹, на скорость света — имплицитно или эксплицитно, явно или опосредованно — обращали внимание.

Аристотель упрекал Эмпедокла и Платона за их рассуждения по поводу зрения¹⁰. По Аристотелю, ничто не исходит ни из глаз, ни от объекта. Свет был, как мы видели, состоянием или качеством среды, и потому, подобно воде, которая может замерзнуть вся одновременно, преобразование “потенциально прозрачного” в состояние действительной прозрачности, каковой является свет, может происходить повсюду одновременно. Согласно Аристотелю, просто неверно считать, что свет вообще как-то распространяется. Если трудно разобраться в таких воззрениях, представьте себе студента, который, подобно многим, сбив с толку заявлением Аристотеля, что свет не распространяется. Назовем состояние замешательства студента тьмой. По мере того, как преподаватель с энтузиазмом, подобным пламени, продолжает объяснение загадки, лицо студента вдруг “озаряется”. Студент от замешательства перешел к состоянию понимания, и это произошло мгновенно. Сходным образом, когда мир “озаряется”, распространение [света] уже не является логической необходимостью. Свет вполне может быть универсальным перменным состоянием.

Общераспространенное мнение, что свет движется с бесконечной скоростью, было принято и повторено, к примеру, Августином: луч света “явно проходит через эти колоссальные и огромные пространства мгновенно, за один удар пульса”, — писал он. Или в другом месте: “... наш зрительный луч не достигает ближних предметов раньше, а отдаленных — позже, напротив, он с одинаковой быстротой проходит оба расстояния”¹¹. Не будем забывать о том, насколько тесно Августин связывал представления о Боге и Христе со светом. В теологии было принято считать, что Божественное присутствие, как вблизи, так и в отдалении, происходит одновременно.

К XII в. взгляды Платона дошли до магистров Шартрского собора, повлияв на их представления о свете и зрении. По Вильгельму Конхесскому, зрительный огонь, происходящий из глаз, — неуловим и стремителен: “...по неуловимости и быстроте с ним не сравнится ни одна материальная сущность. Поэтому он одновременно должен быть и здесь, и там [среди звезд]”. Тем не менее, Вильгельм считал, что поскольку зрительный огонь был, опять же, по его мнению, материальной сущностью, для его передвижения требовалось время. Божественная субстанция могла пересекать пространство с бесконечной скоростью и таким образом быть одновременно повсюду, но материальная сущность должна была перемещаться в пространстве и во времени. Опять перед нами переплетение духовных и физических оценок.

Как считало большинство в то время, свет мгновенно перемещается в пространстве; инакомыслящие же, наподобие Вильгельма Конхесского, думали, что хотя свет и может перемещаться стремительно, все равно для этого перемещения требуется время. Альгазен и Роджер Бэкон были одними из первых сторонников этой точки зрения. Когда наступает время Рене Декарта, разногласия уже закрепились, и Декарт безоговорочно встает на сторону мнения о мгновенном распространении света.

Вспомним “*пленум*” Декарта и его модель зрительного восприятия, в которой зрение объясняется по аналогии со слепцом и его тростью. Если все пространство наполнено материальной средой, тогда, как и в случае с твердой тростью слепца, импульс, или движение, на одном конце мгновенно проявляется

как импульс, или движение, на другом. Декарт был настолько убежден в этом, что готов был опровергнуть всю свою философскую систему, если бы этот расчет оказался ошибочным. В письме неизвестному адресату в 1634 г. он пишет, что свет “достигает наших глаз, исходя от светящегося предмета, в мгновение ока; и я бы добавил, что для меня это настолько ясно, что, если бы была доказана неверность этого постулата, я был бы готов тогда признать, что ничего не понимаю в философии”¹². Через 41 год в Париже датский астроном Оле Рёмер продемонстрировал, что Декарт ошибался. Читателю предлагается самому закончить данный силлогизм.

За счет тщательного наблюдения за лунами Юпитера и, используя новый, предложенный Кассини метод исчисления расстояний между Солнцем и планетами, Рёмер смог показать, что свет перемещается с конечной скоростью, хотя она и чрезвычайно высока. Мы уже видели, насколько важна была эта скорость для Максвелла, поскольку она привела его к предположению, что свет — это электромагнитная волна. Еще большим было ее значение для СТО. Вспомним слова французского физика Мари-Антуанетта Тоннелла: “Второй постулат Эйнштейна в корне изменяет статус скорости света: что считалось кинематической и в основе своей относительной сущностью, теперь превращается в феномен, который можно описать с помощью инвариантного закона”¹³.

Вопрос, как наиболее точно измерить эту поразительную величину — скорость света, пленяет воображение великих экспериментаторов последние триста лет. Американский физик Майкельсон посвятил последние двадцать лет своей жизни нахождению наиболее точных способов измерения скорости перемещения света. Его усилия достигли кульминации в колоссальном эксперименте, включающем стальную трубу диаметром в три фута [$3 \times 30,5 = 91,5$ см — прим. пер.] и длиной в одну милю [=1609 м — прим. пер.]. Труба была герметизирована, и из нее был выкачан воздух, и свет стремительно перемещался вперед и обратно по безвоздушному коридору. Результаты — новые данные о скорости света — были доставлены ожидавшему их с нетерпением Майкельсону на смертное ложе 7 мая 1931 г. Через два дня он умер умиротворенным.

С тех пор были разработаны еще более совершенные способы измерения скорости света. В последнем использовались высокостабилизированные лазеры и специальные технологии для измерения сверхвысоких и оптических частот. Наконец измерения стали настолько точными, что основная погрешность была обусловлена несовершенством мировой стандартной единицы длины — метра. Поэтому в 1983 г. было решено положить конец истории попыток измерить скорость света, которая длилась 308 лет. Вместо того, чтобы определить единицу измерения, как это всегда было раньше, решили определить скорость света! Ее величина была определена на основе наиточнейших измерений на тот момент — 299 792 458 м/с. С 1983 г. скорость света уже не является количественной величиной, которую можно измерить; скорее, ее определили чисто условно, и она равна вышеприведенной величине.

Отказавшись от поисков определения метра и приняв вместо этого константу скорости света, физикам пришлось сделать шаг назад и приспособить единицу длины таким образом, чтобы она согласовывалась с новыми измерениями. Таким образом, метр теперь определяется как расстояние, которое свет проходит в вакууме за временной интервал в $1/299\,792\,458$ долю секунды. А сантиметровая лента плотника на самом деле — это лишь какое-то количество световых секунд. Теперь родословную всех линеек можно отсчитывать от скорости света. Как и предвидел Гроссетест, свет по мере распространения приводит к образованию пространства.

Был найден ответ на древний вопрос о скорости света. Скорость света ограничена, и было решено определить эту конечную величину в 299 792 458 метров в секунду. Уже никогда больше исследователи не будут заниматься ее измерением. То, что начиналось как бесконечная скорость зрения, превратилось в конечную скорость света. И хотя экспериментаторы решили один вопрос, теория относительности поставила другой, взяв огромную, но конечную скорость света и объявив ее однозначно определенной.

Однозначно определенная универсальная скорость

В ходе последующего изложения мы обнаружим, что скорость света в нашей теории играет роль — физически — бесконечно большой скорости.¹⁴

Эйнштейн, 1905 г.

Подбросим маленький камешек так, чтобы он упал в спокойную воду, и посмотрим, как расходятся круги по воде. Когда вода успокоится, запустим “блинчик” по водной глади, и всякий раз, когда камешек коснется воды, круги волн будут расходиться вовне. Скорость, с которой круги распространяются по водной поверхности, будет одинаковой в обоих случаях. Скорость волн не зависит от скорости камешка, запущен ли он “блинчиком” или просто брошен, она определяется только свойствами самой воды. Так же происходит и со звуком; только воздух, а не скорость источника, определяет скорость звука. Любая волна распространяется со скоростью, заданной единственно той средой, которая ее поддерживает. Таким образом, когда Эйнштейн озвучил второй постулат: “Скорость света не зависит от скорости ее источника”, могло показаться, что он не сказал ничего нового. В 1905 г. (почти) все считали, что свет — это волна, поэтому для них второй постулат был однозначно справедлив. Но, как мы видели, в той же самой работе Эйнштейн отказался от понятия эфира; таким образом, была устранена сама основа для однозначно определенного указания скорости света! До 1905 г. волновые скорости могли не зависеть от скорости источника *только* потому, что они были полностью заданы средой, в которой они передвигались (вода, воздух, эфир и т. п.). Когда для световых волн больше не стало среды, как мог свет “знать”, с какой скоростью ему передвигаться? Ответ Эйнштейна был поразителен. Он полностью проигнорировал данный вопрос, сформулировав постулат, что скорость света не зависит от скорости источника. Точка. Когда это объединяется с первым постулатом, принципом относительности, последствия, вытекающие из его теории для общей

концепции времени и пространства, были действительно революционными¹⁵.

Давайте вспомним первый мысленный эксперимент Эйнштейна — бег наравне со светом. Первый и второй постулаты подразумевают, что со световой волной не только невозможно сравняться, но к ней даже не приблизиться. Дайте приятелю фонарик, включите его и измерьте скорость света — 299 792 458 м/с. Попросите его продолжать измерения, чтобы проверить, не меняется ли скорость света. А теперь начните бег. Ради продолжения спора давайте предположим, что по отношению к вашему приятелю вы движетесь со скоростью, равной 99 процентам скорости света. Не будучи знакомы с теорией относительности, он подумает, что вы почти догнали световую волну. На бегу вы сами измеряете скорость света: 299 792 458 м/сек. Как это возможно? Вы движетесь почти со скоростью света и вы измеряете свет, который движется с той же скоростью, что и раньше. Вы считаете, что его скорость должна “в действительности” быть в два раза больше скорости света. Однако при измерении ваш приятель с фонариком получает те же результаты, что и вы. Что же происходит?

В пространстве ничто не перемещается так, как свет. При измерении скорости света в вакууме все наблюдатели получают результат: 299 792 458 м/сек. Чтобы это было возможно, необходимо изменить представления о пространстве и времени, тогда все становится, пусть и странным образом, связным и логичным. Таков ли, действительно, свет? Может быть, теория Эйнштейна блестяща, но ошибочна; теории не подтверждались и раньше. Во времена Эйнштейна не было никаких доказательств ни для подтверждения, ни для опровержения его теории. Однако проводимые после 1905 г. чрезвычайно точные экспериментальные измерения подтверждают эту теорию.

Свеж в памяти эксперимент 1977 г., проведенный Аленом Бриллетом и Яном Холлом в Объединенном институте лабораторной астрофизики в Боулдере (штат Колорадо, США), где работал и я. В самом нижнем подвальном помещении лаборатории был подвешен гранитный стол, на поверхности которого находился в закрепленном положении один из сделанных Яном Холлом гелиево-неоновых лазеров. Они медленно

вращали стол и лазер, как это делали до них Майкельсон и Морли в поисках “эфирного ветра”, когда считалось, что Земля прокладывает себе дорогу через гипотетический эфир. Земля вращается вокруг Солнца со скоростью примерно тридцать тысяч метров в секунду. Поэтому, если бы какой-то эфир существовал, можно было бы ожидать, что можно выявить эфирный ветер примерно такой же скорости. В эксперименте Бриллета и Холла такой ветер проявился бы в виде легкого сдвига частоты излучения лазерного света. В 1887 г. в эксперименте Майкельсона и Морли не было обнаружено никакого эфирного ветра при скорости, доведенной до 4700 метров в секунду. При движении с меньшей скоростью их эксперимент не мог бы его обнаружить. Бриллет и Холл также не нашли никакого доказательства существования эфира, а их предел скорости эфирного ветра был 15 метров в секунду, что является наилучшим измерением в стиле Майкельсона-Морли на сегодняшний день¹⁶. При других способах измерения порог величины скорости эфирного ветра был доведен до 0,05 метра в секунду! В соответствии с первым постулатом Эйнштейна, никаких следов светоносного эфира до сих пор не обнаружено.

Сходным образом складывается и проверка второго постулата, который гласит, что скорость света не зависит от движения источника. Экспериментаторы проводят самые разные опыты с источниками атомного света, перемещая их с разной скоростью, — от самой медленной и доходя до 92 процентов скорости света. В каждом случае измеряемая величина скорости света одинакова¹⁷. Без всяких привязок (то есть, без какого-либо эфира) скорость света — величина неизменяемая. Если бы нечто подобное существовало в сфере пространства, у него было бы такое свойство, что куда бы вы ни направлялись, оно было бы всегда на одинаковом расстоянии от вас. К нему было бы невозможно ни приблизиться, ни отдалиться от него; расстояние было бы фиксированным. Вот что такое бесконечность. Не важно, насколько близко или далеко от нее находишься, расстояние *остаётся* неизменно бесконечным. Как говорил Эйнштейн, скорость света играет роль какой-то бесконечно большой скорости. У света нет места, но у него есть скорость, и мы всегда отделены от него на 299 792 458 м/сек.

СТО была испытана множество раз, и она выдержала все проверки. Подход Эйнштейна к свету, действительно, в корне изменил представления о свете. Эйнштейн осмелился озвучить вопрос, как выглядел бы свет, если перемещаться рядом с ним со скоростью света. Последствия ответа на этот вопрос колоссальны. Можно изменить данный вопрос и спросить, как бы выглядел сам мир, если бы он перемещался со скоростью света? Каков мир, воспринимаемый “глазами света”?

Как теперь знает каждый школьник, ничто, кроме света, не перемещается с такой скоростью. Ни один объект, наделенный массой, как бы мала бы она ни была, не может достичь этой предельной скорости. Для перемещения со скоростью света нужно было бы дематериализоваться. Теперь, как молодой Эйнштейн, представьте себя светом. Оставив позади физическое тело, найдите убежище в своем световом теле и летите в пространстве. Что вы тогда увидите?

После Эйнштейна стало общеизвестным, что по мере приближения к скорости света пространство и время значительно и неожиданно изменяются¹⁸. Расстояния по направлению движения сокращаются, а часы, перемещаемые с такой скоростью, замедляют свой ход. Как это изменило бы форму предметов, изучается особенно тщательно в последние годы, но я не знаком с серьезным рассмотрением вопроса, что произошло бы, если перемещаться с конечной скоростью — скоростью света.

Мы действительно знаем, что по мере увеличения скорости часы, мимо которых проносится перемещаемое тело, идут все медленнее, а очертания предметов искажаются. Кажется, что пройденное расстояние сокращается, это так называемое “сокращение расстояния”. Что происходит, когда, наконец, невозможное становится возможным, и мы становимся светом? Останавливается ли в конечном итоге время? В 1911 г. Эйнштейн в беседе с естествоиспытателями отметил: то, что для нас составляет века, может быть для другого живого организма “лишь мгновением” при условии, что данный организм перемещается почти со скоростью света¹⁹. А что сказать о пространстве? Исчезает ли полностью расстояние? В важной работе 1905 г. Эйнштейн заявил, что “при $v = c$ все движущиеся тела — наблюдаемые из состояния ‘покоя’ — превращаются

в плоские фигуры". Все находится здесь и сейчас, и так будет всегда! При "беге" со светом не возвращаемся ли мы, совершив целый круг, к понятию о вечном и присносущном свете вне пространства и времени? Или, быть может, прав Аристотель, и свет — это универсальное мгновенное изменение состояния, по крайней мере, с точки зрения самого света. Неуклонно размышляя над такими загадками, подобно Эйнштейну, мы, возможно, откроем еще один образ света.



Теория относительности Эйнштейна, световой квант Планка, лекции Штейнера об ангельском свете и художественное использование света Делоне появились одновременно. Почему? Перефразируя К.С. Льюиса, можно спросить: какие вопросы больше всего беспокоили тех, кто жил в первой четверти XX в., и что это говорит нам о подспудном содержании их менталитета? В течение предшествовавших трех столетий были устранены все внешние источники ощущения безопасного существования. Люди стали сомневаться в руководящих инстанциях прошлого, как религиозных, так и светских, а во время войны их вообще уничтожали. Уже перестало хватать простой веры, экзистенциальные вопросы угрожающе увеличивались, а адекватных ответов было не так уж много.

С одной стороны, теория относительности может восприниматься как завершение того, что началось на заре современной науки с Коперника и Галилея. Отходя от надежных устоев священных и классических традиций, мы многое оставили позади, но захватили с собой по-прежнему наше тело (пространство) и сердцебиение (время). Хотя и в одиночестве, мы могли крепко за них держаться. Но нет, исходя из теории относительности, даже от них нужно было отказаться. Пространство и время не являются абсолютно данными. Требуются более подвижная структура и послушный ритм. Поэтому приходится бросать в огонь все твердые материальные реквизиты, включая даже абстрактное удобство абсолютного пространства и времени. Мы честно проследили за генеалогией света до XX в., и сейчас наше место во Вселенной кажется еще более бессмысленным, чем когда-либо раньше. Многие начнут это

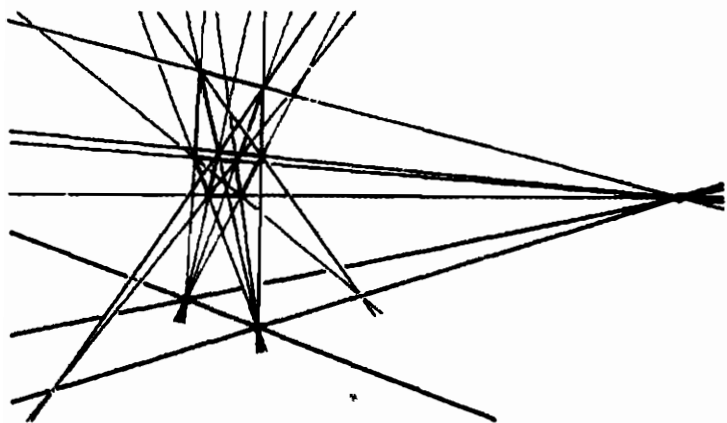
отрицать, но все внешние подпорки классической науки убраны. Что же остается в конце? Рефрен Эмерсона, записанный десятки лет назад, звучит звонко и справедливо: “Наконец не осталось ничего священного, кроме чистоты нашего собственного разума”.

До начала современной эпохи церковь или государство заботились о духе человека и охраняли его от такого “неудобного” знания. Подобно неискушенному юному Парсифалю, мы выросли в идиллическом незнании таких жестких понятий о мире. Только когда неожиданно появляются рыцари в сверкающих доспехах, которых он принимает за ангелов, Парсифаль, даже не взглянув на мать, обесумевшую от горя, оставляет дом, одевшись в шутовские одежды. Она умирает после его отъезда, а ему многое предстоит понять. Год за годом Парсифаль обнаруживает свои оплошности и глупости, но никогда не отказывается от своих исканий. Наконец, в полном одиночестве, в лохмотьях во мраке лесной глуши, продрогнув до мозга костей, он отпускает поводья коня и в полном уничтожении находит дорогу в замок Грааля, где становится его новым властелином. Подобно Парсифалю, свет существовал сначала в очарованном месте как возлюбленное и божественное дитя. Затем, облачившись в броню теории, он отправился на покорение всех феноменов света. С каждым новым успехом укреплялась самоуверенность, но не все феномены пали под ударом его копья. Пламя свечи, северное сияние и молния, назовем лишь несколько, не поддались. Старые доспехи были сняты, на их место были призваны другие, более утонченные, сделанные не из железа, а из ртути. Крепостной вал замка Грааля исчез с Монсальвата; он проявился в качестве плотно пригнанных пластин человеческого черепа, земного святилища разума.

Там, внутри бесконечного внутреннего пространства, Эйнштейн создал теорию, отличавшуюся глубокой внутренней согласованностью, которая призывала к новому виду самостоятельности. Используя два постулата как опорные точки, появилась блестящая мысленная структура, которая шла вопреки здравому смыслу, но способствовала тому, чтобы мы, набравшись мужества, могли самозабвенно мыслить. Казалось, что у Эйнштейна был внутренний гироскоп, позволявший ему

сохранять верный курс в любой шторм. Думается, что его равновесие было всего лишь отражением преданности мышлению и тому мнению, что природа — это выражение Интеллекта. *Lebensphilosophie* (философия жизни) не отказывалась от здравого рассудка, ей претила та безжизненность, в которую превратилась рациональность в конце XIX в. Я бы предложил считать теорию относительности отражением эволюционного движения человеческой души в поисках истинной независимости. Застывшая геометрия науки прошлых столетий отражала ограниченную структуру ее творческой основы. Напротив, динамика творческого подхода в современной науке снимает ограничения, но она же и представляет опасность. Теперь надо найти в себе ту стабильность, которую мы когда-то обнаружили вовне. Один из наилучших примеров такого изменения можно найти в истории геометрии. Со времени изобретения Брунеллески линейной перспективы никогда не происходило таких коренных изменений в геометрии человеческого опыта.

За несколько десятилетий до создания теории относительности изменилась сама архитектура пространства. До этого представления в математике, а вместе с ней и во всех научных дисциплинах, определялись положениями, изложенными в одной единственной книге. Кроме Библии, ни один из текстов не оказал такого влияния на формирование мышления Запада, как “Начала” Евклида. Только после изобретения книгопечатания появилось более тысячи изданий этой работы. Тем не менее, математические предпосылки, изложенные в “Началах”, дают необоснованное предпочтение одной точке зрения, исключая саму идею неевклидовых геометрий. Источники более гибкой трактовки геометрии уходят корнями к создателям линейной перспективы Ренессанса, но для развития первых правильных представлений о современной дисциплине “проективной геометрии” понадобилось появление таких великих математиков, как Понселе (1788 — 1867), Кэли (1821 — 1895) и Клейн (1849 — 1925). К моменту выхода Эйнштейна на научную арену неевклидовы геометрии и еще более всеобъемлющая теория проективной геометрии разрушили железную хватку Евклида в области математического и пространственного мышления, и могло появиться новое представление о пространстве.



Конструкт проективной геометрии.

Для демонстрации того нового, что появилось в этой геометрии, рассмотрим окружность и куб Евклидовой геометрии. Будучи данными, эти формы неизменны. Кривизна окружности всюду абсолютно одинакова и определяется ее радиусом; аналогично, у куба главные углы в плане — всегда 90° , а все стороны — одинаковой длины. В проективной геометрии эти инварианты исчезают. Окружность и куб могут быть изменены бесконечное количество раз. Приведенная ниже фигура служит примером лишь одной из таких возможностей; читателю нужно представить множество других, которые здесь не приведены.

Замечательный рисунок Олив Вичер дает нам возможность увидеть геометрические формы как кристаллизацию, появляющуюся из света. Лучи, как маяки, упорядоченным образом проходят сквозь пространство; их пересечения и длина определяют и соответствуют знакомым геометрическим формам. Кроме того, эти лучи надо представлять в движении, фигуры — постоянно меняющимися, чтобы исчезло все статическое равновесие. Пространство форм полностью подвижно, в постоянном движении, это геометрия потока изменчивой жизни, и математика жива жизненной силой современных представлений.

Теперь, освободившись от ограничений Евклидовой геометрии, нам нужно удержаться на прозрачных крыльях той геометрии, которую мы создали собственными руками. В этом свете контуры континентов, над которыми мы пролетаем, могут странным образом изменяться от одного интервала времени до другого, но, как написал Блейк: “Никакая птица не залетит слишком высоко, если она летит на собственных крыльях” [пер. С. Маршака].

Свет и архитектура пространства-времени

Структура, именно она дает свет.

Луис Кан

Новая архитектура пространства предполагает, что архитекторы ее вообразят, а строители построят. Как современный гностик, архитектор Луис Кан постоянно обращал внимание на свет²⁰. Он находил вдохновение на стыке тишины и света, в пространстве, образуемом при их союзе. Там было Святилище Искусства, Сокровищница Теней. В этом святилище, написал он, “художник предлагает свою работу своему искусству”.

Молчание к свету

Свет к молчанию

На пороге их пересечения

находится самобытность

находится вдохновение

(там, где желание выразить встречается с возможностью)

находится Святилище Искусства

находится Сокровищница Теней

(Материальное отбрасывает тени, тени принадлежат свету).

Молчание лелеется. В нем проживает неугомное, “безмерное желание быть”. Когда желания Молчания встречаются со Светом, “ощутимым, наделяющим все наличием”, появляются новые миры. Из этих двух элементов появляется все творенное.

... все материальное в природе, горы и потоки, и воздух, и мы сами, сотворено из израсходованного Света, и эта скомканная масса, называемая “материальное”, отбрасывает тень, а тень принадлежит Свету.

Поэтому в действительности свет — источник всего сущего. И я говорю себе: когда мир был комком ила, неоформленным и неприкаянным, ил был полностью пронизан желанием выразить, что было значительным застыванием Радости, а желание было отличным ликом, чтобы сделать возможным зрение.

Сделать возможным зрение. Вокруг и внутри этого изначального застывания Радости лучился Свет, источник всего сущего. Расходуя себя, он создал не только горы, потоки и воздух, но и существ, наделенных зрением, которые видят его. Как пишет Ричард Уилбур: “Солнце, оно просверлило эти два отверстия синих”, наши глаза. Космогония Кана основана на свете, а мир — его отпрыск.

На заре XX в. произошло пересечение архитектуры с новой геометрией пространства-времени, это пересечение было одновременно раскрепощающим в интеллектуальном смысле и духовно вдохновляющим.

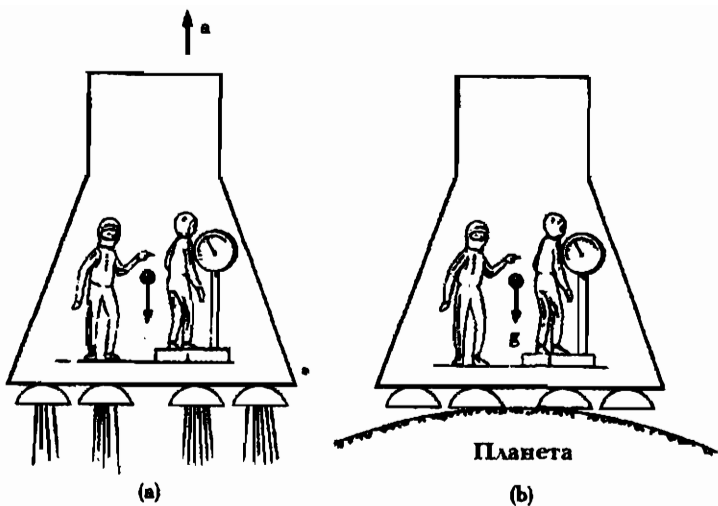
Строительный ландшафт пополнялся словно фигурами из учебника по проективной геометрии: появлялись здания из стекла, металла и бетона. Органическая архитектура Гауди в Барселоне, Штейнера — в Швейцарии, Ле Корбюзье — во Франции запечатлели в бетоне динамичную структуру природных форм. В “Стеклянном доме” Бруно Таута свет волшебным образом проникал через стеклянные кирпичи даже сквозь несущие стены. Перефразируя Кана, свет кажется дающим пространство.

Взаимосвязь света и пространства была по-новому переосмыслена Эйнштейном, когда он, взяв за основу СТО, обратился к рассмотрению феномена гравитации. Его общая теория зародилась из того, что Эйнштейн называл самой удачной мыслью всей жизни²¹.

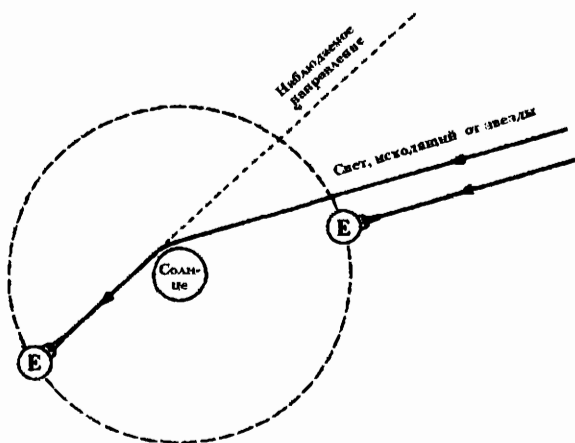
В ноябре 1907 г. во время работы в Бернском патентном бюро Эйнштейну вдруг пришло в голову, что “если человек находится в свободном падении, то он не чувствует собственного веса”. В этом простом наблюдении для гравитации находился аналог эксперимента с прафеноменом электромагнитной индукции Фарадея. Относительность электрических и магнитных полей, которая привела Эйнштейна к созданию СТО, в данном случае обладала точной параллелью с гравитацией, что в конечном итоге приведет ученого к созданию общей теории относительности. “Самая удачная” мысль Эйнштейна получила с тех пор в теории относительности название “принципа эквивалентности”. Данный принцип гласит, что на экспериментальном уровне гравитационное притяжение неотличимо от постоянного ускорения. В пределах комнаты давление на ноги человека может быть в равной степени обусловлено как ее ускорением вверх (как в лифте или в космическом корабле при взлете), так и силой земного притяжения.

Эйнштейн смог использовать принцип эквивалентности для прогнозирования изгиба траектории движения света при встрече с таким огромным телом, как Солнце. В 1919 г. участники экспедиции Артура Эддингтона на остров Принсипи у побережья Иspanской Гвинеи сфотографировали именно это явление. Отклонение было минимальным, но оно по сути соответствовало прогнозу Эйнштейна, сделанному за семь лет до этого. Почему происходит отклонение света, не обладающего никакой массой, при прохождении через пустое пространство лишь под воздействием огромного тела? Если бы у света была масса, тогда все было бы понятно, но это не так. Тогда почему же происходит данное отклонение? Эйнштейн утверждал, что поскольку кажется, что свет следует по криволинейной траектории в ускоряемой комнате, так же будет происходить и в аналогичной ситуации, обусловленной гравитацией; что справедливо в одном случае, должно быть справедливо и в другом. Поэтому отклонение света должно иметь место вследствие воздействия планеты, солнечных светил и всех огромных предметов.

Нам уже больше не нужно представлять свет, прокладывающий себе дорогу в пространстве по прямой, скорее, он



Принцип эквивалентности Эйнштейна. Для космонавтов внутри ощущение ускорения точно такое же, как если бы они находились в состоянии покоя на какой-то планете.



Отклонение звездного света, вызванное массой Солнца, как и было предсказано Эйнштейном. Явное изменение позиции звезды было впервые отмечено во время экспедиции Эддингтона.

движется по кривой линии структуры “пространства-времени”. Как электричество и магнетизм были объединены в рамках специальной теории относительности, сходным образом пространство и время стали неразрывно связаны в реальности Вселенной Эйнштейна. Пути света получили особое место в этой новой теории, поскольку, несмотря на отклонения, они по-прежнему покрывали кратчайшие расстояния, или “геодезические нулевой длины”, соединяя одну точку пространства-времени с другой. Если бы Солнце и звездный свет, заполняющие все пространство, были видимы, мы увидели бы сверкающую, подвижную, скульптурную архитектуру космоса. Эйнштейн даже говорил, что нематериальная архитектура пространства-времени может пониматься как своего рода восстановленный эфир. Это крайне отличалось от более ранних концепций, но данный тезис представлял гибкую конструкцию, через которую проносился свет и определялось пространство-время. Эйнштейн говорил: “Согласно общей теории относительности, невозможно представить пространство без эфира, поскольку в таком пространстве не было бы не только распространения света, но также ... не было бы основы оснований для пространственно-временных интервалов в физическом смысле. Но такой эфир не следует считать наделенным свойствами материальной среды...”²²

В начале века от эфира отказались, но потом появилась его новая концепция, предложенная не только Эйнштейном, но и другими выдающимися физиками. Их предложения основаны не только на теории относительности, но и на попытках разобраться в квантовой теории. Материальный эфир Кельвина отошел в небытие, но для некоторых ученых эфир зажил новой жизнью в виде более тонкой, нематериальной субстанции.

В течение первых десятилетий XX в. размышления Эйнштейна о свете постоянно продолжались. Кажется, что почти все, кто тогда с ним встречался, говорят об одном и том же. Он много сделал для создания непонятого кванта света, но был уверен, что квантовая теория не охватывает всего

спектра. В то время происходило множество изменений, но ему казалось, что соответствовать требованиям причинности могла бы только какая-то теория детерминизма. Как он часто говорил: "Бог не играет в кости". Для Эйнштейна квантовая физика микромира была по-прежнему неполной, лишь фрагментом истинной картины мира. Нам может казаться, что мы дошли до конца, но мы только обманываем себя. Эйнштейн выдвинул концепцию кванта света, или фотона, но даже ее невозможно было полностью объяснить в рамках квантовой теории. В 1951 г. он заявил: "За пятьдесят лет осознанных размышлений я не пришел к разгадке квантов света. Конечно, сегодня любой шельмец считает, что ответ ему известен, но он заблуждается"²³.

Уже прошло сорок лет с тех пор, как Эйнштейн озвучил предостережение по поводу высокомерной уверенности ученых относительно света. Попытки понять, что такое свет, не прекратились и после его смерти, и все же суть света остается загадкой.

У нас по-прежнему нет изображения фотона. Отличительной чертой относительности является то, что ее прогнозы, включая те, которые появляются по поводу света, никоим образом не основаны ни на какой модели для света. Относительности не нужно знать, является ли свет волной или элементарной частицей, или "что такое кванты света", чтобы прогнозировать искривление лучей света вокруг Солнца. Чем бы ни был свет, он должен соответствовать принципу относительности. По большей части прелесть и универсальность теории относительности проистекают из этой замечательной черты данной теории, которую особенно ценил Эйнштейн. Как далеко можно зайти без представления о том, что такое свет, сколько прогнозов можно сделать, не зная, чем является свет на самом деле?

В последние годы развивалось данное направление научной мысли, в особенности в работах блестящего (ныне покойного) физика Ричарда Фейнмана. Следуя пути красоты, а не образа, Фейнман исследовал физические феномены с помощью

древнего и достойного средства: уверенности в том, что в корне существования лежит идея совершенства. На протяжении столетий веления красоты увлекали за собой многих, направляя поиски исследователей вплоть до настоящего времени. От стройных привлекательностей пространства-времени мы обратимся к абстрактной красоте совершенства.

Следуя по пути прекрасного

Дело не в том, что частица идет по пути наименьшего сопротивления, а в том, что она обследует все пути в этом направлении и выбирает тот, где встретит наименьшее сопротивление.

Ричард Фейнман²⁴

Став легендой еще при жизни, в юности Ричард Фейнман был блестящим озорником, работавшим в секретной лаборатории в Лос-Аламосе, где под руководством Ю. Р. Оппенгеймера группа ученых занималась разработкой первой атомной бомбы. Он выступал с необычными вопросами, когда был членом комитета Конгресса по расследованию обстоятельств катастрофы “Челленджера”, и благодаря его неутомимому гению обнаружилась трагическая ошибка в проекте ускорителя, из-за которой и произошла авария.

Для столь блестящего и оригинального мыслителя, как Фейнман, что же такого было в физике, что пробудило в нем интерес и привлекло его к изучению данного предмета с самого начала, а потом поддерживало такое очарование в течение десятилетий? Когда все сложное дается легко, как Фейнману, к чему может быть привязан человек? Ответ на этот вопрос находим в замечании, сделанном Фейнману его внимательным школьным учителем физики Бадером. Заметив, что ученик-вундеркинд скучает, он дал ему хорошую пищу для размышлений. Используя физические формулировки, Бадер указал Фейнману, что свет, как и все остальное, всегда “идет” по пути прекрасного.

Вновь изгибающийся свет

В детстве на рыбалке каждый, наверно, замечал: когда опустишь удочку в воду, кажется, что она сломалась. Опустим ложку в стакан с водой; если посмотреть сверху, то у ложки виден изгиб там, где раньше ничего не было. Нас не удивляет, что когда вынимаешь удочку или ложку из воды, восстанавливается прежняя форма. Мы привыкли к такому поведению ложек и удочек. Вероятно, нам что-то даже известно о преломлении; что свет (или видимый луч) изгибается при переходе из одной среды в другую: из воздуха в воду, например.

Почему так происходит со светом? Почему он изгибается при попадании в воду из воздуха? Или, обобщая вопрос, почему свет перемещается именно так, как это происходит обычно, иногда изгибаясь на столько-то градусов, а в других случаях отражаясь ровно под определенным углом? Сходным образом, почему камешек, или электрон, или что угодно, перемещается в пространстве именно каким-то определенным способом? Что стоит за поведением всех физических систем, за всеми физическими законами? Кажется, что было бы чрезвычайно самонадеянно даже ставить такой важный вопрос, и все же на очень высоком уровне есть один поразительный ответ. Именно об этом и говорил г-н Бадер юному Фейнману в тот день, и, я считаю, что именно это и поддерживало заинтересованность Фейнмана всю его жизнь.

Действия света могут опять привести нас к сути вещей. По ходу собственных размышлений и при изучении мыслей других по поводу простого изгиба и отражения света, мы придем в конце к тому, о чем говорил Бадер, Фейнман и, на удивление, к тому, что представляет на современном этапе вызов квантовой механике. Наш рассказ начинается в необычном месте — в Египте II века.

Похоже, что первые регулярные наблюдения преломления были сделаны астрономом из Александрии Клавдием Птолемеем во II в. после Р. Х. Он написал важную работу по

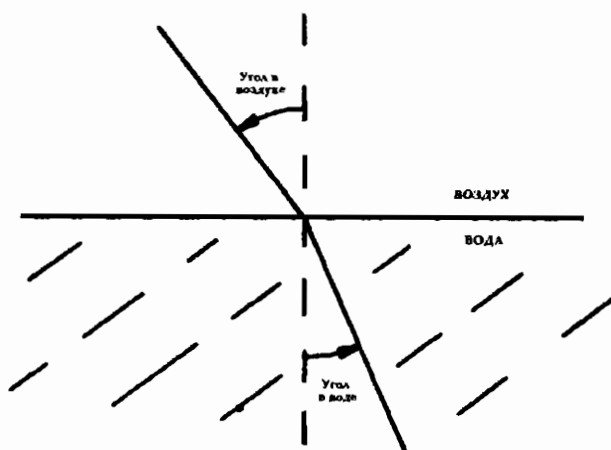
оптике, от которой до нашего времени сохранилась таблица с данными углов света в воздухе и в воде.

Угол в воздухе	Угол в воде
10	8
20	15 $\frac{1}{2}$
30	22 $\frac{1}{2}$
40	29
50	35
60	40 $\frac{1}{2}$
70	45 $\frac{1}{2}$
80	50

На первый взгляд, все числа кажутся обоснованными. Все показатели углов в воде меньше, чем углы в воздухе, как это и должно быть; общая последовательность кажется верной. Однако, появляются подозрения, когда начинаешь обращать внимание на точность записи измерений углов в воде. Измерения с точностью до половины градуса — поразительно для II в. Посмотрим более внимательно на эти углы и вычтем соседние числа друг из друга. Если так поступить, то результаты будут следующими.

Угол в воздухе	Угол в воде	Разность
10	8	7 $\frac{1}{2}$
20	15 $\frac{1}{2}$	7
30	22 $\frac{1}{2}$	6 $\frac{1}{2}$
40	29	6
50	35	5 $\frac{1}{2}$
60	40 $\frac{1}{2}$	5
70	45 $\frac{1}{2}$	4 $\frac{1}{2}$
80	50	

Колонка разности являет собой пример арифметической прогрессии: 4 $\frac{1}{2}$, 5, 5 $\frac{1}{2}$... и т.д., каждый раз добавляется половина. Вдумчивое сравнение с величинами углов в воде, измеренных с помощью современной аппаратуры, показывает, что Птолемей вовсе не давал значения действительных углов. Другими

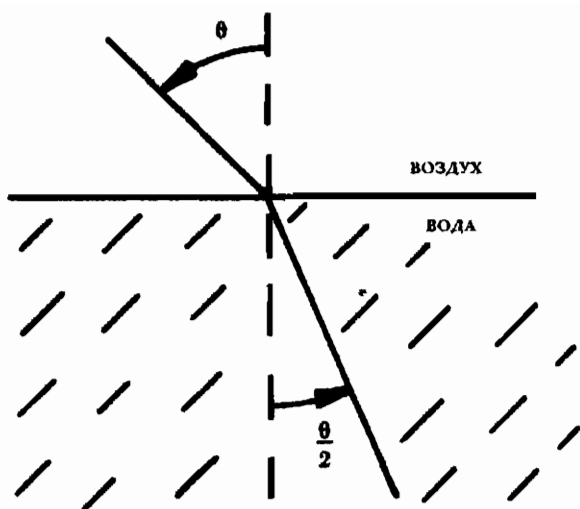


Рефракция на поверхности воздуха-воды.

словами, колонка значений углов в воде была создана не на основе измерений, а исключительно на основе теории. Птолемей подогадал “измерения”, чтобы они соответствовали его теории. Они слишком “хороши” для того, чтобы быть верными.

Здесь дело *не* в том, что Птолемей подтасовал результаты, а в том, что для такой фальсификации существовал определенный мотив, мотив высшего порядка. А именно: он хотел, чтобы данные были прекрасны, а красота для эллинского мира заключалась в соответствии геометрическим канонам, в совершенстве математики. Углы в воде просто *должны* были соответствовать арифметической прогрессии. Такая замечательная последовательность, а измерения так несовершенны, поэтому нужно, чтобы они были *правильными*.

Как и в случае с авторитетной трактовкой астрономии Птолемеем, изучение оптики началось, исходя из определенных метафизических допущений о том, как устроен мир. Метафизика буквально означает “за пределами физики”. Одно из метафизических определений заключалось в том, что Вселенная формируется в соответствии с числами; это действительно “космос”, слово, означавшее “порядок” в греческом языке. Не следует



Первый и ошибочный закон рефракции, установленный Гроссетестом и основывающийся на его чувстве прекрасного

полагать, что подобные факторы устарели. Эйнштейн, среди многих прочих, неуклонно подчеркивал значение красоты и порядка как основных качеств, важных для теоретика. Птолемей не был одинок и в свое время.

Философ IV в. Дамиан, хотя и не соглашался с Птолемеем по поводу конкретных особенностей преломления, проявлял сходные настроения при обсуждении преломления в своей работе по оптике. Он выводил закон преломления на основе следующих логических выкладок: "...если Природе не угодно, чтобы наш зрительный луч бесплодно блуждал в пространстве, она позволит ему преломиться под равными углами". Таким образом, по Дамиану, существует единственный "наилучший" способ для природы организовать преломление света, иначе получится безрезультатный зрительный хаос. Лучшее всего, чтобы угол преломления всегда был равен половине угла падения.

Через 800 лет Гроссетест согласился с Дамианом, еще больше проявляя метафизическую основу такого вывода. “И нам становится видно из этого принципа натурфилософии, что каждое действие природы совершается наиболее определенными, упорядоченными, кратчайшими и наилучшими средствами”²⁵. К сожалению, факты преломления не согласуются с тем самым наилучшим из миров, который представляли себе Дамиан и Гроссетест; кратчайшее может и не быть наилучшим.

Инстинктивная реакция ученого на все это — назвать ерундой такую метафизическую аргументацию. И все же слова г-на Бадера, обращенные к Фейнману, не прозвучали вразрез с размышлениями Дамиана и Гроссетеста, хотя в них и было существенное различие; определение “наилучшего” было верно дано Бадером! Оно было, используя терминологию Платона, божественным.

Причины: необходимое и божественное

Платон, как и после него все философы до XVII в., считал, что причины бывают двух родов; одни он называл “божественными”, в то время как все другие были просто “необходимыми”. Божественные причины — “одаренные умом, которые производят прекрасное и доброе”²⁶. Напротив, необходимые причины движимы насилем и, оставленные сами по себе, приводили бы только к случайным результатам и к хаосу, если бы ими не руководили божественные причины.

Плотникам с инструментами и материалами наготове, подобно необходимым причинам, по-прежнему требуется идея, обычно выражаемая архитектором и владельцем, до того, как будет построен дом — подходящий дом. Можно провести аналогию между строительством дома и устройством мира. Силы природы, сами по себе неразумные, бессознательные, вспомогательные причины, призванные “выполнить наилучшее насколько это возможно” вышестоящими божественными причинами, говорит Платон.

Аристотель назвал божественную причину Платона *causa finalis*, или конечной причиной, отличая ее от трех других вспомогательных причин: материальная причина (строительные

материалы для дома), действительная причина (строители с инструментами) и формальная причина (план дома, составленный архитектором). Конечная причина дома — это его использование в качестве крова. Цель, с которой его строят, его назначение и есть *causa finalis*.

В каком смысле можно применять понятие “конечная причина” в оптике? При размышлении по поводу феноменов преломления и отражения весьма естественно задаться вопросом о силах, задействованных в данных процессах, о способах управления, воздействующих на свет (который представляется в виде или элементарных частиц, или волн). Мы не спрашиваем, какова “наилучшая” траектория для перемещения света. И все же в физике есть традиция — ее продолжателями были и Дамиан, и Гроссетест, и Фейнман — которая задается именно этим вопросом.

Данная традиция восходит, по крайней мере, к Герону Александрийскому (ок. 125 г. до Р. Х.). Он доказал, что путь, по которому действительно проходит зрительный луч (или свет) в зеркальном отражении — самый короткий из возможных, соединяющий глаз с источником света и с отражением в зеркале. Все иные пути длиннее. Свет следует наилучшему пути, если под наилучшим мы понимаем кратчайший.

И Дамиан, и Гроссетест были знакомы с выводами Герона и пытались применить данные рассуждения в случае с преломлением. Трудность заключалась в том, что для преломления пройденное расстояние явно не кратчайшая физическая дистанция, соединяющая источник света с глазом. Поэтому, утверждали ученые, существует альтернативное понятие наилучшего, а именно: равные углы. У них недоработанными остались не метафизические критерии, а, скорее, сам выбор метафизики. Им нужна была метафизика, более точно соответствовавшая критерию Герона. Они нуждались в понятии кратчайшего *оптического расстояния*, которое обычно отличается от прямолинейного пути.

Вместо простого критерия кратчайшего расстояния Ферма выдвинул “принцип наименьшего времени”. Свет *всегда* проходит по пути, который сводит к минимуму не расстояние, а время, необходимое для перемещения из одной точки

в другую. Как опытный водитель, пытающийся добраться до места назначения в час пик, свет может выбрать более длинное физическое расстояние при условии, что потраченное на его прохождение время будет короче. Изгиб света при попадании из воздуха в воду, преломление, — пример, когда свет идет по пути, более длительному по расстоянию, но, на самом деле, более короткому по времени. Применяя принцип кратчайшего времени Ферма и не расширяя геометрические знания по сравнению с теми, которыми владел Герон, возможно вывести истинный закон преломления (закон Снелла), а также — закон отражения. Свет следует наилучшему пути, при условии, что мы знаем, что такое — наилучшее.

Проходя по каждому пути

Если бы наш рассказ закончился на этом месте, было бы уже замечательно, но Ферма был лишь первым человеком нового времени, применившим более широкий и эффективный, объединяющий принцип, который находит широкое применение в современной физике. Слова г-на Бадера, обращенные к юному Фейнману, были вариантом принципа Ферма для XX в. Обобщенный французским математиком Мопертью в 1744 г., этот постулат известен сегодня как “принцип наименьшего действия”. Частности не важны, но будет достаточно упомянуть, что для поразительно широкого спектра физических явлений, будь то сфера оптики, механики, гидродинамики, электродинамики или квантовой теории, можно определить величину, называемую “действие”, и продолжить выводить физические законы для конкретной области за счет нахождения пути, на котором действие является наименьшим²⁷. Потому и такое название: принцип наименьшего действия.

Создатель современной квантовой теории излучения Макс Планк усмотрел в данном принципе истину высшего порядка. В отличие от “дифференциальных” законов физики, которые конкретизируют силы, воздействующие на частицу по мере ее движения, кажется, что принцип наименьшего действия проявляется на всем пути, без разделения. Формально

всегда можно перейти от интегральных формулировок к дифференциальным, но в каждой задействовано конкретное отношение к миру. В одной — при дифференциальной формулировке — мы являемся генеральным подрядчиком, контролирующим работу строительной бригады и применение стройматериалов; нас беспокоят лишь необходимые причины. Но мы можем отойти от ручного труда и оценить работу еще до того, как она выполнена физически, мысленно представив ее целиком. При этом мы можем представить и другие дизайнерские решения, другие выбранные пути, а потом выбрать наилучший, постичь божественную причину. Оба пути восприятия задачи имеют право на существование, у каждого — своя сфера. В физике окончательную оценку дает природа, она выбирает свою “божественную причину”, и кажется, что это принцип наименьшего действия.

Я думаю, что молодого Фейнмана восхитил опыт восприятия красоты и целостности Вселенной, видения того, какой выбор сделан природой. Этот первый способ видения, бывший примером научного вдохновения, впоследствии принес восхитительные плоды, когда блестящий аспирант Принстонского университета Фейнман создал собственную “формулу интеграла по траекториям” квантовой теории, исходя именно из этого принципа наименьшего действия. Многие называли ее наилучшей формулой квантовой теории. С этой точки зрения, все пути исхожены, по каждому пути проходит квантовая частица, будь это свет или материя. При объединении все бесчисленные пути сливаются в один, тот, у которого наименьшее действие. Чем бы ни был свет, именно здесь мы его и обнаружим.

К свету нас приводят два направления исследований. Одно занимается поисками универсально истинного и оперирует такими могущественными принципами, как относительность и наименьшее действие. Другое склонно к исследованию бесконечно малого, строительных кирпичиков мира. Хотя мы называем их по-иному, даже сегодня мы соблюдаем разграничение, заданное Платоном, выявляя “божественные” и “необходимые” причины. Эйнштейн называл их принципиальными

теориями и конструктивными теориями²⁸. В первом случае мы льстим себе, говоря, что обнаружили рациональное устройство Вселенной, разум, лежащий в ее основе; в последнем мы обращаем все внимание на мельчайшие технические подробности того, как природа достигает своих целей. Пьеса написана, нам интересно заглянуть за кулисы, чтобы увидеть механооборудование. Гете и большая часть философии XX в. призывают нас не слишком обольщаться той “реальностью”, которую мы там обнаруживаем. Совершаемые открытия, наблюдаемые “реальности” вполне могут более отражать то, что находится в нас, а не в объекте исследования, что оказывается вдвойне справедливым в контексте современной физики. Тем не менее, многие неохотно идут на отказ от удовольствия, с которым образы появляются из наших теорий. Мы хотели бы знать не только, как проявляется свет, но и что это такое. Не желая довольствоваться ответами из прошлого, мы создаем собственное понимание, создаем собственных идолов.

О природе света не сообщают ничего ни теория относительности, ни принцип наименьшего действия. Начиная со сравнительно невинных рассуждений, основываясь на интуитивно осмысленных предположениях, эти теории, однако, создают поразительные дедуктивные выкладки, которые приводят к универсальным законам о прекрасном и порядке. И все же некоторым оказывается недостаточно одних законов. Нужно проследовать в ином направлении, а это путь диссекции. С ним мы знакомы из предыдущих глав. Уже начиная с атомистической философии Левкиппа и Демокрита, наука пытается обнаружить элементарные составляющие природы. По необходимости свет будет сведен посредством такого анализа к его наименьшим частям. И все же здесь также возникает огромное количество неожиданностей, поскольку в наименьшей частице света буквально скрывается целое.

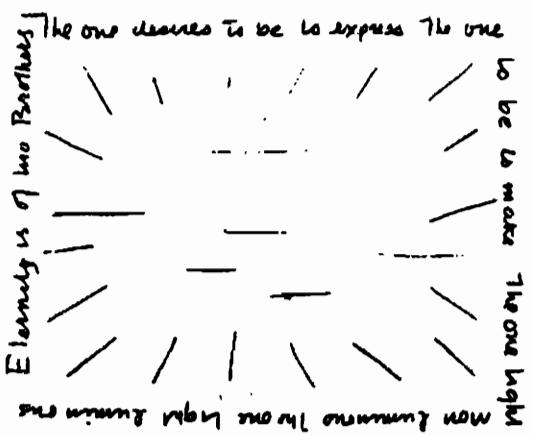
Мы живем, соблюдая равновесие между частью и целым, дифференциалом и интегралом, фрагментацией темного ариманического духа и искушениями светящегося люцифического духа, между, как это называл Шиллер, стремлением к содержанию и стремлением к форме²⁹. Между ними мы находим свой путь, отдавая должное каждому. Шиллер сравнивал

такого рода задействованность в мире с истинной игрой, поскольку только в игре обретается истинная свобода.

Луис Кан однажды поведал о задаче, которую он поставил себе.

Я дал себе задание: нарисовать картину, на которой показан свет. Если дашь себе такое задание, первое, что делаешь, — куда-то уходишь, поскольку задача невыполнима. Говоришь, что белый лист бумаги — это иллюстрация; и что еще остается делать? Но когда я нанес тушь на бумагу, я понял, что там, где черное, там света не было, и тогда я смог действительно это нарисовать, потому что мог различать те места, где света не было, что было там, где я наносил мазки черной тушью. Тогда картина превратилась в настоящее сияние.

Даже художник должен вызвать тьму, чтобы показать свет. Луис Кан знал эту истину куда лучше многих. Я поступаю как он. Ограниченная выразительность языка составляет мою палитру, а мой лимитированный концептуальный мир определяет ту неярную расцветку, что мне под силу. Как Кан, все, что я могу, — это поместить слова там, где нет света. Но, может быть, за счет моих действий, эта книга тоже станет светиться по-настоящему.



Луис Кан. "Тишина" и "Свет".

СВЕТ ОГРАНИЧЕННЫЙ: СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД

Постоянное расщепление света! Как часто пытаются разделить то, что, несмотря ни на что, всегда останется единым и цельным.

Гете

Наши рассуждения о свете достигли поворотного момента. На смену представлениям прошлого должны прийти экспериментальные поиски настоящего. Мы обогатились рассказанными историями. Используя суждения, сформированные на основе всего, что известно, как определить сущность природы света? К радуге, пламени свечи, призме и зеркалу присоединились теперь удивительные квантовые феномены, характер света которых кажется крайне парадоксальным.

Вместо того чтобы абстрактно описывать “современный” свет, постараемся найти среди бесчисленных экспериментов квантовой оптики конкретные примеры, которые наиболее четко выражают основные свойства фотона. В этих экспериментах выявляются особенные черты квантов света, они стали тем, что Гете с радостью назвал бы праэкспериментами в этой сфере.

Терпеливо продолжая исследования, мы, по мнению Гете, создаем новые органы когнитивного познания, лучше приспособленные к предмету нашего изучения, чем традиционные приемы, унаследованные из классической физики. Тогда проблема квантовых феноменов становится вызовом благодушному разуму, стимулом для расширения рамок собственных представлений. Как рыбы в темных водах Мамонтовых пещер, мы свыклись с темнотой. Лишь после столетий непрерывных усилий стало возможным оказаться в воде, наполненной лучами света. По-прежнему незрячие в силу привычки, выработанной во время пребывания в “пещере”, мы не стремимся изучить и

как следует проанализировать то, что находится на открытой, залитой солнцем местности. Лишь если мы начнем, пусть и неловко на первых порах, так поступать, только тогда мы можем надеяться на то, чтобы прийти к пониманию света.

Феномены света бесчисленны, даже если ограничиться квантовыми эффектами. И все же некоторые из них говорят нам больше, чем другие. Как в великих произведениях искусства, где существенное выведено на поверхность, а все ненужное отсечено. Такие феномены имеют особое значение, в любой сфере их немного. Гете называл их “прафеноменами”; я позаимствую этот термин. Здесь перед нами — очевидные проявления законов природы. Прафеномены — экспериментальные окна, выходящие на вечный принцип, с помощью которого природа определяет поток явлений. Если есть глаза для того, чтобы реально увидеть прафеномены, тогда можно будет их и осмыслить. Что такое прафеномены света на квантовом уровне?

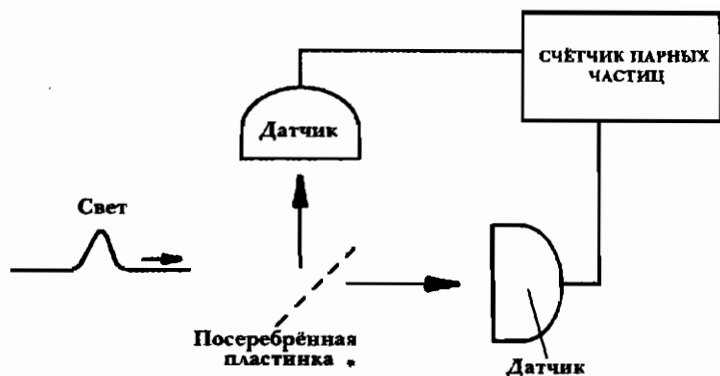
Переходя от обычных данных восприятия света к кванту, мы пойдем по новому пути, направленному на изучение элементарных частиц света. В современных квантовых экспериментах свет исследуют за счет сведения его к наименее возможному уровню. Как мы видели, Макс Планк и Альберт Эйнштейн были первыми, кто утверждал, что существуют элементарные кванты света, что свет не разделяется до бесконечности и, следовательно, состоит из элементарных частиц. В 1926 г. американский химик Г.Н. Льюис дал кванту света его современное название — фотон. Физики занимаются изучением фотона, а квантовая оптика — это особое направление, в рамках которого свет рассматривается как квантовый объект. Как я в этом убедился на собственном опыте, в таких исследованиях есть множество чудесных моментов, которые, в конечном итоге, позволяют по-новому представить свет.

Есть ли праэксперименты, в которых фотон, пусть и парадоксально, но как-то проявляется? Если да, тогда, как неустанно “бежавший” за светом Эйнштейн, мы сможем, не отвлекаясь, обратиться к изучению непонятных свойств фотона, надеясь, что таким образом наконец-то сможем прийти к пониманию тайны, скрытой в нем.

Если мы хотим изучать элементарные частицы света, изолированные фотоны, наша первостепенная задача, очевидно, заключается в воспроизведении их источника. На первый взгляд, это может показаться тривиальным. Просто возьмем любой источник света, пусть это будет свеча, и заставим его потускнеть так, чтобы от свечи исходил медленный, но постоянный поток одиночных фотонов. Именно так и поступали в течение десятилетий, пока не была осознана основополагающая логическая погрешность такого "подхода. На экспериментальном уровне никто не проверял, действительно ли такие источники выделяют одиночные фотоны. Предполагалось (без экспериментальных подтверждений), что тусклый свет — это однофотонный поток. Какие доказательства убедят нас в том, что данный источник однофотонный? Очевидно, для этого необходимы соответствующие средства испытания источников света.

Вероятно, самый изящный однофотонный тест был проведен французской группой Алена Аспе, Филиппа Гранжье и Г.Роже¹. Хотя на техническом уровне это сложный эксперимент, в концептуальном плане он чрезвычайно прост. Тестируемый фотон попадает в оптический аппарат, который разделяет свет так, что одна половина его направлена в одну сторону, а другая — в другую. Если в какой-то момент разделение света становится невозможным, тогда мы достигли уровня фотона, или "атома" (слово заимствовано из древнегреческого языка и означает "неделимый") света. Оптический прибор, разделяющий свет пополам, — это посеребрённая пластинка, или "расщепитель пучка частиц". Когда на пластинку попадает свет, половина света передается, а половина отражается. Представьте себе одиночный, подобный атому фотон, попадающий на такой расщепитель. Что происходит тогда? Если он действительно неделим, то он идет либо по одному, либо по другому пути, но не по обоим одновременно. Это называется "антикорреляция". Если, с другой стороны, свет можно разделить, тогда обе ветви будут обладать светом, половина пойдет по одному пути, половина — по другому. Так был построен эксперимент.

В противоположность атомной теории света волновая теория рассматривает свет как бесконечно делимое тело; для



Свет как частица. В этом эксперименте одиночный фотон, попадая на посеребрённую пластинку, идет либо к одному датчику, либо к другому, но никогда к обоим сразу.

интенсивности света нет нижнего предела. Поэтому расщепитель пучка частиц будет *всегда* разделять свет, передавая 50% в одну сторону и отражая другие 50%. Таким образом, расщепитель — это средство для испытания того, что такое свет: волна или частица. Проведение этого эксперимента с различными источниками света приводит к поразительным результатам. Все традиционные источники света, включая свечи, лампы накаливания, электроразряды, флуоресцентное освещение и даже лазеры не показывают никакой антикорреляции вне зависимости от интенсивности освещения. Каким бы слабым ни был свет источника, из данных следует, что испускаемый им свет разделяется на расщепителе луча таким образом, который лучше всего описывается с помощью волновой теории света. Поэтому все обычные источники света не выдерживают проверки критерием для однофотонной эмиссии испускания. *Однофотонные источники являются неестественными.*

Но не все потеряно. Человек — существо изобретательное. Если недостаточно обычных источников света, можно придумать новые, которые будут намного лучше. В последние годы были разработаны два таких источника, один основан

на атомной решетке, а другой — на том, что называется в этой сфере “двухфотонным, параметрическим преобразованием с понижением частоты”. Подробное описание этих источников нам не нужно, но в обоих случаях появляются два тесно связанных фотона, один из которых сообщает исследователю о присутствии другого. При соответствующем применении эти источники выдерживают однофотонный тест. В производимом ими свете проявляется антикорреляция, которую пытались обнаружить в однофотонных источниках.

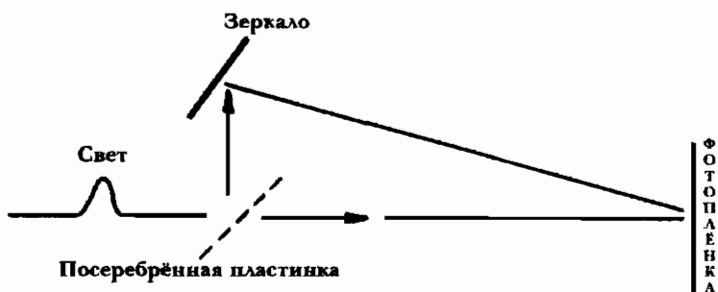
Таким образом, лишь недавно у физиков появились надежные источники неклассического, квантово-механического света, и с тех пор все идет, как надо. За последние годы были проведены десятки остроумных экспериментов с однофотонными источниками, которые иногда приводили к непредвиденным результатам. Мы коснемся нескольких из них, в которых, по моему, наиболее четко проявляется неуловимая природа света. Может быть, мы обнаружим в них те праэксперименты, которые пытаемся найти. Теперь, поскольку имеется одиночный фотон, начнем изучение его свойств. Возможно, безнадежно пытаться выразить природу света абстрактными средствами, но при изучении его проявлений мы можем уловить проблеск его сути.

Примеры-архетипы

За неустанными усилиями исследователя кроется более могущественное, более таинственное желание — человек стремится постичь сущность существования и реальности.²

Эйнштейн, 1934 г.

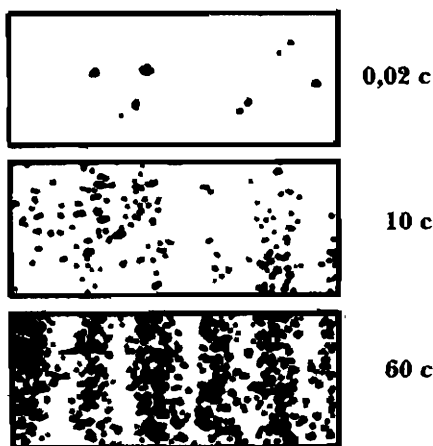
Довольно рано Эйнштейн обратил внимание на капризную природу фотона. Как обычно, он предложил мысленный эксперимент, раскрывавший сущность явления. Возьмем однофотонный источник, предложил он однажды Бору, с тем, чтобы произвести изолированный фотон. Потом пропустим этот фотон через расщепитель луча. Мы знаем, что этот фотон пойдет в одном из двух направлений; это все было после того самого теста, который мы использовали для того, чтобы



Свет как волна. При интерференции требуется, чтобы свет проходил по обоим направлениям к фотопленке.

определить, можно ли называть источник однофотонным. Проверьте, сколько хотите; антикорреляция всегда там присутствует. Теперь, предложил Эйнштейн, заменим два датчика зеркалами, которые перенаправят фотон так, что по какому бы пути он ни передвигался, в конечном итоге он окажется на том же самом участке фотопленки. Что получается?

При появлении первого фотона, примерно там, где ожидалось, проявляется отдельное, крошечное черное пятно. Последующие несколько фотонов сходным образом оказываются рассеянными вокруг первого. Пока все нормально. Но со временем по мере скопления — одного за другим — фотонов происходит нечто совершенно неожиданное. Пятна самостоятельно выстраиваются в темные и светлые группы дорожек, в явные интерференционные полосы. Экспериментальные данные однозначны. Когда мы готовы увидеть интерференционные полосы, мы их видим, даже при эксперименте с одиночными фотонами. Когда мы готовы обнаружить, по какому единственному пути проходит фотон, мы обнаруживаем это. Проблема заключается не в самих явлениях, а в тех неадекватных мыслях, которые мы привносим в их анализ. В первом случае мы считаем, что это волны; во втором — частицы. В первом, мы принимаем движение в обоих направлениях; во втором, в одном. Как оба подхода могут оказаться правильными? Что это за феномен, который может так себя вести? Процитируем



Медленное наращивание интерференционных полос, один фотон в данный момент времени.

слова 16-летнего Эйнштейна: “Похоже, что явления, подобного этому, не существует!” Задержимся на этой мысли.

Со времени Томаса Юнга интерференционные полосы интерпретируются как следствие движения света в *двух* направлениях. Но источник света, применяемый в этом эксперименте, был однофотонным, его свойство заключается в том, что фотоны направляются по *одному* пути, а не по двум. Однако для появления интерференционных полос требуется, чтобы в каком-то смысле единичный, неделимый световой квант, одинокий фотон, направлялся, или, по крайней мере, подвергался воздействию *обоих* путей! Бор так перефразировал предложение Эйнштейна: “При любой попытке представить ход фотона возникала бы, следовательно, следующая трудность: обязательно, с одной стороны, сказать, что фотон всегда выбирает *один* из двух путей, а, с другой стороны, его ход таков, как будто он проходит по *обоим*”³.

Вот пример-архетип дуализма “волна-частица”. В течение нескольких десятилетий не было необходимых лабораторных

условий для проведения на практике этого мысленного эксперимента Эйнштейна. Наконец, в 1986 г. Аспе, Гранжье и Роже успешно провели блестящий вариант данного эксперимента, который привел к совершенно определенным результатам. Действительно, происходит интерференция отдельного фотона с самим собой. Похоже, что каким-то образом одно тело — данный фотон — одновременно связано с двумя различными путями. Последствия, вытекающие из данного эксперимента, колоссальны. Основа основ квантовой механики и представлений о свете должны приспособиться к этому факту, обнаруженному в ходе эксперимента. Прафеномен обнаружен, но для создания верных представлений о нем не хватает идей.

Прав был Гете. Сколько бы мы ни пыгались разделить свет на нераздельные атомные частицы, он никогда не теряет своей целостности. Брошен вызов самому представлению о том, что означает элементарная частица. До сих пор наименьшее приравнивалось к самому элементарному. Возможно, что по крайней мере, для света самое элементарное свойство обнаруживается не в малости, а, скорее, в цельности — это неисправимое свойство света быть одним и множеством, частицей и волной, одиночным телом с целой вселенной внутри.

В недавних выступлениях и статьях выдающийся физик Джон Арчибальд Уилер напомнил своим коллегам, что квантовая неоднозначность, проявляющаяся в экспериментах по однофотонной интерференции, на самом деле куда более серьезная проблема, чем это может показаться на первый взгляд. Он предложил провести любопытный мысленный эксперимент, на который намекал сначала Эйнштейн, а потом Карл Фридрих фон Вайцзеккер⁴. В этом эксперименте два предыдущих, дихотомических эксперимента (антикорреляция и интерференция) проводятся параллельно до конца, и двусмысленность проявления “волна-частица” сохраняется в течение всего движения фотона.

Представьте, что одиночный фотон проходит через расщепитель, как раньше, но пока еще не установлены ни датчики, ни зеркала. В принципе, фотоны могут быть “расщеплены” на значительном расстоянии от датчика, а задержка может

длиться сколько угодно, хоть годы. В процессе ожидания мы начинаем понимать загадочную природу света. Что можно сказать о пути, по которому следует фотон в течение всего этого времени? Если представлять его в виде частицы, тогда после давно происшедшего разделения путей фотон выбирает один из них. Однако, *можно* ведь решить провести эксперимент с интерференцией в отношении данного фотона, при этом решение может быть принято намного позже прохождения фотоном той точки, где нужно было принять судьбоносное решение. Тем не менее, интерференция все равно наблюдается. Если, с другой стороны, мы считаем, что фотон — это волна, и он движется в обоих направлениях, тогда снова, много позже самого прохождения через точку разветвления экспериментатор может подключиться к измерению пути, и опять же успешно. До окончательного момента измерений кажется, что нельзя сказать, что фотон движется в обоих направлениях, но мы также не можем сказать, что он движется в каком-то одном направлении; ситуация, конечно, довольно затруднительная! Однако после завершения измерений можно, очевидно, объявить, прошел ли фотон по одному пути, или по обоим. По словам Уилера, за счет отложенного выбора [delayed choice], кажется, что мы “оказываем неизбежное воздействие на то, что у нас есть право сказать об *уже* пройденной траектории движения данного фотона”. Задержка выбора при проведении эксперимента усугубляет неопределенность физической сущности изолированного фотона.

Здесь мы сталкиваемся с чем-то очень странным. Традиционные, хорошо определенные объекты наделены четкой, конкретной историей. Они откуда-то появились, прошли по какому-то пути, а в конце оказались где-то еще. Одиночные фотоны (на самом деле, все кванты) также хорошо определены, по крайней мере, математически, но есть и отличия. Траектория движения фотона показывает его нераспадающийся и парадоксальный образ “волны-частицы”, что не похоже ни на что, знакомое нам из классической физики. Что же является источником такой неопределенности?

Недавно в Институте квантовой оптики Макса Планка, находящемся неподалеку от Мюнхена, я участвовал в

демонстрации предложенного Уилером эксперимента по отложенному выбору⁵. Результаты соответствовали прогнозам квантовой теории, убедительно показывая, что одиночный фотон двузначен в квантово-механическом смысле в течение всего пути до регистрации. В момент появления у расщепителя луча одиночный фотон не принимает никакого “решения”, идти ли ему по пути частицы или волны. Это либо ни то, ни другое, либо оба сразу. Для света эта неопределенность существенна, ее трудно осознать, но она тем более важна в силу своей неясности. Если фотон существует в промежутке между моментами обнаружения, тогда описание такого существования должно предусматривать факты, присущие экспериментам по однофотонной интерференции.

Существуют разные мнения по поводу эксперимента с отложенным выбором и других, сходных экспериментов. Подавляющее большинство физиков просто не обращают внимания на значение квантовых расчетов. Они также оставляют без внимания подразумеваемые утверждения, следующие из квантовых праэкспериментов. Они считают, что поиски истины или смысла не входят в задачи науки; задача науки — прогноз и управление; наука — это средство. Здесь научное высокомерие XIX в. превращается в цинизм XX столетия. У нас есть могущество, и этого достаточно; мы навсегда отказываемся от истинного знания. Согласно этой точке зрения, роль современной науки сходна с тем, чем была астрономия в Древнем Вавилоне три тысячи лет назад. Не имея никаких физических представлений о Солнечной системе, жрецы-астрономы с поразительной точностью предсказывали движение звезд, Солнца, Луны и планет, применяя чисто арифметические расчеты к данным, унаследованным из предшествовавших эпох. Сходным образом мы применяем квантовые алгоритмы для прогноза квантовых феноменов, не имея никакого представления о том, что такое на самом деле тот же фотон, электрон и т. д. Тем не менее, есть и различия. Жрецы-астрономы Древнего Вавилона неустанно пытались докопаться до смысла своих наблюдений, но при этом они хотели найти и духовное

значение, сопряженное с ритуалами, повседневностью и участием в жизни богов и богинь. Они стремились к этому. Мы же отказались от любых духовных основ в том, что касается науки. Инструменталистская точка зрения предполагала бы и отказ от надежды обрести истинное физическое понимание.

По мере исчезновения богов древние греки создавали рациональный, геометрический космос взамен умиравшего космоса духовного. В XVI в. материя присоединилась к разуму, и Вселенная постепенно превратилась в часовой механизм. Физика и философия XX в. поставили под вопрос большую часть таких воззрений. Спрашивалось, возможно ли какое-то истинное знание о том, что такое материя, свет, или, продолжая тот же тезис, вся природа? Демонтаж научного знания создавал ощущение свободы, но, освободившись от его тирании, мы оказались теперь на грани деморализующего нигилизма. Если научное знание — это лишь инструмент, существует ли вообще знание, имеющее смысл? В глубине души ни один серьезный, настоящий ученый не верит в инструментализм; ни один преподаватель не загорается энтузиазмом при представлении ученикам лишнего смысла метода расчета. К чему же тогда ведет физика?

Когда мы оказываемся перед темной пустотой чистого инструментализма, совсем недалеко до искушений реакционного идолопоклонства. Утратив богов, мы увлекаемся прекрасными идолами, которых можно поставить на их место. Атомы, кварки, крошечные черные дыры... они овеществлены, украшены венками и выведены на передний план, чтобы занять свое место в таком храме. Называя их реальными, мы оживляем их ложной жизнью, продиктованной страхом — нашим страхом перед неизвестным существом природы. Кажется, что мы оказались между изощренной пустотой деконструктивизма и незавидными собственными творениями. За что же можно держаться? Гете сказал бы то, что он ответил Гегелю и читателям *"Учения о цвете"*: следуйте за феноменами. Им можно доверять. При правильном видении они превратятся в теорию.

Для того чтобы видеть, нам нужно представить себе предметы, применить к ним те концепции, которые созвучны их сути. Если это не удастся, то ничего не видно. Мы подобны

бывшему слепому С.Б., который оставался по большей части незрячим даже после того, как хирургическими средствами ему восстановили зрение. У него было исходное вещество для зрения, но он не видел. Эксперименты квантовой оптики дают нам исходное вещество света, но нам по-прежнему не хватает концептуальной основы, соответствующей его природе. Когда она у нас появится в полной мере, парадокс дуализма волна-частица исчезнет, а “волно-частичность” сохранится. Когда интеллект такого порядка будет приложен для рассмотрения квантовых феноменов, мы станем их рассматривать не в замешательстве, а с пониманием. Используя формулировки Эмерсона, мы “назовем” их, а после этого феномен станет теорией. Тогда мы сможем узнавать присутствие “волно-частичности” во многих случаях, четко увидев такое проявление в одном. Как испытанную в детстве нежность, мы узнаем это при встрече.

Как читающим Шекспира подросткам, язык описания квантовых феноменов кажется нам одновременно странным и восхитительным. Значения непонятны, некоторые слова незнакомы. Тем больше оснований для того, чтобы задуматься по этому поводу, перечитать текст и поразмышлять о его возможном значении. При понимании того, что это игра, можно механически выполнить свою роль, но при таком подходе многое остается “за кадром”. Если бы только было возможно проникнуть в смысл плана, уловить его значение, тогда насколько лучше был бы результат. Конечно, природа, как найденный текст пьесы, заслуживает того, чтобы чтение было направлено на выявление значения, а не для того, чтобы просто шла игра ради денег. Когда мы слышим голоса сирен прошлого, нужно понимать, что все зависит от мужества и бодрости читателя. Феномены света доказывают несостоятельность прочтения мира в XIX в., даже если современная инсценировка остается фрагментарной и жесткой.

В последние годы возрастающая неудовлетворенность инструментализмом привела к тому, что многие ученые переосмысливают собственное отношение к квантовым феноменам.

Некоторые поддерживают точку зрения “критического реализма”, включая реалистические интерпретации квантовой механики. По поводу квантовых феноменов существует, в общем, два мнения. Большинство считает, что следует кардинально изменить представления о фотоне и всех других элементарных частицах. Они реальны, но в корне незнакомы. Например, нельзя говорить о “пути” фотона. У фотона нет траектории как таковой, есть лишь ряд конкретных положений, изменяющихся со временем. Чтобы дать описание траектории движения фотона, необходимо перейти с уровня частных решений на более абстрактный уровень. Если объединить все “квантовые амплитуды” для всех возможных путей перемещения фотона, получаемое тогда “состояние суперпозиции”; созданное таким образом, — это и есть соответствующее квантово-механическое описание фотона. Эволюция состояния суперпозиции замещает концепцию траектории, известную нам из классической физики. Если принять точку зрения реалистов, тогда состояние суперпозиции, являющееся своего рода метафизическим переплетением возможных путей, и есть тот фотон, когда он движется от расщепителя луча к датчику. Уилер называет это состояние суперпозиции “большим дымящимся драконом”. Хотя видны и голова, и хвост дракона, его громадное тело окутано клубами дыма. То же самое и с фотоном. Мы можем все узнать о его эмиссии и обнаружении, но путь его передвижения в промежутках остается, в конечном счете, неясен.

Выходя за пределы взглядов, разделяемых большинством физиков, при использовании концепции отложенного выбора Уилер идет дальше, чтобы продемонстрировать, насколько неразрывно современные результаты измерений связаны с прошлым. В вышеизложенных экспериментах лишь на момент последнего акта выявления приподнимается завеса квантовой неопределенности, дым рассеивается, и возникает классический мир, в котором можно говорить даже о “пути” фотона. Последнее обнаружение, очевидно, определяет уже ставшую прошлым траекторию движения фотона. В одном интервью Уилер отметил: “В той степени, в какой он [большой дымящийся дракон, или фотон] составляет часть того, что

мы называем реальностью, нужно сказать, что мы сами играем несомненную роль в оформлении того, что мы всегда называем прошлым”⁶.

Вторая, куда меньшая по численности группа совершенно по-другому интерпретирует однофотонный интерференционный эксперимент с отложенным выбором. Дэвид Бом и Бэзил Хайли — самые главные сторонники направления, представляющего фотоны и все квантовые объекты более традиционным способом. У квантов есть положения, траектории и реальные “предыстории”. Конечно, Бом и Хайли должны в своей теории коснуться парадоксальных феноменов квантовой механики. Они это делают, предлагая нечто, до сих пор неизведанное. В физике по традиции существовало разделение мира на частицы (электроны, кварки...) и поля (гравитационные, электромагнитные и ядерные). Бом и Хайли предлагают третью категорию, так называемый “квантовый потенциал”. Его роль аналогична нематериальному эфиру, его цель — направлять фотон примерно так, как радиосигналы направляют дистанционно управляемый летательный аппарат (ЛА). Все квантовые эффекты находятся в этом информационном поле.

У квантового потенциала есть необычные свойства. Во-первых, квантовый потенциал не “толкает” объекты, а информирует их движение, структурируя реальность посредством собственной формы. Поскольку применения силы нет, квантовый потенциал не выявляется непосредственно физическими средствами; проверить его присутствие можно лишь опосредованно. Во-вторых, квантовый потенциал мгновенно реагирует на любые изменения, происходящие при проведении экспериментов, даже на самые отдаленные. Второе свойство называется *нелокальностью*, оно является главной чертой всех современных дискуссий о квантовой теории, вне зависимости от того, обсуждают это Бом или квантовые реалисты. Мы еще обратимся к этой концепции и тогда уже рассмотрим ее более подробно. В теории Бом и Хайли предлагается заманчивая возможность представить движение частиц привычным образом, но за это приходится платить. Плата заключается в том, что приходится вводить своего рода поле-“призрак”, или нематериальный эфир, — нелокальный, квантовый потенциал.

Можно представлять фотон в качестве неклассического, квантового объекта и потому поступиться всеми имеющими значение утверждениями о процессе его изменений во времени. Или же, принимая аргументацию Бом и Хайли, можно снова населить пространство новым, квантово-механическим, нелокальным эфиром. Согласно одной точке зрения, квантовая суть реальности заключается в скрытой среде (Бом и Хайли), в то время как, согласно другой, она интегрирована в сам фотон. Первое направление — это своеобразный дуализм, а второе — монизм. Тем не менее, в обоих взглядах отражается мнение, что наш мир не таков, каким его считали когда-то. Одни поступаются историей в пользу “квантовой реальности”⁷, другие предлагают новый “имплицитный (свернутый) порядок”, как его называет Бом, в котором наша реальность — это лишь его частичная проекция⁸.

Квантовые феномены проявляются в мире, по крайней мере, в атомном масштабе, как что-то совершенно непохожее на статичный мир. Структура отличается, порядок незнаком; но, несмотря ни на что, этот мир так же реален. Все множество концепций, как бы они друг от друга ни отличались, должны учитывать данные о квантовых прафеноменах. На мой взгляд, поэтому не так уж важно, какую теорию мы считаем верной, важнее, чтобы мы смогли увидеть то, что в них есть общего. Каждая из них направляет нас к общей сути из разных отправных точек.

Обходя вокруг статую *Давида* Микеланджело, мы видим ее с разных сторон. При чтении литературы о жизни Микеланджело, при ознакомлении с другими произведениями скульптора и с работами его современников мы расширяем и орбиту нашего понимания *Давида*. Вместо того, чтобы заикливаться на одной точке зрения, не лучше ли (подобно Эйнштейну) держаться самих себя, при этом научаясь видеть глазами других? Аналогичное рассуждение можно применить и к квантовым феноменам. Следует рассмотреть все сходные теории, интерпретации, пытаясь увидеть феномены с такой точки зрения. В каждой теории будет выявлен иной недостаток старого подхода и будет выдвинуто свое решение, в котором автор теории раскрывается так же полно, как и исследуемый феномен. И

все же, за счет исследования феномена таким образом, происходит нечто совершенно удивительное. Меняемся мы сами. Мы заново начинаем видеть *Давида* или квантовый феномен. Теории становятся *подспорьем при размышлении*, как это назвал бы Кольридж, а не нормированием истины. Слишком быстро теории превращаются в идолов, не развивая, а становясь на пути интуитивного понимания. Лавируя среди конкурирующих воззрений, освобождаешься от тирании монокулярного видения, и тогда становится возможно, подобно индийскому божеству Варуне, охватить мир посредством тысячи глаз.

Что же представляют собой те существенные озарения по поводу света, которые предлагаются квантовыми феноменами? Мы начали отвечать на этот вопрос, но для полного ответа необходимо расширить орбиту наших представлений. Уже начинают проступать явственные контуры. Нужно будет пересмотреть такие понятия, как история, место и идентичность, но чтобы прояснить эти представления, потребуется изучить другие квантовые феномены. До сих пор мы рассматривали лишь однофотонные квантовые эффекты. Настало время сделать еще один шаг и приступить к рассмотрению двухфотонных и многофотонных феноменов, расширить орбиту наших представлений, чтобы создать новые возможности для создания правильного понимания.

Запутанный свет

Цель остается — мир понять.

Джон Белл

В очередной раз мы пойдём в направлении, подсказанном Эйнштейном. Глубоко озабоченный последствиями, вытекавшими из квантовой механики, Эйнштейн искал способ убедительным образом продемонстрировать ее незавершенность. По его мнению, квантовая механика давала лишь частичную картину реальности, куда более неуловимой и сложной на самом деле, большая часть которой оставалась скрытой. Если бы это было так, то своеобразность квантовой теории никого бы не удивляла. Квантовая теория никогда не прогнозирует

отдельные события, а лишь вероятность их появления. Но неполные знания всегда проявляются в неуверенности при прогнозировании, будь то за игорным столом в казино в Лас-Вегасе или при составлении метеосводок. Незнание приводит к случайности. А справедливо ли обратное утверждение: всегда ли неопределенность в экспериментальных результатах указывает на незнание? В XIX в. самонадеянный физик ответил бы положительно на этот вопрос: двусмысленные результаты всегда указывают на частичные знания. Эйнштейн утверждал, что для рациональности требуется совершенно определенная теория, а квантовая механика неоднозначна и потому не рациональна. Это не совсем корректная теория.

Для доказательства этого тезиса в 1935 г. Эйнштейн вместе с Б. Подольским и Н. Розеном еще раз прибегнул к блестящему мысленному эксперименту, значение которого для основ квантовой механики оказалось непревзойденным, в особенности, когда в 1964 г. его последствия были выявлены неизвестным, но решительным молодым физиком из Ирландии Джоном Беллом.

Физик сказал бы, что никто не внес такого важного вклада в разработку основ квантовой механики, как Джон Белл. Подобный статус объясняется, на мой взгляд, редким сочетанием истинной скромности, абсолютного мужества и несомненного таланта. Незадолго до безвременной смерти Белла в 1990 г. мне выпала честь организовать семинар по основам квантовой теории совместно с Джорджем Гринстайном, моим коллегой по колледжу Эмхерст; но именно благодаря готовности Белла участвовать в этом мероприятии собралось так много людей. В течение недели он выступал в качестве глубокого и радикального, но при этом добросовестного критика квантовой теории во время напряженного обсуждения ее основ. Семинар получился очень интересным, было не только практическое рассмотрение основных нерешенных вопросов в данной сфере, но и много шуток и музыки.

Как неоднократно подчеркивал Белл, несмотря на все ее значение (а мало кто знал это лучше, чем он), традиционной

квантовой механики просто недостаточно. Она будет чем-то заменена. Однажды Белл написал, что судьба квантовой механики становится очевидной при рассмотрении ее собственной внутренней структуры. При внимательном анализе открывается ее суровое будущее: "В ней самой уже заложены семена собственного разрушения"⁹. У Эйнштейна и Белла была сверхъестественная способность четко различать проблематичные свойства квантовой теории, и они оба неуклонно придерживались того мнения, что возможно более совершенное и истинное понимание природы. Некоторые из самых глубоких проблем квантовой механики впервые приоткрылись для экспериментального исследования на основе теорем Белла. Данные исследования теперь вполне завершены; они играют важную роль в современных попытках заново составить представления о свете и материи.

За годы, прошедшие после 1975 г., когда Белл доказал свои знаменитые теоремы, физики успешно провели мысленный эксперимент Эйнштейна 1935 г., который с тех пор называется "эксперимент ЭПР" в честь его создателей: Эйнштейна, Подольского и Розена. Этот эксперимент, если понимать его полностью по Беллу, переносит нас внутрь нового порядка вещей. В эксперименте ставятся вопросы о реальности, ищутся «реальные переменные» [be-ables] теории, как это называл Белл. Каковы реальные свойства, присущие предметам? Когда речь идет в особенности о свете, ответ приводит к намного более утонченному и, мне думается, прекрасному пониманию, чем когда-либо раньше. Начнем очень просто.

Объекты этого мира наделены свойствами: у ручки есть цвет, форма, масса и т.п. У каждого предмета должны быть какие-то четко определенные свойства, по которым мы его узнаем. Поэтому ручка не может быть красной или зеленой одновременно без того, чтобы человек не начал сомневаться в собственной вменяемости. Без осязаемых свойств предмет теряет свою идентичность; в каком-то смысле он исчезает. Эйнштейн ставил вопрос так: каковы реальные свойства квантовых объектов? По ним мы либо познаем их, либо не знаем их вообще.

Поскольку квантовые объекты — дело тонкое, необходимы такие средства для проверки их свойств, чтобы они были неизменяемыми, если воспользоваться медицинской терминологией. В конечном итоге, при отсутствии должной осторожности исследуемый объект может подвергнуться такому сильному потрясению, что изменится прямо на глазах у исследователя. Тогда, как будто смотрим через розовые очки, станет виден не цвет предмета, а цвет самих же очков. Чтобы избежать этой ошибки, Эйнштейн предложил следующее. Пусть объекты исследования будут парными, как однояйцевые близнецы, родившиеся вместе и неотличимые во всем, кроме одного признака. Продолжим аналогию с близнецами: пусть таким отличительным признаком будет родинка, скажем, слева под мышкой. Уже по одному этому признаку легко узнать, кто здесь “принц”, а кто — “нищий”.

Каждое утро близнецы встают, прощаются друг с другом и идут в противоположных направлениях к лабораториям в противоположных концах города. Один близнец (мы не знаем, какой) приходит к месту назначения чуть раньше другого. Ученый, который не знает, кто перед ним, проверяет наличие отличительного признака-родинки. В этот момент его неуверенность пропадает, поскольку он узнает того, кто перед ним. Он не только с уверенностью знает, кто стоит перед ним, но может также с абсолютной уверенностью без наблюдения за другим близнецом прогнозировать, кто появится через несколько минут в лаборатории коллеги. В каком-то смысле наблюдения за одним близнецом достаточно для того, чтобы выступать с истинными утверждениями об обоих. Ученые отслеживают полученные результаты, обозначая “нищего” (с родинкой) — “Х”, а “принца” — “О” (без родинки).

Ученый “А”	Ученый “Б”
1 февр. Х	1 февр. О
2 февр. О	2 февр. Х
3 февр. Х	3 февр. О
4 февр. Х	4 февр. О
5 февр. О	5 февр. Х
...	...

Отметим совершенное согласование; всегда, когда у одного — пометка “X”, у другого — “O”. Именно так мы ожидаем, будет происходить все в мире. Каждый из близнецов отправляется в одну из лабораторий; у одного есть родинка, у другого — нет, один — “нищий”, а другой — “принц”. В мире все в порядке.

Эйнштейн предложил квантовый вариант данного эксперимента, эксперимент ЭПР. Через 40 лет Белл доказал, что прогнозы квантовой механики и прогнозы любой альтернативной “локальной, реалистичной” теории отличаются конкретным, осязаемым образом. Важными словами здесь являются “локальный” и “реалистичный”. Что такое локальная, реалистичная теория? Это такая теория, которая дает объяснения, устраивающие нас. Это теория, основанная на здравом смысле. Более того, теорема Белла *очень* общая. В ней задействован не один конкурент квантовой механики, а выдвигаются все конкуренты, основанные на здравом смысле, одним махом! Ставки чрезвычайно высоки. На основании теоремы Белла один подходящий эксперимент может устранить все теории-конкуренты квантовой механики, основанные на здравом смысле.

Такие эксперименты были проведены, лучше всего это получилось во Франции у Аспе с коллегами. Они однозначно доказали правильность квантово-механических прогнозов, в отличие от прогнозов Эйнштейна основанных на локальных, реалистических теориях здравого смысла. Эксперименты приводят к необходимости отказаться от некоторых положений Эйнштейна о рациональности. Но остается вопрос: а от чего, именно? В свете праэксперимента ЭПР-Белла от нас требуется признание возможности более гибкого вида рациональности, чем это принято в традиционной науке. Нам нужно не отказываться от рациональности, а, скорее, необходимо расширить ее значение. Представления о рациональности были необоснованно ограничены из-за нашего пристрастия к механистической Вселенной. В конце концов, нам что, объявить математику квантовой теории “иррациональной”? Математика может спокойно производить поразительные вещи. Давайте вернемся к мысленному квантовому эксперименту Эйнштейна и посмотрим, каким образом можно подкрепить рациональность.

Вкратце: при проведении ЭПР-экспериментов в лабораториях вместо близнецов используются два фотона. Их производят одновременно, и у них также есть отличительный признак, или “родинка”, называемый поляризация. Более того, их производят особым образом, так что если один Х-поляризованный, то другой — О-поляризованный, или наоборот. Без проверки на поляризацию, как и в случае с близнецами, фотоны будут неотличимы друг от друга. Мы даем фотонам возможность направляться в противоположные стороны по направлению к удаленным датчикам, которыми можно измерить поляризацию. Прибывает один, проверяется его поляризация. Если окажется, что это Х-поляризованный фотон, тогда ученый, находящийся там, *знает*, что другой фотон — О-поляризованный. Проведем этот эксперимент много раз. Как и раньше, обнаруживается, что данные, поступающие от двух датчиков, точно согласованы; на каждый “Х” есть соответствующее “О”, а на каждое “О” — “Х”. Эйнштейн утверждал, что любой признак, для которого возможны такие прогнозы, — это *реальный* признак света; значит, он существовал еще до того, как были проведены соответствующие измерения. В конечном итоге, как могут отдаленные действия по отношению к одному из близнецов, или фотону, мгновенно повлиять на свойства второго? Воздействия проявляются локально, а не на расстоянии. Для того чтобы повлиять на объект на расстоянии, определенный сигнал должен пройти все расстояние, а на это уходит время. Опять же, это продиктовано здравым смыслом — наглядной характеристикой любой добротной теории, согласно Эйнштейну. Он назвал это “локальностью”. Теории, основанные на здравом смысле, реалистичны и локальны.

Выпеприведенные корреляции подобны тому, что в этой связи говорилось о близнецах. Весьма естественно, что наша начальная интерпретация такова, что все это означает, что каждый фотон *действительно* поляризован с самого начала, аналогично тому, как у каждого близнеца от рождения либо есть родинка, либо ее нет. Все это вполне логично; именно таким образом и должен быть организован рациональный мир. К сожалению, для связанных квантовых частиц дело обстоит совершенно иначе! Квантовые признаки не разделяются так

четко, наши действия нельзя локализовать так безошибочно. Белл и недавние ЭПР-эксперименты безжалостно подтверждают эту истину. В общем, *не* при всех обстоятельствах световые корреляции будут соответствовать корреляциям близнецов. Теорема Белла указывает на эти особые обстоятельства, при которых локальные реалистические теории отличаются от квантовой теории, и последующие измерения явно указывают на верность квантовых прогнозов. Здравый смысл неоспоримо нарушается, но каково значение данного нарушения?

Эйнштейн считал, что у всех предметов есть такие реальные, устойчивые признаки, как цвет, поляризация и траектория перемещения. ЭПР-эксперименты, в особенности недавние, проведенные Аспе с коллегами во Франции¹⁰, измеряют признаки поляризации фотона при различных ориентациях датчиков. Их результаты вкупе с теоремой Белла убедительно демонстрируют, что *нет локального, реалистического* способа интерпретации поляризованных корреляций! Эксперименты и логика, приводящие к такому заключению, убедительны. Из них вытекает требование в корне пересмотреть и создать новую формулировку того, что мы считаем светом. Для более четкого разъяснения колоссальных последствий этих основных экспериментов рассмотрим их значение для теоретического истолкования. Опять же, возьмем два ведущих направления. Оба станут важным подспорьем при размышлении о прафеноменах светового кванта.

Первым и наиболее частым доводом является то, что парные фотоны *вовсе* нельзя рассматривать как отдельно поляризованные (т.е. отмеченные) с рождения! При таком понимании квантовой механики каждый фотон из любой пары не наделяется признаком поляризации по отдельности, этот признак каким-то образом становится коллективным или целостным свойством нового вида предмета. Вот пример, когда целое строго научно *не* является простой суммой слагаемых. Назовем этот подход "квантовым реализмом". При таком подходе невозможно, не впадая в абсурд, представить два разъединенных фотона, перемещающихся в пространстве, чтобы у каждого из

них была особая и стойкая поляризация. Квантовая реальность иная; сепарабельность утрачена, а отношение части и целого отличается от формулировки Канта для неорганического мира. Как только произошло взаимодействие двух объектов на квантово-механическом уровне, они становятся новой единой, “запутанной” сущностью, как это называл Шрёдингер. Новое, запутанное состояние света не перемещается в традиционном смысле, а выделяется более целостным образом, сохраняя свою двойственную природу в течение всего процесса.

Здесь возникает серьезная проблема, которую выявили еще в самом начале развития квантовой механики. Если квантовая реальность усложнена так неожиданно и таким неувидимым образом, почему тогда мы зрительно воспринимаем чувственную реальность как нечто отдельное и высвобожденное? Это “проблема измерения”. Квантовая реальность целостна, все остается единым, пока не начнутся измерения. Тогда каким-то образом то, что было единым, становится двойственным; то, что было запутанным целым, становится высвобожденным и частями, и это происходит мгновенно. В случае с парными фотонами в ЭПР-экспериментах точная поляризация обнаруживается на одном датчике, и, более того, отдаленный парный фотон синхронно появляется с точно коррелированной поляризацией! Двусмысленное, запутанное состояние как-то сокращается, и это происходит в мгновение ока на сколь угодно больших расстояниях. Очевидно, нарушается условие Эйнштейна о локальности. Как в традиционной квантовой теории объясняется такая целокальная редукция запутанного света из-за простого факта измерения? Объяснений нет. И в прошлом, и в настоящем выдвигалось множество предположений, но еще ни одно не смогло убедительно объяснить проблему измерения. Если квантовая реальность существует, тогда переход от нее к чувственно воспринимаемой реальности — чудодействен. На этом этапе несколько физиков и философов, включая лауреата Нобелевской премии Юджина Вигнера, вводят фактор активного участия сознания. Чудодейственная редукция, считают они, происходит за счет действия разума в момент познания. Только при полном включении этого фактора, утверждают они, можно дать объяснение процессу познания.

Отходя от проблемы измерения, по крайней мере, на время, можно поискать более надежную основу для природы света. Как показывают эксперименты с фотонами, признак поляризации не обладает единственной, стойкой “локальной реальностью” в том виде, как это понимал Эйнштейн. Может быть, проблема идентичности ЭПР связана лишь с признаком поляризации. Свет определяется иными характеристиками, чем поляризация, которые (надеемся) и не допускают подобной двойственности. Может быть, эти иные признаки окажутся более устойчивыми, более точными и менее иллюзорными. Для массивных частиц, например, признак электрического заряда не представляет собой ничего двусмысленного (так называемое “правило суперъбора” предписывает, что заряд никогда не проявляется в запутанном состоянии). Но у фотона нет ни массы, ни заряда. В действительности, для формального определения света используются лишь четыре признака: поляризация, длина волны, направление и интенсивность. Мы уже убедились, что траектория перемещения фотона неясна, поэтому признак направления ничуть не лучше поляризации. Эксперименты демонстрируют, что длина волны (т.е. цвет) и интенсивность подвержены точно такой же участи, что и поляризация¹¹. Все может стать запутанным: один цвет может перемешаться с другим и т.д. Вывод: нет ни одного однозначно определенного признака света! Современные квантово-оптические эксперименты ставят под сомнение основополагающие концепции, имеющиеся у нас о сепарабельной атомистической структуре мира. Более того, многое из этого можно сказать и по поводу материальных частиц. Например, даже массу предметов можно поместить в то же запутанное состояние суперпозиции, которое проявляется в случае со светом.

Насколько все это серьезно? Чрезвычайно. Если *это так*, а это так, тогда все подразумевает, что есть сегменты реальности (при условии, что есть реальность), где признаки не отображаются просто на предметах. Это подобно тому, как если бы нашли предмет, у которого нет никакого определенного цвета, формы, размера, массы и т.д. Нет ничего определенного, но при этом сохраняется очень явная конкретика предмета. Каковы признаки света? Это кажется простым вопросом, и кван-

говая теория дает, на первый взгляд, простой ответ: поляризация, длина волны, направление и интенсивность. При более вдумчивом подходе, однако, выявляется, что в квантовой реальности с признаками света обращаются иначе, чем в чувственно воспринимаемой реальности. У чувственно воспринимаемых предметов должны быть четко выраженные признаки. Свет, рассматриваемый квантово-механически, не нуждается в таких свойствах. Его признаки более целостны; в общих случаях они существуют в неразрывных или запутанных сочетаниях, по крайней мере, до момента измерения, какую бы форму они ни принимали.

Со времен Галилея, Декарта и Ньютона наука ищет "первичные качества" вещей, т.е. однозначные и неразложимые свойства реальности. Органы чувств обеспечивают лишь вторичный опыт, но за ними, утверждают ученые, находятся первичные качества протяженности, или массы, или плотности, и т.п. Каковы первичные качества света, которые обеспечивают его совершенно определенное существование? Поразителен ответ, который дает квантовый реализм: таковых нет. Свет исчезает как стойкая, четко определенная локальная сущность. На его месте появляется неуловимый, запутанный объект, в котором условно находятся все четыре квантовых качества до неизбежного акта измерения.

Как реагируют физики на подобные метафизические выводы? Большею частью так, как назвал это Белл, "с чисто практической точки зрения". Они говорят, для действий у нас есть практика, и было бы лучше отказаться от надежды на обретение объективной картины реальности, — такое предложение усиленно выдвигал Бор. Методы, заложенные в квантовой теории, адекватны, "с чисто практической точки зрения". Считается, что проблемные области не так уж обширны и в большинстве случаев лежат в сфере философии, и часто можно заставить их почти обратиться в ноль (хотя они никогда не исчезают полностью); поэтому физики "с чисто практической точки зрения" будут вполне достаточно. Шрёдингер выступил с яростным опровержением.

Широко распространенное мнение [Бора] гласит, что объективной картины реальности — в любом традиционном смысле этого термина — вовсе не существует. Только оптимисты среди нас (и я причисляю себя к ним) рассматривают данный тезис как философскую нелепость, порожденную отчаянием при столкновении с серьезным кризисом. Мы надеемся, что колебания концепций и мнений лишь указывают на стремительный процесс трансформации, которая в конечном итоге приведет к чему-то лучшему, чем нагромождение формул, которое сегодня окружает наш предмет¹².

Серьезный кризис не исчезнет, если его просто игнорировать. Вот семена саморазрушения, о которых упоминал Джон Белл, называя их латентными элементами самой квантовой теории. Кроме того, существует множество интересных направлений для исследований, увлекательных выводов, которые нужно довести до конца, даже если они и не укладываются в традиционные рамки реализма, основанного на здравом смысле. В конце концов, может оказаться, что мир рационален, но его структуры куда более разнообразны, чем те, что открываются органам чувств.

Следует воспринять совет Белла, Эйнштейна и стольких многих прочих: сознательно воспринимать то, с чем мы сталкиваемся, лицезреть ясно и внимательно и быть готовым круто изменить самые привычные способы видения.

Попадая на глаз, свет вызывает зрение. До этого момента свет существует в своей собственной вселенной, все его естественные свойства содержатся в нем самом. Как мы видели в предыдущей главе, даже пространство и время теряют свое значение, когда воображается перемещение со скоростью света. Тогда исчезают временные и пространственные интервалы. Когда свет касается каждого атома, он окутывает атомную предысторию своей собственной среды, еще более запутываясь. Парадоксально, что по мере протекания этого процесса эффект результатов ЭПР-экспериментов в каком-то смысле сокращается. Обычно квантовая теория прогнозирует самые

значительные отклонения от того, что продиктовано здравым смыслом, для простейших запутываний света. Квантовые эффекты, как правило, ослабевают по мере возрастания сложности, исчезая с чисто практической точки зрения. И все же даже это не всегда оказывается верным, и когда так происходит, эффект только увеличивается.

Каждый эксперимент по однофотонной интерференции, каждый двухфотонный ЭПР-эксперимент и многие эксперименты, которых я даже не касался, также проводились с материей, т.е. с электронами или другими атомными частицами. Например, нейтроны, незаряженные частицы атомного ядра, в последнее время используются в поразительных демонстрациях дуализма “волна-частица” точно таким же образом, как я описывал в случае с фотонами¹³. Совсем недавно несколько экспериментально-исследовательских групп использовали атомы, во много раз превосходившие нейтроны по массе, и помещали их в состояния суперпозиции, в которых демонстрировались те же эффекты интерференции, что и в случае с фотонами, лишенными массы¹⁴.

К тому же на сегодняшний день проведено достаточно много-частичных экспериментов, которые убедительно показывают, что поразительные эффекты, вызванные запутанными состояниями, не всегда уменьшаются при возрастании количества частиц. В экспериментах в научно-исследовательском центре Уотсона компании “Ай-Би-Эм”, проводимых Веббом, Теше и Вошберном, миллиарды электронов были вплетены в совокупность запутанных состояний, чтобы произвести впечатляющие квантово-механические явления¹⁵. Высокотемпературные сверхпроводники также сулят приблизить такие совокупные квантовые состояния еще ближе к повседневной жизни. Отдаленность квантовых парадоксов может оказаться недолговечной. Как тогда мы станем понимать наш мир?

Квантовый реализм утверждает, что мир действительно таков, как описывается в традиционной квантовой механике. Такие свойства фотонов, как траектория перемещения и поляризация, не существуют должным образом до момента измерений. В тот миг неясность исчезает в силу действия механизмов, до сих пор нам неизвестных. При таком подходе возникает

множество проблем, но какие есть альтернативы? Имеется несколько, но, на мой взгляд, самой стойкой была и, вероятно, останется теория Дэвида Бома, упоминавшаяся ранее.

Для каждого эксперимента, проведенного на сегодняшний день, у Бома есть логичное теоретическое обоснование. В каждом случае "реальный" фотон проходит по реальному пути с реальной поляризацией и длиной волны. Запутанность квантового реализма является, с его точки зрения, запутанностью не квантовых частиц, а введенного им квантового потенциала. На этом основана новая физика квантовой механики, включая таинства нелокальности. Электрон, нейтрон или фотон ведомы этим призрачным полем. Если допускать существование квантового потенциала, тогда Бом может дать объяснение любого эксперимента с дополнительным преимуществом того, что принимать во внимание можно даже измерения! Мир чувственно воспринимаемой реальности, частиц и полей очень напоминает тот, которым он всегда был, но Бом интерпретирует его как проекцию намного более утонченного, "имплицитного порядка"; целостность ЭПР и запутанность — важные аспекты его природы.

Точка зрения Бома привлекательна, по пужны сторонники, готовые принять те, в корне новые выводы, которые она подразумевает. Среди них и квантовый потенциал, и существование источника энергии внутри всех элементарных частиц. Бом утверждает, что квантовый потенциал не "толкает" и не "тянет" объекты так, как это происходит под воздействием других сил (например, силы тяготения), а, скорее, квантовый потенциал "информирует" их движение подобно тому, как маневрами дистанционно управляемой модели самолета можно управлять с земли. Для того, чтобы послать сигнал ЛА, нужно минимальное количество энергии, но последствия получения этого сигнала могут быть самыми кардинальными. Поведение квантов аналогично движению такого ЛА, ими руководит квантовый потенциал.

Здесь возникает несколько проблем. Не было обнаружено никаких непосредственных доказательств существования квантового потенциала. Маломощные электромагнитные сигналы, руководящие моделями самолетов и беспилотными

космическими станциями, можно зарегистрировать с помощью высокочувствительных приборов, поскольку они сами находятся на борту. Несмотря на экспериментальные исследования, почему до сих пор не обнаружено “призрачное поле” квантового потенциала? Если оно реально, то оно должно передавать, по крайней мере, хоть какое-то количество энергии получающей частице. Эту энергию следовало бы тогда обнаружить, но этого еще не произошло. Более того, у модели самолета есть двигатель и сервоприводы, расположенные в ней самой. Они управляются информацией, передаваемой с помощью радиосигнала. Из теории Бом следует, как он сам говорил, что у каждой элементарной частицы есть внутренний “двигатель”. На одном уровне частицы кажутся инертными, но на уровне кванта они — “само-двигатели”. Тем не менее, все имеющиеся экспериментальные данные, даже включая самые высокие энергии и наимельчайшие размерности, не дают никаких доказательств существования структуры в электроне, или “двигателей” внутри элементарных частиц. Для большинства физиков почти невозможно представить себе двигатель внутри фотона или электрона, или то, что призрачный квантовый потенциал может быть таким повсеместно распространенным и одновременно таким неуловимым. Им легче принять подход “с чисто практической точки зрения” и квантовый реализм, даже с учетом проблемы измерения. И все же, на мой взгляд, Бом предлагает реальную альтернативу, даже если и очень, очень немногие присоединились к нему в исследованиях физики имплицитного порядка¹⁶.

В любой из этих теорий, будь то концепция Бом или квантовый реализм, происходит коренной перелом представлений о мире. Это называется неброским именем “нелокальность”, но за ним кроется настоящий переворот в мышлении. Из этого не возникнет новых прогнозов, не появятся новые технические изобретения, но при серьезном отношении потребуются то, о чем на протяжении столетия умоляли Гете, Торо, Уитмен и тысяча других: воспринимать мир в целостности. Как это сформулировал Фрэнсис Томпсон:

*Все в мире ... связано:
К цветку не прикоснуться,
Не разбудив далекую звезду.¹⁷*

Если в одно прекрасное утро, проснувшись, мы увидели бы мир таким образом, мы бы испытали потрясение всеми фибрами души. При условии, что после этого мы не “подвинемся” рассудком, взаимоотношения между “я” и “ты”, человеком и планетой, моими и твоими действиями претерпели бы коренные изменения. Из теории нелинейных систем Эдварда Лоренца возник так называемый “эффект бабочки”. Порхание бабочки в Рио-де-Жанейро может в действительности изменить климат в Японии. Если хаотическая динамика показывает крайнюю чувствительность нашего мира, квантовая физика открывает его глубочайшую тесную взаимосвязанность.

Каждое представление о свете — это лишь часть более общих, обусловленных культурой представлений о мире и человеке. Не стоим ли мы сейчас на пороге такого нового представления, и сможет ли такое представление поддерживать истинную экологию мира человека, царства животных, растений и минералов? В последние десятилетия свет принимает новую и неуловимую форму; можно лишь надеяться, что это только симптом более крупного эволюционного изменения в структуре наших представлений, которое поддерживает появление экологически направленного сознания.



Если попытаться представить свет без определенного цвета, направления распространения и т.п., понимаешь, как мучительно шел процесс поиска изображения Бога у средневековых богословов и художников, начинаясь по-новому ценить их выбор света как признака Божественного. В существовании Бога не сомневались, споры велись о том, как Его изобразить. Все, что становилось определенным в высказываниях о Нем или в Его изображениях, по необходимости было лишь частичным и потенциально вводящим в заблуждение. Даже такой простой вопрос, как местопребывание Бога, где находится Бог, был полон опасностей. Довольно удивительно, что со светом возникает такая же трудность в том, что касается его происхождения. Мы

видели, как неуловимо переплетаются другие его признаки, но что делать с простым чувством его нахождения? Как будет показано в следующем разделе, для света само понятие места теряет значение в большей степени, чем для всего остального.

Место света

*Обозрел ли ты широту земли?
Объясни, если знаешь все это.
Где путь к жилищу света,
и где место тьмы?*

Книга Иова, 38:18-19

В истории о сотворении мира до того, как вообще что-то могло произойти, Гесиоду приходится создать пространство для лелеяния, наполненное возможностями, называемое Хаос. В древнегреческом корень этого слова означал “брешь”. Тогда в месте, предоставленном Хаосом, зародилась “широкогрудая Гея”, как ее называет Гесиод, “всеобщий приют безопасный”¹⁸. Место земли было сотворено до появления самой земли.

У всего должно быть местонахождение, место, где оно есть. Аристотель заявлял: “Так же как относительно бесконечного, физику необходимо уяснить и относительно места — существует оно или нет, и как существует, и что оно такое”¹⁹. Что же тогда место света? Можно предположить, что с учетом фотоновой концепции света напрашивается однозначный ответ; но квантовая теория и эксперименты опять сговорились сделать местонахождение света совершенно неуловимым.

В одной важной работе 1949 г. Юджин Вигнер и Т. Д. Ньютон, работавшие тогда в Принстоне, обратились к рассмотрению места элементарных квантовых частиц: электронов, протонов, мезонов и фотонов²⁰. Их интересовали “локализованные состояния”, другими словами, они пытались найти четкий способ определения положения частиц внутри формальных математических представлений квантовой механики. Все начиналось довольно хорошо. С элементарными частицами, у

которых была масса, типа электрона и нейтрона, не возникало никаких особых проблем. Однако, когда ученые обратили внимание на свет, возникла непредвиденная заминка. Они отметили, что свет отличается; им не удалось найти ни одного математического объекта в рамках квантовой теории, который бы должным образом соответствовал понятию места или положения в том виде, как это было известно. Данное наблюдение, вызвавшее проблему в определении места света учеными, существует и по сей день.

В анализе работы лазера Марлан Скалли, Марри Сардженг и Уиллис Лэмб дали подробное описание того, как свет отражается “вперед-назад” между двух зеркал лазерного резонатора. Если представлять свет корпускулярным, мы бы, естественно, представили себе какой-нибудь теннисный матч, в котором световые мячики прыгают “вперед-назад” в лазере. Но это не так! Прочитируем ученых: “Фотоны не локализованы ни в каком определенном месте и времени внутри резонатора, как расплывчатые шары; скорее, они рассеяны по всему резонатору. В действительности, никогда не существовало удовлетворительной квантовой теории фотонов как частиц”²¹.

За последние 60 лет к квантовой теории света неоднократно обращались, пытаясь найти местоположение света. И всякий раз теория отрицала то, что она в других случаях с готовностью предоставляла для массивных частиц. Почему свет так упорно не дает узнать свое местоположение? Похоже, что ответ связан с поперечно направленной природой электромагнитного поля. Вспомним, как Френель открыл, что поляризацию можно объяснить лишь при условии, что свет рассматривается в виде поперечной волны. Это очевидное наблюдение при переносе в квантовую теорию делает невозможным определение местоположения.

Это не означает, что место света вовсе не имеет значения с точки зрения здравого смысла, но оно всегда ограничено особым образом. За последние годы было проведено несколько остроумных экспериментов, во время которых пытались установить положение света тем или иным образом. Один из наиболее интересных и простых для понимания — это то, что называется голография “скользящего света” [“light-in-flight”, LIF].

Впервые продемонстрированный Нильсом Абрамсоном в 1978 г. в Швеции, данный метод был с тех пор разработан до такой степени, что в результате могут быть произведены “быстропротекающие изображения” движущихся световых импульсов не толще волоса²². И все же то, что здесь наблюдается, — это волновой фронт, а не частица света, то есть должным образом определена лишь одна пространственная координата. Напротив, у массивной частицы есть четкие величины для всех трех пространственных координат. Свет не таков.

В результате последних интересных разработок ЭПР-эксперимент был подключен к вопросу о местонахождении не только света, но любых элементарных квантовых систем. В 1989 г. в университете Джонса Хопкинса Дж.Д. Фрэнсон предложил вариант ЭПР-эксперимента, в котором данным неуловимым атрибутом является не поляризация фотона, а время его эмиссии. Продолжая аналогию с близнецами, подобная неопределенность была бы во времени их выхода из дома. Важно осознавать, что не просто неизвестно время выхода близнецов из дома, а все куда более радикально: время выхода *не существует* в качестве совершенно определенной характеристики близнецов. Неопределенность во времени создания фотона или частицы приводит к параллельной неопределенности в том, что касается его (ее) местонахождения. Аргументация Фрэнсона применима не только к таким массивным частицам, как электроны и нейтроны, но и к свету до тех пор, пока они находятся в запутанном состоянии. Но в дополнение к основной неопределенности, подразумеваемой в силу его тезисов для всех частиц, у света появляется дополнительная проблема — даже в “распутанном” состоянии концепция местонахождения неприменима.

Сейчас должно стать очевидно, что природа света уникальна сама по себе. Любые естественные допущения, на которые мы идем в применении к свету, допущения, близкие нам из повседневной жизни, приводят к ошибкам. При обращении к свету мы входим в иное измерение, и нам нужно научиться освободиться от того, что нам дорого из прошлого, а держаться лишь прафеноменов света на всех уровнях, доходя до кванта. Частицы, волны, местонахождение... все нужно оставить, как

грязную обувь на пороге храма. Свет внутри — иного порядка, чем те предметы, которые находятся вовне; он вдохновляет нас на размышления более тонкого уровня, чем те, которые приходят в голову на рынке. Мы стоим, подобно Брунеллески, в портале между святиной и базарной площадью. Он выискивал геометрию зрения; мы обращены внутрь, погружены в морфологию света. Из союза наших незашоренных представлений с твердыми фактами о свете в результате появится более глубокое проникновение в его суть.

Современный художник Джеймс Таррелл сказал: “Свет не столько что-то раскрывает, сколько он сам — откровение”. Смысл в том, чтобы обращать внимание не на предметы, освещенные светом, а на сам свет. Нужно время, чтобы научиться работать со светом, жить с ним, понимать его и вникнуть в него.

Таррелла справедливо называют “скульптором света”, он создает инсталляции из чистого света. Его произведения — это архитектурные пространства, лишённые всего, кроме самого необходимого, с тем, чтобы сам свет мог стать предметом. Все ведет к свету. Таррелл рассматривает свою работу со светом как попытку “создания опыта бессловесной мысли”, подключения к нематериальной реальности. “Меня интересует невидимый свет, свет, воспринимаемый лишь разумом. Такой свет, который не тускнеет, когда подключаются чувства восприятия. Мне хотелось бы рассмотреть свет, который мы видим во сне...”²³ Я также хотел бы, чтобы каждый из нас стал “скульптором света”.

Таррелл ощущает мистериальную сущность тонкого могущества света и оформляет художественные формы с помощью этой энергии. У света, говорит художник, “есть свойство, которое кажется неосознаваемым, хотя оно и ощущается на физическом уровне. Люди часто пытаются дотянуться до него и потрогать. Мои произведения посвящены свету в том смысле, что свет есть, и он — там; сама инсталляция создана из света. Речь идет не о свете или его изображении, здесь мы имеем дело с самим светом. Свет это не та субстанция, которая что-то

там открывает, он сам — откровение”. В данной главе, как и в предшествующих, я пытался аналогичным образом показать самоотверженные, всеприсущие, но неуловимые проявления света.

Я пишу о жизни света, нам самим нужно составить представление о его сути. Абстрактно это сделать не получится, мы добьемся успеха лишь в том случае, если сумеем объединить все грани света, открывающиеся нам, переходя от одного аспекта к другому, вечно спрашивая, что же это такое, что может проявляться так по-разному? Мы наблюдали за теми изменениями, которые происходили по мере того, как свет представляли присутствием божества, а потом материальным предметом, мы видели, как тело света стало еще более неуловимым, нематериальным и парадоксальным. Каждое свойство света может стать и становится переплетенным, запутанным и нелокальным. Цвет, местонахождение, поляризация, интенсивность... все, что по традиции служит для определения света, теряет свое общее значение; нужно новое наименование. Анализируя жизнь света, мы лишь мельком можем прикоснуться к его сути, это можно сравнить с тем, как когда держишь в руках оперившегося птенца, готового взлететь. Он соответствует воздуху и пространству, а земли касается неуклюже. Следуя за ним в полете, двигаясь со светом, кажется, что нас окутывает его таинственная природа, одновременно находящаяся и здесь, и там; связующая ткань, сплетающая воедино все существующее; целое, части которого сами являются целым; предмет, для которого исчезают и время, и пространство. Мне его не описать, моего воображения хватит лишь для того, чтобы коснуться его окаймления, но я точно знаю, что в его сердцевине, кажется, живет изначальный, или “первый”, свет, в котором находится мудрость, та мудрость, что согрета любовью и вызвана жизнью. Вокруг него воздвигнуто здание с множеством комнат, и наши блуждания по нему не исчерпали его сокровищ.

По мере того, как мы покидаем обширные владения света, небеса тускнеют, и тихо опускается тьма. Внутри этой тьмы до нас доносится еле слышный полусшепот, тихий голос рассказы-

вает еще об одной грани света, о которой мы и не подозревали, поскольку даже в полной тьме мерцает его сила.

Темный свет

*Тем не менее, тайна и проявления
происходят из одного источника.*

Этот источник называется тьма...

Тьма внутри тьмы, ворота к пониманию всего.

Лао Цзы

18 мая 1885 г. французского поэта Виктора Гюго сразил апоплексический удар, ему было тогда 83 года. Через четыре дня во время агонии он, подобно Гете, заговорил о свете, сказав: "Вот борьба дня против ночи". В последних словах Гюго продолжалось то, что он делал всю жизнь: поиски в крошечной тьме человеческой природы ее самых ярких сокровищ. Он прошептал, умирая: "Вижу черный свет".

Есть ли какой-нибудь свет во тьме? Ночь пуста и мертва, или в ней также таится куда больше, чем видно на первый взгляд? Если бы мы, доверяя словам поэтов в достаточной мере, задали такой вопрос, их ответ был бы единодушным. Будь то Новалис, Гете, Гюго или Нерваль, ночь всегда манила поэтов пуститься в плавание в ее бездонных морях. Под темными волнами от каждого взмаха весла вспыхивают тысячи искр, как биолюминесцентное свечение в кильватере судна. Темные моря сияют в поэтическом воображении, и странствия в поисках возвышенного начинаются на пороге тьмы. Французский поэт Жерар де Нерваль написал об этом так: "Пытаясь отыскать очи Господни, я увидел обширную сферу, черную и бездонную, из которой ночь, населяющая ее, сияет в мир и продолжает углубляться"²⁴. Ночь сияет своим собственным темным светом, уещевая барда в этом сиянии узреть око Бога.

Не доверяя поэтическому восприятию, мы обращаемся к физике за взвешенным советом, и нас, возможно, удивит, что физики тоже говорят о свете в крошечной тьме. Я рад, потому что я бы всех физиков сделал поэтами. И все же, что такое темный свет в физике, как его понимают ученые?

Во время совместной прогулки в 1948 г. голландский физик Х. Б. Г. Казимир поведал Нильсу Бору о сложных расчетах, только что проделанных им. Они были связаны с возможностью существования силы притяжения между двумя незаряженными металлическими пластинами. Расчеты были длительными и трудными, но, на удивление, результат, в конечном счете, оказался поразительно простым. Взаимное притяжение пластин обратно пропорционально 4-й степени расстояния между ними. Как что-то настолько простое могло появиться в результате такого сложного анализа? Казимир отнесся к этим результатам с недоверием. Бор с ним согласился и указал ему совершенно неожиданное направление. Расчеты Казимира были направлены на изучение механизмов, в соответствии с которыми движение атомов в металлических пластинах может индуцировать непредвиденные электромагнитные поля и, таким образом, притягивать находящуюся поблизости пластину²⁵. Казимир использовал (тогда еще сравнительно новую) квантовую теорию Шрёдингера и теорию относительности Эйнштейна, но Бор предложил ему отойти от пластин и обратиться к пустому пространству вокруг них. За 25 лет до этого такой совет был бы бессмысленным, но за прошедшее время была разработана полная квантовая теория света (квантовая электродинамика), и одной из ее черт было новое понимание вакуума, пустоты.

Если раньше вакуум понимался как абсолютная пустота — без материи, без света, без повышения температуры, то теперь считалось, что там есть остаточная невидимая энергия. Если устранить все свойства, довести температуру до абсолютного нуля, все равно остается вакуум, а в нем мерцает особый вид света. Называемая “энергией нулевых колебаний вакуума”, она кажется важной частью теории квантового поля. Бор предложил Казимиру заняться этим направлением, вакуумом, чтобы отыскать силу, действующую между двумя металлическими пластинами. Казимир последовал пророческому совету Бора и в вычислении, занявшем две страницы, он нашел изящное решение проблемы, так долго мучившей его²⁶. После расчетов Казимира было экспериментально показано, что сила действует именно так, как он предполагал.

Не вдаваясь в подробности квантовой электродинамики (или КЭД), можно все равно выделить некоторые особенности данных расчетов, которые дают возможность нового понимания пустоты. Согласно КЭД, после того, как из пространства убираются все материальные свойства и весь свет, по-прежнему в нем остается некая бесконечная энергия. Поскольку данную энергию невозможно выделить из вакуума, теоретики отбросили ее, как чудные помехи в данной теории, не играющие важной роли, пока Казимир не представил результаты расчетов. Поместив две параллельные проводящие пластины в вакуум, Казимир показал, что можно изменять структуру вакуума. При движении одной из пластин происходит очередное изменение.

Можно рассчитать энергию нулевых колебаний пространства между пластинами при отделении обеих пластин. В обоих случаях это — бесконечность! Однако Казимир осознал, что при тщательном вычитании одной бесконечности из другой можно прийти к конечным результатам. Бесконечность минус бесконечность может в некоторых случаях дать логичный, конечный результат. Расчеты оказались важными не только для конкретных прогнозов, которые стали возможны, но также и потому, что они показали физикам, как устранять бесконечности, появляющиеся в расчетах КЭД²⁷.

Исходя из цели нашего исследования, скажем, что из проблемы, которую решал Казимир, вытекает иной способ понимания тьмы. Тьма может быть намного насыщенней, намного более неуловимо структурированной полнотой, чем это считалось до сих пор. Последние теории и эксперименты только подкрепляют такие догадки. Даже в самой густой тени мы ищем и, быть может, находим спрятанный свет.

Для Виктора Гюго тьма была двуликим существом: с одной стороны — падшим исламским ангелом и искусителем человека Иблисом, с другой — божественным человеческим существом, которое он называл Христом. Оба принадлежат ночи: одному свойственна пустота отчаяния, другому — истинное утешение, приносимое состраданием. Ключ к любому из них — в нас

самих. Когда Гюго было 75 лет, он написал о тьме, держащей в руках ключ²⁸.

*О, тьма, небо — улылый забор,
Ты калитку закрыла, а ключ — у души;
Ночь потолам разделилась, между дьявольским сонмом и
святостью,
Между Иблисом, ангелом падающим, и Христом, человеком с небес.*

Она пуста, и все же внутри, за ее улылым забором живет священное, звездное Человеческое Существо.

Мы охватили колоссальный период истории естественно-го развития света как в мире науки, так и в мире сакрального. Как ювелир, всматривающийся в грапи бриллианта, мимолетные цвета которого изменяются при малейшем повороте, так и мы всегда держали свет прямо перед собой, медленно вращая его перед глазами. Свет принимал тысячи форм, меняясь в ходе нашего рассмотрения, как древнегреческий бог Протей. Но несмотря ни на что, это по-прежнему единая сущность. Перефразируя Гердера, можно сказать: “То, что можно назвать жизнью в любых формах и во всех живых существах, есть один и тот же дух, единственное в своем роде пламя”²⁹.

Однако по всему спектру этого единственного в своем роде пламени всегда находится меняющийся лик. Сначала у него был вид древнего египтянина, потом — древнего грека, последователя манихейства, катара, епископа-схоластика... физика и паш. В каждой культуре были свои вопросы, определявшие ее богатством, ограничениями и царившими представлениями, а пламя, единственное в своем роде, зажигало каждую культуру, соответствуя ее природе. История света не постепенное продвижение к истине, она не останавливается на релятивизме, лишаящем смысла любое исследование. Каждой культуре присуще глубокое пропикновение в тайны света; у истины — множество мест обитания. История света — зеркальное отражение истории разума, она продолжает создавать новые измерения для новых душевных импульсов.

При изучении света мы снова и снова обращаемся к самопознанию. Таким образом, мы раскрываем эволюцию данного познающего сознания: ведь мы его так высоко ценим, но его жизни и развитию мы часто уделяем недостаточно внимания. Если мы согласимся с направлением изменений его сути, куда нас тогда поведет разум, какие возможности откроются для его сознательного культивирования, и какими станут новые плоды будущего осознания света?

ВИДЕНИЕ СВЕТА

Наша единственная задача в этой жизни — возродить око сердца, посредством которого можно узреть Бога.¹

Блаженный Августин

“Господня слава [свет] всюду разлита по степени достоинства вселенной”, — написал Данте в “Божественной комедии”². В Средневековье считалось, что по мере проникновения света сквозь каменные чертоги и окна, возвеличиваются города и деревни, создаются готические соборы. Свет и геометрия были неразрывными элементами этих сакральных строений. Впервые в истории была создана такая архитектура, которая могла освободить стены от структурной нагрузки с тем, чтобы они становились украшенными драгоценными камнями оболочками Града Божьего. Сакральной геометрией определялась форма, но свет, подобно дыханию, которое Господь вдохнул в Адама, вносил в соборы жизнь, наполняя их, как лоно Богоматери было наполнено Светом Человечества.

Как явствует из писаний св. Бернарда, свет, струящийся через витражи, — это буквальное воспроизведение того, как был зачат и родился младенец Иисус у Богоматери. В обоих случаях сфера материального была пронизана, но не нарушена. “Подобно тому, как чистый луч проходит через стекло окна и выходит неискаженным, обретая цвет стекла... Сын Божий, проникший в целомудреннейшее лоно Богоматери, вышел чистым, приобретя цвет Богоматери, то есть природу человека и привлекательность человеческой формы, в которые он облачился”³.

Физический и духовный миры были единым целым в священном пространстве собора; свет играл всдушую роль в таком унитарном представлении о Боге в царстве человека. Выдающийся специалист по истории готического искусства Отто фон Симсон пишет:

Используя возвышенную теологию света, церковная служба, должно быть, создавала у прихожан видение евхаристического таинства, когда божественный свет преображался, проходя сквозь тьму материи. В том физическом свете, который освещал алтарную часть собора, казалось, что эта мистическая реальность становилась доступной органам чувств. Различие между физической природой и теологической значимостью преодолевалось за счет понятия света вещественного как “аналогии” света божественного.⁴

У света есть разные уровни, в любой момент могут быть задействованы несколько из них. Некоторые (отголоски прошлого) могут быть нам чужды, а когда они объединяются с другими, более нам привычными, мы приходим в замешательство. И все же, несмотря на запутанность, кажется, что современная культура не обращает внимания на данную дилемму. Одна из характеристик научного прогресса — изоляция уровней, которые когда-то были объединены, например, лишение ценностной оценки при определении научных знаний, отделение фотона от Инкарнации. У такого разделения есть свои недостатки, а не только преимущества.

Традиционные культуры, а также ранние этапы нашей собственной культуры, были, если воспользоваться формулировкой антрополога из Кембриджа Эрнеста Геллнера, “многовитковыми”⁵. Когда член племени нуэр, проживающего в долине Нила, смотрит на огурец и совершенно серьезно идентифицирует его как быка, он не путается в сетях логической абсурдности потому, что он живет в многовитковом ментальном мире. Виток, на котором огурец отождествляется с овощем, продуктом питания, не смешивается с представлением об огурце как о толеме. История Запада — это история возрастающей изоляции витков сознания, отделение морально-духовного от чувственно-физического, потеря того единства, которое ощущает член нильского племени.

Ощущение единства духовного и физического, которое все еще сохранялось в сознании XIII в., отражается в прежних представлениях об истории. Внешние, исторические события,

описанные в Ветхом и Новом Заветах, были одновременно и духовным откровением. При входе в готический собор люди проходили через портал, замысловатые каменные узоры и статуи которого отображали деяния Божьи на земле. В Шартрском соборе витраж, на котором изображена генеалогия и рождение Иисуса, начало начал, находится над входом. Если идти по проходу в притворе, проходишь мимо изображений событий из истории древних иудеев и чудес, сотворенных Христом. Там, где поперечный неф пересекает притвор, распятие Христа пересекает линейную ось истории, которую только что прошел посетитель. Перила перед алтарем устанавливают пределы пространства прошлого и настоящего, Пастыря и овец, священника и его паствы. Часто иконография в апсидах, поднимающихся над алтарем и уходящих за него, изображает Судный день и Новый Иерусалим, эсхатологическое будущее. Данное путешествие проходит во времени, понимается одновременно как мирское и сакральное. Расчленение такого единства — это сравнительно современное явление.

В любой ранней культуре существовало понимание своего происхождения и истории как единой ткани, сотканной из нитей божественных и земных, чтобы образовалась многомерная мифология сотворения, разрушения и миграции. Драма происходящего организована по временному принципу. В космологии индуизма мировое время разделяется на “юги”, у майя есть “катуны”, у ацтеков — многочисленные века и пять “солнечных” периодов. У греков Гесиод разделял историю человечества на Золотой, Серебряный, Бронзовый, Героический и Железный века, последний — это наша эпоха. Даже само слово “мир” [“world” в английском языке] восходит корнями к древнегерманскому сложносоставному слову *wer-aldh*, которое означало “жизнь или век человека”.

С каждым веком ассоциировались не только внешние события, но и моральный порядок. Золотой век, пишет Гесиод, был временем, когда “жили те люди, как боги, с спокойной и ясной душою, горя не зная, не зная трудов... Недостаток был им ни в чем неизвестен... Сколько хотелось, трудились, спокойно собирая богатство”⁶. После этого благословенного периода появилась другая порода людей, неразумных, как дети, “смертных

блаженных”, а потом пришло медное “поколение людей говорящих”. “Были те люди могучи и страшны. Любили грозное дело Ареля, насильщину”. Они несли в себе разрушение. После того появился “славных героев божественный род”, среди них — Ахиллес и Одиссей. Пятый век людей, наш собственный, в нем трагически переплелись справедливость с несправедливостью, это время волнений, в котором нарушаются все святые связи меж родственниками и друзьями, а священные образцы жизни потеряны безвозвратно. Труд Гесиода — это мифопоэтическое произведение, многоуровневая история человеческой патуры, а не хронологический перечень чисто мирских событий.

Лишь совсем недавно возникли новые представления из богатой психодуховной истории происхождения человека. С момента расцвета науки, начавшегося в XVI-XVII вв., происходит постепенное размежевание между физической основой мироздания и его духовными истоками. Божественная космогония обрела соперника в новоявленной физической космогонии астрономии и физики. В 1859 г. был опубликован труд Дарвина *“Происхождение видов путем естественного отбора”*, после этого борьба перешла от отдаленных планет и звезд к таким понятиям, как растения, животные и Homo sapiens.

В процессе ликвидации истории сакрального была неосознанно утеряна и когнитивная роль человека в истории. В борьбе за создание безупречной хронологии событий и описания воздействий игнорировался разум (или менталитет) тех, кто творил историю. “Душа истории” осталась в стороне. В лучшем случае составляется хронология идей, интеллектуальная история, но нетронутой остается история создания мыслей (в отличие от самих мыслей).

В жизни каждой культуры имплицитно присутствует социально-символическая система — подразумеваемое понимание — которая, по крайней мере, частично используется для конструирования реальности. Более 250 лет назад великий итальянский философ Джамбаттиста Вико осознал взаимосвязь между ментальностью и обществом, когда написал, что “мир гражданского общества, конечно, сотворен людьми, а потому его принципы проявляются в изменениях нашего собственного разума”⁷.

Свет существовал во все времена, во всех “югах” и в любом обществе. Изменения света служат примером того, какие колоссальные изменения происходили в сознании. Что оказывалось верным для народов, также становится истинным и в ходе жизни отдельного человека.

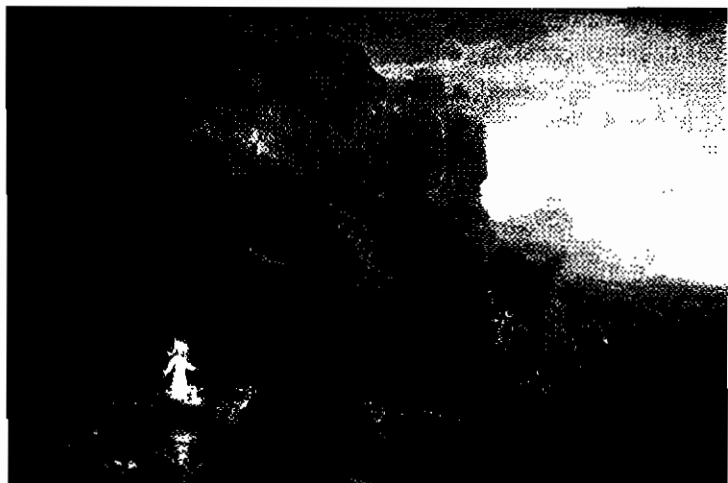
Психогенез

*Что же? Не видите ль вы, как год сменяет четыре
Времени, как чередом подражает он возрастам нашим?
Миленький он, сосунок, младенческим летам подобен
Ранней весной...*

Овидий (пер. С. Шервинского)

В музеях США — г. Утика (штат Нью-Йорк) и в Вашингтоне (округ Колумбия) есть аллегорический цикл из четырех произведений кисти американского художника Томаса Коула. На этих полотнах изображены периоды жизни человека от младенчества до старости. В самом начале жизни на полотне — младенец в небольшой лодочке, которой придана форма фигуры из Часослова. У кормила стоит излучающее свет ангельское существо, которое управляет лодкой с младенцем, направляя ее из темной пещеры к берегу с восхитительными растениями, все это окутано светом утреннего тумана.

Когда на следующем полотне младенец становится подростком, меняется пейзаж, открываются обширные, невиданные и будоражащие воображение дали. Подросток уже действует сам, он ждет не дождется, когда сбудутся его мечты, он сам становится у руля, а не замечаемый им Ангел Хранитель прощается с ним, оставаясь на берегу. На третьем полотне, названном “Зрелость”, судно приближается к опасному порогу, местность вокруг пустынна, кормило сломано, небо окутано облаками, свет — тревожный, и кажется, что душа теперь уже взрослого человека заблудилась в пути. Лишь в левом верхнем углу полотна пробивается слабый лучик надежды, в котором зритель различает еле заметную фигуру Ангела Хранителя. На последнем полотне “Старость” представлены обширные и безжизненные просторы скал и воды; “поток жизни теперь



Томас Коул. *Плавание в жизнь: Детство.*



Томас Коул. *Плавание в жизнь: Юность.*

достиг океана, к которому стремился всю жизнь”, так описывал картину сам художник⁸. Фигура из Часослова на носу судна утеряна в жизненных бурях. Бородатый старец, сидящий на корме, конечно, понимает, что его плавание подходит к концу. Впервые он видит духа, который сопровождал его всю жизнь. Он указывает вперед, по направлению к светящемуся облаку света, светоносному будущему человека.

На этих четырех полотнах время стало пространством. Как будто при встрече всей семьи за праздничным столом или, возможно, на пиру в деревне, одновременно присутствуют и стар, и млад. Можно увидеть, просто смотря вокруг, как исчезают десятилетия, вот перед нами младенец, а вот — его бабушка, вот — озабоченный отец, а вот рядом с ним — маленькая дочурка, все охватывается одним взглядом. В чертах каждого лица, в каждом жесте прописан весь спектр человеческого опыта. Рядом находятся и изображения надежды и заботы, вечных исканий и сурового осознания смертности.

Цикл Коула произвел глубокое впечатление на американскую общественность. Вскоре после открытия выставки около этих картин остановился человек средних лет. Он в одиночестве предавался созерцанию этих полотен. После долгого и внимательного рассмотрения он меланхолично сказал: “Вы знаете, я — приезжий, у меня — серьезные проблемы. Но эти картины мне очень помогли. Они меня успокоили. Я уйду, примирившись, я обрел силы для того, чтобы выполнить то, что я должен сделать”. В картинах Коула он нашел художественное изображение своей собственной жизни, он почувствовал, что жизнь не прошла зря. Кто-то увидел, и это ему помогло.

Согласно учениям индуизма, жизнь человека делится на четыре этапа. На первом этапе единственная задача подростка — учиться; на втором человек становится главой семьи, активно участвует в мирских делах; на третьем человек уходит от мира, это время медитации; и наконец, на четвертом этапе человек становится странствующим нищенствующим мудрецом.

За шесть веков до Томаса Коула, но намного позже появления философии индуизма, неизвестный художник расписал потолок крипты собора в Ананьи в Центральной Италии, также показав четыре этапа жизни человека⁹. Безупречная

геометрическая композиция представляет ряд концентрических окружностей, расходящихся подобно кругам по воде, связывая космос, падающий на периферии, с Ното, человеком. Прямо стоящий человек представлен обнаженным, вокруг него написаны слова: *mikrocosmos, id est minor mundus*, что означает “микрокосм, т. е. малый мир”. Человек — это малый мир. Окружности разделены на четыре равных квадранта, и в каждом представлен этап человеческой жизни: детство, юность, зрелость и старость. Каждому также соответствует прописанный темперамент: сангвиник, холерик, меланхолик и флегматик. В каждом сегменте фрески проявляется упорядоченность как человеческой жизни, так и физической Вселенной.

Во фресках в Ананьи отсутствует мощная и живая игра света и цвета, присущая полотнам Коула; человеческие фигуры здесь — безжизненные модели, которые вряд ли смогут успокоить мятежную душу. Каждая фреска самодостаточна. Это статичные этапы жизни, а не моменты перехода от одного к другому. Но будь то в Ананьи, в Индии или в Утике, штат Нью-Йорк, этапы жизненного пути становятся предметом для размышления; и это, важно отметить, внутренние этапы, связанные с развитием личности, суть которых имплицитно определяет характер нашего познания, это не сухая внешняя хронология. Сходным образом я пытался обрисовать историю света: как изнутри, так и снаружи.

История человеческой жизни и его биография неизбежным образом оказываются наполненными душевными переживаниями. Лишь недавно мы удостоверились в сходном переплетении внешней природы и человеческого разума. Проявляющиеся во времени культурные трансформации оказывают глубокое воздействие на понимание человеком природы. Мы видели, как отражаются основные идеи сменявшихся друг друга эпох в присущих им образах света. Последовательность, образуемая ими, не состоит из расчлененных фрагментов, а является единым целым, раскрывающимся во времени: это ряд моментов осознания, которые предвещают внутреннее эволюционное развитие. Прав был Гераклит, сказавший: “Именно в изменениях вещи обретают покой”. Кажущееся вечным должно быть увидено заново: “Ежедневно Солнце рождается

вновь". В научном и донаучном знании о свете отражается продолжение метаморфозы, происходящей с нашими внутренними органами познания. Само существование такой трансформации предполагает возможность дальнейшей эволюции, как на уровне отдельных индивидуумов, так и на уровне культуры в целом, а также возможность переосмысления сфер морального и материального, физического и духовного по-новому, с помощью цельных представлений.

Прошлые изменения происходили с малой долей самосознания. Ошибки можно оставить в прошлом. Прошло время неосознанных изменений, об этом нам ежедневно напоминают экологические и ядерные факторы риска. Человечество заселило все уголки планеты, мы осознаем потенциальные возможности наших достижений. Для определения дальнейшего развития необходимо самосознание. Речь идет о новых и опасных технологиях.

Какой должна стать природа будущего знания; как мы будем воспринимать свет завтра? Исходя из всего того, что происходило в прошлом, плодотворное направление кажется очевидным. Прежде всего, потребуется неприятное осознание того, что мы — существа, одаренные лишь частичным зрением, а потому знаем лишь часть природы. Как написал об этом Новалис, бывший не только поэтом, но и горным инженером: "Но тщетно пытаться обучать Природе или ее проповедовать. Рожденный слепым не прозреет, даже если ему бесконечно рассказывать о цветах, свете и разных формах. Точно так же никто не поймет Природу, у кого нет для этого необходимого органа, внутреннего инструмента, конкретного творческого орудия..."¹⁰

Если у нас недостаточно развит тот "необходимый орган, внутренний инструмент", как его называл Новалис, нам потребуется его культивировать.

Ясный взор

Наконец, должен сказать вам, что как художник я начинаю лучше видеть, когда соприкасаюсь с природой.

*Поль Сезанн*¹¹

Сезанн часто писал один и тот же пейзаж. Стоя на берегу реки, он сказал своему сыну, что те повторяющиеся узоры и цвета, которые он видел, воспринимались так по-разному, что “мне кажется, я мог бы месяцами писать, стоя на одном месте”. Чего пытался добиться Сезанн, что он пытался увидеть, неустанно перерабатывая один и тот же пейзаж? Как будто отвечая на этот вопрос, Сезанн в письме Эмилю Бернарду написал: “Попытайся проникнуть в суть пейзажа, представляющего пред твоим взором... Чтобы развиваться, есть лишь природа, а глаз обучается при контакте с ней. Он начинает видеть концентрически посредством зрительного восприятия и работы”¹².

Глаз начинает видеть концентрически, сближаясь с природой, за счет неустанных действий художника, проявляющихся в зрении и работе, в попытках увидеть ясно тот единственный знак в бесконечно разнообразном репертуаре природы, а затем запечатлеть его на полотне. Направляя кисть, художник оформляет и корректирует новые впечатления, новые возможности разума, направленные на то, чтобы высмотреть то, что до этого оставалось незаметным глазу. В конце происходит “проникновение в суть того, что лежит перед нами”. Подобно алхимикам, внешние действия которых были лишь отображением внутренних преобразований, художник при внешнем акте созидания одновременно совершает равным образом значимую внутреннюю работу — он достигает ясного зрения.

Сидя в тишине в тени под деревом, буддийский монах в качестве предмета медитации выбирает одну из сорока тем, заданных в традиции буддизма. Прямо перед ним стоит *касина* [kasina], слепленная из земли, круглая по форме, во всех своих внешних проявлениях напоминающая аккуратно слепленный земляной куличик, это предмет его неуклонных

размышлений. По мере того, как он медитирует на тему земной *касины*, она постепенно исчезает. На ее месте парит “остаточное изображение”, которое сначала существует в таком виде лишь несколько минут, но в итоге становится таким же укорененным в сознании, как и глиняный куличик в тени под деревом. Следуя за земной *касиной*, медитирующий проходит через ряд исчезновений и новых появлений, которые для последователя буддизма разделяют переходы в сферы, выходящие за пределы повседневного сознания. В течение многих месяцев или лет, если это необходимо, буддийский монах будет следовать за изображениями земли из одной сферы в другую, пока он, как Сезанн, не достигнет достаточной ясности зрения и не прошикнет в суть земли. Тогда знак земли становится, как это описал Буддагхоса, “подобным круглому зеркалу, хорошо обработанной ракушке, круглой луле, пробивающейся через облака, белым журавлям, летящим под дождевой тучей, и проявляется, как будто лопается познанный знак, в сотни, в тысячи раз более чистым”¹³.

Среди других девяти *касин* (в число которых входят и вода, воздух, процесс нагревания, синий, желтый, красный, белый цвета и пространство) имеется также и *карина* света. О ней Буддагхоса написал: “Кто познал устройство Света, тот познал знак в свете, появляющемся сквозь трещину в стене, сквозь замочную скважину или сквозь окно”¹⁴. Другими словами, любое проявление света несет в себе возможность для истинного постижения света, будь это пестрые круги света в тени деревьев или луч лунного света, украдкой пробивающийся через брешь в стене. В каждом случае представляется возможность для просветления, для видения света.

Уильям Блейк смело сформулировал это следующим образом: “Если бы были прочищены врата восприятия, все бы предстало перед человеком в том виде, как оно есть, — бесконечным”.

Философ Шопенгауэр оставил запись о примечательном разговоре о свете, который был у него с Гете. Шопенгауэр резонно предположил, что свет — это чисто субъективный,

психологический феномен, и что без зрения нельзя было бы говорить, что свет существует. В ответ Гете начал яростно возражать. Вот как описывает это Шопенгауэр: “Что, — он [Гете] сказал мне однажды, сверкая глазами, как у Юпитера, — Свету можно существовать лишь в той мере, в какой его видно? Нет! *Вас бы не было, если бы свет не видел Вас!*”¹⁵

Будучи ботаником, Гете хорошо знал о живительных силах света. Кроме того, он считал, что свет не только нес жизнь, но и посредством своего непрерывного действия мог создавать те самые органы, которые необходимы для его восприятия. Эволюция происходит в контексте света, и со временем тело реагирует созданием органов зрительного восприятия. Гете сформулировал это так: “Глаз обязан своим существованием свету. Из безразличных вспомогательных органов животного свет вызывает к жизни орган, который должен стать ему подобным; так, глаз образуется на свету для света, дабы внутренний свет выступил навстречу внешнему”¹⁶. Вечно действенный свет создал глаза. Он создал органы, соответствующие своей природе, подобно тому, как струящийся поток воды отшлифовывает каменные породы, через которые он протекает. Если бы свет не “видел” человека, мы бы никогда не увидели свет.

То, на что Гете обратил внимание на конкретном уровне человеческой физиологии, сходным образом справедливо и для более тонких душевных органов. Сезанн, созерцавший пейзаж и запечатлевший его на полотне, буддист — в процессе медитации, Гете в ходе своих непреложных художественных и научных начинаний, каждый из них стремился создать тот самый “необходимый орган, внутренний инструмент”, нужный для более глубокого восприятия природы. А возможности для подобной практики существуют всегда, поскольку, как сказал Гете: “Новые органы открываются внутри при вдумчивом размышлении над любым предметом”¹⁷.

И художник, и монах, оба знают, что благодаря неустанной практике можно трансформировать природу из внешнего во внутреннее переживание так, чтобы можно стало использовать новые возможности сознания. Духовный рост не сводится лишь к заучиванию наизусть священных текстов (что, конечно, сделал монах) или к обучению художественному анализу (что

было проделано Сезашном), для этого необходима практика, ежедневные усилия, направленные на закрепление новых, с таким трудом завоеванных душевных качеств. Каждое физическое действие и каждый акт зрительного восприятия придает форму душе. Пиаже называл такой процесс приспособлением индивида к социальному окружению посредством изменения собственных привычек — это развитие новых познавательных структур. Гете, Новалис, Эмерсон, Штейнер... говорили о новых органах восприятия, которые приоткроют новые уровни безмерного существа природы.

Художник и монах отличаются от нас не тем, что происходит в них, а тем, что они сознательно посвящают себя процессу трансформации. Они обучаются в соответствии с избранной целью. Напротив, большинство из нас проходит процесс обучения под руководством других, а цели при этом выбираются также не нами. По установившейся традиции художники, философы и религиозные деятели формируют такой небольшой, самосознательный сегмент общества, который занимается этим важным (пусть и часто сопряженным с трудностями) делом самоанализа и пророческой критики. Они ощущают опасности бездумного, привычного способа зрительного восприятия и осознают необходимость неустанныго обновления.

Если в каждой культуре и эпохе так по-разному представлялось, что такое свет, и если в рамках квантовой теории свет был лишен тех качеств, которые приписывались ему наивными представлениями, тогда что остается в природе света в конце этой эволюционной драмы, о чем можно было бы сказать с уверенностью? Все. Истинные художники, монахи и ученые не занимаются поисками знаний как предмета, они, скорее, стремятся к постижению самого процесса познания. Моментом чрезвычайной важности является то, на что указывал Гете, — момент внезапного озарения. Можно тысячами видеть восход и не замечать вращение Земли вокруг Солнца. Можно запустить тысячи камешков, но не увидеть их параболический полет. Можно в течение 60 лет просыпаться на рассвете и никогда не увидеть свет. Как так? Дело в том,

что обычно пропускаются те непосредственные возможности, предоставляемые органами чувств, а вместо них пытаются уловить то, что считается запрытаннными, постоянными, первичными объектами реальности. Привычки, привитые культурой, догмы, усвоенные при получении образования, ограничивают наше восприятие. Атомы становятся бессмертными богами, фотоны — их суровыми посланцами.

Знания не такой предмет, который можно обменять как имущество: это момент прозрения, который необходимо ценить. Слишком часто мы пропускаем явление божества, получая взамен более привычную “валюту”: пекие абстрактные понятия, старые представления, облаченные в новые одежды, формулу, элементы которой могли бы раскрыть нам глаза, но мы, в действительности, оставляем их незамеченными. Они становятся камнями познания вместо хлеба, идолами вместо богов. Для познания момента явления Божества необходимы органы для восприятия озарения, внутренние инструменты; а для нового вида познания нужны новые инструменты. У каждого из нас на рудиментарном уровне присутствуют зачатки таких органов, но мы не даем им ту питательную среду, которая нужна для их развития, мы пренебрегаем практикой, в свете которой они могли бы развиваться и расцветать.

Фотон не такой предмет, который можно подержать в руке, как комок земли. Сама его неуловимость приводит нас к основополагающим элементам познания как видения, к получению знаний как к процессу. Понимаемые таким образом озарения по поводу многогранной природы света не принадлежат исключительно физике XX в. Нашими нынешними представлениями не исчерпывается богатство света, они лишь дополняют истинные озарения прошлого. Будущее также становится яснее. Праксперименты квантовой оптики и размышления современного поэта равным образом предлагают нам возможность новых озарений, но лишь при условии, что у нас достаточно терпения для самообразования в сфере света, что мы станем концентрически воспринимать его природу, как это предлагают делать Сезанн и Буддагхоса.

В ходе тысячелетий разные культуры принимали и отказывались от различных представлений о свете бесчисленное число раз. Сходным образом в течение жизни у нас происходит последовательная смена представлений о свете. Посредством исследований, художественного творчества и вдумчивых размышлений неуловимое существо света постоянно воспроизводится пред нашим мысленным взором, предлагая новые озарения для каждого нового поколения. Когда его увидят тысячи глаз, свет наконец-то пребудет с нами в той гавани, которую мы для него построим. *

Видение света — это метафора видения невидимого в видимом, обнаружения хрупкого имагинативного покрыва, окутывающего и объединяющего нашу планету и все сущее. Когда мы научимся видеть свет, все остальное приложится самым естественным образом.

Примечания

Глава 1. Переплетенный свет:

свет природы и разума

- 1 Lao-tzu, *Tao Te Ching*, цитируется по: Hastings, *Encyclopedia of Religion* (New York: Charles Scribner's Sons, 1908-26), vol. 8, p. 51.
- 2 Цитируется по книге: M. von Senden, *Space and Sight: The Perception of Space and Shape in the Congenitally Blind before and after Operation*, trans. Peter Heath (Glencoe, IL: The Free Press, 1960), p. 40.
- 3 R.L Gregory and J.G. Wallace, "Recovery from Early Blindness: A Case Study," in *Perception*, ed. Paul Tibbetts (New York: Quadrangle / New York Times Book Co., 1969).
- 4 M. von Senden, *Space and Sight*, p. 20.
- 5 David H. Hubel, *Eye, Brain and Vision* (New York: Scientific American Library, distributed by W. H. Freeman, 1988), chap. 9.
Дэвид Хьюбел. Глаз, мозг и зрение. М.: Мир, 1990.
- 6 Цитируется по: M. von Senden, *Space and Sight*, p. 160.
- 7 Marjorie Hope Nicolson, *Newton Demands the Muse* (Princeton, NJ: Princeton University Press, 1966), p. 75.

Глава 2. Дар света

- 1 Plato, "Protagoras," sections 320d-321e. The Collected Dialogues of Plato, ed. Edith Hamilton and Huntington Cairns (Princeton, NJ: Princeton University Press, 1969)
Платон. Собрание сочинений в четырех томах. Российская академия наук, Институт философии. М.: Мысль, 1994.
- 2 Hesiod, *Works and Days*, trans. Apostolos N. Athanassakis (Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1983), lines 50-100.
Гесиод. Труды и дни. Полное собрание текстов. М.: Лабиринт, 2001.
- 3 Plato, "Symposium," 219a. (См. прим. 1).
- 4 Homer, *The Odyssey*, trans. Robert Fitzgerald (Garden City, NY: Doubleday, 1961), bk. 3, lines 1-4.
Гомер. Одиссея. М.: Терра — Книжный клуб, 1998.
- 5 Eleanor Irwin, *Color Terms in Greek Poetry* (Toronto: Hakkert, 1974).
- 6 Homer, *The Iliad*, trans. Robert Fitzgerald (Garden City, NY: Doubleday, 1974), bk. 24, lines 401-03.

Гомер. *Илиада*. М.: Терра — Книжный клуб, 1998.

- 7 Homer, *Iliad*, bk. 24, lines 93-94.
- 8 Oliver Sacks and Robert Wasserman, "The Case of the Colorblind Painter," *The New York Review of Books*, vol. 34 (November 19, 1987), pp. 25-34.
- 9 Benjamin Whorf, *Language, Thought and Reality* (Cambridge: MIT Press, 1964).
- 10 Diogenes Laertius, *Lives of the Philosophers*, ed. and trans. A. Robert Caponigri (Chicago: Henry Regnery Co., 1969), chap. 8.
Диоген Лаэртский. О жизни, учениях и изречениях знаменитых философов. АН СССР, Институт философии, Издательство социально-экономической литературы. М.: Мысль, 1979.
- 11 С.М. Е.Р. Dodds, *The Greek and the Irrational* (Berkeley, CA: University of California Press, 1951), pp. 145-46.
Э.Р. Доддс. Греки и иррациональное. /Пер. с англ. М.Л. Хорькова/. М.: Московский философский фонд; СПб.: Университетская книга: Культурная инициатива, 2000.
- 12 Empedocles, *Katharmoi* (Purifications) in Cathleen Freeman, *Ancilla to the Pre-Socratic Philosophers* (Cambridge: Harvard University Press, 1983), p. 65, frag. 115.
- 13 Empedocles, *On Nature*, in Freeman, *Ancilla*, p. 61, frags. 85-87.
- 14 Freeman, *Ancilla*, pp. 60-61, frag. 84.
- 15 The Revised Standard Version of the Bible translates Mathew 6:22-23 as "The eye is the lamp of the body. So if your eye is sound, your whole body will be full of light; but if your eye is not sound, your whole body will be full of darkness. If then the light in you is darkness, how great is the darkness."
Ср. с русским каноническим Евангелием от Матфея:
22 *Свещильник для тела есть око. Итак, если око твоё будет чисто, то все тело твоё будет светло;*
23 *Если же око твоё будет худо, то все тело твоё будет темно. Итак, если свет, который в тебе, тьма, то какова же тьма?*
- 16 Freeman, *Ancilla*, p. 58, frag. 48.
- 17 Plato, *Timaeus*, 45b; David C. Lindberg, *Theories of Vision from al-Kindi to Kepler* (Chicago: University of Chicago Press, 1976), chap. 1.
- 18 Это парафраз неоплатонического текста. См.: J. W. von Goethe, *Theory of Color in Scientific Studies*, ed. and trans. Douglas Miller, vol. 12 of *Goethe: Collected Works in English* (New York: Suhrkamp, 1988), p. 164.
- 19 Paul Friedlander, *Plato, an Introduction*, trans. Hans Meyerhoff

- (Princeton, NJ: Bollingen, 1973), p. 13.
- ²⁰ De Lacy Evans O'Leary, *How Greek Science Passed to the Arabs* (London: Routledge & Kenan Paul, 1964).
- ²¹ См. статью Сабры об Ибн аль-Хайсаме, или Альгазене, в: *The Dictionary of Scientific Biography*, ed. Charles Gillispie (New York: Charles Scribner's Sons, 1972), vol. 6, pp. 189-210; and Lindberg, *Theories of Vision*, pp. 60-86.
- ²² Цитируется по: *Dictionary of Scientific Biography*, vol. 6, p. 190.
- ²³ Lindberg, *Theories of Vision*, p. 91.
- ²⁴ A. C. Crombie, "Early Concepts of the Senses and the Mind," *Scientific American*, vol. 210, no. 5 (May 1964), pp. 108-16; также см. возражения Линдберга по поводу тезисов Кромби в книге «Теории зрительного восприятия», с. 207.
- ²⁵ Lindberg, *Theories of Vision*, p. 66.
- ²⁶ Термин *camera obscura* был, вероятно, в какой-то степени известен в древности. Упоминания у Евклида и в приписываемой Аристотелю «Проблемате» указывают на некоторую осведомленность в этой области, но, похоже, что Альгазен был первым ученым, давшим его полное описание. См.: John Hammond, *The Camera Obscura: A Chronicle* (Bristol, CT: Hilger, 1987), pp. 1-7.
- ²⁷ Слова Иоганна Кеплера цитируются по книге Линдберга «Теории зрительного восприятия». Кеплер объединил собственные исследования с описанием, данным Феликсом Платером сетчатки (а не линз) как чувствительной оболочки глаза.
- ²⁸ Lindberg, *Theories of Vision*, p. 203.
- ²⁹ Lindberg, *Theories of Vision*, p. 201.
- ³⁰ Hubel, *Eye, Brain, and Vision*, p. 222.
- ³¹ Owen Barfield, *Saving the Appearances* (New York: Harcourt, Brace & World, 1965).

Глава 3. Разделенный свет:

божественный свет и наука оптика

- ¹ C.S. Lewis, *The Discarded Image* (Cambridge: Cambridge University Press, 1964), pp. 222-23.
- ² В персидской мифологии у Ахурамазды вместо глаза — солнце. См.: M.N. Dhalla, *History of Zoroastrianism* (New York: Oxford University Press, 1938), p. 213.

- ³ W. Max Mueller, *Egyptian Mythology* in *The Mythology of All Races*, ed. Louis Herbert Gray (Boston: Marshall Jones Co., 1943), vol. 12, p. 70.
- ⁴ Veronica Ions, *Egyptian Mythology* (New York: Paul Hamlyn, 1975), p. 41.
- ⁵ Mary Boyce, ed. and trans., *Textual Sources for the Study of Zoroastrianism* (Totowa, NJ: Barnes and Noble Books, 1984), p. 75. Некоторые авторы, как древние, так и современные, считают, что Зарагустра жил за 6000 лет до Р. Х.
- ⁶ Mary Boyce, *Zoroastrians: Their Religious Beliefs and Practices* (London: Routledge & Kegan Paul, 1979); and Boyce, *Textual Sources for the Study of Zoroastrianism*.
Бойс, Мэри. Зороастрийцы. Верования и обычаи. СПб.: Центр «Петербург. Востоковедение», 1994.
- ⁷ RSV, Genesis 1:14-19.
Библия, книга Бытия, 1:14-19.
- ⁸ RSV, Genesis 3:16-19.
Библия, книга Бытия, 3:16-19.
- ⁹ Jeffery Burton Russel, *The Devil: Perceptions of Evil from Antiquity to Primitive Christianity* (Ithaca, NY: Cornell University Press, 1978), pp. 207-09.
Рассел Д.Б. Дьявол: Восприятие зла с древних времен до раннего христианства. СПб.: Евразия, 2001.
- ¹⁰ RSV, 1 John 1:5.
Новый Завет, 1 Ин. 1:5.
- ¹¹ RSV, John 1:67-69.
Новый Завет, Ин. 1:67-69.
- ¹² Jes P. Asmussen, *Manichean Literature* (Delmar, NY: Scholars' Facsimiles & Reprints, 1975), p. 88.
- ¹³ Samuel N.C. Lieu, *Manichaeism in the Later Roman Empire and Medieval China* (Manchester, UK: Manchester University Press, 1985), pp. 210-13.
- ¹⁴ *The Cologne Mani Codex*, "Concerning the Origin of his Body," ed. and trans. Ron Cameron and Arthur J. Dewey (Missoula, MT: Scholars Press, 1979), p. 19.
- ¹⁵ G. Van Groningen, *First Century Gnosticism: Its Origins and Motifs* (Leiden, Neth.: E.J. Brill, 1967), pp. 23ff.
- ¹⁶ "Two Cathars Tales," *Journal for Anthroposophy*, trans. Christopher Bamford, no. 36 (Autumn 1982).

- 17 Zoe Oldenbourg, *Massacre at Monstegur*, trans. by Peter Green (London: Wiedenfeld & Nicolson, 1961), p. 50.
- 18 Steven Runciman, *The Medieval Manichee* (Cambridge: Cambridge University Press, 1982).
- 19 Denis de Rougemont, *Love in the Western World* (Princeton, NJ: Princeton University Press, 1983), p. 82.
- 20 James McEvoy, *The Philosophy of Robert Grosseteste* (Oxford: Clarendon Press, 1982).
- 21 Alexandre Koyré, *Diogenes* 4 (1957), pp. 421-48; and McEvoy, *The Philosophy of Robert Grosseteste*, p. 210.
- 22 К вопросу о важности света и меры в готической архитектуре см.: Otto von Simson, *The Gothic Cathedral* (Princeton, NJ: Princeton University Press, 1988), chapter 2.
- 23 Библия, Прит. 11:21; это было любимое произведение Гроссетеста. К вопросу о взглядах Гроссетеста на Бога как математика см.: McEvoy, pp. 167-80.
- 24 Louis Kahn, interviewed in *Time*, January 15, 1973.
- 25 Robert Grosseteste, цитируется по: A.C. Crombie, *Robert Grosseteste and the Origins of Experimental Science, 100 — 1700* (Oxford: Clarendon Press, 1953), p. 143.
- 26 Crombie, *Experimental Science*, pp. 10-11.
- 27 См.: Lindberg, *Theories of Vision*, chap. 2.
- 28 McEvoy, *Philosophy of Robert Grosseteste*, p. 372.

Глава 4. Анатомия света

- 1 Samuel Edgerton, Jr., *The Renaissance Rediscovery of Linear Perspective* (New York: Harper & Row, 1976), в особенности гл. 1 и 10. См. также: John White, *The Birth and Rebirth of Pictorial Space* (London: Faber & Faber, 1967).
- 2 Martin Kemp, *The Science of Art* (New Haven: Yale University Press, 1990), p. 9.
- 3 Antonio di Tuccio Manetti, *The Life of Brunelleschi*, trans. Catherine Enggass (University Park, PA: Pennsylvania State University Press, 1970), pp. 42-46.
- 4 Ernst Cassirer, *Language and Myth*, trans. Suzanne K. Langer (New York: Harper & Brothers, 1946), p. 8.
- 5 Jan Deregowski, "Pictorial Perception and Culture," reprinted in *Image, Object and Illusion* (San Francisco: W.H. Freeman & Company, 1974), chap. 8.

- 6 Suzi Gablik, *Progress in Art* (New York: Rizzoli, 1976), chaps. 6-7.
- 7 Edgerton, *The Renaissance Rediscovery of Linear Perspective*, chap. 10, pp. 157-58, резюмируя статью Эрвина Панофского «Перспектива как 'символическая форма'», *Vortraege der Bibliothek Warburg* 1924-25 (Leipzig, Ger.: 1927), pp. 258-331.
Ср. с цитатой самого Панофского: «Однако если перспектива не является элементом ценностным, то она все же элемент стилистический, и даже больше: если и в истории искусства воспользоваться удачно найденным термином Эрнста Кассирера, ее можно определить как одну из «символических форм», через которые «духовно значимое содержание связано с конкретным чувственным знаком и этому знаку внутренне присуще», и в этом смысле для отдельной художественной эпохи и области искусства более существенно не то, имеют ли они перспективу, но то, какую именно перспективу они имеют».
- 8 Цитируется Ричардом Краутхаймером и Трудэ Краутхаймер-Хесс, *Lorenzo Ghiberti* (Princeton, NJ: Princeton University Press, 1956), p. 14.
- 9 Leonardo da Vinci, *The Notebooks of Leonardo da Vinci*, ed. and trans. Edward MacCurdy (New York: George Braziller, 1955), p. 93.
Леонардо да Винчи. Суждения о науке и искусстве. СПб.: Азбука, 1998.
- 10 Otto von Simson, *The Gothic Cathedral* (Princeton, NJ: Princeton University Press, 1988), chap. 2.
- 11 Ernst Cassirer, *The Individual and the Cosmos in Renaissance Philosophy*, trans. by Mario Domandi (Philadelphia: University of Pennsylvania Press, 1963), chaps. 1 and 2.
Кассирер, Эрнст. Избранное. Индивид и космос. М.: Б.и.: СПб.: Университетская книга: Культурная Инициатива, 2000.
- 12 Leonardo, *Notebooks*, p. 57.
Леонардо да Винчи. Записные книжки. Пер. Т. Новиковой, А. Губер, А. Эфрос, В. Зубова. М.: ЭКСМО, 2006.
- 13 Leonardo, *Notebooks*, p. 612.
- 14 См. описание легенды о масонском храме в книге: Charles William Heckethorn, *Secret Societies* (New Hyde Park, NY: University Books, 1965), vol. 1, bk. 8, chap. 1.
- 15 George Ovitt, Jr., *The Restoration of Perfection* (New Brunswick, NJ: Rutgers University Press, 1987); and Lynn White, Jr., *Medieval Technology and Social Change* (New York: Oxford Galaxy Book, 1966).
- 16 Galileo Galilei, *Dialogue*, trans. Stillman Drake (Berkeley, CA: University of California Press, 1953).
Галилео Галилей. Избранные труды в 2-х томах. Пер. А.И. Долгова. М.: Наука, 1964.
- 17 Stillman Drake, *Galileo* (New York: Hill & Wang, 1980), p. 24.

- 18 Galileo Galilei, "Letter to the Grand Duchess Christina," *Discoveries and Opinions of Galileo*, trans. Stillman Drake (Garden City, NY: Doubleday & Co., 1957), p. 182.
- 19 Homer, *Odyssey*, bk. 6, line 243.
- 20 Homer, *Odyssey*, bk. 8. Одиссей, будучи современным человеком, предупреждал, что внешность может быть обманчива.
- 21 Johannes Kepler, *Epitome of Copernican Astronomy*, bk. IV, I, 3.
- 22 Plato, *Laws*, bk. VII; см. также: Francis Cornford, *Before and After Socrates* (Cambridge: Cambridge University Press, 1972).
- 23 Galileo Galilei, "The Assayer" в *Discoveries and Opinions*, p. 274.
- 24 Техника несколько сложнее, поскольку полагаются на изменение поляризации света по мере того, как он проходит сквозь жидкий кристалл.
- 25 Мы бы назвали его сульфидом бария.
- 26 Galileo Galilei, "The Assayer" в *Discoveries and Opinions*, p. 278.
- 27 Richard S. Westfall, *Never at Rest: A Biography of Isaac Newton* (Cambridge: Cambridge University Press, 1980), pp. 232ff.
- 28 Westfall, *Never at Rest*, p. 141.
- 29 Westfall, *Never at Rest*, p. 154.
- 30 Westfall, *Never at Rest*, p. 426.
- 31 Rudolf Steiner, *Philosophie und Anthroposophie*, "Mathematik und Okultismus" (Dornach, Switz.: Verlag der Rudolf Steiner-Nachlassverwaltung, 1965).
- 32 Alan E. Shapiro, "Newton's Definition of a Light Ray," *Isis*, vol. 66 (1975), pp. 194-210.
- 33 Isaac Newton, *Opticks*, 4th edition (New York: Dover, 1952), p. 1.
Исаак Ньютон. Оптика или трактат об отражениях, преломлениях, изгибаниях и цветах света. Перевод с 3-го английского издания 1721 г. с примечаниями С.В. Вавилова. М.: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1954.
- 34 A.I. Sabra, *Theories of Light from Descartes to Newton* (New York: Cambridge University Press, 1981); в гл. 11, например, выдвигается догматический тезис об атомизме света.
- 35 Shapiro, "Newton's Definition of a Light Ray."
- 36 G.N. Cantor, *Optics After Newton* (Dover, NH: Manchester University Press, 1983), chap. 2.
- 37 Письмо Ньютона Роберту Хуку, от 5 февраля 1676 г., цитируется по: Westfall, *Never at Rest*, p. 274.

- 38 Marjorie Hope Nicolson, *Newton Demands the Muse* (Princeton, NJ: Princeton University Press, 1946).
- 39 John Hughes, *The Ecstasy* (1735), цитируется по: Nicolson, *Newton Demands the Muse*, p. 11.
- 40 См., напр.: "To the Memory of Sir Isaac Newton," в *The Complete Poetical Works of James Thomson*, ed. J.L. Robertson (London, 1908); или Nicolson, *Newton Demands the Muse*, p. 12.
- 41 Из: *Journal de Trevoux* (Paris: Chez E. Ganeau, 1701).
- 42 Цитируется по: Stephen Mason, *A History of the Sciences* (New York: Collier Books, 1962), p. 169.
- 43 Jacques Maritain, *The Dream of Descartes* (New York: Philological Library, 1944). См. гл. 1, в которой приводится занимательный пересказ этого сна.
- 44 Francis A. Yates, *The Rosicrucian Enlightenment* (Boulder, CO: Shambhala, 1978).
- 45 Цитата приведена в: Mason, *History of the Sciences*, p. 169.
- 46 A.I. Sabra, *Theories of Light*, p. 48.
- 47 Cantor, *Optics After Newton*, chap. 3.
- 48 Cantor, *Optics After Newton*, p. 33.
- 49 Sabra, цитируются слова Декарта; *Theories of Light*, p. 60.
- 50 Bernard de Fontenelle, *Conversations on the Plurality of Worlds*, trans. H.A. Hargreaves (Berkeley, CA: University of California Press, 1990), "The First Evening."

Глава 5. Поющее пламя: свет в виде эфирной волны

- 1 Edward Grant, ed., *A Source Book in Medieval Science* (Cambridge: Harvard University Press, 1974). См.: Bartholomew the Englishman "Concerning the Properties of Things," trans. Bruce Eastwood, p. 383; также Vasco Ronchi, *The Nature of Light*, trans. V. Varocas (Cambridge: Harvard University Press, 1970), p. 62; и Lindberg, *Theories of Vision*, p. 134.
- 2 Здесь Леонардо да Винчи цитирует Джона Пекхема.
- 3 Рене Декарт в: Sambursky, *An Anthology of Physical Thought* (New York: Pica Press, 1975), p. 244.
- 4 Leonard Euler, *Letters of Euler on Natural Philosophy Addressed to a German Princess*, ed. David Brewster (New York: J. & J. Harper, 1833), p. 77.

Леонард Эйлер. Письма к немецкой принцессе о разных физических и философских материях. (пер. С.Я. Румовского, 1768 г.). СПб.: Наука, 2002.

- 5 Euler, *Letters to a German Princess*, p. 85. Понятие света как вибрации существовало и до Эйлера, в особенности в работах Христиана Гюйгенса, но этой концепции не удалось стать успешным конкурентом корпускулярной теории Ньютона.
- 6 Adolf Katzenellenbogen, *The Sculptural Programs of Chartres Cathedral* (Baltimore: Johns Hopkins, The University Press, 1959), pp. 15-22.
- 7 John Hawkins, *General History of the Science and Practice of Music* (New York: Dover, 1963), vol. II, chap. 133. Jocelyn Godwin, *Harmonies of Heaven and Earth* (Rochester, VT: Inner Traditions, 1987).
- 8 Слова Фрэнсиса Бэкона приводятся по: Dayton C. Miller, *Anecdotal History of the Science of Sound* (New York: Macmillan, 1935), p. vi.
- 9 Aristotle, *Sound and Hearing*, цитируется по: Miller, *Anecdotal History of Sound*, p. 3.
- 10 John Leconte, "On the Influence of Musical Sounds on the Flame of a Jet of Coal-Gas," *Philosophical Magazine*, 4th series, vol. 15 (1858), p. 235.
- 11 Слова Метерлинка цитируются по: Arthur Symons, *The Symbolist Movement in Literature* (New York: E.P. Dutton & Co., 1919), p. 92.
- 12 Adelard of Bath, "Natural Questions," в: *A Source Book in Medieval Science*, ed. Edward Grant.
- 13 Alexander Wood, *Thomas Young, Natural Philosopher (1773-1829)* (Cambridge: Cambridge University Press, 1954); *Dictionary of Scientific Biography*, vol. 14, pp. 562-72.
- 14 Cantor, *Optics After Newton*, p. 146..
- 15 Otto Neugebauer, *The Exact Sciences in Antiquity* (Providence, RI: Brown University Press, 1957).
- 16 R.J. Gillings, "The So-called Euler-Diderot Incident," *American Mathematical Monthly*, vol. 61 (1954), pp. 77-80.
- 17 François Arago, *Biographies of Distinguished Scientific Men*, trans. Smyth, Powell, and Grant (London: Longman, 1857), pp. 399-471.
- 18 Robert Greenler, *Rainbows, Halos, and Glories* (New York: Cambridge University Press, 1980), chap. 6.
- 19 Звуковые волны — «долготные волны», что означает, что вибрация идет в том же направлении, что и само распространение, а не поперечно ему.
- 20 Sir George Stokes, "On the Constitution of the Ether," May 1848 в *Nineteenth-Century Aether Theories*, ed. Kenneth F. Schaffner

(New York: Pergamon Press, 1972).

- 21 G. N. Cantor, "The Theological Significance of Ethers," *Conceptions of Ether*, eds. G.N. Cantor and M.J.S. Hodge (Cambridge: Cambridge University Press, 1981), p. 149.
- 22 Спиритуализм пытался отыскать физические проявления духа и потому материализовал проведение физических изысканий и экспериментов. Даже в трактовке нематериального спиритуализм держался материалистических представлений XIX в.

Глава 6. Лучезарные поля:

видение при свете электричества

- 1 Joseph Agassi, *Faraday as a Natural Philosopher* (Chicago: University of Chicago Press, 1971); и L. Pearce Williams, *Michael Faraday* (New York: Basic Books, 1965). При изложении материалов в этой главе я в основном использовал биографию Фарадея Пирса Вильямса.
- 2 John Tyndall, *Faraday as a Discoverer* (New York: D. Appleton and Co., 1873).
- 3 Цитируется по: G.N. Cantor, "Reading the Book of Nature: The Relation Between Faraday's Religion and His Science," в *Faraday Rediscovered* (New York: Stockton Press, 1985), eds. David Gooding and Frank James, p. 71.
- 4 Tyndall (1894), цитируется Кантором в "Reading the Book of Nature," p. 74.
- 5 Cantor, "Reading the Book of Nature," p. 74.
- 6 Michael Faraday, *Experimental Researches in Electricity* (London: Richard Taylor & William Francis, 1855), vol. 2, pp. 284ff.
- 7 См., например, описание, данное Фрэнком Джеймсом: Frank A.J.L. James, "The Optical Mode of Investigation: Light and Matter in Faraday's Natural Philosophy," в *Faraday Rediscovered*, p. 149.
- 8 Faraday, *Experimental Researches*, vol. 3, pp. 447ff.
- 9 См., например, публикацию Фарадея в июне 1852 г.: "On the Physical Lines of Magnetic Force," в: *Experimental Researches*, vol. 3, pp. 438ff.
- 10 Faraday, *Experimental Researches*, vol. 2, p. 451.
- 11 Некоторые ученые считают, что Фарадей выдвигал поочередно два вида теорий поля. В одной использовалось пустое пространство за счет свойств самого поля или пространства

(озвучено в 1846 г.), а в другой — вероятно, под влиянием У. Томсона (Кельвина) — Фарадей полностью меняет свои взгляды и принимает непрерывный нечастичный эфир. (См.: Barbara Giusti Doran, "Origins and Consolidation of Field Theory in Nineteenth-Century Britain," в *Historical Studies in the Physical Sciences*, [Princeton, NJ: Princeton University Press, 1975], vol. 6, pp. 133-260. Я не согласен с таким подходом. При изучении источников начинаешь подозревать, что вторая точка зрения так никогда и не была принята Фарадеем. Когда он упоминает эфир после 1846 г., он обычно окружает такую ссылку таким количеством уточнений, что, фактически, действует в своих интересах, одновременно потакая энтузиазму таких коллег, как Кельвин.

12 Faraday, *Experimental Researches*, vol. 2, p. 452.

13 Boethius, *The Consolation of Philosophy*, trans. V.E. Watts (Baltimore: Penguin, 1969).

Божий. «Утешение Философией» и другие трактаты. М.: Наука, 1990.

14 Alan of Lille, *Plaint of Nature*, trans. James J. Sheridan (Toronto: Pontifical Institute, 1980).

15 См.: сцена «Ночь» в «Фаусте» Гете; англ. издание: ed. and trans. Stuart Atkins (Boston: Suhrkamp / Insel, 1984).

16 См.: "A Vision" в стихотворениях Джеймса Клерка Максвелла, напечатанных в конце книги: *The Life of James Clerk Maxwell*, Lewis Campbell and William Garnet (London: Macmillan and Co., 1882).

17 Sir Thomas Browne, *Religio Medici and Other Works*, ed. L.C. Martin (Oxford: Clarendon Press, 1964).

18 Цитируется по: Ivan Tolstoy, *James Clerk Maxwell* (Edinburgh: Canongate, 1981), p. 59.

19 Friedrich Hölderlin, *Brot und Wein in Poems and Fragments*, trans. Michael Hamburger (Cambridge: Cambridge University Press, 1980).

Гёльдерлин. Сочинения. Переводы с немецкого. М.: Художественная литература, 1969.

20 Albert Einstein, "Maxwell's Influence on the Development of the Conception of Physical Reality," in Sir J.J. Thomson, *James Clerk Maxwell* (New York: Macmillan, 1931), pp. 66-67.

21 Richard Feynman, *Lectures on Physics* (Reading, MA: Addison-Wesley, 1965), vol. 2.

- 22 Jed Z. Buchwald, *From Maxwell to Microphysics: Aspects of Electromagnetic Theory in the Last Quarter of the Nineteenth Century* (Chicago: University of Chicago Press, 1985).
- 23 О Уильяме Томсоне (Лорде Кельвине) см.: Harold Issadore Sharlin, *Lord Kelvin: The Dynamic Victorian* (University Park, PA: Pennsylvania State University Press, 1979); David B. Wilson, *Kelvin and Stokes* (Bristol, CT: Adam Hilger, 1987).
- 24 Willard Gibbs, цитата приведена в: *Dictionary of Scientific Biography*, vol. 13, p. 386.
- 25 Sharlin, *Lord Kelvin*, p. 237.
- 26 Цитата приведена в: Sharlin, *Lord Kelvin*, p. 226.
- 27 Tyndall, *Faraday as a Discoverer*, p. xvii.
- 28 John Stuart Mill, *Autobiography*, 1924, p. 129. Цитата приведена в: "The 'Spectre' of Science," by C.J. Wright, *Journal of the Warburg and Courland Institutes* (1980), vol. 43, p. 187.
- 29 Henry David Thoreau, *The Journals of Henry D. Thoreau*, ed. Francis H. Allen and Bradford Torrey (Boston: Houghton Mifflin Co., 1906), vol. III, pp. 155-56.
- 30 Цитата приведена в: Keiji Nishitani, *Religion and Nothingness*, trans. Jan Van Bragt (Berkeley, CA: University of California Press, 1982), p. 167.
- 31 Библия, Быт. 9:13.

Глава 7. Врата радуги

- 1 Black Elk, *Black Elk Speaks* (Lincoln, NE: University of Nebraska Press, 1988), p. 25.
- 2 Гомер. *Илиада*; кн. 2.
- 3 Мифы о погопе необычайно широко распространены, начиная с описания затонувшего континента Атлантиды у Платона и доходя до преданий индейцев Южной Америки. Дополнительно см.: *The Flood Myth*, ed. Alan Dundes (Berkeley, CA: University of California Press, 1988).
- 4 Платон. *Тестет*; 155d.
- 5 Ксенофан, фрагмент 28D. См.: Ксенофан. *Фрагменты. Хрестоматия по античной литературе. В 2-х томах. Т. 1. М.: Просвещение, 1965.*
- 6 Запись от 10 декабря 1834 г., у архипелага Чонос: Charles Darwin, *Journal of Researches during the Voyage of H.M.S. Beagle* (New York: Hafner Publishing Co., 1952), p. 269.

Дарвин. Журнал исследований по геологии и естественной истории различных стран, посещенных на военном корабле ее Величества «Бигль».

- 7 Aristotle, *Meteorologica*, trans. H.D.P. Lee (Cambridge: Harvard University Press, 1952), bk. II, 371b, line 19.
Аристотель. Сочинения в четырех томах. Академия наук СССР, Институт философии. М.: Мысль, 1981.
- 8 Carl B. Boyer, *The Rainbow: From Myth to Mathematics* (Princeton, NJ: Princeton University Press, 1989); Robert Greenler, *Rainbows, Halos, and Glories*.
- 9 Boyer, *The Rainbow*, pp. 89ff; перевод De Iride опубликован в: Bruce S. Eastwood, "Robert Grosseteste on Refraction Phenomena," *American Journal of Physics*, vol. 38, pp. 196ff (1970).
- 10 Grosseteste, in Eastwood, *American Journal of Physics*, p. 196.
- 11 Eastwood, *American Journal of Physics*, p. 198.
- 12 Theodoric of Freiberg, цитата приведена в: Boyer, *The Rainbow*, p. 114.
- 13 Boyer, *The Rainbow*, p. 116.
- 14 James Thomson, *The Complete Poetical Works of James Thomson*, ed. J.L. Robertson (New York: 1908), pp. 436-42.
- 15 См.: "Newton's Rainbow and the Poet's" in M.H. Abrams, *The Mirror and the Lamp* (Oxford: Oxford University Press, 1953).
- 16 *The Autobiography and Memoirs of Benjamin Haydon*, edited from his Journal by Tom Taylor, a new edition with an introduction by Aldous Huxley (New York: Harcourt, Brace, 1926), vol. 1, p. 269.
- 17 Thomas Campbell, "The Rainbow" (1820).
- 18 Lao-tzu, *Tao Te Ching*, trans. Stephen Mitchell (New York: Harper & Row, 1988), p. 52.
Лао Цзы. Дао Дэ Цзин: книга пути и благодати (перевод на русский язык Ян Хун Шуна). М.: ЭКСМО, 2006.
- 19 Owen Barfield, *Saving the Appearances: A Study in Idolatry* (New York: Harcourt, Brace & World, 1965).
- 20 J. W. von Goethe, *Zur Farbenlehre*, in *Goethes Werke, Hamburger Ausgabe*, ed. Erich Trunz (Munich, Ger.: C. H. Beck, 1982), vol. 13, перевод автора книги. См. также: J.W. von Goethe, "Introduction to *Theory of Color*" в *Scientific Studies*, p. 164.
- 21 Michael Polanyi, *Knowing and Being* (Chicago: University of Chicago Press, 1969), p. 148.

- ²² John Stuart Mill, *Mill on Bentham and Coleridge*, ed. F.R. Leavis (London: Chatto & Windus, 1950), pp. 99-100.
- ²³ J. W. von Goethe, *Faust*, trans. Albert G. Latham (New York: E.P. Dutton, 1908), pt. II, p. 15.
- И.В. Гете. Собрание сочинений, т. 2. «Фауст», пер. Б. Пастернака. М.: Художественная литература, 1976.*

Глава 8. Видение света — одушевление науки:

Гете и Штейнер

- ¹ Edwin Land, *Proceeding of the National Academy of Sciences*, vol. 45 (1959), pp. 115-29, 636-44; *Scientific American*, vol. 200 (May 1959), pp. 84-99.
- ² Michael Wilson and R.W. Brocklebank, *The Journal of Photographic Science*, vol. 8 (1960), pp. 141-50; *Contemporary Physics*, vol. 3 (1961), pp. 91-111.
- ³ J.W. von Goethe, из письма Гете художнику Йозефу Карлу Штилеру, опубликованному в *Goethe's Color Theory*, arg. and ed. by Rupprecht Matthaei, trans. by Herb Aach (New York: Van Nostrand Reinhold, 1971), p. 202.
- ⁴ Данный эпизод приведен в «Признаниях автора», включенных в *Goethe's Color Theory*, p. 199.
- ⁵ J. P. Eckermann, *Conversations with Goethe*, trans. Gisela C. O'Brien (New York: Frederick Ungar, 1964), Четверг, 19 февраля, 1829 г., p. 149.
- И.П. Эккерман. Разговоры с Гете в последние годы его жизни. Ереван: Айастан, 1988.*
- ⁶ Goethe, *Scientific Studies*, pp. 168ff.
- ⁷ Обсуждается в: Rudolf Magnus, *Goethe as Scientist*, trans. Heinz Norden (New York: Schuman, 1949).
- ⁸ При передаче беседы с Гете 1-го февраля 1827 г. Эккерман пишет: «Сие навело нас на разговор о великом законе, проходящем через всю жизнь, более того — являющимся основой всей жизни и всех ее радостей.
- Так дело обстоит не только со всеми нашими чувствами, — сказал Гете, — а и с нашей высшей духовной сущностью, но так как является предпочтенным органом чувства, то закон «затребованного разнообразия» всего резче проступает в цвете и на этом примере всего легче осознается». J. P. Eckermann, *Conversations of Goethe with Eckermann and Soret*, trans. J. Oxenford (London: Bell, 1883), rev. ed.,

pp. 216-217. Цит. по: И.П. Эккерман. *Разговоры с Гете в последние годы его жизни*. Ереван: Айастан, 1988.

- 9 Goethe, *Scientific Studies*, p. 178.
- 10 Проще всего использовать свет двух фонарей (или свечей), одного, сделанного цветным, например, с помощью красного целлофана, а второй чтобы оставался неокрашенным (этот источник света должен быть по возможности приглушеннее). Расставим их порознь так, чтобы получились четкие тени. Одна покажется красной, а другая — зеленой. Иногда вечером видны цветные тени, когда красный цвет заката проходит через окно и смешивается с белым светом комнатного освещения. Появляются две четко раскрашенные тени.
- 11 Michael Wilson, письменный отчет по «Цветовой терапии», представленный Группе по изучению цвета Великобритании в Имперском колледже 3 февраля 1971 г.
- 12 Слова Гете приводятся по: Denis L. Sepper, *Goethe Contra Newton* (Cambridge: Cambridge University Press, 1988), p. 28.
- 13 J. W. von Goethe, “Konfession des Verfassers,” *Goethes Werke, Hamburger Ausgabe*, vol. 14, pp. 251-69; and Sepper, *Goethe Contra Newton*, chap. 2.
- 14 Goethe, “Konfession des Verfassers,” p. 254.
- 15 G. W. F. Hegel, *Philosophy of Nature*, ed. and trans. M. J. Petry (London: Allen, 1970), vol. 2, sec. 276, p. 17. Русский перевод приводится по: Г. В. Ф. Гегель, *Энциклопедия философских наук, т. 2. Философия природы*. Академия наук СССР, Институт философии. М.: Издательство социально-экономической литературы «Мысль», 1975.
- 16 Goethe, *Scientific Studies*, p. 158. См.: Гете И. В. *Избранные сочинения по естествознанию. Перевод, послесловие и комментарии И. И. Канаева. Ред. акад. Е. Н. Павловского*. М.: Изд-во Академии наук СССР, 1957.
- 17 Goethe, *Scientific Studies*, p. 158.
- 18 Goethe, *Scientific Studies*, p. 307. Данный отрывок приводится лишь в переводе Фредерика Амрина (Frederick Amrine).
- 19 Цитата приводится по: Benjamin DeMott, *Teaching What We Do* (Amherst, MA: Amherst College Press, 1991).
- 20 J. W. von Goethe, “Significant Help Given by an Ingenious Turn of Phrase” in *Scientific Studies*, pp. 39ff.
- 21 Goethe, *Scientific Studies*, p. 164.

- 22 Goethe, *Scientific Studies*, p. 39.
- 23 J.W. von Goethe, "Empirical Observation and Science," письмо Шиллеру от 15 января 1798 г. в: *Scientific Studies*, pp. 24-25.
- 24 Goethe, *Scientific Studies*, p. 158. Эту знаменитую фразу переводили бесчисленное множество раз.
- 25 Goethe, *Scientific Studies*, p. 307.
- 26 Goethe, *Scientific Studies*, p. 21.
- 27 Goethe, in J.P. Eckermann, *Conversations with Goethe*, 18 февраля 1829 г., p. 147.
И.П. Эккерман, «Разговоры с Гете в последние годы его жизни». Ереван: Айастан, 1988, с. 281.
- 28 Gaston Bachelard, *The Flame of a Candle*, trans. Joni Caldwell (Dallas, TX: Dallas Institute of Humanities and Culture, 1988), p. 20. См.: Гастон Башлар «Пламя свечи» в: Башлар Г. *Вода и зрелища. Опыт о воображении материи. М., 1998.*
- 29 *Lexikon der Goethe Zitate*, ed. Richard Döbel (Zurich: Artemis Verlag, 1968), p. 524, no. 18.
- 30 Friedrich von Müller, in *Lexikon der Goethe Zitate*, p. 534, no. 25.
- 31 Слова Стракоша приводятся по: Sixten Ringbom, *The Sounding Cosmos* (Abo, Fin.: Abo Akademi, 1970), p. 67.
- 32 Rudolf Steiner, *Philosophy of Spiritual Activity*, trans. William Lindeman (Hudson, NY: Anthroposophic Press, 1986). См.: Рудольф Штейнер «Философия свободы».
- 33 Rudolf Steiner, *The Course of My Life*, trans. Olin Wanamaker (Hudson, NY: Anthroposophic Press, 1951).
- 34 Rudolf Steiner, *Riddle of Man*, trans. William Lindeman (Spring Valley, NY: Mercury Press, 1990), p. 130.
- 35 Rudolf Steiner, *Truth-Wrought Words*, trans. Arvia MacKaye Ege (Spring Valley, NY: Anthroposophic Press, 1979), p. 184.
- 36 Rudolf Steiner, *The Gospel of John*, trans. Maud Monges (Hudson, NY: Anthroposophic Press, 1984), цикл «Евангелие от Иоанна», лекция от 20 мая 1908 г.
- 37 Rudolf Steiner, "The Connection of the Natural with the Moral-Physical. Living in Light and Weight," в *Colour* (London: Rudolf Steiner Press, 1935), pp87ff.
- 38 Rudolf Steiner, *Truth-Wrought Words*, p. 185.
- 39 Ralph Waldo Emerson, "Nature," chap. 4, *The Selected Writings of Ralph Waldo Emerson*, ed. Brooks Atkinson (New York: Modern Library, 1968), pp. 15, 18.

- 40 Rudolf Steiner, *Fruits of Anthroposophy* (London: Rudolf Steiner Press, 1986), pp. 48-49.

Глава 9. Квантовая теория при свете свечи

- 1 Michael Faraday, *The Chemical History of a Candle* (New York: Viking Press, 1960).
- 2 Gaston Bachelard, p. 20.
- 3 Paul Claudel, *The Eye Listens*, trans. Elsie Pell (New York: Philosophical Library, 1950), p. 154.
- 4 Novalis, *The Novices of Sais*, trans. R. Manheim (New York: C. Valentine, 1949), p. 95.
Новалис, Генрих фон Офтердинген. М.: Научно-издательский центр «Ладомир»; «Наука», 2003.
- 5 Thomas Kuhn, *Black-Body Theory and the Quantum Discontinuity 1894-1912* (New York: Oxford University Press, 1978). Замечательный справочник по излучению черных тел, с рассказом о Максе Планке и об открытии кванта действия (постоянной Планка).
- 6 J.L. Heilbron, *The Dilemmas of an Upright Man* (Berkeley, CA: University of California Press, 1986).
- 7 A. Einstein, "On a Heuristic Point of View Concerning the Production and Transformation of Light," *Collected Papers of Albert Einstein*, trans. Anna Beck (Princeton, NJ: Princeton University Press, 1989), vol. 2, p. 87. См.: Эйнштейн А. «Об одной эвристической точке зрения на возникновение и превращение света».
- 8 Упоминание его работы, а также статьи M.J. Klein "The First Phase of the Bohr-Einstein Dialogue" приводится в: Russell McCormach, ed., *Historical Studies in the Physical Sciences* (Philadelphia: University of Pennsylvania Press, 1970), vol. 2, pp. 1-39.
- 9 A. Einstein, *Physikalische Zeitschrift*, vol. 10 (1909), p. 817.
- 10 Klein, "Bohr-Einstein Dialogue," p. 7.
- 11 Franz von Baader, "Über den Blitz als Vater des Lichts," в Franz von Hoffmann, ed., *Sämtliche Werke* (Aalen, Ger.: Scientia, 1963), vol. II.
- 12 Antoine Faivre, "Ténèbre, Éclair et Lumière chez Franz von Baader," *Lumière et Cosmos* (Paris: Albin Michel, 1981), p. 268.
- 13 Robert H. Eather, *Majestic Lights* (Washington, D.C.: American

Geophysical Union, 1980); и Syun-ichi Akasofu, "The Aurora," в *Light from the Sky* (San Francisco: W.H. Freeman, 1980).

- 14 Werner Heisenberg, *Encounters with Einstein* (Princeton, NJ: Princeton University Press, 1989), pp. 112ff.
- 15 Слова Эйнштейна приводятся в: Abraham Pais, *Subtle Is the Lord* (New York: Oxford University Press, 1982), pp. 416-17.
- 16 Она называется полуклассическая, или неоклассическая, теория квантовой механики.
- 17 Ernst Blass, "The Old Café des Westens," в *The Era of Expressionism*, ed. Paul Raabe, trans. J.M. Ritchie (Dallas, TX: Riverrun Press, 1980), p. 29.
- 18 Густав Ми, инаугурационная лекция 26 января 1925 г. во Фрайбургском университете в Бреслау. Цитируется по: Paul Forman, "Weimar Culture, Causality and Quantum Theory (1918-27)" в сборнике *Historical Studies in the Physical Sciences*, ed. Russell McCormmach (Philadelphia: University of Pennsylvania Press, 1971), vol. 3, pp. 1-116.
- 19 Werner Haftmann, *The Mind and Work of Paul Klee* (London: Faber & Faber, 1954), pp. 57-58.

Глава 10. О теории относительности и о прекрасном

- 1 Albert Einstein, *Ideas and Opinions*, "On the Method of Theoretical Physics" (New York: Crown Publishers, 1954), pp. 270-76.
- 2 Цитата приведена по: Abraham Pais, *Subtle Is the Lord*, p. 31.
- 3 Слова Анри Пуанкаре приведены в: Jeremy Bernstein, *Einstein* (New York: Viking, 1973), p. 103.
- 4 Слова А. Эйнштейна приведены в: Paul Arthur Schlipp, ed., *Albert Einstein: Philosopher-Scientist* (La Salle, IL: Open Court, 1949), p. 25.
- 5 Einstein, "Ether and the Theory of Relativity," обращение, озвученное в 1920 г.; приведено в сборнике *Sidelights on Relativity* (New York: Dover, 1983).
- 6 См.: Arthur Miller, *Albert Einstein's Special Theory of Relativity* (Reading, MA: Addison-Wesley Publishing Co., 1981), p. 166.
- 7 О причинности и относительности см.: David Bohm, *The Special Theory of Relativity* (New York: W.A. Benjamin, 1965), chap. 28.
- 8 Существуют особые комбинации «Е» и «В», которые являют-

- ся инвариантными. См.: J.D. Jackson, *Classical Electrodynamics* (New York: Wiley, 1975), pp. 517-19.
- 9 David C. Lindberg, "Medieval Latin Theories of the Speed of Light," в *Roemer et la Vitesse de la Lumière* (Paris: Vrin, 1978), pp. 45-72.
- 10 Aristotle, *De anima*, II, 7; *De sensu*, VI. См.: Sabra, *Theories of Light*, chap. 2. См.: *Аристотель. Сочинения в четырех томах. Академия наук СССР, Институт философии. М.: Мысль, 1981.*
- 11 Lindberg, *Theories of Vision*, p. 48.
- 12 Sabra, *Theories of Light*, p. 48.
- 13 M.-A. Tonnelat, "Vitesse de la Lumière et Relativité," в *Roemer et la Vitesse de la Lumière*, p. 282.
- 14 Albert Einstein, "On the Electrodynamics of Moving Bodies," trans. Arthur Miller, in *Albert Einstein's Special Theory of Relativity*, p. 401.
- 15 James H. Smith, *Introduction to Special Relativity* (Champaign, IL: Stipes Publishing, 1965), chap. 2.
- 16 A. Brillet and J. Hall, "Improved Laser Test of the Isotropy of Space," *Physical Review Letters*, vol. 42 (1979), pp. 549-52. См. также: O'Hanian, *Classical Electrodynamics* (Boston: Allyn and Bacon, 1988), pp. 157-64.
- 17 D. Newman, G.W. Ford, A. Rich, and E. Sweetman, "Precision Experimental Verification of Special Relativity," *Physical Review Letters*, vol. 40 (1978), pp. 1355-58.
- 18 См.: J. Terrel, *Physical Review*, vol. 116 (1959), pp. 1041ff.
- 19 Goethe, *Scientific Studies*, p. 263.
- 20 См.: John Lobell, *Between Silence and Light: Spirit in the Architecture of Louis I. Kahn* (Boulder, CO: Shambhala, 1979); Louis Khan, *Light Is the Theme, высказывания по поводу архитектуры, собранные Нилом Джопсоном: Nell E. Johnson* (Fort Worth, TX: Kimbell Art Foundation, 1975).
- 21 Pais, *Subtle Is the Lord*, chap. 9.
- 22 Einstein, "Ether and Relativity."
- 23 Цитата приведена в: Emil Wolf, "Einstein's Researches on the Nature of Light," *Optics News*, vol. 5, no. 1 (Winter 1979), pp. 24-39.
- 24 Richard Feynman, *Lectures on Physics* (Reading, MA: Addison-Wesley, 1968), vol. II, chap. 19, p. 9.

- 25 "Metaphysical Derivations of a Law of Refraction: Damianos and Grosseteste," Bruce S. Eastwood, *Archive for the History of Exact Sciences*, vol. 6 (1970), pp. 224-36; *Journal of the History of Ideas*, vol. 28 (1967), pp. 403-14.
- 26 Платон «Тимей», 46е.
- 27 В качестве четкого и подробного изложения рекомендуется: Wolfgang Yourgrau and Stanley Mandelstam, *Variational Principles in Dynamics and Quantum Theory*, 3rd edition (London: Sir Isaac Pitman & Sons, 1968).
- 28 Einstein, *Ideas and Opinions*, p. 228.
- 29 Friedrich Schiller, *The Aesthetic Letters*, trans. J. Weiss (Boston: C.C. Little and J. Brown, 1845).
Шиллер «Письма об эстетическом воспитании человека».

Глава 11. Свет ограниченный: современный подход

- 1 P. Grangier, G. Roger, and A. Aspect, "Experimental Evidence for a Photon Anticorrelation Effect on a Beamsplitter: A New Light on Single Photon Interferences," in *Europhysics Letters*, vol. 1 (January 1986). Об общем развитии современных представлений о фотоне см.: Richard Kidd, James Ardnini, and Anatol Anton, *American Journal of Physics*, vol. 56 (1988), pp. 27-35.
- 2 Цитата приведена в: Arthur Fine, *The Shaky Game* (Chicago: University of Chicago Press, 1986), p. 106.
- 3 N. Bohr, "Discussions with Einstein on Epistemological Problems in Atomic Physics," in *Albert Einstein: Philosopher-Scientist*, P. A. Schlipp, ed. (La Salle, IL: Open Court, 1949), pp. 200-41.
- 4 Слова Дж. Уиллера приведены в: *The Ghost and the Atom*, eds. P.C.W. Davies and J.R. Brown (Cambridge: Cambridge University Press, 1986), p. 64; *Mathematical Foundations of Quantum Theory*, ed. A.R. Marlow (New York: Academic Press, 1978); C.F. von Weizsäcker, *Zeitschrift für Physik*, vol. 70 (1931), p. 114.
- 5 T. Hellmuth, H. Walther, A. Zajonc, and W. Schleich, "Delayed-Choice Experiments in Quantum Interference," *Physical Review*, vol. 35 (1987), pp. 2532-41. См. также: John Horgan, "Quantum Philosophy," *Scientific American* (July 1992), pp. 94-104.
- 6 Wheeler, *The Ghost in the Atom*, p. 69.
- 7 Fritz Rohrlich, *From Paradox to Reality* (Cambridge: Cambridge University Press, 1987), p. 22.
- 8 David Bohm, *Wholeness and the Implicate Order* (New York: Ark Paperbacks, 1987).

- ⁹ J.S. Bell, *Speakable and Unspeakable in Quantum Mechanics* (Cambridge: Cambridge University Press, 1987), p. 27.
- ¹⁰ A. Aspect, et al., "Experimental realization of Einstein-Podolsky-Rosen-Bohm *Gedankenexperiment*: A new violation of Bell's inequalities," *Physical Review Letters*, vol. 49 (1982), pp. 91-94; "Experimental test on Bell's inequalities using time-varying analyzers," pp. 1804-7.
- ¹¹ Это так называемые эксперименты с квантовыми биениями [quantum beat experiments].
- ¹² Erwin Schrödinger, *What Is Life? and Other Scientific Essays* (Garden City, NY: Doubleday, 1956), pp. 161-62.
- ¹³ U. Bonse and H. Rauch, eds., *Neutron Interferometer* (New York: Oxford University Press, 1979).*
- ¹⁴ См.: "Making Waves with Interfering Atoms," *Science*, vol. 252 (May 17, 1991), pp. 921-22.
- ¹⁵ См., например, статьи: C. Tesche, S. Washburn, and R. Webb, *New Techniques and Ideas in Quantum Measurement Theory*, ed. Daniel Greenberger, vol. 480 (1986), *Annals of the New York Academy of Sciences*, pt. II.
- ¹⁶ D. Bohm, B.J. Hiley, and P.N. Kaloyerou, "An Ontological Basis for the Quantum Theory," *Physics Reports*, vol. 144, no. 6 (1987), pp. 321-75.
- ¹⁷ Слова Фрэнсиса Томпсона [Francis Thompson] приведены в: Alan J. Friedman and Carol C. Dorley, *Einstein as Myth and Muse* (Cambridge: Cambridge University Press, 1985), p. 44.
- ¹⁸ Hesiod, *Theogony*. Гесиод. Теогония. Л.: 1974.
- ¹⁹ Aristotle, *Physics*, trans. Richard Hope (Lincoln, NE: University of Nebraska Press, 1961), p. 58. Аристотель. Сочинения в четырех томах. Физика. Т. 3. / Академия наук СССР, Институт философии. М.: Мысль, 1981.
- ²⁰ T.D. Newton and E.P. Wigner, *Reviews of Modern Physics*, vol. 21 (1949), pp. 400-06; см. также: E.R. Pike and Sarben Sarkar, "Photons and Interference," in E.R. Pike and Sarben Sarkar, eds., *Frontiers in Quantum Optics* (Boston: Adam Hilger, 1986), pp. 282-317.
- ²¹ Murray Sargent III, Marlan Scully, and Willis E. Lamb, Jr., *Laser Physics* (Reading, MA: Addison-Wesley Publishing Co., 1974), p. 228.
- ²² J.A. Valdmanis and N.H. Abramson, "Holographic Imaging Captures Light in Flight," *Laser Focus World*, February 1991, pp. 111-17.
- ²³ Слова Джеймса Таррелла [James Turrell] приведены в: *Occluded Front*, ed. Julia Brown (Los Angeles: The Lapis Press, 1985), p. 46.

- 24 Gerard de Nerval, *Le Christ aux Oliviers in Dictionary of Foreign Quotations*, compiled by Robert and Mary Collison (New York: Facts on File, 1980), p. 138.
- 25 H.B.G. Casimir and D. Polder, "The Influence of Retardation on the London-van der Waals Forces," *Physical Review*, vol. 73 (1948), p. 360.
- 26 H.B.G. Casimir, "On the attraction between two perfectly conducting plates," *Proceeding of the Koninklijke Nederlandse Adademie van Wetenschappen*, vol. 51 (1948), p. 793.
- 27 См.: I.J.R. Aitchison, "Nothing's plenty: The vacuum in modern quantum field theory," *Contemporary Physics*, vol. 26 (1985).
- 28 Victore Hugo, *Dernière Gerbe*, November 26, 1876.
- 29 Слова Гердера о жизни приведены в: Bachelard, *The Flame of a Candle*, p. 2.

Глава 12. Видение света

- 1 См.: Margaret Miles, "Vision," *The Journal of Religion*, vol. 63 (1984), pp. 125-42.
- 2 Dante Alighieri, *The Paradiso*, trans. John Giardi (New York: New American Library, 1970), canto 31, lines 22ff.
Данте Алигьери. Божественная комедия. М.: Правда, 1982. Песнь 31, строки 22 и далее.
- 3 Слова св. Бернарда (или его подражателя) приведены в: Millard Miess, "Light as Form and Symbol in Some Fifteenth-Century Paintings," *Art Bulletin*, vol. 27 (1945), pp. 175-81.
- 4 Otto von Simson, *The Gothic Cathedral* (Princeton, NJ: Princeton University Press, 1988), 3rd ed., p. 55; и вся гл. 2.
- 5 Ernest Gellner, *Plough, Sword and Book: The Structure of Human History* (Chicago: The University of Chicago Press, 1988), chap. 2.
- 6 Hesiod, *Works and Days*, pp. 110ff. См.: Гесиод. *Труды и дни.*
- 7 Слова Вико приведены в: Charles M. Radding, *A World Made by Men: Cognition and Society, 400-1200* (Chapel Hill, NC: University of North Carolina Press, 1985).
- 8 Louis L. Noble, *The Course of Empire* (New York: Lamport, Blakeman & Law, 1853), p. 289.
- 9 См. лист 5 Элизабет Сизэрс: Elizabeth Sears, *The Ages of Man: Medieval Interpretations of the Life Cycle* (Princeton, NJ: Princeton University Press, 1986).
- 10 Novalis, *The Disciples at Saiz and Other Fragments*, trans. F.V.M.F.

and U.C.B. (London: Methuen and Co., 1903), pp. 137.

Новалис. Генрих фон Офтердинген. М.: Научно-издательский центр «Ладомир»; «Наука», 2003.

- 11 *Paul Cézanne Letters*, ed. John Rewald (New York: Hacker Art Books, 1976), p. 327 — письмо сыну от 8 сентября 1906 г.
- 12 *Cézanne, Letters*, pp. 303, 306; письмо от 25 июля 1904 г.
- 13 Buddhaghosa, *Path of Purity*, trans. Pe Maung Tin (Pali Text Society, 1975), p. 145.
- 14 Buddhaghosa, *Path of Purity*, p. 200.
- 15 J.W. Goethe, *Goethes Gespräche* (Leipzig, Ger.: Biedermann, 1901-11), vol. 2, p. 245.
- 16 Goethe, *Goethes Werke*, Hamburger Ausgabe, vol. 13, p. 323.
- 17 Goethe, *Goethes Werke*, Hamburger Ausgabe, vol. 13, p. 38.

Благодарности

Написание этой книги было бы невозможно без помощи многих друзей и наставников. Эрнст Катц [Ernst Katz] и Алэн Коттрелл [Alan Cottrell] пробудили у меня интерес к Гете, Штейнеру и к гуманистически-духовному подходу при изучении света. Они стали моими первыми учителями, и я им многим обязан. Общение с Мари Анн Бушиа [Marie Anne Bouchiat] в *École Normale Supérieure*, с Гербертом Вальтером [Herbert Walther] и Марлен Скалли [Marlan Scully] в Институте квантовой оптики Макса Планка, с Юргеном Млынеком [Jürgen Mlynek] в университете Ганновера и с Леонардом Манделем [Leonard Mandel] в университете Рочестера углубило мое понимание света с позиций квантовой физики. Среди многих коллег, разговоры с которыми подталкивали меня к новым идеям и помогали определить верное направление, я хотел бы особо упомянуть: Джорджа Гринштейна [George Greenstein], Герберта Бернштейна [Herbert Bernstein], К. Джаганатан [K. Jagannathan], Лари Хантера [Larry Hunter], Дадли Тауна [Duddley Towne] и Боба Кроткова [Bob Krotkov]. За помощь в литературно-художественных вопросах я благодарю Фредерика Амрина [Frederick Amrine], Дугласа Пейти [Douglas Patey], Дугласа Миллера [Douglas Miller], Кристофера Бамфорда [Christopher Bamford] и Джоэла Аптона [Joel Upton]. Я хотел бы поблагодарить Уильяма Ирвина Томпсона [William Irvine Thompson] за то, что меня включили в число собиравшихся в рамках линдисфарновских [Lindisfarne] встреч, что дало мне возможность разработать определенные направления в книге, а также его сына Эвана Томпсона за то, что он подвел меня к более глубокому пониманию того, что такое видение.

Кроме многих коллег, которые сыграли важную роль в написании книги, я хотел бы поблагодарить Колледж Эмхерст, в особенности сотрудников библиотеки, а также Лоуренса Рокфеллера за поддержку во время моего годовичного отпуска. Без такой помощи написание книги заняло бы еще более длительное время. Конечно же, без поддержки моей семьи и побуждения со стороны моих сыновей Августа и Тристана весь этот проект был бы просто невозможен.

И, наконец, я очень благодарен Лесли Мередит [Leslie Meredith] за энтузиазм, с которым она отнеслась к написанию книги с самого начала, и за тщательное редактирование рукописи. Особую благодарность я приношу Патриции ван дер Лейн [Patricia van der Leun] за постоянную поддержку, ценные предложения и неослабевающее внимание к книге, которые помогали оформлять текст должным образом в течение всего процесса вплоть до публикации.

Всем этим людям я во многом обязан тем, что получилось в книге «Неуловимый свет». Я оставляю за собой ответственность за все ошибки и неточности в тексте.

Артур Зайонц

НЕУЛОВИМЫЙ СВЕТ

*Переплетенная история
света и разума*

Перевод *Н. Леняшин*
Редактор *О. Князева*
Корректор *Н. Глузуш*
Верстка *Д. Южный*
Оформление *Е. Пинегина*

Подписано в печать 25.12.2009. Гарнитурa «Баскервиль»
Формат 84x108^{1/32}. Объем 12 печ. л. Печать офсетная.
Тираж 1500 экз. Заказ № 19996.

Издательство «Деметра»
190068, Санкт-Петербург,
наб.реки Фонтанки, д. 121, оф. 20
www.demetra.spb.ru
info@demetra.spb.ru

Отпечатано по технологии StP
в ОАО «Печатный двор» им. А.М. Горького
197110, Санкт-Петербург, Чкаловский пр., 15

Неуловимая природа света, ничто так не удивляет, не очаровывает и не занимает умы философов и квантовых физиков с древних времен до наших дней. В своей книге Артур Зайонц открывает перед читателем эпические страницы истории, показывая стремления человека разобраться в явлении света. Объединяя исследования мифологии, религии, науки, литературы и живописи, автор подробно и поэтично описывает попытки людей выявить живую взаимосвязь между внешним светом природы и внутренним светом человеческого духа. А. Зайонц демонстрирует сложность восприятия на примере работ Поля Сезанна — художника, который многократно писал один и тот же пейзаж на берегу реки, отражая многообразие возникавших перед ним мотивов. Автор обращается и к современному миру, в котором главная роль в создании теорий возникновения света принадлежит науке; рассмотрение охватывает и «корпускулярную теорию света» Исаака Ньютона, и принципиально новые идеи, выраженные в «теории относительности» Альберта Эйнштейна и в «квантовых скачках» Нильса Бора. Глубокий смысл взаимоотношений между многоликими проявлениями человеческого опыта и сферой науки освещается А. Зайонцем поразительно ясно и бесподобно лирично. Исследование глубочайших тайн науки проводится удивительным образом. В «Неуловимом свете» материал обобщен настолько блестяще, что его чтение и увлекательно, и познавательно.

«Драгоценная книга — поэтична и в стиле изложения, и в решимости сближения отдаленных идей».

Джеймс Глик, «Вашингтон пост»

«Блестяще... Великолепно построенные размышления».

«Керкус ревьюз»

Артур Зайонц — профессор, доктор физических наук, Амхерст-колледж; президент Ассоциации «Линдисфарн»; старший руководитель программы, Институт Фетцера (1991-1997).
Вебсайт: www.arthurzajonc.org