

СОДЕРЖАНИЕ

Часть первая

Общее учение о цветах	5
Глава I. История учения о цветах.	7
Глава II. Свет	41
Глава III. Процесс зрения	55
Глава IV. Ахроматические цвета.	69
Глава V. Круг цветовых тонов	89
Глава VI. Цветовые однотонные треугольники	109
Глава VII. Цветовое тело	126
Глава VIII. Учение о цветовом полукруге	134

Часть вторая

Прикладное цветоведение	163
<i>Отдел А. Измерение цветов</i>	164
Глава IX. Измерение ахроматических цветов	165
Глава X. Измерение цветового тона	180
Глава XI. Измерение содержания белого и черного в хроматических цветах	190
Глава XII. Опосредствованные измерения	197

Отдел В. Физико-химические явления 204

Глава XIII. Смешение цветов 205

Глава XIV. Физическая химия красящих веществ 239

Глава XV. Связывающие вещества красителей 283

Часть третья

Психофизические соотношения 295

Глава XVI. Физиология глаза 297

Глава XVII. Цвет как изобразительное средство 309

Глава XVIII. Гармония цветов 322

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

Общее учение
о цветах

Глава I

История учения о цветах

Общее. В научной литературе *еще* не имеется основательного труда, посвященного истории науки о цветах.

Гёте, который в течение многих лет собирал материал для такой работы, имея в виду дать связное изложение предмета, отказался от своего намерения при попытке осуществить свой план, и ограничился изданием собранного материала в необработанном виде. Он понимал, что подобный труд представлял бы весьма ценное научное произведение, но считал себя не обладающим в достаточной мере необходимыми специальными познаниями.

Другие исследователи в этой области шли по тому же пути, т.е. собирали материал и издавали его; но для целостного, связного изложения данная отрасль науки оказывалась все еще не вполне созревшей.

Первые попытки

Попытки греческих и римских авторов выяснить природу наших цветочных переживаний очень несовершенны. Древние авторы перечисляют, как различные цвета, только белый, черный, желтый и красный. Встречающиеся в памятниках искусства египтян также синий и зеленый цвета не рассматриваются, как самостоятельные, а причисляются к черному цвету.

Из описаний красящих веществ и по сохранившимся сочинениям о красках видно, что древним народам были известны также синие красящие вещества. Вероятно, яркий зеленовато-синий силикат медно-натриевой соли, который еще и теперь называется египетской голубой, был первым искусственно приготовленным красящим веществом. Древним были известны также индиго, медная лазурь и, позднее, ультрамарин. Для получения желтых и красных тонов служили соответствующие, часто встречающиеся в природе, сорта охры. В качестве черной краски употреблялся измельченный уголь. Связывающим веществом (цементом) были камедь и воск.

Подобно тому, как в древнем периоде исторического развития музыки, тот или иной музыкант к первоначальным пяти тонам гаммы прибавлял еще один тон, — в истории практического использования красок можно наблюдать, как средства крашения умножались с открытием новых красящих веществ. Бесчисленные опыты получения красок из различных, встречающихся в природе красителей — цветов растений, — не удавались, так как полученные соединения оказывались весьма непрочными. Однако с течением времени удалось найти некоторые красители, — как в животном, так и в растительном мире, — удовлетворяющие и более строгим требованиям.

Древним принадлежит открытие пурпура в некоторых улитках. Средние века дали нам зеленое красящее вещество крушинной ягоды, желтое, красное и фиолетовое красильных деревьев, кармин и шафран. Древним были также известны сурик и киноварь, между которыми они не делали различия. Средние века добавили еще синие кобальтовые вещества.

Развитие химии с XVIII века очень быстро пополнило этот список. Появление берлинской лазури, швейнфуртской зелени, различных соединений хрома, искусственно приготовленного ультрамарина — отмечает последовательные ступени этого развития. Количество органических красителей также увеличилось благодаря все более оживляющейся мировой торговле.

Целые потоки красителей полились на мировой рынок благодаря открытию — во второй половине

XIX века — синтеза красящих веществ из продуктов сухой перегонки каменного угля. Мы еще и теперь находимся в этой области в стадии дальнейшего развития.

Теперь, после того как уже найдены в щелочных и кислых красящих веществах представители всех цветов, работа ведется в том направлении, чтобы придать краскам наибольшую стойкость и прочность по отношению к выцветанию, трению, мытью, поту, грязи и т. д., какую только позволяет достигнуть современная техника.

Красящие вещества и цвета

Предыдущий обзор развития наших знаний *о красящих веществах* мы привели все необходимое введение для изучения цветов.

Грандиозная попытка методического изложения науки о цветах, сделанная Гёте, не удалась потому, что в его эпоху непосредственно были еще мало изучены зеленые и фио-

летовые цвета, ибо существующие в те время красители не были достаточно чистыми.

Мы должны строго различать понятия: *цвет и краска* (красящее вещество).

Цветом называется то ощущение, которое возникает в результате передачи соответствующих внешних

Глава I. История учения о цветах

раздражений, вызванных светом, — через посредство глаза и зрительного нерва — в мозг. Цвет можно ощущать и без краски: стоит только закрыть глаза и слабо прижать глазное яблоко, как появятся различные цветовые и световые эффекты. Существуют люди, и таких немало, — которые по произволу в самой глубокой темноте, без всякого внешнего раздражения, могут вызвать в своем сознании цветовые образы.

Мы должны поэтому раз навсегда принять к сведению, что словом «цвет» обозначается лишь определенный класс психических

переживаний, именно те переживания, которые возникают у нас, обычно благодаря раздражению глаза лучистой энергией или светом; но это же самое переживание мы можем получить и другими путями — через какое-либо иное раздражение зрительного нерва или же в результате некоторой внутренней деятельности. Те же химические вещества, при виде которых у нас появляется ощущение «цвета», называются *красящими веществами*. Энергия, которая обычно обуславливает такое раздражение глаза, называется светом.

Ньютоновское учение о цветах

Замечательно, что несмотря на знание многочисленных красок, находивших себе применение в уже высоко развитой живописи — попытки расположить все цвета в стройную и удобообозримую систему долгое время отсутствовали.

Даже *Леонардо да Винчи* (1452—1519), являющий собой столь редкую

комбинацию дарований, человек высокой художественной одаренности и строгого научного мышления, — даже он, с его даром научных предвидений, не высказал ни одной ценной мысли в столь близкой ему области.

Понадобилось вмешательство совершенно с другой стороны фи-

зики, — чтобы доказать самую возможность научно обоснованного упорядочения мира цветов. Этот шаг вперед удался *Исааку Ньютону* (1643—1727), первым достижением которого было открытие зависимости между преломлением света и цветом. Он доказал, что белый свет, который до него принимали за однородный, разлагается после преломления в призме на множество разнородных световых волн, характеризующихся различной преломляемостью.

Параллельно с этим чисто физическим явлением идет другое, чисто *психологическое*, — а именно ощущение цвета, которое вызывается в глазу этими отдельными составляющими белого света. Цвета образуют непрерывный ряд, как и различия в преломлении.

Свет наименьше преломляемый вызывает ощущение красного цвета; затем следуют цвета: оранжевый, желтый, лиственная зелень (желто-зеленый), морская зелень (сине-зеленый), холодно-синяя (зелено-синий), синий (ультрамарин) и в самом конце фиолетовый, которому соответствует самое сильное преломление.

Позднейшие исследования установили, что имеется еще «невидимым свет» с обоих концов спектра, т. е. лучистая энергия, не вызывающая в нашем глазу ощущения цвета, а потому и невидимая. В дальнейшем мы ею не будем заниматься.

Благодаря близкой ассоциации между двумя упомянутыми родами явлений издавна признавалась зависимость более тесная, чем существует на самом деле. Так как вышеупомянутые цвета вполне определенно соответствуют световым волнам с определенными показателями преломления (что в дальнейшем было сведено к длине световой волны и числу колебаний), то и предполагали, что связь физических свойств раздражения с психологическими явлениями непосредственна; поэтому не раз делали попытку установить между числом колебаний и цветом такую же тесную закономерную связь, какая существует между числом колебаний и высотой тона в мире звуков. Ни одна из подобного рода попыток не удалась, и в дальнейшем нам станет понятным, почему такая неудача была неизбежна.

Противоречие

В то время как высота тона звука и число колебаний так связаны между собой, что все время с увеличением числа колебаний тон становится выше и наоборот, — так что звуки, соответствующие неметрическому ряду чисел колебания $a \cdot 2^n$ (где «а» есть любое число, а для «п» берем последовательно натуральный ряд чисел — 1, 2, 3, 4 и т.д.), дают психологический ряд равнозначных ступеней (октав) — цвета же ведут себя совсем иначе.

С возрастанием числа колебаний цвета вначале удаляются от первоначального цвета (красного) — так же, как это имеет место у звука. Но это удаление не является постоянным; достигая цвета «морской зелени» (Seegrün), цвета опять начинают приближаться к красному, и в фиолетовом почти совпадают с ним. Невероятность этого нас только потому и не поражает, что явление это знакомо нам с детства. Действительно, мы нигде не встречаем подобного соотноше-

ния; мы не знаем такого случая, когда при изменении раздражения в одном и том же направлении ощущение изменилось бы в том же направлении, а затем делало бы поворот и начинало приближаться к первоначальному исходному ощущению. В то время как красный и фиолетовый цвета наибольшим образом отличаются друг от друга в отношении числа колебаний и длины волн, так как находятся на противоположных концах спектра, который охватывает весь видимый свет, — ощущения, соответствующие этим наиболее различным раздражениям, совсем близки друг к другу и стремятся как бы к тождеству.

В дальнейшем мы будем иметь возможность вернуться к этой проблеме, чтобы разрешить указанное противоречие. Здесь мы имеем ввиду только предостеречь читателя от ошибочного пути, на который многие серьезные исследователи попадали и с которого потом уже никогда не сходили.

Цветовой круг

Открытие Ньютона первоначально было во всяком случае настолько интересным и плодотворным, что вышеуказанное затруднение не чувствовалось. Ньютон непосредственно применил свое открытие к первичному упорядочению мира цветов, расположив в замкнутый *цветовой круг* цвета своего «спектра», полученные посредством призмы, разлагая белый свет на его составные элементы и добавляя недостающий, но имеющийся в живописи и крашении пурпурный цвет. Это дало вполне определенный ряд «цветовых тонов» (как мы будем отныне называть это свойство цветов), в котором каждый цвет связан с соседним посредством непрерывных переходов. Эта непрерывность указывает на то, что можно постепенно, без всяких скачков, перейти от одного цветного тона к другому. Кругообразное, в себе замыкающе-

еся расположение цветов указывает на то, что существует два пути от одного цвета к другому, один более короткий, другой более длинный. Так, в цветовом круге можно перейти от желтого к фиолетовому постепенно через оранжевый и красный, или через желто-зеленый, морскую зелень, холодно-синий; последний путь длиннее первого.

Это открытие кругообразного расположения цветов имеет основоположное значение для систематизации цветовых тонов вообще. Здесь вкралась, однако, следующая ошибка. Из того факта, что удалось упорядочить цветовые *тона*, полагали, что *цвета вообще* упорядочены, что и с фактической и с логической точки зрения является безусловно грубой ошибкой, неблагоприятные последствия которой распространяются и на наше время.

Деление цветового круга

Ньютон впервые указал, что цветовой круг благодаря постепенному переходу одного цвета в другой содержит бесконечное множество разных цветов, которые, однако, можно уложить в небольшое количество естественно образующихся групп. Он различал семь таких групп — по аналогии с семью тонами диатонической гаммы, и таким образом Ньютон является предтечей ошибочной тенденции уподоблять цвета звукам. Эти семь цветов были: красный, оранжевый, желтый, зеленый, холодно-синий, ультрамарин и фиолетовый. С 8 цветовыми тонами, которые мы в настоящее время различаем, они вполне совпадают, за исключением одного пункта: мы разлагаем зеленый цвет на два цвета — холодную морскую зелень и теплую лиственную зелень. Оба эти цвета для непосредственного ощущения так же различны, как, примерно, красный и фиолетовый.

Семь цветов Ньютона стали необычайно популярными. Даже тог-

да, когда наука и практика в течение нескольких столетий пользовались другой (неудовлетворительной) шестиступенной системой, — семь цветов радуги (в коей фактически мы видим лишь три), и семь цветов белого света играли у поэтов и писателей свою роль; поэты и писатели часто, вообще, раз переняв какую-нибудь уже давно преодоленную наукой ошибку, пользуются ею, как поэтическим средством.

Первым, кто попробовал практически испробовать семичленный цветовой круг Ньютона, был франкфуртский гравировщик по меди *Ле Блон*, который около 1730 г. применял семь цветов Ньютона для цветного печатания. Но вскоре он пришел к заключению, что тех же результатов можно достичь, пользуясь всего тремя цветами, а именно: желтым, красным и синим. К такому же решению этой проблемы одновременно с ним пришел и его конкурент, Готье из Парижа, вступивший с ним в спор за приоритет.

Учение о трех цветах

Метод трех цветов вскоре нашел широкое применение и в других отраслях техники, несмотря на его коренное несовершенство. Около 1737 года *Дюфей* описал, как посредством трех цветов (желтого, красного и синего) можно получить, при крашении материи и смешанные цвета всех цветовых тонов. Этот способ в основном и по сей день остался; тем же, только красящие вещества, которым мы придаем желтый, красный и синий цвета, изменились, благодаря развитию техники в области приготовления красок.

Беке, который будучи знаком с красками, но совершенно не знакомый с наукой о цветах, — эту новость, имеющую уже 200-летнюю давность, в наши дни преподнес науке и технике как свое собственное открытие, — «естественное» учение о цветах, пытаясь прикрыть старые недостатки новыми дополнениями еще более низкого качества. Но развитие шло дальше.

Так как ошибка, о которой здесь идет речь, все же еще очень распространена, — необходимо здесь же указать на ее источник, хотя обстоятельное исследование может

быть сделано только впоследствии. Мы заранее высказываем следующее положение: при смешении двух цветов можно получить все цветовые тона, находящиеся между ними. Располагая по *Ньютону* цвета в круге, мы получаем из смеси каких бы то ни было двух цветов b (рис. 1) — все цветовые тона цветов, находящиеся между a и b . При дополнении цветового круга всеми смесями цветов с белым, находящимся в центре круга, — таким образом, что из чистых цветов, помещенных по окружности, на каждом соответствующем радиусе, мы получаем все смеси с белым цветом — прямая ab представляет все смеси цветов a и b . Очевидно, что смешанные цвета не так чисты как цвета их составляющие, потому что в результате смешения одновременно возникает и белый цвет и тем в большем количестве, чем больше a удалено от b . Рассматривая представленную на рис. 1 геометрическую фигуру, можно прийти к заключению, что каждая группа трех цветов c , d , e , которые так расположены, что образованный ими треугольник включает в себя центр, могут дать