***ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЦВЕТА***

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Цвет** - это ощущение, возникающее в органе зрения при воздействии на него света, т.е. свет+зрение=цвет.  **Свет** - это электромагнитное волновое движение. Длины волн видимого цвета заключены в интервале от 380 н.м. до 760 н.м. См. рис.    http://mikhalkevich.narod.ru/kyrs/Cvetovedenie/picters/spektr.jpg  380 н.м.                                                                               760 н.м.    Волны с длиной волны менее 380 н.м. - это ультрафиолет, а с длиной более 760 н.м. - это инфракрасный свет. В табл. 1 показана зависимость цвета от длины волны видимого спектра.   |  |  | | --- | --- | | **Длина волны, н.м.** | **Цвет** | | 760-620 | Красный | | 620-585 | Оранжевый | | 585-575 | Желтый | | 575-550 | Желто-Зеленый | | 550-510 | Зеленый | | 510-480 | Голубой (Сине-Зеленый) | | 480-450 | Синий | | 450-380 | Фиолетовый |   табл.1  В видимом спектре человеческий глаз различает 120 цветов. Эти цвета принято выделять в три группы:  1) Коротко-волновая (380-500 н.м.). Входят цвета: Фиолетовый, Сине-Фиолетовый, Синий, Голубой.  2) Средне-волновая (500-600 н.м.). Входят цвета: Зелено-Голубой, Зеленый, Желто-Зеленый, Желтый, Желто-Оранжевый, Оранжевый.  3) Длинно-волновая группа (700-760 н.м.) Входят цвета: Оранжевый, Красно-Оранжевый, Красный.    Все цвета подразделяются на: хроматические, ахроматические, полухроматические.  **Ахроматические**- Белый, черный, и все оттенки серого. В этот спектр входят лучи всех длин волн в равной степени, причем энергия отдельных лучей составляющих эту смесь одинакова.  **Хроматические** цвета - все спектральные и многие природные. В этот спектр входят все лучи, но есть преобладание какой-либо волны (максимум). Например, в спектре красного цвета, красные лучи (760-620 н.м.) несут большую часть энергии всего потока.  **Полухроматические** цвета - земляные цвета, т.е. цвета смешаны с ахроматическими цветами.    **Психофизические характеристики цвета**:  1) Цветовой тон. Это качество цвета, которое позволяет сравнить  его с одним из спектральных или пурпурным цветом (кроме хроматических) и дать ему название.  2) Светлота. Это степень отличия данного цвета от черного. Она измеряется числом порогов различия от данного цвета до черного. Чем светлее цвет, тем выше его светлота. На практике принято заменять этот понятие понятием "яркость". Яркость цвета - это коэффициент отражения (Р) равный отношению отраженного светового потока (Fотр) к падающему (Fпад) взятое в процентах:  Р=(Fотр/Fпад)\*100  3) Насыщенность. Это степень отличия данного хроматического цвета от равномерного по энергонасыщенности светового потока ахроматического. Измеряется тоже числом порогов различия от цвета до серого. (*Так же можно сказать, что это доля пигментов в изначальном чистом цвете*). Заменяется понятием чистота. Чистота - это доля чистого спектрального цвета в общей смеси данного цвета или это доля чистого пигмента в красочной смеси.  Цветовой тон + Насыщенность = Цветность  Ахроматические цвета не имеют цветового тона и насыщенности.    **Цветовой ряд**. Это последовательность цветов, у которых, по крайней мере одна характеристика общая, а другие закономерно изменяются от одного цвета к другому. Цветовые ряды имеют свои названия, в зависимости от того, какие характеристики в них изменяются.  1) Ряд убывающей чистоты и возрастающей яркости. Этот ряд делается разбеливанием, т.е. добавлением белого цвета к спектральному.  2) Ряд убывающей насыщенности (приглушение).  3) Ряд убывающей яркости и убывающей насыщенности (зачернение).  4) Ряд по цветовому тону. Это смешение двух соседних спектральных цветов (причем в пределах не более 1/4 интервала светового круга).    **Температура цвета**. Это его относительная теплота или холодность.  Теплые: Красный, Красно-Оранжевый, Оранжевый, Желто-Оранжевый, Желтый, Желто-Зеленый.  Холодные: Голубой (Сине-Зеленый), Синий, Сине-Фиолетовый, Фиолетовый.  Самый горячий: Красно-Оранжевый.  Самый холодный: Голубой (Сине-Зеленый).  Нейтральные (Зеленый и Пурпурный).    **Цветовые круги**. Принято выделять две группы цветовых кругов: физические (за основу взят 7-ступенчатый цветовой круг Ньютона) и физиологические ( за основу взят цветовой круг 6-ступенчатый круг Гете).    http://mikhalkevich.narod.ru/kyrs/Cvetovedenie/picters/ill_12.gif            1) Цветовой 7-ступенчатый круг Ньютона.                http://mikhalkevich.narod.ru/kyrs/Cvetovedenie/picters/col_sys_colcirc8.jpg        2) Восьмеричный круг. В XIX веке был получен Грассмоном. Он его упростил, и чтобы сделать четным вводит пурпурный цвет.          http://mikhalkevich.narod.ru/kyrs/Cvetovedenie/picters/col_sys_colcirc10.jpg  3) 10-ступенчатый круг. Американский ученый Максвел добавляет к восьмеричному кругу еще два цвета: Желто-Зеленый и Зелено-Голубой. Цвета расположенные друг против друга в этом круге являются взаимодополняемыми.  В круг входят: *Красный, Оранжевый, Желтый, Желто-Зеленый, Зеленый, Зелено-Голубой, Голубой, Синий, Фиолетовый,  Пурпурный*.      http://mikhalkevich.narod.ru/kyrs/Cvetovedenie/picters/6.gif      4) Круг Гете. Содержится 6 цветов: *Красный, Желтый, Зеленый, Голубой, Синий, Фиолетовый*. В этом круге цвета, расположенные друг против друга контрастны.            http://mikhalkevich.narod.ru/kyrs/Cvetovedenie/picters/12circule.gif    5) На основе 6-ступенчатого круга был создан 12-ступенчатый, путем добавления промежуточных цветов. На рисунке можно проследить весь процесс получения 12-ступнчатого круга из трех основных цветов. В круг входят следующие цвета: *Красный, Красно-Оранжевый, Оранжевый, Желто-Оранжевый,  Желтый, Желто-Зеленый, Зеленый, Голубой, Синий, Сине-Фиолетовый, Фиолетовый, Пурпурный*.          **Смешение цветов**. Существует два различных типа смешения цветов.  1) Слагательное смешение (или аддитивное). Физическая сущность этого типа смешения заключается в суммировании световых потоков (лучей) тем или иным способом. Виды слагательного смешения:  - пространственное. Это совмещение в одном пространстве различно-окрашенных световых лучей (мониторы, театральные рампы).  - оптическое смешение. Это образование суммарного цвета в органе зрения человека, тогда как в пространстве слагаемые цвета разделены (поинтилистическая живопись).  - временное. Это особый вид смешения. Его можно наблюдать при смешивании цветов дисков, помещенных на спецприбор "вертушка" Максвела.  - бинокулярное. Это эффект разноцветных очков (одна линза одного цвета, вторая - другого).  Основные цвета смешения: Красный, Зеленый. Синий.  Правила слагательного смешения:  \* При смешении двух цветов расположенных по хорде 10-ступенчатого круга получается цвет промежуточного цветового тона. Пример: Красный + Зеленый = Желтый.  \* При смешении противоположных цветов в 10-ступенчатом круге получается ахромотический цвет.  2) Вычитательное смешение (или субтрактивное). Его сущность заключается в вычитании из светового потока какой-либо его части путем поглощения, например при смешении красок, при наложении полупрозрачных слоев друг на друга, при всех видах наложения или пропускания.  Основное правило: всякое ахромотическое тело (краска или фильтр) отражает или пропускает лучи своего собственного цвета и поглащает цвет дополнительный к собственному.  Основные цвета при вычитательном смешении: Красный, Желтый, Синий.  **Как устроен цветовой круг, какое психологическое воздействие оказывают разные цвета и как понять цвет в живописи**  Цвет (англ. *сolour*, франц. *сouleur*, нем. *farbe*) — это свойство материальных объектов излучать и отражать световые волны определенной части спектра. В широком значении цвет означает сложную совокупность градаций, взаимодействий, изменчивость тонов и оттенков. Видимый человеком цвет возникает, с одной стороны, под влиянием объективного физического явления — света, с другой — в результате электромагнитного излучения различных частот на зрительный аппарат человека. Помимо этих факторов, на возникновение цветового ощущения человека влияют зрительный опыт и память, физиологические и психологические особенности.  Цвет переживается не только визуально, но также психологически и символически, поэтому он изучается как сложнейший феномен многими специалистами. Физики исследуют световые волны, измеряют и классифицируют цвета; химики создают новые пигменты для красок; физиологи изучают действие цвета на глаза и мозг, а психологи — воздействие цвета на психику человека.  FAQ: Теория цвета  Теория цвета — это совокупность знаний о цвете. В настоящее время наука по изучению цвета включает в себя два основных раздела: цветоведение и колористику. Олицетворением научного знания о цвете также является колориметрия. Цветоведение изучает цвет с точки зрения систематизации знаний физики, химии, психологии, физиологии. Колористика изучает основные характеристики цвета, гармонизацию цветовых множеств, механизм воздействия цвета на пространственное формообразование, средства и методы цветовой организации архитектурной среды.  **Характеристики цвета**  Цвета делятся на две категории — хроматические и ахроматические. К хроматическим цветам относятся красный, желтый, оранжевый, зеленый, синий, фиолетовый цвета и все их смеси. Хроматические цвета мы видим индивидуально. К ахроматическим (не имеющим цвета) относятся белый, черный и все оттенки серого, они различаются только по светлоте. Человеческий глаз способен различить до 400 переходных оттенков от белого к черному.  Выделяют четыре цветовые группы: спектральные, светлые, темные и пастельные (или сероватые) цвета. Светлые — цвета спектра, смешанные с белым цветом; темные — цвета спектра, смешанные с черным; сероватые — цвета спектра, смешанные с разными оттенками серого.  Получение цветов спектра при помощи призмы  Получение цветов спектра при помощи призмы  К основным характеристикам цвета относят: цветовой тон, насыщенность и светлоту. Цветовой тон — признак хроматического цвета, по которому один цвет отличается от другого: зеленый, синий, фиолетовый. Насыщенность — степень отличия хроматического цвета от ахроматического, схожего с ним по светлоте. Если добавить к чистому красному цвету немного серого, который одинаковый с ним по светлоте, то новый цвет будет менее насыщенным. Светлота — качество цвета, по которому его можно приравнять к одному из цветов ахроматического ряда, то есть чем выше яркость, тем светлее цвет.  **Цветовые круги**  Все многообразие наблюдаемых в природе цветов художники и ученые издавна стремились привести в систему — расположить их в определенном порядке, выделить основные и производные цвета. К основным цветам относятся желтый, синий и красный. Смешивая их, можно получить все остальные оттенки.  В 1676 году Исаак Ньютон с помощью трехгранной призмы разложил белый солнечный свет на цветовой спектр и заметил, что он содержит все цвета, за исключением пурпурного. Спектр послужил основой для систематизации цветов в виде цветового круга, в котором Ньютон выделили семь секторов: красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий и фиолетовый.  Цветовой круг Ньютона  Цветовой круг Ньютона  Идея графического выражения системы цветов в виде замкнутой фигуры была подсказана тем, что концы спектра имеют тенденцию замкнуться: синий через фиолетовый переходит в пурпурный, красный, с другой стороны, также приближается к пурпурному.  Спустя 140 лет после Ньютона цветовой круг был усовершенствован Иоганном Гёте, который добавил пурпурный цвет, получаемый при смешении фиолетового и красного. Помимо этого, Гёте первым задумался о том, что цвет оказывает действие на психику человека, и в своем научном труде «Учении о цвете» первым открыл явление «чувственно-нравственного действия цвета».  Цветовой круг Гёте  Цветовой круг Гёте  В 1810 году свою теорию цвета опубликовал Филипп Отто Рунге, немецкий живописец романтической школы. К числу основных цветов, помимо желтого, синего и красного, художник относил также черный и белый. Рунге строил свои выводы на опытах с пигментами, что делало его учение более близким живописи. Трехмерная модель систематики цветов Рунге послужила основой для всех последующих моделей.  Цветовой шар Рунге  Цветовой шар Рунге  Другие цветовые системы — это цветовой шар Альберта Манселла и двойной конус Вильгельма Фридриха Оствальда. В системе Манселла опора делается на цветовой тон, светлоту и насыщенность, а у Оствальда — на цветовой тон, белые и черные цвета. Новые системы опирались на опыт предшественников. Так, Манселл взял за основу цветовой шар Рунге.  Сегодня в живописи, дизайне, архитектуре и прикладных видах искусства широко используется цветовой круг Иоханнеса Иттена — швейцарского художника, теоретика искусства и педагога. Его 12-частный цветовой круг показывает наиболее распространенную в мире систему расположения цветов, их взаимодействие между собой. Иттен выделил основные цвета, цвета второго порядка (зеленый, фиолетовый и оранжевый), которые получаются при смешении пары основных цветов и цвета третьего порядка, которые получаются при смешении основного цвета с цветом второго порядка. Например, желтый, смешанный с зеленым, обыватели назовут салатовым, но в цветоведении он именуется желто-зеленым.  Цветовой круг Иттена  Цветовой круг Иттена  **Классификация цветовых систем**  Потребность в систематизации цвета продиктована практикой. Например, она важна для теории живописи. Спектр послужил основой для систематизации цветов в виде цветового круга и треугольника. Помимо перечисленных выше цветовых систем, выделим также цветовой атлас химика Мишеля Шеврёля, хромометр Эжена Делакруа и «Хроматоаккордеон» Рудольфа Адамса.  Шеврёль впервые разработал цветовую систему, приспособленную к нуждам производства. Он создал цветовой атлас, включающий 72 чистых цвета, в основе которых лежали шесть основных цветов в двенадцати модификациях. Теоретические труды Шеврёля пользовались большим авторитетом и популярностью у художников.  Цветовая система Шеврёля  Цветовая система Шеврёля  Эжен Делакруа вошел в историю как выдающийся колорист, тщательно изучал механизмы гармонизации, исследовал работы восточных мастеров колорита и труды Шеврёля. Он составил несколько «колористических пособий», которые позволяли легко и быстро подобрать необходимое цветовое сочетание.  В 1865 году Рудольф Адамс в книге «Хроматоаккордеон» изложил свое видение цветовой гармонии как созвучное действие различных частей в целом, так называемое многообразие в единстве. Гармонирующие цвета должны содержать элементы всех основных цветов круга: красного, желтого и синего; черный, белый и серый также составляют единство, но без многообразия. Для облегчения подбора сочетаний Адамс построил «цветовой аккордеон» на основе 24-частного цветового круга, на котором эти цвета были представлены в шести ступенях светлот.  Из цветовых систем нашего времени следует выделить: практическую цветовую координатную систему (PCCS); цветовую систему *Coloroid*; естественную цветовую систему — ЕЦС (NCS).  Цветовая система Coloroid  Цветовая система Coloroid  Практическая цветовая координатная система — ПЦКС (PCCS) — за основу структуры принято изменение цвета по трем признакам, а за основу цветового тела было принято цветовое тело системы Манселла, в котором цвета, образующие цветовой круг, располагались на наклонном экваторе. Цветовая система *Coloroid* имеет цветовое тело в виде цилиндра, хроматические цвета располагаются внутри этого цилиндра, а ахроматические — на его оси.  В Шведском центре цвета под руководством Андерса Харда была разработана естественная цветовая система — ЕЦС (NCS). В основу работы была положена аксиома, что восприятие цвета, свойственное психофизиологии человека, отлично от оценки цвета как физической величины. Естественная цветовая система — метод описания отношений между цветами исключительно на основе их естественного восприятия, то есть люди способны судить о цвете без ссылок на физику. Человек является истинным инструментом измерения и оценки цвета. Естественная цветовая система удобна для практиков, которые занимаются формированием цветовой среды: дизайнеров, архитекторов, градостроителей. Она создана для исследования полихромии архитектурной пространственной среды.  **Цветовые модели**  Цветовая модель — это абстрактная модель описания представления цвета в виде кортежей чисел. Они называются цветовыми координатами, обычно используется три или четыре значения. Цветовая модель задает соответствие между цветами, воспринимаемыми человеком и хранимыми в памяти, и цветами, формируемыми на устройствах вывода. Такие модели представляют собой средство для количественного концептуального описания цвета и используются в [компьютерных программах](https://postnauka.ru/talks/31897), например *Photoshop*.  RGB-цветовая модель, представленная в виде куба  RGB-цветовая модель, представленная в виде куба  По принципу действия модели можно разбить на несколько классов: аддитивные, субтрактивные и перцепционные. Аддитивные основаны на сложении цветов, такие как модель RGB — *Red*, *Green*, *Blue* (красный, зеленый, синий). В основе субтрактивных моделей лежит операция вычитания цветов (субтрактивный синтез), например CMYK — *Cyan*, *Magenta*, *Yellow*, *Key color* (голубой, пурпурный, желтый, ключевой цвет (черный)). Перцепционные модели — HSB, HLS, LAB, YCC — базируются на восприятии. Цветовые модели могут быть аппаратно-зависимыми (их пока большинство, RGB и CMYK в их числе) и аппаратно-независимыми (модель *Lab*).  Наложение реальных типографских красок CMY  Наложение реальных типографских красок CMY  **Психологическое воздействие цвета**  Воздействие и восприятие цвета — сложный процесс, который обусловлен разными психологическими факторами и базируется на физиологии нервной системы. Василий Кандинский в своем учебном курсе для Баухауза делает акцент на физических основах цветового порядка, исследуя прежде всего цветовое трезвучие желтый — красный — синий, с которыми согласуются соответственно три основные формы: квадрат, треугольник, круг. Акцентирует внимание на пространственном и психологическом действии отдельных цветов. Желтый — динамика, движение вовне, острый угол. Синий противоположен желтому, усиливает его качество, ощущение холода, движение внутрь, соответствует кругу, тупому углу. Красный — горячий, движение внутри себя, соответствует уравновешенности и тяжеловесности квадрата, прямому углу на плоскости. Белый и черный — молчащие цвета: белый символизирует возможность рождения нового цвета, черный означает поглощение.  «Желтое-красное-синее», Василий Кандинский  «Желтое-красное-синее», Василий Кандинский  Здесь следует затронуть вопрос о цветовой гармонии, которая зависит, в частности, от особенностей цветового восприятия. Цветовая гармония — результат гармонизации — равновесие двух цветов и более, а также цветовых групп. Анализ эволюции теорий цветовой гармонии привел к необходимости комплексного рассмотрения проблемы, включая особенности цветового восприятия, физиологические и возрастные особенности человека, его социальный статус, условия окружающей среды и, конечно, уровень общей культуры.  Цвета по-разному влияют на человека. Например, теплые цвета — красный, оранжевый, желтый — побуждают к действию, выступают как раздражающие. Холодные цвета — фиолетовый, синий, голубой, сине-зеленый — приглушают раздражение. Пастельные цвета обладают смягчающим и сдерживающим влиянием. Есть цвета, которые влияют на восприятие пространства: теплые воспринимаются ближе к нам, холодные, наоборот, подчеркивают дистанцию.  «Четыре темных отметины на красном», Марк Ротко  «Четыре темных отметины на красном», Марк Ротко  Восприятие цвета субъективно. С эстетической точки зрения цвет определяется согласно цветопредпочтениям. С целью определения цветопредпочтений в разные годы проводились многочисленные эксперименты, особенно активно цветопредпочтения изучались английскими психологами, в частности У. Уинчем. До сих пор проводятся всевозможные эксперименты в этой области. Изучаются различные воздействия цвета в зависимости от пола. Но не стоит забывать, что очень многое зависит от индивидуальных особенностей: характера, воспитания, территориального расположения. Сталкиваясь с каким-либо цветом в своей жизни неоднократно в разных предметных ситуациях, человек вырабатывает свое отношение к нему, что, несомненно, оказывает свое воздействие на восприятие конкретного цвета.  Люди, которые живут в холодном климате на севере, стараются восполнить нехватку солнца и в жилье чаще используют теплые цвета. Люди, живущие на юге, где много солнца, стараются и в одежде, и в интерьере использовать холодные или нейтральные цвета. Рыжеволосые люди предпочитают носить одежду холодных оттенков — сине-фиолетовую, сине-зеленую, то есть цвета, дополнительные к оранжевому, красно-оранжевому.  FAQ: Теория цвета  **Цветовые ассоциации**  Цветовые ассоциации вызывают у человека эмоцию или ощущение, связанное с воспоминаниями об увиденном или пережитом. Явление цветовых ассоциаций заключается в том, что данный цвет возбуждает те или иные эмоции, представления, ощущения разного характера, то есть воздействием цвета возбуждаются другие органы чувств, а также память о виденном или пережитом.  Цвета могут «отправлять» память к определенному времени года: теплые оттенки говорят о лете, холодные — о зиме. Всем известна температурная ассоциация: красный цвет — горячий, синий — холодный. Возрастные ассоциации: дети ассоциируются с более яркими цветами, а пожилые — с мягкими, приглушенными оттенками. Могут возникать ассоциации, связанные с весом: легкие, воздушные, невесомые ― светлые оттенки; тяжелые ― темные оттенки.  **Теория цвета в живописи**  Теория цвета в живописи довольно широкое понятие. Закономерности цветового строя в живописи — это переработанные художником закономерности объективной реальности. Цветовая гармония, колорит, контрасты ― это цветовые категории, которые существуют в теории цвета и которые художник интерпретирует по-своему. Однако художественное творчество нельзя сводить только к схеме и науке, художник творит не по рецептам и преимущественно работает интуитивно, а это явление необъяснимое. Поэтому на сегодняшний день у нас нет теории живописи как научной дисциплины, нет теории, которая в полной мере излагает основные принципы живописного мастерства.  «Свобода, ведущая народ», Эжен Делакруа  «Свобода, ведущая народ», Эжен Делакруа  Цветовой строй картины определяется визуально. Обычно человек, созерцая картину, дает ей словесные характеристики, очень общие и, как правило, далеко не полностью отражающие изучаемые особенности произведения. Как правило, цветовой строй картины описывается стереотипными и, в сущности, мало что говорящими фразами, например: «Художник использует гамму…» или «Гармония построена на контрасте или нюансе…» Такие характеристики, конечно, содержат известную информацию о художественных особенностях произведения, но далеко не достаточную и с трудом используемую для более широких обобщений.  Цветовой атлас Манселла  Цветовой атлас Манселла  Отсюда возникает вопрос: возможно ли измерить цветовой строй картины? Возможно. Цель измерений цвета в живописи состоит в решении весьма узкого вопроса — найти пути более конкретной и точной характеристики особенностей цветового строя и на этой основе создать классификацию различных типов цветовой гармонии и колорита. Но результаты измерений цвета в картине ни в коем случае не дают в руки исследователя какого-то инструмента, позволяющего определить эстетические качества художественного произведения. Цветовой строй измеряется с помощью обозначения каждого цвета, как, например, в атласе Манселла с помощью буквы и двух цифр: буква — цветовой тон, цифры — светлота и насыщенность, то есть для измерения цветового строя картины необходимо иметь атлас цветов. |