

О цветовом зрении

Всякое зрение есть цветовое зрение, так как только наблюдая разницу в цвете, мы различаем форму предметов. Я включаю различие в яркости или в оттенке¹ в различие в цвете.

Где-то в начале этого столетия Томас Юнг сделал в Королевском институте первое достоверное сообщение о той доктрине цветового зрения, которую я собираюсь проиллюстрировать. Ее можно сформулировать следующим образом. Мы способны воспринимать три цветовых ощущения. Свет различного вида возбуждает эти ощущения по-разному, и все вариации цветового зрения осуществляются при различных комбинациях этих трех первичных ощущений. В этом утверждении есть одно слово, на котором мы должны зафиксировать свое внимание. Это слово — ощущение. Кажется почти трюизмом говорить, что цвет — это ощущение; и еще Юнг, действительно признавая эту основную истину, дал первую последовательную теорию цвета. Насколько мне известно, Томас Юнг был первым, кто, начав от всем известного факта, что существуют три основных цвета, нашел объяснение этому факту не в природе света, а в строении человека. Даже среди тех, кто писал о цвете после Юнга, некоторые полагали, что они должны изучать свойства пигментов, а другие — что они должны анализировать световые лучи. Они стремились по-

¹ Д. К. Максвелл определяет оттенок (shade) как больший или меньший недостаток яркости (см. стр. 221).

стичь цвета, изучая нечто в окружающей природе — вне себя.

Итак, если ощущение, которое мы называем цветом, имеет некоторые законы, то должно существовать что-то в нашей собственной природе, что определяет вид этих законов; и мне нет необходимости говорить вам, что единственные данные, которые мы можем получить о себе, дает нам сознание. Следовательно, наука о цвете должна рассматриваться как существенно теоретическая наука. Она отличается от большей части того, что называют теоретической наукой в широком смысле, от того, что составляет физические науки, и, в частности, от оптики и анатомии. Но дает доказательства тому, что она — теоретическая наука, многочисленными иллюстрациями, которыми она снабжает различные действия мозга.

Мы всегда чувствуем себя увереннее, когда имеем дело с физикой. Поэтому я начну с показа того, как мы применяем открытия Ньютона к преобразованию света, чтобы дать вам возможность самим испытать различные ощущения цвета. До Ньютона белый свет считали из всех известных вещей самым чистым. Когда свет оказался окрашенным, предположили, что он загрязняется при соприкосновении с грубыми телами. Мы можем еще думать, что белый свет — эталон чистоты, хотя Ньютон учил, что его чистота не означает его простоты.

Получим теперь призматический спектр на экране. Видим простые цвета, из которых всегда состоит белый свет. Мы можем различить множество оттенков, переходя от одного края к другому; но, применив мощные спектроскопы или воспользовавшись работами тех, кто составил атлас спектров, узнаем множество разновидностей света, каждая из которых требует специального изучения. С увеличением разрешающей способности приборов возрастает в том же отношении число линий, видимых в спектре.

Свет, как доказал Ньютон, состоит из тех лучей, на которые он разлагается прибором. Предметы, которые мы называем окрашенными, будучи освещены белым светом, производят отбор этих лучей, и до нашего глаза доходит лишь часть того света, который попадает на них. Но если их освещают лучи только одного цвета спектра, то они могут казаться только этого цвета. Если я помещу диск, состоящий из чередующихся квадрантов красной и зеленой бумаги, в пучок красных лучей, то он покажется весь крас-

ным, но красные квадранты будут ярче. Если я помещу диск в пучок зеленых лучей, то оба листа покажутся зелеными, но красный диск теперь будет самым темным. Таким образом, это является оптическим объяснением окраски тел, освещенных белым светом. Тела разделяют белый свет на компоненты, поглощая одни и отражая другие.

Возьмем два прозрачных раствора. Один кажется желтым — он содержит бихромат углекислого калия; другой представляется голубым — он содержит сульфат меди. Если я пропущу свет электрической лампы одновременно через оба раствора, то пятно на экране окажется зеленым. С помощью спектра мы сможем объяснить это. Желтый раствор обрезает голубой конец спектра, пропуская только красный, оранжевый, желтый и зеленый. Голубой раствор обрезает красный конец, пропуская только зеленый, голубой и фиолетовый. Как видите, через оба раствора может пройти только свет зеленого цвета. Аналогично смесь большого количества голубой и желтой красок кажется зеленой. Свет, попадающий на смесь, так распределяется между желтыми и голубыми частицами, что остается только зеленый. Но желтый и голубой свет при смешении не дадут зеленого, как вы увидите, если мы направим их одновременно на одну и ту же часть экрана.

То, что многие не только продолжают верить, основываясь на смешивании красок, что голубой и желтый дают зеленый, но даже убедили себя, что они могут отделить ощущение голубизны и желтизны в ощущении зеленого, служит поразительной иллюстрацией мышления.

До сих пор мы анализировали свет, используя окрашенные вещества. Теперь мы должны вернуться, еще под руководством Ньютона, к призматическому спектру. Ньютон не только

Раскрыл, что таит в себе сиянье дня,

но и указал, как свести цвета опять вместе. У нас здесь чистый спектр, но вместо того чтобы ловить его на экране, мы пропустим его через линзу, достаточно большую, чтобы собрать все цветные лучи. Эти лучи проходят в соответствии с хорошо известными положениями оптики, чтобы дать изображение призмы на экране, расположенном на соответствующем расстоянии. Это изображение создается лучами всех цветов, и вы видите результат: оно белое. Но если я задержу любые цветные лучи, изображе-

ние более не будет белым, а станет цветным; если я пропущу лучи только одного цвета, изображение призмы окажется того же цвета.

Здесь у меня есть набор щелей, с помощью которых я могу выделить один, два или три вида лучей спектра; они-то и создадут изображение призмы, в то время как остальные лучи будут задержаны. Это дает мне полную власть над цветами спектра, и я могу образовать на экране любой возможный оттенок, меняя ширину и положение щелей, через которые проходит свет. Я также мог бы, поставив линзу на пути света, показать вам увеличенное изображение щелей, на котором бы вы увидели различные сорта света, которые составляют смесь.

Есть цвета — красный, зеленый и голубой, а смесь этих трех, как видите, почти белая. Попробуем смешать два из этих цветов. Красный и голубой дают яркий пурпур или темно-красный; зеленый и голубой дают цвет морской волны или лазурный; красный и зеленый — желтый.

Здесь мы вновь сталкиваемся с не всем известным фактом. Ни один художник, желая получить ярко-желтую краску, не станет смешивать красную и зеленую. В результате получился бы грязный серовато-коричневый цвет. Природа снабжает художника яркими желтыми красками, и он пользуется ими. При смешении красной и зеленой красок на палитре, красный свет, рассеиваемый красной краской, теряет почти всю свою яркость, проходя среди частиц зеленой, и то же относится к зеленому свету. Но если кисть, которой мы рисуем, состоит из лучей света, то эффект от двух слоев цвета получается совсем другой. Красный и зеленый дают очень яркую желтизну, интенсивность которой, как можно показать, равна интенсивности чистейшего желтого в спектре.

Теперь я расположу щели так, чтобы они пропускали желтый свет спектра. Как видите, он подобен по цвету желтому, полученному смешением красного и зеленого, но отличается от смеси, будучи строго однородным с физической точки зрения: призма не разделяет его на две части, как смесь. Теперь скомбинируем этот желтый с голубым из спектра. В результате получаем не зеленый; мы можем сделать его розовым, если наш желтый был теплой окраски, но если мы выберем зеленовато-желтый, то сможем получить хороший белый.

Вы увидели наиболее замечательные комбинации цве-

тов — другие отличаются от них по степени, но не по качеству. Теперь я должен попросить вас не думать больше о физических устройствах, с помощью которых вы смогли увидеть эти цвета, и сосредоточить внимание на цветах, которые вы видели, т. е. на некоторых ощущениях, которые доходят до вашего сознания. Здесь мы сталкиваемся с такого рода трудностями, которые не встречаются при чисто физическом исследовании. Мы все можем воспринимать эти ощущения, но никто не может описать их. Они не только субъективное свойство, но и непередаваемое свойство. Мы называем внешние объекты, возбуждающие наши ощущения, но не сами ощущения.

Когда мы смотрим на широкое поле одного цвета, будь то цвет действительно простой или составной, мы обнаруживаем, что ощущение цвета воспринимается как одно и неделимое. Мы не можем так выделить те элементарные ощущения, из которых оно состоит, как мы можем различить отдельные ноты музыкального аккорда. Цвет, следовательно, должен рассматриваться как нечто простое, качественно способное к изменениям.

Чтобы привнести качество в точную науку, мы должны понять, как оно зависит от значений одной или более величин, и первый шаг в этом — определение числа переменных, которые необходимы и достаточны для определения качества цвета. Нам не надо никаких тщательных экспериментов для доказательства того, что качество цвета может изменяться тремя, и только тремя, независимыми способами.

Один способ выразить это — сказать вслед за художниками, что цвет может изменяться по окраске, тону и оттенку. Лучший пример цветового ряда, изменяющегося по окраске, — сам спектр. Разница в окраске может быть проиллюстрирована разницей между соседними цветами в спектре. Ряд окрасок в спектре неполон; поэтому для получения пурпурных оттенков мы должны смешать красный и голубой.

Тон может быть определен как степень чистоты цвета. Таким образом, ярко-желтый, темно-желтый и кремовый создают цветовой ряд, примерно одинаковый по окраске, но изменяющийся по тону. Тона, соответствующие любой данной окраске, создают ряд, начинающийся с наиболее ярко выраженного цвета и заканчивающийся совершенно нейтральным тоном.

Оттенок можно определить как больший или меньший недостаток яркости. Если начать с какого-либо тона любой окраски, то можно создать постепенный переход от этого цвета к черному, и этот переход есть последовательность оттенков этого цвета. Таким образом, можем сказать, что коричневый — это темный оттенок оранжевого.

Качество цвета может изменяться тремя различными и независимыми способами. Мы не можем представить себе что-либо другое. Фактически, если мы соотнесем один цвет с другим с тем, чтобы согласовать их в окраске, тоне и оттенке, два цвета будут абсолютно неразличимы. Следовательно, существуют три, и только три, способа, которыми цвет может изменяться.

Я сознательно избегал пока говорить о том, что могло быть названо научным экспериментом, а хотел указать на возможность просто из нашего повседневного опыта определить число величин, от которых зависит изменение цвета.

Возьмем некоторую точку в этой комнате: если я хочу определить ее положение, я должен оценить три расстояния — а именно, высоту над полом, расстояние от стены за мной и расстояние от стены слева от меня.

Это — только один из многих способов определения положения точек, но один из наиболее удобных. И цвет также зависит от трех величин. Если мы укажем интенсивность трех первичных цветовых ощущений и сможем каким-либо способом измерить эти три интенсивности, то можем рассматривать цвет как определенный этими тремя измерениями. Следовательно, определение цвета подобно определению точки в комнате, поскольку оба они зависят от трех измерений.

Сделаем следующий шаг и предположим, что цветовые ощущения, измеренные по некоторой шкале интенсивности, и точка, для которой известны три расстояния, или координаты, содержат одинаковые по величине степени интенсивностей и число футов соответственно. Тогда мы можем сказать, используя геометрическую интерпретацию, что цвет описывается математически точкой, определенной в комнате таким образом; и если есть несколько цветов, представленных несколькими точками, то хроматические связи цветов будут соответствовать геометрическим связям точек. Такой метод выражения связей цветов очень помогает воображению. Эти связи цветов, устанавливаемые чрезвычайно ясно, вы найдете в книге Бенсона «Руковод-

ство по цвету», одной из очень немногих книг по цвету, в которой утверждения основаны на правильных экспериментах.

Но есть и еще более удобный способ представить связи цветов — с помощью цветового треугольника Юнга. На плоскости невозможно представить себе все мыслимые цвета; для этого необходимо пространство трех измерений. Но если мы рассматриваем цвета только одного и того же оттенка, т. е. цвета, у которых сумма интенсивностей трех ощущений одинакова, то изменения в тоне и окраске всех таких цветов могут быть представлены точками на плоскости. Для этого мы должны провести плоскость, отсекающую равные отрезки от трех линий, представляющих первичные ощущения. Часть этой плоскости внутри пространства, в котором мы распределяли наши цвета, будет равносторонним треугольником. Три основных цвета — в трех вершинах треугольника, белый или серый — в середине его, тон, или степень чистоты, любого цвета будет определяться расстоянием от средней точки, а окраска будет зависеть от направления линии, соединяющей ее со средней точкой.

Таким образом, представления о тоне и об окраске могут быть геометрически выражены на треугольнике Юнга. Чтобы понять, что означает оттенок, мы должны только предположить, что освещенность всего треугольника увеличивается или уменьшается, так что с помощью такого регулирования освещенности треугольник Юнга можно приспособить для представления любого изменения цвета. Если мы теперь выберем какие-либо два цвета в треугольнике и смешаем их в любой пропорции, то результирующий цвет обнаружим на линии, соединяющей компоненты в точке, соответствующей их центру тяжести.

Я ничего не говорил ни о природе этих трех первичных ощущений, ни каким цветам они более всего соответствуют. Для того чтобы изобразить на бумаге связи между действительными цветами, необязательно знать основные цвета. Мы можем заранее взять любые три цвета в качестве вершин треугольника и определить положение любого другого наблюдаемого цвета относительно этих цветов и, таким образом, получаем некую диаграмму цветов.

Все видимые нами цвета, возбуждаемые различными лучами призматического спектра, имеют величайшее научное значение. Весь свет состоит из одного сорта этих лучей,

либо из их комбинаций. Цвета всех природных тел составлены из цветов спектра. Следовательно, если мы можем построить диаграмму цветности спектра, дающую связи между цветами в различных составах, то цвета всех естественных тел определим по диаграмме в некоторых границах, устанавливаемых положением цветов в спектре.

Но диаграмма спектра поможет нам также узнать природу трех первичных ощущений. Так как каждое ощущение — существенно положительная величина, то любое составное цветовое ощущение должно находиться внутри треугольника, у которого основные цвета являются углами. В частности, диаграмма спектра должна целиком находиться внутри треугольника цветов Юнга, так что если какой-либо цвет идентичен с одним из цветовых ощущений, диаграмма спектра должна представляться линией, образующей острый угол в точке, соответствующий этому цвету.

Я уже показывал, как можно смешать любые три цвета спектра и менять цвет смеси, изменяя интенсивность любой из трех компонент. Если мы поместим этот составной цвет рядом с другим цветом, то можем изменить составной цвет до точного совпадения с другим. Это может быть сделано с наибольшей точностью, когда результирующий цвет — почти белый. Я сконструировал прибор, который назвал бы цветовым ящиком, для сравнения двух цветов. Он может быть использован одновременно только одним наблюдателем и требует дневного света, почему я и не принес его с собой сегодня вечером. Он является просто реализацией конструкции одного из предложений Ньютона из «Лекций по оптике», где он показал, как выделить пучок света, разделить его на компоненты, оперировать с этими компонентами, как нам угодно, а затем соединить их опять в пучок. Наблюдатель смотрит в ящик через маленькую щель. Он видит круглое световое поле, состоящее из двух полукругов, разделенных вертикальным диаметром. Левый полукруг образован светом, который ослабляется за счет двух отражений от поверхности стекла. Правый полукруг — смесь цветов спектра, положение и интенсивность которых регулируется системой щелей.

Наблюдатель приходит к определенному мнению о цветах двух полукругов. Предположим, ему кажется, что правая часть более красная, чем другая. Тогда оператор с помощью внешних винтов уменьшает ширину одной из ще-

лей, так что смесь становится менее красной; и так продолжается до тех пор, пока правый полукруг не будет казаться точно таким же, как и левый, а линия раздела не станет почти невидимой.

Если оператор и наблюдатель поработают некоторое время вместе, они начнут понимать друг друга, и цвета будут приводиться в соответствие значительно быстрее, чем вначале.

Когда оба полукруга совершенно совпадают друг с другом, отмечается положение щелей по шкале, а ширина каждой щели тщательно измеряется калибром. Полученный результат измерения называется «цветовым уравнением». Оно утверждает, что смесь трех цветов является, с точки зрения наблюдателя, идентичной с нейтральным тоном, который мы назовем стандартным белым. Каждый цвет характеризуется положением щели по шкале, которая указывает на его положение в спектре, и шириной щели, которая измеряет его интенсивность.

Для исследования спектра мы выбираем три точки для сравнения и называем их тремя стандартными цветами. Стандартные цвета выбираются исходя из тех же принципов, которыми руководствуются инженеры в выборе станции слежения. Они должны быть заметными и неизменными и не находиться на одной прямой.

На спектральной диаграмме вы можете обнаружить связи между различными цветами и между ними и тремя стандартными. Очевидно, что стандартный зеленый, который я выбрал, не может оказаться одним из трех основных цветов, потому что остальные цвета не все попадают внутрь треугольника, полученного при их соединении. Но диаграмма спектра может быть описана как состоящая из двух прямых, сходящихся к точке. Эта точка соответствует зеленому цвету на расстоянии примерно $\frac{1}{5}$ от b к F . Этот зеленый имеет, по измерениям Дитшайнера, около $0,000510$ мм и является либо действительно основным зеленым, либо, по крайней мере, ближе всего подходит к тому, что мы можем всегда видеть. Двигаясь от этого зеленого к красному концу спектра, мы обнаружим другие цвета, лежащие почти точно на прямой. Крайний красный находится значительно дальше стандартного красного, но на той же прямой, и потому мы можем, если у нас нет другого доказательства, допустить, что крайний красный действительно основной красный. Однако, как мы увидим,

настоящий основной красный не точно совпадает по цвету с любой частью спектра. Он лежит до некоторой степени вне крайнего красного, но на той же прямой.

С голубого конца основного зеленого цветные уравнения редко так точны. Однако цвета лежат на линии, очень близкой к прямой. Я не мог бы указать на какую-либо измеримую цветовую разницу между крайним индиго и фиолетовым. Цвета этого конца спектра представляются рядом очень близко расположенных точек. Мы можем допустить, что основной голубой есть ощущение, несколько отличное от того, которое возбуждается частями спектра вблизи G .

Первое, что приходит большинству на ум, то, что деление спектра ни в коем случае не является удовлетворительным. Между красным и зеленым мы имеем ряд цветов, несомненно, очень отличающихся друг от друга, и имеющих такие характерные особенности, что двум из них — оранжевому и желтому — дали различные названия. С другой стороны, цвета между зеленым и голубым имеют очевидное сходство с одним или обоими крайними цветами, но никакие различные названия для этих цветов не стали общепринятыми.

Я не собираюсь улаживать это несоответствие между повседневным и научным опытом. Оно только указывает на невозможность лишь на основе самоанализа верно проанализировать наши ощущения. Сознание — наш единственный источник; но сознание необходимо систематически проверять для получения сколько-нибудь правдоподобных результатов.

Благодаря любезности профессора Хаксли я располагаю изображением той ткани на задней стенке глаза, на которую попадает свет. Она состоит из мельчайших тел, похожих на стерженьки и конусы или заостренные палочки, и можно себе представить, что мы узнаем о форме предметов благодаря тому, что наше восприятие изменяется в соответствии с тем, на окончание каких стерженьков попадает свет, так же как узор на ткани, создаваемый на ткацком станке Жекарда, зависит от способа, каким перфорированные карты действуют на систему движущихся стержней в этой машине. Говоря о глазах, мы имеем, с одной стороны, свет, попадающий на эту изумительную ткань, а с другой стороны, чувство зрения. И мы не можем сравнить эти две вещи; они принадлежат к противоположным

категориям. Они разделены огромной бездной — всей Метафизикой. Вероятно, если проследить путь нервного возбуждения

От тонких нитей до чувствующего мозга,

можно будет сделать открытие в физиологии, но это не привело бы нас к лучшему пониманию тех цветовых ощущений, которые мы можем узнавать только, воспринимая их сами. И еще, хотя невозможно познакомиться с ощущением, анатомически изучая орган, с которым оно связано, мы можем использовать ощущение для исследования анатомической структуры.

Замечательный тому пример — вывод теории Гельмгольца о строении сетчатки из теории Юнга относительно восприятия цвета. Юнг утверждает, что существуют три элементарных ощущения цвета; Гельмгольд утверждает, что существуют три системы нервов в сетчатке, каждая из которых обладает свойством при действии на нее света или любого другого возмущающего фактора возбуждать в нас одно из этих трех ощущений.

До сих пор анатомам не удалось отличить эти три системы нервов при наблюдении в микроскоп. Но оно показало физиологам, что ощущение, возбужденное отдельным нервом, может изменяться только при изменении интенсивности. Интенсивность ощущения может меняться от самого слабого впечатления до невыносимой боли. Но какова бы ни была возбуждающая причина, ощущение остается одинаковым при одной и той же интенсивности. Если допустить такое представление о функции нерва, то закономерно перейти от того, что цвет может изменяться тремя различными способами, к выводу, что эти три вида изменений происходят от независимого действия трех различных нервов или системы нервов.

Замечательные наблюдения по ощущению цвета были проделаны М. Зигмундом Экснером в физиологической лаборатории Гельмгольца в Гейдельберге. Глядя на интенсивный свет яркого цвета и двигая пальцами перед глазами, он добился быстрой смены света и темноты. При этих обстоятельствах особая детальная структура, которую многие из нас могли наблюдать, оказалась в поле зрения. М. Экснер устанавливает, что характер этой структуры различается в зависимости от цвета используемого света. Когда пользуются красным светом, то видна покрытая

жилками структура; когда свет зеленый, поле кажется покрытым мелкими черными точками; а когда свет голубой, видны пятна, по размеру большие, чем точки в зеленом свете, и более светлые.

Я не могу сказать, характерны ли эти явления для всех глаз или их физической причиной является какое-либо различие в устройстве нервов трех систем по теории Гельмгольца, но я уверен, что если эти системы нервов действительно существуют, то нет метода более подходящего для демонстрации их существования, чем тот, который избрал М. Экснер.

Цветовая слепота

Наиболее ценные доказательства, которыми мы обладаем относительно цветового зрения, получены благодаря слепым к цвету. Значительное число людей неспособны различать определенные пары цветов, которые обычным людям представляются контрастными. Доктор Дальтон, основатель атомистической теории химии, рассказал нам о самом себе.

На действительную причину этой странности зрения впервые указал сэр Джон Гершель в письме к Дальтону в 1832 г., которое не было известно до опубликования доктором Генри биографии Дальтона. Недостаток состоит в отсутствии одного из трех первичных ощущений цвета. Такое зрение зависит от переменных интенсивностей двух ощущений вместо трех. Лучшее описание такого зрения дано профессором Полем в его рассказе о самом себе в «Philosophical Transactions» (1859).

Во всех случаях, которые проверялись с достаточной тщательностью, отсутствующее ощущение, видимо, сходно с тем, что мы называем красным. Точка *P* на диаграмме спектра дает связь отсутствующего ощущения с цветами спектра, выведенную из наблюдений с цветовым ящиком профессора Поля.

Если было бы возможно представить цвет, соответствующий этой точке, на диаграмме, то она для профессора Поля была бы невидимой, абсолютно черной. Если цвет не находится в пределах цветового ряда спектра, то мы не можем его изобразить; а фактически, люди с цветовой слепотой могут замечать крайний конец спектра, который мы

называем красным, хотя он кажется им значительно темнее, чем нам, и не возбуждает в них ощущения, которое мы называем красным. На диаграмме интенсивностей трех ощущений, возбужденных различными частями спектра, верхний рисунок, отмеченный буквой *П*, выведен из наблюдений профессора Поля; в то время как нижний рисунок, обозначенный буквой *К*, основан на наблюдениях очень точного наблюдателя обычного типа.

Единственное отличие между двумя диаграммами то, что на верхнем рисунке отсутствует красная кривая. Форма двух других кривых почти одинакова для обоих наблюдателей. Следовательно, у нас есть большие основания для вывода, что цветовые ощущения, которые воспринимает профессор Польш, — это те, которые мы называем зеленым и голубым. Это — результат моих размышлений; но профессор Польш, а также и все, страдающие цветовой слепотой люди, которых я знал, отрицают, что зеленый — один из его ощущений. Такие люди ошибаются относительно зеленых предметов и путают их с красными. Цвета, относительно которых они никогда не ошибаются, — голубой и желтый, и они упорно заявляют, что желтый, а не зеленый, они способны видеть.

Чтобы объяснить такое несоответствие, надо вспомнить, что люди с цветовой слепотой заучивали название цветов по той же системе, что и мы. Им говорили, что небо — голубое, трава — зеленая, а солдатские шинели — красные. Они воспринимали разницу в цвете между этими предметами, и часто считали, что видят те же цвета, что и мы, но только не так хорошо. Но если посмотрим на диаграмму, то увидим, что самый яркий пример их второго ощущения в спектре находится не в зеленой области, а в той, которую мы называем желтой и которую мы учили их называть желтой. Давая изображение спектра ниже кривых профессора Поля, я пытаюсь представить людям с обычным зрением то, что видели бы в спектре люди с цветовой слепотой. Я с трудом решился привлечь ваше внимание к рисунку, так как если бы вы решили, что любая нарисованная картина дала бы вам возможность видеть зрением другого человека, то моя лекция определенно оказалась бы напрасной.

Опыты по цвету обнаруживают весьма значительные различия между зрением разных, но относящихся к обычному типу, людей. Например, цвет, который один, при сравнении его с белым, назовет розоватым, другой назовет зеленоватым. Однако различие происходит не от разнообразия в природе цветовых ощущений у разных людей. Это точно то же, что наблюдалось бы, если бы кто-либо носил желтые очки. Фактически, большинство из нас имеет примерно в середине сетчатки желтое пятно, через которое лучи должны проходить прежде, чем достигнут чувствительного органа. Это пятно кажется желтым, потому что оно поглощает лучи, близкие к линии *F*, которая зеленовато-голубого цвета. Некоторые обладают сильно развитым желтым пятном. Мои собственные наблюдения спектра вблизи линии *F* на сей счет малоценны. Я обязан профессору Стоксу знанием метода, с помощью которого каждый может увидеть, есть ли у него желтое пятно. Он состоит в том, чтобы смотреть на белый предмет через раствор хлорида хрома или на экран, на который попадает свет, прошедший через этот раствор. Этот свет — смесь красного с тем, который так интенсивно поглощается желтым пятном. Когда он попадает на обычную поверхность сетчатки, то оказывается нейтрального тона, но когда он попадает на желтое пятно, то только красный свет достигает оптического нерва, и мы видим красное пятно, плывущее подобно розовому облаку по освещенному полю.

Очень немногие не могут обнаружить таким образом желтое пятно. Наблюдатель *К*, цветовые уравнения для которого были использованы при изготовлении диаграммы спектра, один из тех немногих, которые ничего не видят через желтые очки. Для меня положение белого света в диаграмме спектра смещено в желтую сторону от действительно белого даже при использовании внешних частей сетчатки; но если я смотрю прямо на него, то он становится значительно более желтым, как показано точкой *WC*. Любопытно, что мы не видим это желтое пятно в каждом случае и что мы не считаем белые предметы желтыми. Но если мы некоторое время носим очки любого цвета или живем в комнате, освещаемой одним цветом, то вскоре начнем определять белую бумагу как белую. Это показывает, что

только тогда, когда имеет место изменение в наших ощущениях, мы осознаем их качество.

Есть ряд интересных фактов о цветовых ощущениях, о которых я смогу лишь кратко упомянуть. Так, края сетчатки почти не чувствительны к красному цвету. Если вы возьмете в руку красный цветок и голубой и отведете руку назад настолько, чтобы еще ее видеть, то вы уже перестанете видеть красный цветок, а голубой все еще будет виден. Другой факт — то, что при ослаблении света красные предметы темнеют относительно быстрее, чем голубые. Третий факт — можно, приняв соответствующую дозу сантонина, создать искусственно тот вид цветовой слепоты, при которой отсутствует ощущение голубого цвета. Эта разновидность цветовой слепоты была описана доктором Эдмундом Розе из Берлина. Такая слепота только временна и не вызывает никаких более серьезных последствий, чем головная боль. Я прошу извинить меня, что не прошел курса лечения даже ради того, чтобы иметь возможность сообщить вам сведения об этой цветовой слепоте из первых рук.

Джемс Клерк Максвелл и его значение для теоретической физики в Германии

М. Планк

Несомненно, значение крупного исследователя для мировой культуры находит свое выражение прежде всего в научных результатах, содержащихся в его трудах; они являются наиболее непосредственным и ценным результатом его деятельности. Но существует еще другой, не столь явный вид деятельности выдающейся личности, который иногда почти равноценен первому: то активизирующее и вдохновляющее влияние, которое она своей оригинальностью оказывает на других более или менее конгениальных современников, косвенно обогащая этим и самую науку. В области гуманитарных наук это различие между прямым и косвенным влиянием не всегда удается строго провести, потому что влияние на окружающую духовную среду само уже нередко составляет часть самостоятельной работы. Тем явственнее можно проследить в мире естественных наук, где исследователь и предмет исследования далеко отстоят друг от друга, как каждый выдающийся исследователь навсегда вносит свое имя в историю науки не только собственными открытиями, но и открытиями, к которым он побуждает других.

Конечно, каждый ученый, для которого физика — не описание отдельных человеческих переживаний, а исследование объективной природы, приходит к убеждению, что если бы все страны мира были бы полностью лишены культурных связей друг с другом, развитие физики в них прошло бы в основном один и тот же путь, и что, следовательно,