

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ТЕОРІЯ КОЛЬОРУ

Практикум

Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
як навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра
за освітньою програмою «Технології друкованих і електронних видань»
спеціальності 186 «Видавництво та поліграфія»

Укладачі: Н. Л. Талімонова, О. В. Назаренко

Електронне мережеве навчальне видання

Київ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
2025

УДК 655.2
Т16

Укладачі: *Талімонова Надія Леонідівна, к.т.н., доц.
Назаренко Олена Володимирівна*

Рецензент *Є. В. Штефан, проф., д-р техн. наук, проф.,
КПІ ім. Ігоря Сікорського, НН ВПІ, каф. репрографії*

Відповідальний редактор *Т. А. Роїк, проф., д-р техн. наук, проф.,
КПІ ім. Ігоря Сікорського, НН ВПІ,
каф. технології поліграфічного виробництва*

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
(протокол 5 від 06.03.2025 р.)
за поданням вченої ради навчально-наукового видавничо-поліграфічного
інституту
(протокол № 7 від 27.01.2025 р.)*

Т16 Теорія кольору. Практикум [Електронний ресурс]: навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Технології друкованих і електронних видань» спеціальності 186 «Видавництво та поліграфія» / Н. Л. Талімонова, О. В. Назаренко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електрон. текст. Дані (1 файл). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2025. – 49 с.

У навчальному посібнику наведено перелік практичних робіт, що ставлять за мету закріплення та поглиблення теоретичних знань, формування у студентів здатностей засвоєння основних понять, термінології, основ кольорового зору, кольорового синтезу, психології кольору, поєднання та змішування кольорів, принципи колориметрії. Навчальний посібник призначений для здобувачів ступеня бакалавра, що навчаються за спеціальністю 186 «Видавництво та поліграфія» також може бути корисним для інших факультетів, навчальних інститутів та зацікавлених осіб.

УДК 655.2

Реєстр. № НП XX/XX-XXX. Обсяг 2,14 авт. арк.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
проспект Берестейський, 37, м. Київ, 03056
<https://kpi.ua>

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів видавничої продукції ДК № 5354 від 25.05.2017 р.

© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2025

ЗМІСТ

1. Мета та завдання циклу практичних робіт	4
2. Основні вимоги до виконання практичних робіт	5
3. Перелік практичних робіт	6
3.1. <i>Практична робота № 1. Властивості кольору</i>	6
3.2. <i>Практична робота № 2. Зоровий апарат. Психо-фізичне зорове сприйняття</i>	8
3.3. <i>Практична робота № 3. Зорові ілюзії</i>	11
3.4. <i>Практична робота № 4. Гармонійне поєднання кольорів</i>	16
3.5. <i>Практична робота № 5. Адитивний та субтрактивний синтез кольорів</i>	21
3.6. <i>Практична робота № 6. Визначення кольору суміші спектрального випромінювання</i>	25
3.7. <i>Практична робота № 7. Колірні моделі (колориметричні системи)</i> ..	28
3.8. <i>Практична робота № 8. Конвертація колірних даних у різних системах</i>	34
3.9. <i>Практична робота № 9. Відтворення оригіналу зображення реальними фарбами</i>	40
4. Список літератури.....	46
Додаток А. Приклад оформлення титульного аркуша.....	47
Додаток Б. До практичної роботи №2. “Сліпа” пляма	48
Додаток В. До практичної роботи №2. Сприйняття кольору при різних умовах освітлення (приклад зразків)	49

1. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ ЦИКЛУ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ

Навчальна дисципліна «Теорія кольору» є нормативною у циклі загальної підготовки бакалаврів за програмою ступеневої вищої освіти професійного спрямування 186 “Видавництво та поліграфія”. Дисципліна включає лекційні та практичні заняття, лабораторні роботи. Програма курсу охоплює основні поняття, термінологію, принципи сприйняття кольору, основи кольорового зору, кольорового синтезу, психології кольору, поєднання та змішування кольорів, принципи колориметрії, кольоровідтворення.

Знання, отримані студентами в процесі вивчення дисципліни, дозволяють використовувати колориметричні системи, принципи і методики при вимірюванні кольорів у дослідженнях оцінки якості друку, колориметрії друкарських фарб; застосовувати набуті знання у реалізації практичних завдань по стандартизації і стабілізації кольоровідтворення оригіналів різними способами друку.

Мета циклу практичних робіт полягає в закріпленні знань, одержаних студентами під час вивчення дисципліни «Теорія кольору», що охоплює основні поняття, термінологію та принципи, на яких базується дисципліна; основ теорії кольору, базові принципи, загальноприйняті підходи роботи з кольором, специфіку застосування кольорових моделей, прийоми створення гармонійних сполучень кольорів, основи кольороподілу, механізми синтезу кольорів, фактори впливу на якість кінцевого продукту.

Основні завдання циклу практичних занять – набуття студентами вмінь знаходити, оцінювати й використовувати інформацію з різних джерел, необхідну для розв’язання теоретичних і практичних задач видавництва і поліграфії; вміння визначати кількісний і якісний склад кольорових тонів, одержаних різними способами синтезу; використовувати колориметричні системи, принципи і методики при вимірюванні колірних даних фарбовідбитків.

2. ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ

Практичні роботи з дисципліни «Теорія кольору» для кожного студента містять відповідні завдання. При виконанні практичних робіт необхідно дотримуватися наступних рекомендацій:

- дотримуватися правил техніки безпеки та охорони праці при виконанні робіт;

- готуючись до практичної роботи, кожен студент повинен ознайомитися зі змістом конкретного завдання, запропонованою методикою здійснення даного процесу, опрацювати теоретичний матеріал, а також порядок і технологічні режими практичного здійснення даного процесу за рекомендованими літературними джерелами та матеріалом, отриманим на лекційних заняттях;

- перед виконанням роботи студент має співбесіду з викладачем і отримує додаткові поради та вказівки;

- під час виконання практичної роботи студент повинен вести необхідні записи, щоб на їх підставі скласти звіт щодо проведеної роботи.

Протокол практичної роботи оформлюється у вигляді роздрукованих сторінок формату А4, оформлення якої здійснюється із дотриманням вимог ДСТУ 3008-2015. Типова структура практичної роботи містить: титульний аркуш (оформлення у додатку); аркуш завдання; основна частина; додатки (за необхідністю); поліграфічна продукція, контрольні шкали чи інші матеріали, які були опрацьовані у роботі.

3. ПЕРЕЛІК ПРАКТИЧНИХ РОБІТ

3.1. Практична робота №1 ВЛАСТИВОСТІ КОЛЬОРУ

Мета роботи – ознайомитись з основними властивостями кольорів, навчитися розрізняти поняття світлоти, насиченості, колірної тону.

Теоретичні відомості

Колір — суб'єктивна характеристика сприйняття світлової хвилі, яка показує здатність людського зору розрізняти електромагнітне випромінювання з довжиною хвиль в області видимого діапазону. Колір – це оптичне явище, почуттєве відчуття, створюване оком і мозком.

Сприйняття кольору того чи іншого предмету залежить від таких факторів:

- характеру освітлення, яке потрапляє на даний предмет,
- поверхні предмету, що здатна відбивати, поглинати, пропускати певні промені спектра,
- особливості зорового апарату людини.

Кольори можна розділити на дві групи (рис. 1):

- ахроматичні (білий, чорний, проміжні сірі тони);
- хроматичні (кольорові).

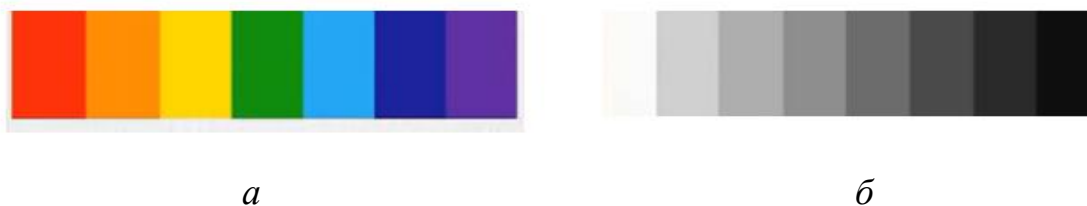


Рис. 1. Хроматичні (а) та ахроматичні (б) кольори

Колірний тон – визначає подібність кольору до одного із кольорів спектру. Будь-який хроматичний колір може бути віднесеним до певного спектрального кольору.

Відтінки, що схожі з одним і тим самим кольором але розрізняються, наприклад, насиченістю і яскравістю, можуть належати до одного і того ж тону.

Світлота – характеристика кольору, яка визначає близькість хроматичного чи ахроматичного кольору до білого або чорного.

Найчастіше світлоту кольору пов'язують з кількістю в ньому чорного або білого пігменту, рідше – з освітленістю. Чим більше світла відбиває предмет, тим він здається більш білим, і чим більшу кількість світла предмет поглинає, тим він здається більш чорним (рис. 2).



Рис. 2.

Насиченість (хроматичного кольору) – ступінь відмінності цього кольору від ахроматичного сірого, рівного йому за світлотою.

При зміні лише насиченості, світлота лишається однаковою (рис. 3). Ахроматичні кольори можуть бути задані лише світлотою.

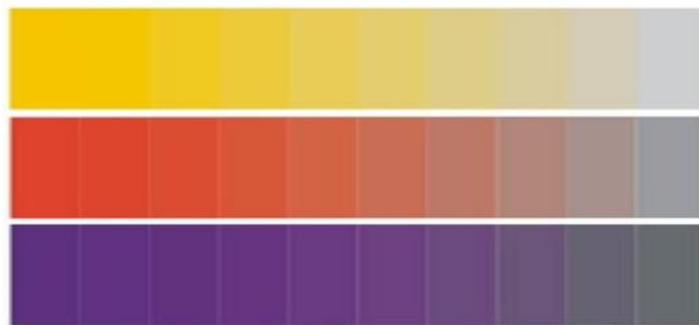


Рис. 3. Зміна насиченості кольору при однаковій світлоті

Контрольні запитання та завдання

1. Від чого залежить сприйняття кольору людиною?
2. Назвіть основні кольори спектру. Чи можуть серед них бути ахроматичні?
3. Оберіть 3 кольори; представте будь-яким зручним способом зміну:
 - 1) колірного тону обраного відтінку,
 - 2) зміну яскравості (збільшення / зменшення яскравості),
 - 3) насиченості.
4. Поясніть у чому полягає різниця між світлотою та насиченістю кольору?
Чи усі кольори можуть змінювати і світлоту, і насиченість?
5. Яким чином зменшення насиченості впливатиме на світлоту кольору?

3.2. Практична робота № 2

ЗОРОВИЙ АПАРАТ. ПСИХО-ФІЗИЧНЕ ЗОРОВЕ СПРИЙНЯТТЯ

Мета роботи – ознайомитися з фізіологічними основами зорового та колірнього сприйняття.

Теоретичні відомості

Сприйняття кольору відбувається за участі трьох складових: джерела світла, об'єкта і спостерігача. Найскладнішою з них є спостерігач, точніше, його зорова система.

Око – це парний сенсорний орган зорової системи людини, що володіє здатністю приймати електромагнітне випромінювання в видимому діапазоні довжин хвиль і забезпечує функцію зору.

Основні елементи ока (рис. 4):

Кришталік володіє здатністю змінювати свою форму і ставати більш або менш випуклим, що дозволяє сфокусувати погляд на предметах, що знаходяться на різній відстані від ока.

Кількість світла, що проникає в око, контролює **зіниця** – отвір, що розташовується посередині райдужної оболонки. Зіниця реагує на яскравість світла. В темноті вона розширюється, а при яскравому освітленні звужується.

Далі лежить прозоре **скловидне тіло** — прозора желеподібна маса, що займає приблизно 60% внутрішнього об'єму ока.

Всі ці структури призначені, щоб формувати чітко сфокусований образ на сітківці.

Сітківка складається з декількох шарів нервових клітин. На сітківці відображаються предмети, які ми бачимо, інформація про них передається по зоровому нерву в головний мозок. Однак не вся сітківка сприймає зображення однаково: найбільшою зоровою здатністю володіє макула (центральна ямка сітківки), де зорові клітини розташовані найбільш густо. У області “сліпої” плями (місці, де входить зоровий нерв) зорові клітини відсутні, але у повсякденному житті ми не помічаємо цього.

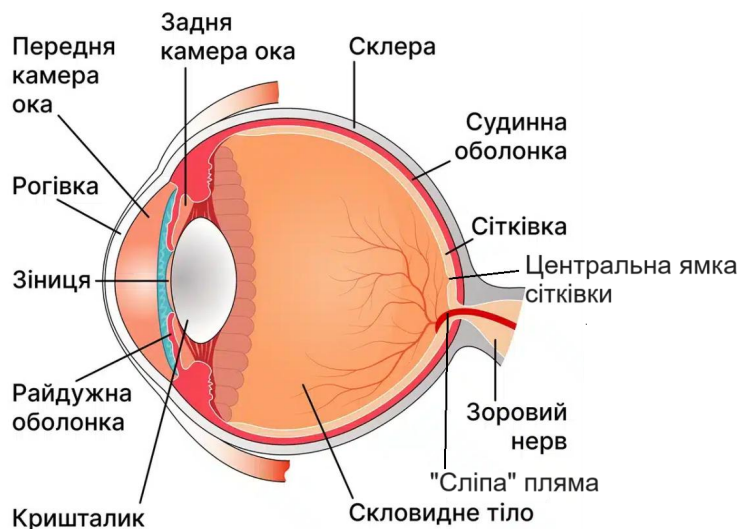


Рис. 4. Будова ока людини

Сприйняття світла спостерігачем має наступні етапи:

- світлові промені потрапляють в око через рогівку (відбувається фокусування світлового потоку);
- проходять через зіницю (відбувається зміна кількості світла необхідного для розширення діапазону сприйняття яскравостей);
- проходять через кристалик (тут відбувається подальше фокусування потоку для створення чіткого зображення об'єкта на сітківці);
- проходять через прозоре скловидне тіло;
- потрапляють на сітківку, де за допомогою хімічних процесів світлова енергія перетворюється у нервові імпульси, які передаються у мозок.

Нервові клітини сітківки (рецептори) бувають двох видів: палички і колбочки. Палички забезпечують зір при низьких рівнях яскравості (скотопічний зір); при такому виді зору видно обриси предметів, колір відсутній. Колбочки працюють при високих рівнях яскравості (фотопічний зір); вони здатні не лише розрізняти світле і темне, а й забезпечують сприйняття кольору. На проміжних рівнях яскравості задіяно обидва види рецепторів (мезопічний зір).

Якщо всі палички сітківки загалом однакові, то колбочки поділяються на три види, відрізняючись реакцією на різні довжини хвиль. Піки чутливості колбочок приходять приблизно на 440 нм, 545 нм, і 580 нм. Тому їх ще називають короткохвильовими, середньохвильовими і довгохвильовими і позначають літерами S, M, L (Short, Medium, Long waves) (рис. 5).

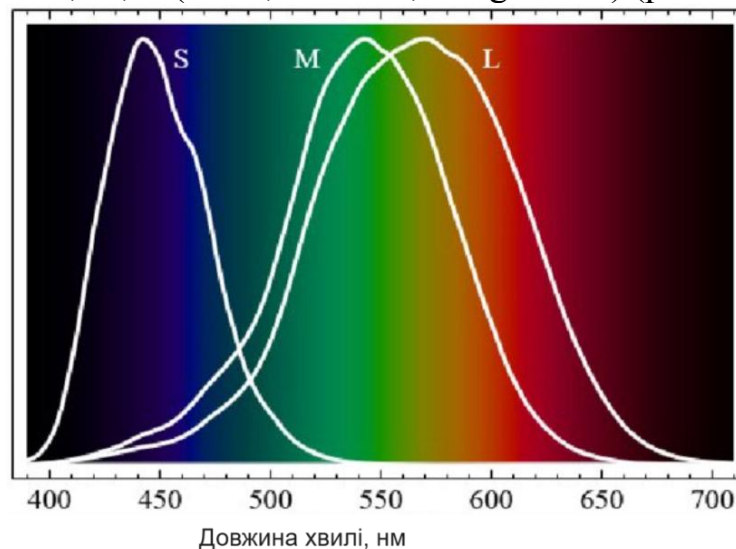


Рис. 5. Криві збуджень трьох видів колбочок
S — короткохвильові види колбочок (пік - 440 нм); M — середньохвильові види колбочок (пік - 545 нм); L — довгохвильові види колбочок (пік - 580 нм)

При збудженні рецепторів групи S-колбочок виникає відчуття синьо-фіолетового кольору. Рецептори групи M-колбочок відповідають за відчуття зеленого. Група рецепторів L-колбочок забезпечує відчуття червоного. Реальні випромінювання подразнюють колбочки відразу декількох груп. Комбінація подразнень дає відчуття блакитного, пурпурового та інших проміжних кольорів.

Чутливість ока до окремих кольорів змінюється не тільки кількісно, але і якісно, залежно від освітленості. При слабкій освітленості не тільки знижується чутливість ока до розрізненості колірних тонів, але і відбувається зміщення цієї здатності у бік короткохвильової частини спектру (рис. 6). Це явище

називається ефектом Яна Пуркінє і пов'язане з переходом від колбочкового зору до паличкового при зниженні освітленості. У сутінках червоні промені перестають виробляти світлове подразнення сітківки, тому червоний виглядає чорним, а синій довше зберігає свою яскравість.

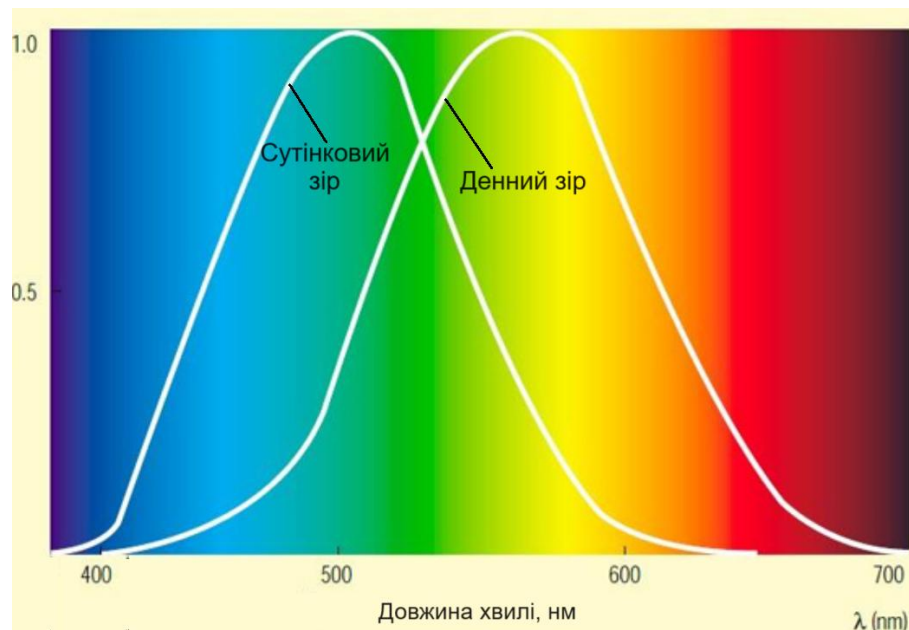


Рис. 6. Спектральна чутливість паличок та колбочок

Хід роботи

1. Skorиставшись додатком Б, закрийте ліве око, зафіксуйте погляд правого ока на хрестик і змінійте дистанцію перегляду доти, доки коло (рис. 1) та місце розриву лінії (рис. 2) не потраплять у зону сліпої плями (близько 40 см).

Дайте відповіді на наступні запитання:

- 1) Чому лінія здається суцільною?
- 2) Чим викликана наявність сліпої плями?
- 3) Чому, на вашу думку, сліпа пляма не заважає нашому зоровому сприйняттю?

2. Отримати зразки (або скористатися додатком В, роздрукувавши його в кольорі). Розгляньте зразок при яскравому денному освітленні, а потім в затемненому приміщенні. Опишіть свої зорові відчуття: квадрат якого кольору видається більш яскравим при денному освітленні, а який при слабкому освітленні? Поясніть чому.

Контрольні питання

1. У якій частині ока знаходяться рецептори, які відповідають за сприйняття кольору. Яка їх назва?
2. Назвіть основні етапи сприйняття світла оком людини.
3. Які фоторецептори задіяні вдень, а які в сутінках? Чи відрізняється спектральна чутливість цих фоторецепторів? Якщо так, то чим саме?
4. При яких видах зору людина може сприймати колір, а при яких ні?

3.3. Практична робота № 3 ЗОРОВІ ІЛЮЗІЇ

Мета роботи – ознайомитися із виникненням та сприйняттям зорових ілюзій, заснованих на симультанному контрасті, геометричних пропорціях, співвідношенні світлого/темного.

Теоретичні відомості

Оптична ілюзія (зорова ілюзія) — феномен, при якому людина сприймає візуальні образи інакше, ніж вони існують насправді. Обман зору змушує бачити рухи у нерухомих зображеннях, інакше сприймати розміри об'єктів і навіть сприймати неіснуючі форми. Обумовлено це особливостями роботи людського мозку та очей.

Існує три основні типи оптичних ілюзій:

1) **Буквальні оптичні ілюзії.** Виникають, коли зображення сприймається інакше від реального через використання двозначних візуальних сигналів. Наш мозок прагне цілісного сприйняття і намагається розпізнати знайомі лінії, форми та об'єкти навіть в абстрактних чи неповних картинках. Коли перед очима з'являється двозначний малюнок, він інтерпретує його на основі попереднього досвіду.

Одним із класичних прикладів буквальної оптичної ілюзії для очей є зображення «стара і молода жінка» (рис. 7). На зображенні одні люди бачать профіль молодої жінки, що дивиться в далечінь, а інші сприймають обличчя бабусі. Обидва зображення співіснують в одному малюнку і те, що ви бачите, залежить від особливостей інтерпретації вашого мозку.



Рис.7. Ілюзія «Стара і молода жінка»

Буквальні зорові ілюзії знаходять широке застосування у мистецтві, дизайні та рекламі. Художники Сальвадор Далі та Мауріц Ешер часто використовували такі прийоми для створення картин, що інтригують. У рекламі та маркетингу оптичний обман допомагає привернути увагу та запам'ятися. Також цей вид ілюзій для очей використовується в психології та нейробіології для вивчення сприйняття та роботи мозку.

Популярними стали роботи із зображенням «неможливих фігур», на яких Ешер створював різні простори з суперечливими з'єднаннями та переходами частин одна до одної. Одна з таких робіт – літографія «Відносність», 1953 р. (рис. 8). На ній світ не підкоряється законам гравітації. Три реальності перпендикулярні та з'єднані між собою сходами, спрямованими одночасно вгору та вниз.

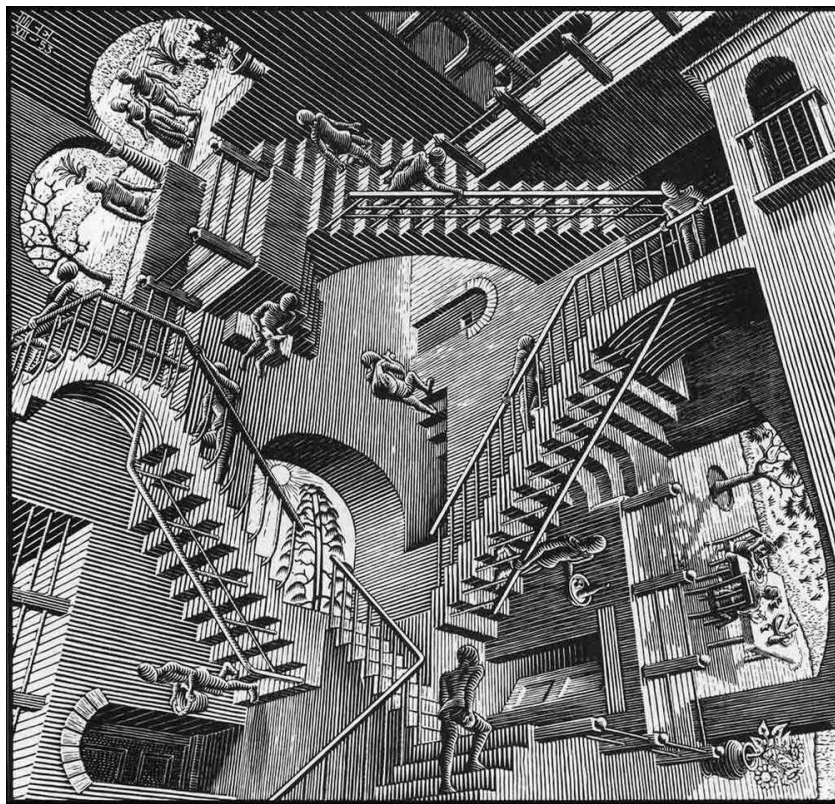


Рис.8. М. Ешер «Відносність»

2) **Фізіологічні зорові ілюзії.** Коли зорові рецептори в сітківці ока піддаються інтенсивному чи тривалому впливу світла, від перевтоми вони викликають ілюзії після образу. Наприклад, “слід” яскравого об’єкта, який ми бачимо, заплющивши очі, після довгого його споглядання. Наші зорові органи поступово адаптуються до різних рівнів освітленості та контрасту. При різкій зміні умов мозок створює ілюзії зору. Коли ми дивимося на нерухоме зображення з повторюваними візерунками, воно може здаватися рухомим (рис. 9). Таке відчуття викликане саккадами — мікрорухами очей, що допомагають підтримувати чіткість зображення і коригувати зорове сприйняття.

Фізіологічні ілюзії мають значення для медицини. Допомагають вивчати роботу зорової системи та механізми обробки візуальної інформації, діагностувати та лікувати різні зорові розлади.



Рис. 9. Ілюзія руху

3) **Когнітивні ілюзії.** Засновані на очікуваннях, минулому досвіді та контексті, в якому ми сприймаємо зображення. Одним із відомих прикладів цього виду обману зору є ілюзія Мюллера-Лайера. У ній дві лінії однакової довжини здаються різними через різні форми кінців (рис. 10). Це яскрава демонстрація того, як людський мозок використовує контекстні підказки для інтерпретації розмірів та відстаней.

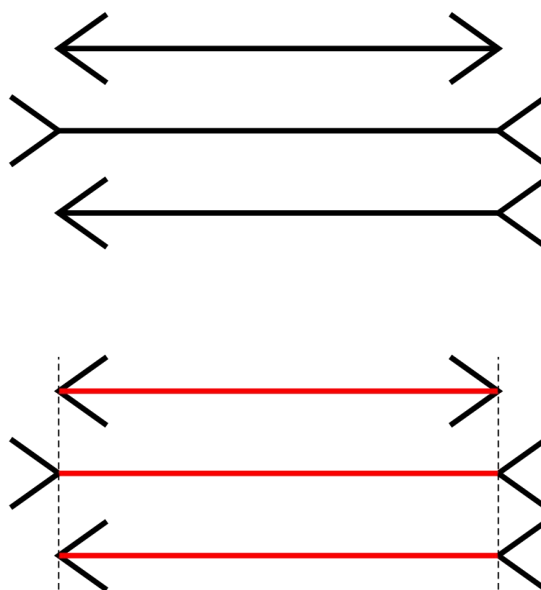


Рис. 10. Ілюзія Мюллера-Лайера

Ще один приклад — ілюзія Понцо, де дві горизонтальні лінії на тлі схожих сприймаються як відрізки різної довжини (рис. 11). Мозок інтерпретує лінії, що сходяться, як перспективу. Це змушує нас думати, що одна з них далі і, отже, довша.



Рис. 11. Ілюзія Понцо

Когнітивні ілюзії зору мають широке застосування у психології, мистецтві та архітектурі. Використання несподіваних візуальних ефектів, ігор зі сприйняттям допомагає створити унікальні та ефективні рекламні кампанії.

Будь-яка оптична ілюзія наших очей демонструє складність та дивовижні здібності зорового сприйняття. Ці знання дають можливість створювати інтригуючі візуальні ефекти у різних сферах життя.

Поняття «**симультанний контраст**» означає явище, у якому наше око при сприйнятті будь-якого кольору відразу вимагає появи його додаткового кольору, і якщо такого немає, то симультанно, тобто одночасно породжує його сам. Цей факт означає, що основний закон колірної гармонії базується на законі про додаткові кольори. Симультанно породжені кольори виникають лише як відчуття та об'єктивно не існують. Вони не можуть бути сфотографовані. Симультанний контраст, як і послідовний контраст, ймовірно, виникає з однієї й тієї ж причини.

На практиці це можна перевірити наступним чином: на великій, яскраво забарвленій площині розмістити маленький чорний квадрат, а потім зверху покласти аркуш паперу. Якщо аркуш забарвлений у червоний колір, то чорний квадрат буде здаватись зеленуватим, якщо зелений, то чорний квадрат буде червонуватим, на фіолетовому фоні — жовтуватим, а якщо помістити його на жовте тло, то чорний квадрат здаватиметься фіолетово-сірим. Кожен колір в очах глядача одночасно породжує свій протилежний колір.

Приклади застосування симультанного контрасту часто використовують художники (рис. 12).

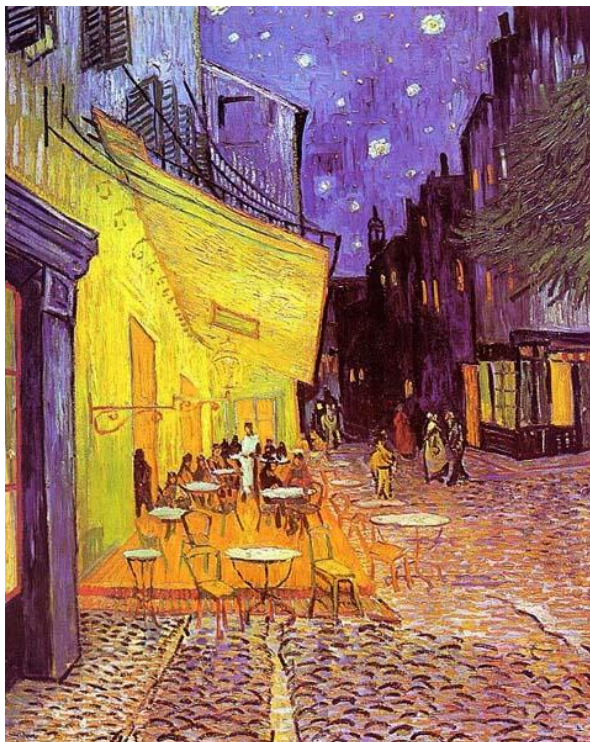


Рис.12. Симультанний контраст Вінсент ван Гог «Вечірне кафе»

Завдання

1. Обрати один із видів зорових (оптичних) ілюзій.
2. Підготувати презентацію з використанням ілюстрацій та відео.
3. Презентувати роботу на занятті.

Контрольні питання

1. Дайте визначення поняття «зорова ілюзія»?
2. Назвіть три типи оптичних ілюзій; у чому їх відмінність?
3. Поясніть поняття буквальних оптичних ілюзій?
4. Які ілюзії називають когнітивними?
5. Де та для чого використовують фізіологічні ілюзії?

3.4. Практична робота № 4

ГАРМОНІЙНЕ ПОЄДНАННЯ КОЛЬОРІВ

Мета роботи — навчитись створювати композиції, основані на принципах гармонійного поєднання кольорів (з урахуванням площі кольорових плям, різновидів контрасту).

Теоретичні відомості

Ще знаменитий Гете і Ньютон намагалися об'єднати всі кольори у певну систему. Їхній спектр так і залишився в загубленій історії, а ось праця Іттена сьогодні має величезну популярність і визнана основною у створенні візуального дизайну. Вперше вищезгадане коло можемо знайти у праці “Мистецтво кольору”, яка була створена в 1921 році. Ця книга стала важливим джерелом знань для художників, дизайнерів та інших митців, які цікавилися колористикою. На той момент художник Йоганес Іттен був викладачем у вищій школі Баухаусі, школі мистецтв і дизайну, заснованій у Веймарі 1919 році року (Німеччина). У ній він описав базові принципи роботи з кольорами та запропонував використовувати свою версію поєднання кольорів і відтінків. Сам художник не претендував на те, що він першопроходець, а відкрито говорив про те, що в його праці систематизовано досвід попередників.

Для кращого розуміння природи ефекту Й. Іттен запропонував поділ відтінків на теплі й холодні.

Поняття температури ґрунтується на психологічних асоціаціях: червоний пов'язують з чимось гарячим, що нас активізує і збуджує, а синій – з холодним, що, навпаки, розслабляє і заспокоює. На основі таких простих асоціацій і сформувалась температурна класифікація: від фіолетово-червоного до жовто-зеленого – теплих відтінків; від синьо-фіолетового до синьо-зеленого – холодних (рис. 13).

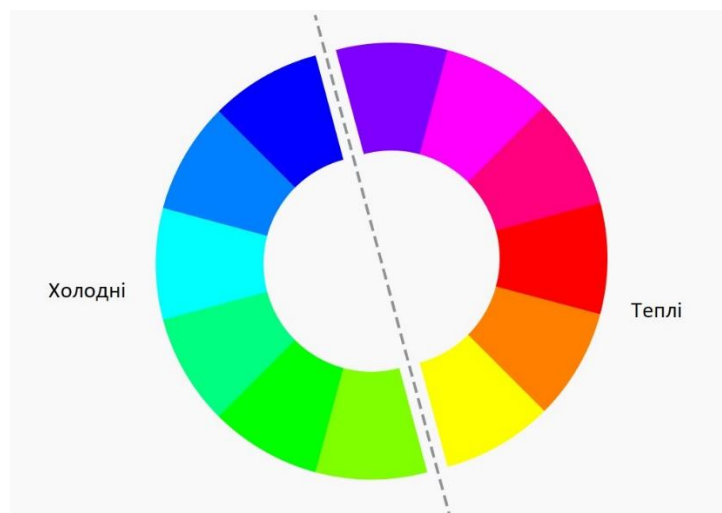


Рис. 13. Поділ колірного кола на теплі та холодні відтінки кольору

Таким чином, будь-який тон (окрім ахроматичного) можна розкласти на палітрі від теплих до холодних відтінків. У холодних переважає блакитний пігмент, в теплих – жовтий. Ахроматичні кольори прийнято вважати холодними.

Й. Іттен першим із всього спектру виділив саме дванадцять кольорів і розташував їх по колу таким чином, що максимально контрастуючі один з одним пари опинилися один напроти одного (рис. 14). В центрі він розташував трикутник з трьох основних кольорів - червоний, синій і жовтий (саме з них можна отримати всі інші шляхом змішування у різних пропорціях). Цей трикутник Іттен заключив в шестикутник, всередині якого він позначив, які відтінки отримують при змішуванні основних кольорів у рівних пропорціях.



Рис. 14. Колірне коло Іттена

Основними критеріями у виявленні властивостей кольорів є визначення – світлий або темний. Без світлоти не буде поняття, що використовується для вираження ідей та емоцій кольору. Вторинні аспекти кольору стосуються комбінацій, які збалансовано існують одна з одною. Колір поєднує в собі індивідуальні та універсальні якості, варіанти його сприйняття нескінченні.

Деякі варіанти колірних комбінацій:

Ахроматична – застосовуються білий, чорний та сірий кольори.

Аналогічна – використовується будь-яка із послідовних гам, будь-які її тони та відтінки (рис. 15).

Контрастна – колір поєднується з гамою, що розташована праворуч або ліворуч від доповнення.

Монохроматична – використовується одна гама в комбінації з одним або всіма її тонами та відтінками (рис. 16).



Рис. 15. Аналогічні кольори



Рис. 16. Монохроматичні кольори

Нейтральна – використовується гама, яка була приглушена або нейтралізована додаванням її доповнюючого чорного кольору.

Доповнююча – використовуються два кольори, які знаходяться на протилежних сторонах колірного кола (рис. 17). Ця комбінація забезпечує високу контрастність і ефектне поєднання кольорів – разом ці кольори будуть виглядати яскравішими та більш помітними.



Рис. 17. Доповнюючі кольори

Тріадна – три кольори, рівномірно розподілені на колірному колі (рис. 18). Це забезпечує високу контрастність колірної схеми, але меншу, ніж комбінація додаткових кольорів, що робить її більш універсальною. Таке поєднання створює сміливі, яскраві палітри кольорів.

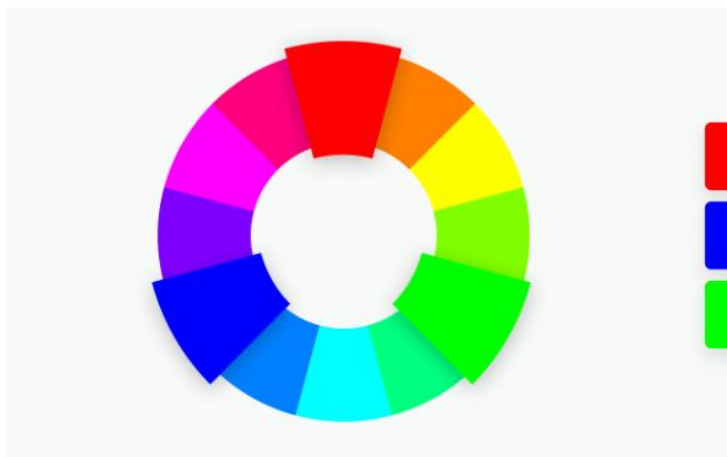


Рис. 18. Тріадні кольори

Тетраїдна – використовуються чотири кольори, що рівномірно розподілені на колірному колі (рис. 19). Тетраїдичні кольорові схеми є сміливими та найкраще працюють, якщо ви дозволите одному кольору бути домінуючим, а інші використовувате як акценти. Чим більше кольорів у вашій палітрі, тим складніше балансувати.



Рис. 19. Тетраїдні кольори

На колірному колі є 12 основних кольорів, які можна розділити на основні, вторинні та третинні кольори (рис. 20).

Основні кольори в колірному колі RGB — це кольори, які разом створюють чисте біле світло. Ці кольори червоний, зелений і синій.

У колірному колі RYB основні кольори – це кольори, які не можна змішувати з іншими кольорами. Є три основні кольори: червоний, жовтий і синій.

Вторинні кольори — це кольори, які утворюються в результаті змішування двох основних кольорів. Є три вторинних кольори. У колірному колі RGB це

блакитний, пурпуровий і жовтий. Якщо змішати червоне і зелене випромінювання у рівній кількості, отримають жовтий колір, зелений і синій — блакитний, а синій і червоний — пурпурний.

У колірному колі RYB вторинними кольорами є фіолетовий (червоний у суміші з синім), помаранчевий (червоний у суміші з жовтим) і зелений (жовтий у суміші з синім).

Третинні кольори — це кольори, отримані шляхом поєднання вторинного кольору з основним. Існує шість третинних кольорів. У колірному колі RGB це помаранчевий, жовто-зелений, весняно-зелений, блакитний, фіолетовий і рожевий.

У колірному колі RYB третинними кольорами є червоно-оранжевий, жовто-оранжевий, жовто-зелений, синьо-зелений, синьо-фіолетовий і червоно-фіолетовий.



Рис. 20. Первинні, вторинні та третинні кольори

Деякі спеціалісти з кольору та кольорознавства колірні гармонії поділяють на дві групи: контрастні та нюансні. Контрастні гармонії ґрунтуються на протиставленні кольорів, що беруть участь у композиції за однією або декількома характеристиками (колірний тон, світлота, насиченість, площа). Найбільш контрастною за колірним тоном є гармонія взаємодоповнюючих кольорів. Поєднання доповнюючих (контрастних) кольорів здається різким, але ефектним, і часто використовується в рекламі або дизайні упаковки.

В основі нюансних гармоній лежать близькі за колірним колом кольори. Використання колірних тріад засновано на поєднанні трьох кольорів, які рівновіддалені на колірному колі. Важливим показником гармонії є так званий домінуючий колір, який є основним у композиції. В контрастних гармоніях решта кольорів протиставляються домінуючому, а в нюансних гармоніях вони, навпаки, наближаються до нього та підпорядковуються його основним рисам.

Завдання

1. Оберіть один із видів поліграфічної продукції, спробуйте підібрати основні та допоміжні кольори для створення макету.
2. За допомогою сервісів із підбору колірної гармонії створіть колірні гами з обраним кольором. Використовуйте сервіси <https://color.adobe.com/>,

<https://www.canva.com/colors/color-wheel/> або будь-який інший сервіс підбору гармонійних кольорів.

3. Ознайомтесь зі спільнотою COLOURlovers — це творча спільнота, де люди з усього світу створюють і діляться кольорами, палітрами та візерунками, обговорюють останні тенденції <https://www.colourlovers.com/>

Контрольні запитання

1. Хто систематизував кольори у колірне коло та за яким принципом?
2. Опишіть поділ кольорів на первинні, вторинні та третинні кольори.
3. Які кольори є триадними у колірному колі?
4. Назвіть теплі та холодні кольори?

3.5. Практична робота № 5

АДИТИВНИЙ ТА СУБТРАКТИВНИЙ СИНТЕЗ КОЛЬОРІВ

Мета роботи – ознайомлення із принципом адитивного і субтрактивного синтезу; утворенням вторинних кольорів адитивного і субтрактивного синтезу.

Теоретичні відомості

Процес отримання різних кольорів за допомогою декількох основних (первинних) випромінювань або фарб називається колірним синтезом. Існує два принципово різних методи колірного синтезу: адитивний і субтрактивний синтези.

У адитивном синтезі змішуються первинні випромінювання. В якості первинних можуть бути використані два, три і більше різних за кольором випромінювань, але найбільш поширений триколірний адитивний синтез. Первинні кольори які створюють їх випромінювання називаються основними. Основні випромінювання адитивного синтезу – сині (Blue), зелені (Green) та червоні (Red), тобто випромінювання трьох основних зон спектра.

Адитивний синтез кольору – відтворення кольору в результаті оптичного змішування випромінювань базових кольорів (червоного, зеленого і синього - R, G, B). Використовується в моніторах видавничих систем при створенні кольорових зображень на екрані, а також на екрані телевізора (рис. 21).

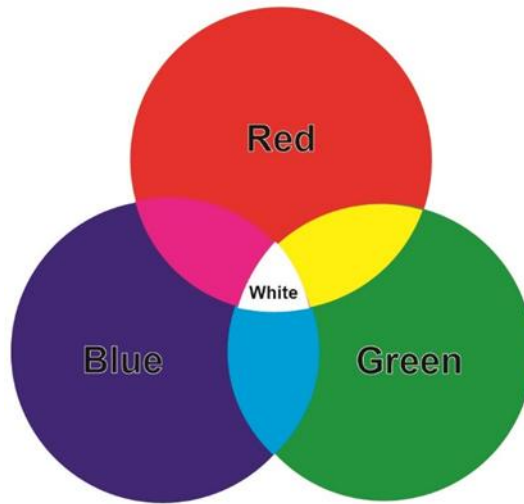


Рис.21. Адитивний синтез кольорів (RGB)

Просторове змішування – це різновид адитивного способу. Просторове змішування засноване на тому, що око не розрізняє дуже близько розташовані один до одного дрібні різнокольорові ділянки, а сприймає їх разом, як одне ціле. Якщо ці дрібні ділянки мають різне забарвлення, то ми бачимо тільки їх узагальнений колір – колір адитивної суміші.

Якщо ряд дуже дрібних різнокольорових цяток, що лежать близько одне від іншого, розглядати на досить великій відстані, то ці цятки окремо візуально не розрізняються. Замість різнобарвних дрібних цяток ми бачимо однакові за кольором ділянки. Наприклад, окремі піщинки на березі ми розрізняємо лише на близькій відстані. Аркуші паперу, злегка покриті вугільним пилом, здалеку ми бачимо сірими, без виокремлення на них окремих порошинок.

Змішування кольорів дрібних різнобарвних ділянок з утворенням єдиного загального кольору відбувається за правилами адитивного синтезу – оптичним змішуванням випромінювань. Це пояснюється тим, що при погляді на предмет, його зображення безперервно переміщується по сітківці ока. Якщо окремі кольорові елементи малі в порівнянні з безперервними коливанням очей, то на одні й ті ж рецептори потрапляють послідовні випромінювання від поруч розташованих різнокольорових елементів.

Під час адитивного RGB методу відчуття кольору досягається за допомогою оптичного додавання кольорів або, точніше, променів світла даних відтінків, а під час субтрактивного – вирахуванням кольорів або змішуванням фарб.

У першому випадку змішування основних кольорів (червоного – R, зеленого – G та синього – B) дає відчуття білого – W кольору, а в другому – змішування додаткових до основних кольорів (бірюзового – C (cyan), пурпурного – M (magenta) та жовтого – Y) (yellow) дає відчуття чорного – B (black) кольору (рис. 22). У комп'ютерних моніторах і кольорових телевізорах використовуються саме промені світла, які змішуються і доповнюють один одного. В поліграфії все відбувається по-іншому. Тут використовуються не світлові промені, а фарби. У них є принципова відмінність – вони не випромінюють, а поглинають кольори. Наприклад, якщо ми змішаємо червоний

і зелений світлові промені, ми отримаємо жовтий колір. Якщо ж ми змішаємо червону фарбу (тобто ту, яка поглинає всі промені, крім червоного) і зелену (що поглинає всі промені, крім зеленого), то в результаті повинен вийти чорний колір.

Аддитивна модель відтворення кольору RGB в поліграфії неприйнятна. В поліграфії використовується модель СМУК – від англійських слів Cyan (бірюзовий), Magenta (пурпурний), Yellow (жовтий) і Key (основний). Замість слова Key повинно було бути Black (чорний), але буквою В прийнято позначати синій колір (Blue). Відповідно до чистої моделі поглинання кольорів (яка носить назву СМУ) чорний колір слід би отримувати змішуванням бірюзового, пурпурного і жовтого. Однак, отримувати чорний колір таким складним шляхом в поліграфії незручно. Крім того, при використанні натуральних пігментів чисто чорний колір таким змішуванням отримати дуже складно. Тому був введений ще один основний колір – чорний. Як в початковій моделі СМУ, так і в більш поширеній моделі СМУК інтенсивність кожного кольору вимірюється у відсотках від 0 до 100. Нульове значення означає, що поглинання цього кольору немає взагалі, а 100 означає повне поглинання. Приклад позначення кольору в СМУК виглядає так: С 40 М 100 Y 0 К 45.

Субтрактивний СМУК-синтез кольору спостерігається у разі послідовного накладення фарб на друковані ділянки (у цьому разі яскравість кольору зменшується з товщиною фарбового шару). Для одержання потрібних кольорів застосовуються світлофільтри, пофарбовані в додатковий до основного колір: блакитний, пурпурний або жовтий. Зазначені світлофільтри поглинають промені основних кольорів, відповідно червоний, зелений і синій, і пропускають промені інших 2/3 спектра.

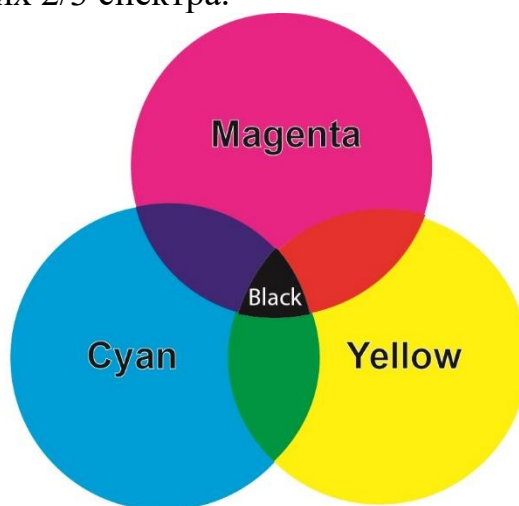


Рис.22. Субтрактивний синтез кольору (СМУК)

Коли на білий матеріал наносять бірюзовий, пурпурний і жовтий пігменти, кожен із них поглинає або віднімає з падаючого білого світла протилежний колір (рис. 23).

Бірюзова, пурпурна й жовта фарби наносяться на папір окремими шарами. Напівпрозорість цих фарб забезпечує ефект змішування, а ілюзія різних кольорів і тонів створюється за рахунок варіювання кількості нанесення.

Варіювання кількості нанесення створює той же ефект, що й варіювання інтенсивності випромінювання червоного, зеленого й синього люмінофорів на екрані монітора.

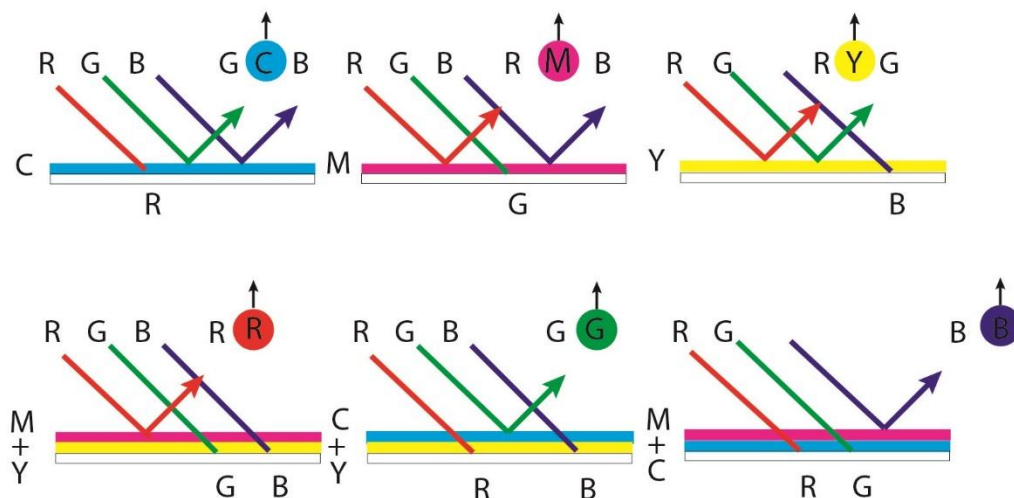


Рис.23. Графічне зображення процесу кольороутворення

Правила складання кольорів (рис. 24):

Перше правило: один основний або додатковий колір утворюється додаванням двох сусідніх кольорів на колірному колі (тобто, будь-який колір може бути отриманий під час додавання двох сусідніх кольорів). Наприклад, червоний (R) колір утворюється додаванням у рівних кількостях жовтого (Y) і пурпурного (M) – двох сусідніх кольорів на колірному колі.

Друге правило: у разі додавання в рівних кількостях двох кольорів, розташованих на протилежних секторах колірного кола, відбувається їх взаємна компенсація й формування ахроматичного кольору. Наприклад, варто розглянути додавання червоного (R) і блакитного (C) кольорів у рівних кількостях. Ці кольори перебувають на протилежних секторах колірного кола, у результаті відбудеться компенсація кольорів і формування сірого кольору.

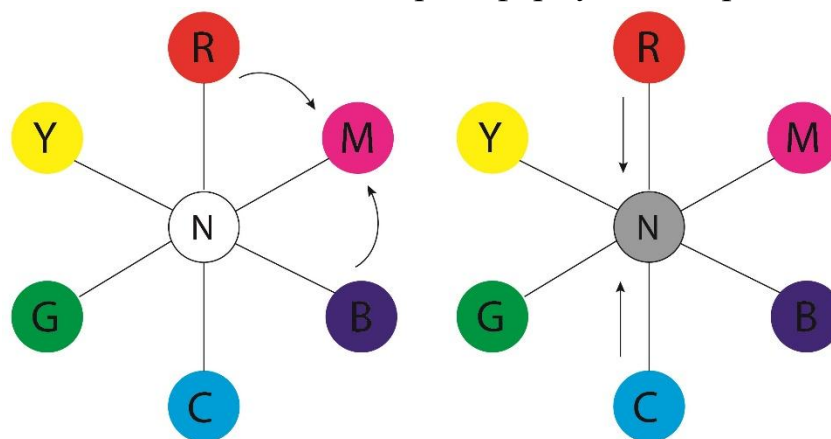


Рис. 24. Складання кольорів

Завдання

1. Ознайомитись із основними поняттями та кольорами адитивного та субтрактивного синтезу.

2. За допомогою правил складання визначити результуючий колір:

$$W - R =$$

$$W - G =$$

$$W - B =$$

$$W - C =$$

$$Y + M =$$

$$G + R =$$

$$G + R + B =$$

$$B - M =$$

$$W - M =$$

$$W - C =$$

$$W - Y =$$

$$C + M =$$

$$C + M + Y =$$

3. Дати відповідь на контрольні питання.

Контрольні запитання

1. Що таке адитивний синтез кольору, які основні кольори синтезу?

2. Поясніть явище субтрактивного синтезу кольору, які основні кольори синтезу? У чому принципова відмінність двох основних видів кольорового синтезу?

3. Який колір отримаємо при додаванні в рівних кількостях двох кольорів, розташованих на протилежних секторах колірного кола?

4. Назвіть основні та додаткові кольори адитивного та субтрактивного синтезу.

ВИЗНАЧЕННЯ КОЛЬОРУ СУМІШІ СПЕКТРАЛЬНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Мета роботи – ознайомитися із поняттям адитивного синтезу; навчитися складати рівняння кольору; визначати показники насиченості та кольорового тону; визначати результуючий колір суміші випромінювання, який сприйматимуть зорові рецептори спостерігача.

Теоретичні відомості

Ефект отримання нового кольору в результаті змішування випромінювання або середовищ, наприклад фарб, отримав назву синтез кольору.

Розрізняють різні типи синтезу кольорів – адитивний (змішування випромінювання) і субтрактивний (змішування середовищ).

Назва «адитивне змішування» пов'язана з тим, що при змішуванні випромінювань їх дії складаються (add — «додавати»). Даний вид синтезу базується на змішуванні простих і складних випромінювань у сітківці ока. Кольори випромінювань, що використовуються для синтезу, називаються основними. Основні кольори – це ті кольори, які не можливо отримати при змішування інших. В адитивному синтезі основними кольорами є: червоний (Red), зелений (Green), синій (Blue). Тому його ще називають RGB-синтез.

Математично це можна записати за допомогою виразу:

$$A(RGB) = rR + gG + bB,$$

де $A(RGB)$ – колір, що отримується змішуванням червоного, зеленого і синього випромінювань;

R, G, B – випромінювання червоного, зеленого і синього кольорів;

r, g, b – їх інтенсивності.

Коли змішують лише два основні кольори, маємо вирази:

$$R + G = Y,$$

$$G + B = C,$$

$$B + R = M.$$

Адитивне змішування кольорів підпорядковуються основним законам синтезу кольорів, виділеним математиком Г. Грассманом (1809–1877) і багаторазово підтвержені експериментально.

Перший закон – закон трьохмірності. Для кожного хроматичного кольору є інший колір, від змішування з яким виходить ахроматичний. Такі пари кольорів називаються додатковими. Додатковими кольорами є: червоний і блакитний; зелений і пурпуровий; синій і жовтий.

Другий закон – закон неперервності. При безперервній зміні випромінювання, колір змінюється теж безперервно. Змішуючи два кольори, що лежать близько один до одного, можна отримати будь-який колір, що знаходиться в спектрі між даними двома.

Третій закон – закон адитивності. Результат змішування двох (чи більше) стимулів залежить тільки від кольорів цих стимулів, і не залежить від того, який спектральний склад випромінювання зумовив колір кожного з стимулів.

Рівняння кольору дає можливість чисельно оцінювати колірний тон і насиченість.

Колірний тон визначається тими складовими рівняння, які мають найбільші коефіцієнти.

Якщо координати кольору для всіх трьох складових мало відрізняються, то колір є близьким до ахроматичного.

Нехай є рівняння:

$$\text{Колір} = x_1R + x_2G + x_3B, \quad \text{де } x_1 \gg x_2 \gg x_3,$$

тоді приведені рівняння можна розглядати як суму двох:

$$\text{Колір1} = (x_1 - x_3)R + (x_2 - x_3)G - \text{виражає хроматичну складову кольору}$$

$$\text{Колір2} = x_3R + x_3G + x_3B - \text{виражає ахроматичну складову}$$

Колірний тон чисельно можна виразити показником кольорового тону

$$k_{к.т.} = \frac{(x_1 - x_3)}{(x_2 - x_3)} - \text{показує у скільки раз найбільша координата кольору}$$

впливає на відчуття кольорового тону ніж середня (якщо $x_2 = x_3$, то кольоровий тон визначається лише координатою x_1)

Насиченість пов'язана з найменшою колірною координатою. Чисельна характеристика насиченості визначається як відносна, і називається показником насиченості:

$$k_{н.} = \frac{((x_1 - x_3) + (x_2 - x_3))}{x_3};$$

Якщо $x_3 = 0$, то показник насиченості максимально великий

Хід роботи

Вважати, що на зорові рецептори людини діє випромінювання, що складається з суміші однакового за потужністю випромінювання з певними довжинами хвиль (табл. 1, варіант - відповідно до порядкового номеру студента за списком групи). Користуючись кривими спектральної чутливості різних груп колбочок (рис. 25), записати рівняння кольору суміші, визначити показники насиченості та кольорового тону, вказати який колір сприйматиме людина при даному випромінюванні.

Довжини хвиль випромінювання

Вар.	λ_1 , нм	λ_2 , нм	λ_3 , нм	Вар.	λ_1 , нм	λ_2 , нм	λ_3 , нм	Вар.	λ_1 , нм	λ_2 , нм	λ_3 , нм
1	400	525	650	11	420	565	635	21	470	510	630
2	480	550	595	12	450	590	650	22	460	545	640
3	450	570	620	13	410	580	600	23	400	560	650
4	410	500	575	14	430	550	620	24	420	590	595
5	430	530	615	15	425	535	640	25	450	580	670
6	425	510	620	16	450	525	660	26	410	550	620
7	450	545	600	17	410	550	575	27	430	535	630
8	470	560	630	18	430	570	615	28	425	525	640
9	460	520	640	19	425	500	690	29	410	550	655
10	400	515	655	20	450	530	620	30	430	570	635

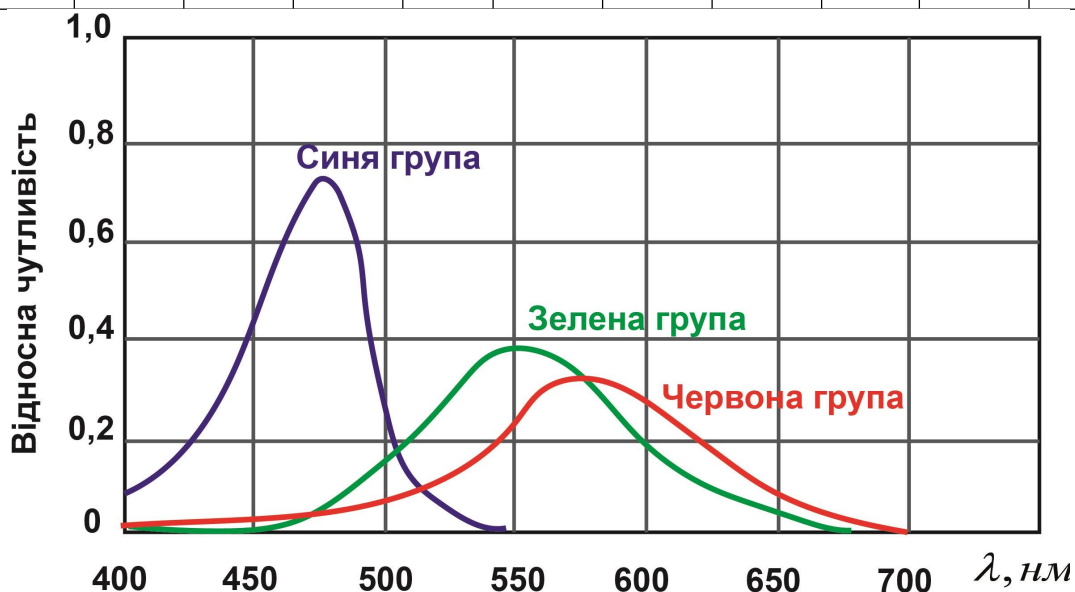


Рис. 25. Криві спектральної чутливості різних груп колбочок

Контрольні питання

1. Назвіть основні кольори адитивного синтезу.
2. Яким чином утворюються жовтий, бірюзовий, пурпуровий, білий кольори?
3. Які коефіцієнти колірного рівняння вказують на кольоровий тон?
4. Які коефіцієнти колірного рівняння вказують на насиченість кольору?

КОЛІРНІ МОДЕЛІ (КОЛОРИМЕТРИЧНІ СИСТЕМИ)

Мета роботи – ознайомлення з основними видами колірних моделей та представленням кольорів у різних колориметричних системах.

Теоретичні відомості

Колірна модель RGB описує випромінювання кольорів. Вона заснована на трьох основні (базових) кольорах: червоному (red), зеленому (green) і синьому (blue). Інші кольори утворюються за рахунок змішування базових. Кольори такого типу називаються адитивними, тобто в такій колірній моделі здійснюються правила додавання кольорів. Кожен основний колір може мати 256 градацій 72 яскравості (від 0 до 255), що відповідає 8-бітовому режиму. У RGB міститься 256³ або 16 777 216 кольорів.

Модель є збалансованою, тобто додавання трьох основних кольорів із однаковою яскравістю дають відтінок сірого. Білий колір утворюється в результаті додавання хвиль червоного, зеленого й синього діапазонів (рис. 26).

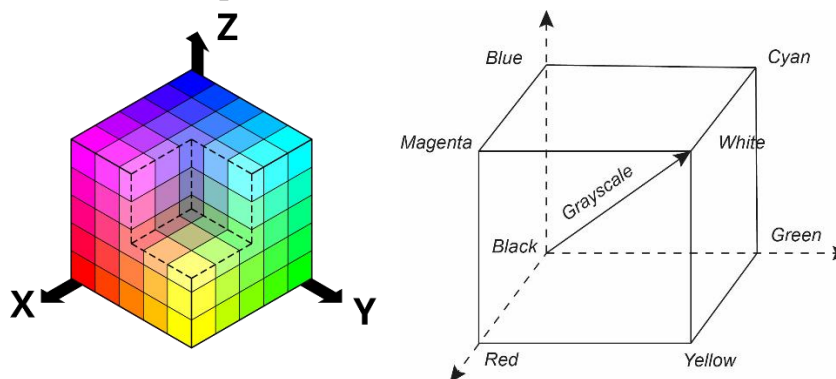


Рис. 26. Тривимірне представлення моделі RGB

Початок відліку $(0,0,0)$ відповідає чорному кольору. Максимальне значення RGB $(1,1,1)$ відповідає білому кольору, $(1;0;0)$ – червоному, $(0;1;0)$ – зеленому, $(0;0;1)$ – синьому. Модель представляється у вигляді тривимірної системи координат. Кожна координата відображає внесок кожної складової у результуючий колір у діапазоні від нуля до максимального значення. У результаті формується куб, усередині якого й “перебувають” всі кольори, утворюючи колірний простір RGB. У трьох кутах куба розташовані чисті кольори (тобто базові колірні випромінювання): червоний, зелений і синій. В інших трьох кутах їх поєднання: жовтий, бірюзовий і пурпурний. Між чорним і білим кольорами проведена діагональ, що являє градацію ахроматичних кольорів. Саме в цій моделі кодує зображення сканер і відображає рисунок екран монітора. У точці, що є початком координат всі складові дорівнюють нулю (тобто випромінювання відсутнє), а це рівнозначне темряві, тобто це точка чорного кольору. Друга точка, де всі складові мають максимальне значення, дає білий колір. На лінії, що з’єднує ці точки (по діагоналі), розташовуються ахроматичні кольори (сірі відтінки). Цей процес відбувається тому, що всі три складові однакові й розташовуються в діапазоні від нуля до

максимального значення. Такий діапазон інакше називають сірою або ахроматичною віссю. У комп'ютерних використовуються 256 градацій (відтінків) сірого.

Більшість відтінків, створених колірною системою RGB, не вдається передати під час друку. Тому нерідко надрукований відбиток здається бляклим. Перехід із RGB у СМУК здійснюється через спеціальні програмні фільтри, де враховуються всі майбутні налаштування друку: система основних тріадних фарб, коефіцієнт розтискування цятки, баланс фарб, спосіб генерації чорного кольору, а також максимальний рівень фарби й інших налаштувань.

Колірна модель СМУ (на практиці – СМУК) є основною в поліграфії (рис. 27). Модель СМУ, на відміну від RGB, описує кольори, що поглинаються, оскільки після друку зображення людина бачить тільки відбитий колір. Кольори, що використовують біле світло, віднімаючи з нього певні ділянки спектра, й називаються субтрактивними. Саме такі кольори й використовуються в моделі СМУ. Вони утворюються шляхом вирахування з білого адитивних кольорів моделі RGB. Таким чином, основними кольорами в СМУ є бірюзовий ($C=W-R$), пурпурний ($M=W-G$) і жовтий ($Y=W-B$).

Модель є незбалансованою, тому на практиці замість трьох основних кольорів використовується ще чорний. У поліграфії було прийнято називати додатковий чорний – ключовим кольором (key color), звідси скорочення "К" (був узятий саме індекс "К", а не "В", щоб не створювати додаткової плутанини із синім (blue) кольором). Таким чином, чорний колір забезпечується спеціальною чорною фарбою, а не змішанням всіх трьох кольорів.

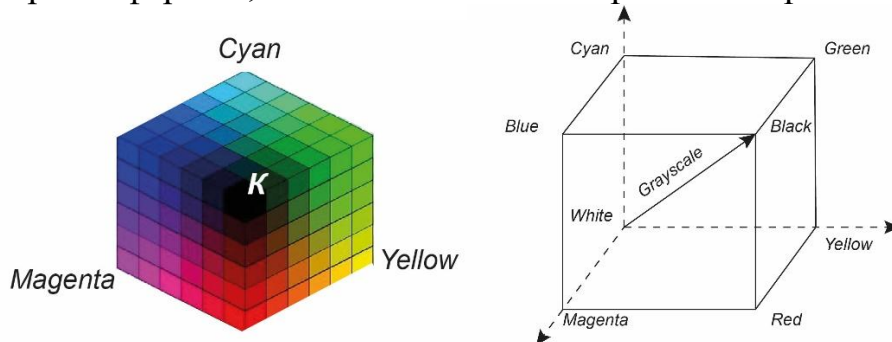


Рис.27. Просторове представлення моделі СМУ

Модель СМУ аналогічна RGB, у якій переміщений початок координат. У СМУ колірне охоплення більш вузьке, ніж у RGB, тому під час конвертації із RGB в СМУ втрачається частина кольорів. Насиченість кольору вимірюється у відсотках, тому кожен колір має 100 градацій яскравості. Модель застосовується для опису кольорів у зображеннях, призначених для друку. СМУК не можна пов'язати з певною колірною системою, тому що вона надлишкова: кольори утворюються як змішанням основних кольорів СМУ, так і зміною концентрації додаткового – К.

Колірна модель Lab описує усі видимі кольори й може бути використана для опису кольорів у зображеннях без апаратної прив'язки. Lab є апаратно незалежною моделлю, призначеною для визначення кольору без урахування

індивідуальних особливостей (профілю) пристрою (монітора, принтера, друкарської машини тощо). Це триканальна модель, у якій колір визначається світлотою L (Luminance) і двома хроматичними компонентами: параметром a , що змінюється в діапазоні від зеленого до червоного, і параметром b , що змінюється в діапазоні від синього до жовтого. Тобто яскравість у цій моделі повністю відділена від кольору. Це робить модель зручною для регулювання контрасту, різкості й інших тонових характеристик. Lab використовує прямокутні координати на базі двох перпендикулярних осей: жовтий – синій та зелений – червоний. Геометричним представленням моделі Lab є куля (рис. 28).

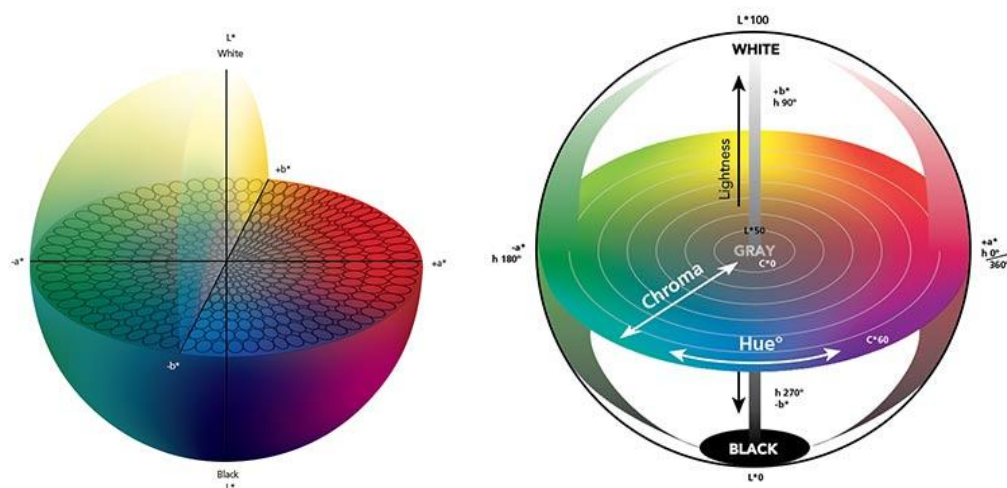


Рис.28. Просторове представлення моделі Lab

Модель застосовується під час переведення зображення з однієї колірної моделі в іншу, між пристроями й навіть між різними платформами (що дуже важливо для поліграфії). Крім того, саме в цій моделі зручніше за все проводити деякі операції з поліпшення якості зображення. Програма Adobe Photoshop використовує цю модель як посередник під час будь-якого конвертування з моделі в модель.

Колірні моделі HSB (HSV) та HSL (рис. 29) є альтернативними представленнями моделі кольорів RGB, яка тісно узгоджується з тим, як людський зір сприймає кольори.

HSL є частиною колірної моделі в графічному дизайні та редагуванні зображень. Налаштувати відтінок, насиченість і освітленість зображення легко виконати простим набором значень. HSL схожий на інструмент, який попередньо встановлено в меню налаштування зображення будь-якого програмного забезпечення для створення зображень і графічного дизайну.

Дана колірна модель найбільш проста в розумінні. Крім того, вона може бути застосовна і для адитивних, і для субтрактивних кольорів.

Модель HSB представляє колір у вигляді тону (Hue), насиченості (Saturation) і яскравості (Brightness). Вона ж відома як модель HSL (тон,

насиченість і інтенсивність – Luminance). По краю колірної кола розташовуються максимально насичені кольори (100 %), зменшення насиченості кольору означає його розбілення. На моделі всі однаково насичені кольори розташовуються на концентричних колах, тобто можна говорити про однакову насиченість, наприклад, зеленого та пурпурного кольорів, і чим ближче до центра кола, тим усе більш розбіленими виходять кольори, яскравість – відсоток доданої чорної фарби (зменшення яскравості кольору означає потемніння кольору). Модель добре погоджується зі сприйняттям людини: колірний тон є еквівалентом довжини хвилі світла, насиченість – інтенсивності хвилі, а яскравість – кількості світла. Це триканальна колірна модель. Будь-який колір у HSB утворюється додаванням до основного спектра чорної або білої фарби.

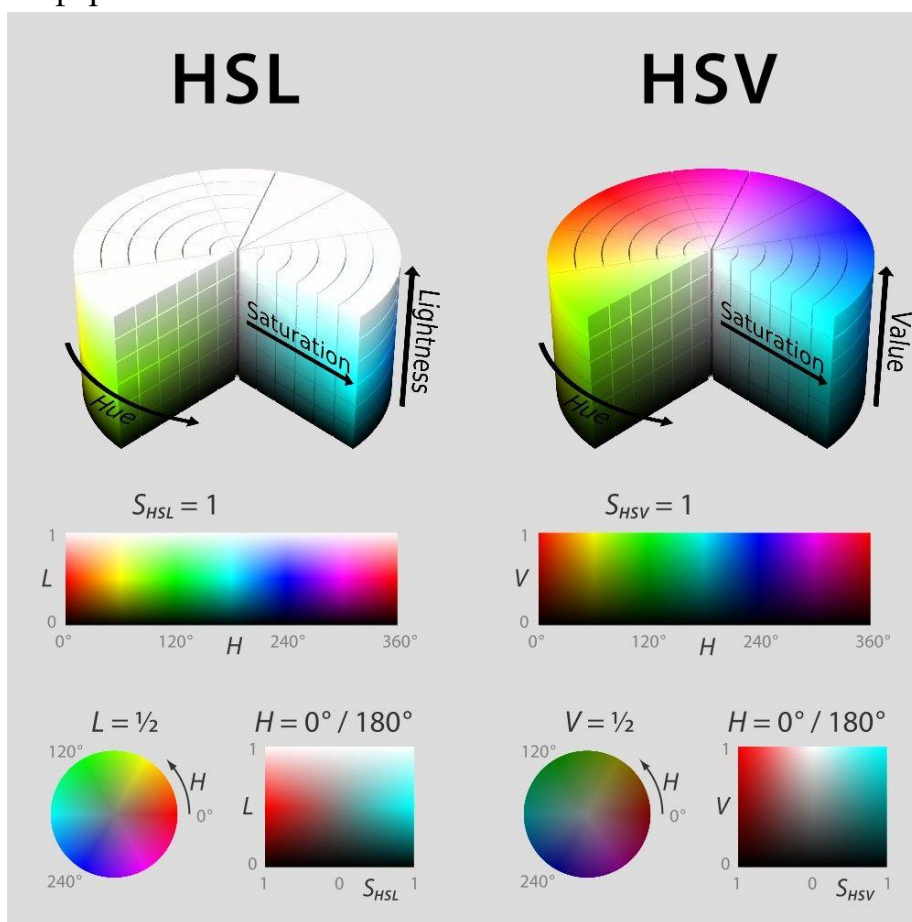


Рис. 29. Графічне представлення моделей HSL та HSV

Колірна модель Index Color (індексований колір) заснована на принципі використання восьмибітного кольору (рис. 30). Усі відтінки у файлі діляться на 256 можливих варіантів, кожному з яких присвоюється номер. Далі на основі отриманої палітри кольорів будується таблиця, де кожному номеру комірки приписується колірний відтінок у значеннях RGB. Щоб уникнути некоректності передачі кольору рекомендується користуватися Safe Web Color Pallete – безпечними колірними палітрами для web (це набори кольорів, які

однаково відображаються в різних браузерах). До форматів файлів, що використовують тільки індексовані палітри, належить GIF.

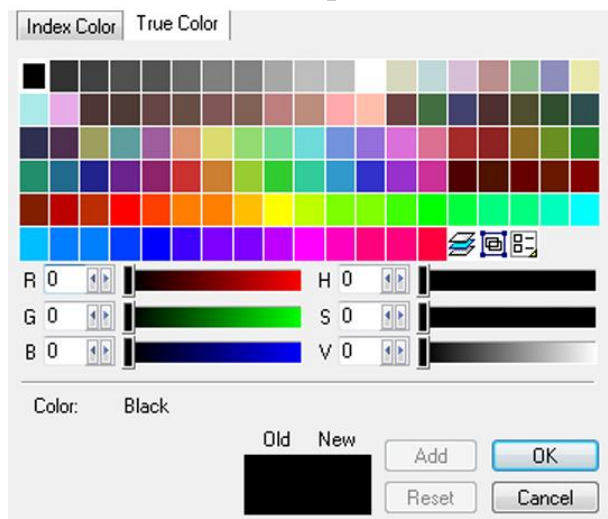


Рис. 30. Палітра кольорів Index color

Колірна модель Grayscale. Під час роботи з колірною моделлю Grayscale (рис. 31) колір переводиться до свого сірого аналога за інтенсивністю. Інтенсивність – єдина характеристика цієї моделі. Колірна модель Grayscale становить ту ж індексовану палітру, де замість кольору пікселям призначена одна з 256 градацій сірого.

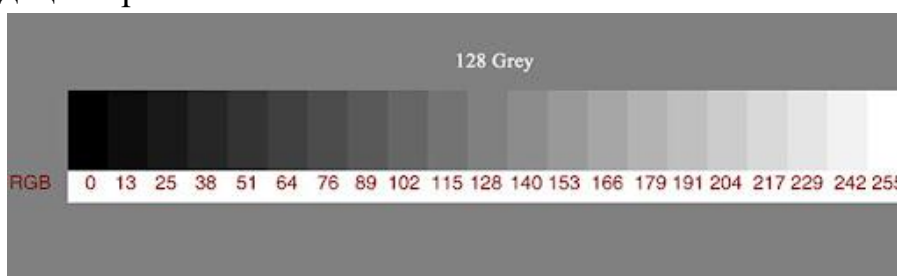


Рис. 31. Палітра кольорів Grayscale

Завдання

1. Навести приклади застосування кожної моделі в поліграфії.
2. Пояснити, чому модель СМΥК використовується у друкарській справі.
3. Пояснити принципи моделі CIE Lab та її переваги для стандартизації кольору в поліграфії. Проаналізувати, як ця модель допомагає працювати з колірними профілями.
4. Опишіть такі моделі цифрового представлення кольору: RGB, СМΥК. Наведіть їх графічне представлення. Поясніть особливості застосування цих моделей.
5. Опишіть такі моделі цифрового представлення кольору: HSV (HSB, HSL), Lab та Grayscale. Поясніть особливості застосування цих моделей.

КОНВЕРТАЦІЯ КОЛІРНИХ ДАНИХ У РІЗНИХ СИСТЕМАХ

Мета роботи: Здійснення конвертації (перетворення) кольорів із однієї колірної системи в іншу.

Теоретичні відомості

Оскільки колірні простори різних пристроїв і моделей розрізняються, при відтворенні документів на різних пристроях кольори можуть відображатися по-різному. Відтак, виникає потреба у переходах між колірними просторами моделей і вивідних пристроїв.

Коли ми фотографуємо на цифровий фотоапарат, здійснюємо перетворення колірного простору людського ока в колірний простір фотоапарата. При перенесенні фотографії на монітор для подальшого перегляду, здійснюємо перетворення колірного простору фотоапарата в колірний простір монітора. При роздрукуванні на принтері маємо перетворення колірного простору монітора у колірний простір принтера. Якщо колірні простори пристроїв, між якими виконується перетворення однакові, то не виникає ніяких труднощів, а якщо ні, то неминуче виникнуть втрати у кольорах, які неможливо відтворити в новому просторі.

Втрати колірної інформації відбуваються при переході з моделі із ширшим колірним охопленням у модель з вузьким, наприклад з RGB у CMYK. Переходи у зворотньому порядку втрат не несуть, проте, певні спотворення у відображенні кольорів можуть виникати.

Оскільки всі колірні моделі є математичними, вони легко конвертуються одна в іншу за формулами. Конвертори вмонтовані у більшість графічних програм. Перетворення відбуваються автоматично, без здійснення користувачем складних обчислень.

Конвертація між системами RGB та CMYK

$$\begin{pmatrix} C \\ M \\ Y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$\begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} C \\ M \\ Y \end{pmatrix}$$

Для переходу з моделі CMY модель CMYK іноді використовують наступне співвідношення:

$$\begin{aligned}
 K &= \min(C, M, K); \\
 C &= C - K; \\
 M &= M - K; \\
 Y &= Y - K.
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

Співвідношення перетворення RGB і CMY чи CMYK-модель правильні лише тому випадку, коли спектральні криві відображення для базових кольорів не перетинаються. Тому в загальному випадку можна сказати, що існують кольори, що описуються в RGB -моделі, але не описуються в CMYK-моделі.

Існує також модель CMYK256, яка використовується для більш точної передачі відтінків під час якісного друку зображень.

Як пов'язані між собою моделі RGB та CMYK? Колірні моделі RGB і CMYK теоретично є додатковими одна до одної, а їх простори частково перекриваються. Суміш однакової кількості фарби бірюзового, пурпурного та жовтого кольорів має давати нейтральні сірі тони. При максимальній та однаковій кількості базових фарб в одній ділянці зображення на відбитку має бути чорний колір, однак при змішуванні реальних друкарських фарб, отримують не чорний колір, а брудно-коричневий. Це пов'язано з наявністю домішок у реальних друкарських фарбах. Для вирішення цієї проблеми при синтезі сірого (чорного) кольору на відбитку до трьох кольорових фарб тріади додають четверту – чорну фарбу. Звичайно, додавання четвертого, чорного кольору спотворює рівняння перетворення RGB в CMYK, ускладнюючи процес досягнення колірної відповідності між RGB і CMYK.

Значна кількість кольорів, які видно на моніторі, не можуть бути відтворені фарбами на відбитку через вказані вище фундаментальні відмінності між кольором джерел випромінювання та пофарбованих поверхонь та середовищ.

Тому в ході перетворення проводиться автоматичний перерахунок, що дозволяє врахувати ту обставину, що (знову-таки через домішки у фарбах) для отримання нейтрального сірого кольору блакитна фарба повинна наноситися на відбиток у більшій кількості, ніж пурпурна та жовта. Це і є відомий контрольний параметр друку "баланс по сірому" у поліграфічних технологіях.

Тому при перетворенні цифрового зображення з моделі RGB на CMYK відзначається зсув кольору до блакитного. Точне значення зсуву залежить від параметрів фарб і типу паперу, а також від технології друку.

Також слід враховувати, що колірний простір залежить від індивідуальних особливостей пристрою, в якому його відтворено і в якому синтезується колір – RGB від монітору і від матеріалів (люмінофорів), що створюють колір; CMYK – від друкарської машини, фарб і матеріалу, що задруковується.

Апаратна залежність для пристроїв, що працюють на основі моделей RGB і CMYK частково пояснює і те, чому необхідно калібрування та керування кольором у галузі поліграфічних технологій.

При кожному переході з однієї моделі в іншу конвертування даних супроводжується втратами, оскільки колірне охоплення у двох моделях різне. Зниження цих втрат вимагає виконання складного калібрування всіх апаратних засобів видавничих комп'ютерних систем перед роботою з кольоровими зображеннями. Калібрувати необхідно сканери (вони здійснюють введення зображення), монітори (вони дають уявлення про майбутній колір) і вивідний пристрій. Необхідне також налагодження (калібрування) поліграфічного обладнання для процесу друкування.

Для того, щоб перетворити RGB на CMYK, спочатку потрібно розділити значення RGB на 255, щоб змінити параметр 0 - 255 від 0 - 1:

$$\begin{aligned} R^* &= \frac{R}{255}; \\ G^* &= \frac{G}{255}; \\ B^* &= \frac{B}{255}. \end{aligned} \quad (3)$$

Можна перетворити RGB у CMYK, використовуючи ці формули:

$$\begin{aligned} K &= 1 - \max(R^*, G^*, B^*); \\ C &= \left(\frac{1 - R^* - K}{1 - K} \right); \\ M &= \left(\frac{1 - G^* - K}{1 - K} \right); \\ Y &= \left(\frac{1 - B^* - K}{1 - K} \right). \end{aligned} \quad (5)$$

Конвертація між системами RGB та HEX

Перетворення кольорів із шістнадцяткового у RGB є таким же простим, як перетворення їх числових значень із шістнадцяткової в десяткову систему числення (рис. 32). Для перетворення шістнадцяткового кольору #32A852, ми розділяємо код на пари по два 32 A8 52 і перетворити кожен з пар у десяткове значення:

HEX #32A852 — RGB (50,168,82)

Hexadecimal	Decimal	Hexadecimal	Decimal
0 through 9	0 through 9		
A (9 + 1 =)	10	1D (1 x 16) + 13 =	29
B (9 + 2 =)	11	1E " + 14 =	30
C (9 + 3 =)	12	1F " + 15 =	31
D (9 + 4 =)	13	20 (2 x 16) + 0 =	32
E (9 + 5 =)	14	21 " + 1 =	33
F (9 + 6 =)	15	22 " + 2 =	34
10 (1 x 16) + 0 =	16	23 " + 3 =	35
11 (1 x 16) + 1 =	17	24 " + 4 =	36
12 " + 2 =	18	25 " + 5 =	37
13 " + 3 =	19	26 " + 6 =	38
14 " + 4 =	20	27 " + 7 =	39
15 " + 5 =	21	28 " + 8 =	40
16 " + 6 =	22	29 " + 9 =	41
17 " + 7 =	23	2A " + 10 =	42
18 " + 8 =	24	2B " + 11 =	43
19 " + 9 =	25	2C " + 12 =	44
1A " + 10 =	26	2D " + 13 =	45
1B " + 11 =	27	2E " + 14 =	46
1C " + 12 =	28	2F " + 15 =	47
		30 (3 x 16) + 0 =	48

Hexadecimal	Decimal	Hexadecimal	Decimal
30 (3x16) + 0 =	48	100 (1x256) =	256
40 (4x16) + 0 =	64	(*) 200 (2x256) =	512
50 (5x16) + 0 =	80	400 (4x256) =	1024
64 (6x16) + 4 =	100	500 (5x256) =	1280
(*) 7F (7x16) +15 =	127	800 (8x256) =	2048
80 (8x16) + 0 =	128	A00 (10x256) =	2560
90 (9x16) + 0 =	144	FFF	4095
9F (9x16) +15 =	159	1000 (1x4096) =	4096
A0 (10x16) + 0 =	160	4000 (4x4096) =	16,384
B0 (11x16) + 0 =	176	5000 (5x4096) =	20,480
F0 (15x16) + 0 =	240	8000 (8x4096) =	32,768
(*) FF (15x16) +15 =	255	(*) FFFF	65,535

Рис. 32. Перетворення з шістнадцяткової у десяткову систему

У експерименті CIE частину чистих спектральних кольорів зрівняти не вдалося, в результаті чого в колірній координатній системі CIE RGB деякі кольори мали негативні координати, що було дуже незручним під час здійснення математичних розрахунків. Тому була запропонована інша колірна координатна система, отримана математичним перерахуванням з вихідної CIE RGB. Ця система одержала назву CIE XYZ за трьома координатними осями – XYZ. Негативних значень у цій системі вже не було.

Однак дана система не відображала кольоророзрізняювальних властивостей зору, що мінімальні на периферії колірного охоплення людини (у зоні насичених кольорів) і максимальні в області сірих тонів. Тобто однакові відстані в CIE XYZ не відповідали однаковому зоровому розходженню між відповідними кольорами за умови однакової яскравості. Це призвело до нерівномірності (нелінійності) колірної координатної системи.

Повністю розв'язати цю проблему не вдалося дотепер, однак CIE розробив більш однорідні колірні шкали (моделі) – CIE L*a*b* і CIE L*u*v*. Із двох моделей більш широко застосовується модель CIE L*a*b*.

Модель СІЕ L*u*v

Перетворення координат у просторі CIELUV проводиться за допомогою лінійних рівнянь так, що перехід до координат u' і v' є простим. До схеми перетворень включається складова яскравості – Y . У результаті для повного опису колірних координат у CIELUV утворюється трійка L^* , u^* , v^* , значення яких розраховуються таким чином:

$$\begin{aligned}L^* &= 116f\left(\frac{Y}{Y_n}\right)^{\frac{1}{2}} - 16; \\u^* &= 13L^*(u' - u'_n); \\v^* &= 13L^*(v' - v'_n). \\u' &= \frac{4X}{X + 15Y + 3Z} = \frac{4X}{-2X + 12Y + 3}, \\v' &= \frac{4Y}{X + 15Y + 3Z} = \frac{4Y}{-2X + 12Y + 3}.\end{aligned}\tag{6}$$

Колірне розходження в CIELUV визначається за формулою Евкліда:

$$\Delta = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta u^2 + \Delta v^2}\tag{7}$$

Модель СІЕ L*a*b*

Добре збалансована структура колірного простору моделі $L^*a^*b^*$ заснована на тому, що колір не може бути одночасно зеленим і червоним або жовтим і синім. Отже, для опису атрибутів "червоний/зелений" і "жовтий/синій" можна скористатися тими самими значеннями. Коли колір представляється у просторі моделі СІЕ $L^*a^*b^*$, величина L^* позначає світлоту, a^* – величину червоної/зеленої складової, а b^* – величину жовтої/синьої складової.

СІЕ $L^*a^*b^*$ найбільш широко застосовується для всіх математичних розрахунків, що ведуться на комп'ютерах під час роботи з кольором. Усі операції з кольором в програмі Adobe Photoshop й взагалі на всій платформі Windows відбуваються в системі СІЕ $L^*a^*b^*$. Координати L^* , a^* , b^* можна обчислити з координат XYZ так:

$$\begin{aligned}
 L^* &= 116 \left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{\frac{1}{3}} - 16; \\
 a^* &= 500 \left[\left(\frac{X}{X_n} \right)^{\frac{1}{3}} - \left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{\frac{1}{3}} \right]; \\
 b^* &= 200 \left[\left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{\frac{1}{3}} - \left(\frac{Z}{Z_n} \right)^{\frac{1}{3}} \right].
 \end{aligned}
 \tag{8}$$

Однак у результаті перетворення колірному простору CIE LAB виявилось неможливим представити колірний тон і насиченість двомірною діаграмою кольоровості (за аналогією з колірним трикутником CIE). Це привело до того, що в колірному колі (на противагу u', v' -діаграмі або колірному трикутнику) неможливо раціонально зобразити межі спектральних кольорів. Тому з колірному кола CIE LAB простим перетворенням була утворена форма відображення кольору LCH. У цьому разі насиченість C^* (Chroma) і колірний тон h^* (hue) були визначені зі значень a^* і b^* за формулою:

$$\begin{aligned}
 C_{uv}^* &= \left(u^{*2} + v^{*2} \right)^{\frac{1}{2}}; \\
 h_{uv} &= \tan^{-1} \left(\frac{v^*}{u^*} \right).
 \end{aligned}
 \tag{9}$$

C_{uv}^* — насиченість, h_{uv} — колірний тон.

Система CIE LCH використовує координати: світлоти, насиченість та кут повороту – колірний тон. По осі світлоти, так само як у CIE $L^*a^*b^*$, значення змінюються від 0 до 100. До площини колірності мають відношення насиченість і колірний тон (кут повороту). Насиченість – це лінійна координата, що показує ступінь віддалення точки від осі світлоти (змінюється у діапазоні значень від 0 до 100; чим ближче до 100, тим більш насичений колір). Колірний тон – кутова координата (змінюється у діапазоні значень від -180 до $+180$). На даний момент інформація щодо зображення зберігається переважно як дані LAB, а редагування здійснюється в просторі LCH.

Завдання

1. За допомогою онлайн конвертерів кольору представити 10 кольорів у системі RGB, CMYK, HEX, HSV, PANTONE.
2. Дати відповідь на контрольні питання.

Контрольні питання

1. Наведіть і поясніть розрахункову формулу для визначення числа колірних розходжень між різними кольорами.

<https://paletter.beloweb.name/color-converter/>

<https://wizlogo.com/uk/rgb-to-cmyk>

<https://cmyktool.com/cmyk-to-pantone-conversion/>

<https://www.coderstool.com/cmyk-pantone>

2. Опишіть два шляхи знаходження колірних координат для випадку представлення кольору спектральним розподілом випромінювання. Наведіть відповідні розрахункові формули. Охарактеризуйте процес прямого та зворотного математичного перетворення. Наведіть відповідні формули.

3.9. Практична робота № 9

ВІДТВОРЕННЯ ОРИГІНАЛУ ЗОБРАЖЕННЯ РЕАЛЬНИМИ ФАРБАМИ

Мета роботи – навчитися складати рівняння кольору для оригіналу та репродукції, визначати зміну насиченості та колірного тону репродукції в порівнянні з оригіналом.

Загальні відомості

Реально існуючі фарби не зовсім прозорі та розсіюють світло, а також не мають повного відбивання та поглинання в жодній із зон спектру.

Друкарські фарби для відтворення кольорових оригіналів випускають у вигляді тріад. Тріада - комплект трьох спеціально підібраних фарб основних кольорів. Сукупність кольорів і відтінків, які можна одержати у друкованому процесі даною тріадою, називається колірним охопленням. Він визначається за надрукованими шкалами колірного охоплення, що зазвичай містять колірні поля кожної окремої фарби, їх подвійні і потрійні накладання в різних поєднаннях. За цими шкалами легко визначити, чи можна цією тріадою фарб надрукувати репродукцію конкретного оригіналу.

Відбиток має «правильне відтворення кольору», якщо на репродукції виявляється близька відповідність кольорам оригіналу. Якщо колірне охоплення оригіналу відрізняється від колірного охоплення, що може досягатися у друкарському процесі, необхідно провести відповідну корекцію.

Градаційна коректура, тобто виправлення тональної передачі оригіналу, необхідна для:

1) стиснення діапазону оптичних густин оригіналу до діапазону, що відтворюється в друкарському процесі;

2) компенсації збільшення площі растрової точки, що виникає на стадії друкарського процесу, шляхом вивіреного зменшення растрових точок на додрукарській стадії;

3) компенсації коливань розмірів растрових точок, що виникають на стадії копіювального процесу;

4) моделювання збільшення площі растрової точки, притаманного друкованого процесу, на стадії виготовлення пробних зображень.

Корекція кольору необхідна для:

- 1) компенсації нерівномірності спектрального розподілу випромінювання джерела, що використовується при отриманні кольороподілених зображень;
- 2) врахування нерівномірності спектральної світлочутливості фототехнічної плівки;
- 3) компенсації ефекту неприйнятно низького відображення окремих друкарських фарб, що беруть участь в формуванні кольорового зображення;
- 4) компенсації неідеальних кольороподілених світлофільтрів;
- 5) врахування неповної прозорості друкарських фарб;
- 6) врахування особливостей фарбосприйняття для обраної послідовності накладання кольорових фарб на відбитку;
- 7) моделювання оптичних властивостей задрукованого матеріалу при виготовленні кольоропроби.

Виконуючи модельний оригінал не ідеальними, а реальними фарбами синтезу, також необхідно досягти того, щоб кожна шкала виділялася і згодом друкувалася лише тією фарбою, якою вона виконана. Однак реальні фарби не мають ті криві спектрального відбиття, що потрібні від ідеальних фарб субтрактивного синтезу (фарб Гюбля), (рис. 33).

Пурпурна фарба має значне поглинання в синій зоні, а бірюзова фарба – поглинання і у синій, і у зеленій зонах, тобто в тих зонах, де має бути повне відбиття. У зонах, в яких фарби повинні повністю поглинати, реальні фарби мають (в реальних за товщиною шарах) залишкове відбиття. В результаті поглинання пурпурної і бірюзової фарби у синій зоні, там створюється градація сигналу за цими фарбами при кольороподілі за синім світлофільтром. Через це синім світлофільтром виділяється не тільки жовта фарба, але тією чи іншою мірою і бірюзова, і пурпурна. Створюючи сигнал для жовтої фарби, ми отримуємо його не тільки в жовтих ділянках, але частково в бірюзових і пурпурних.

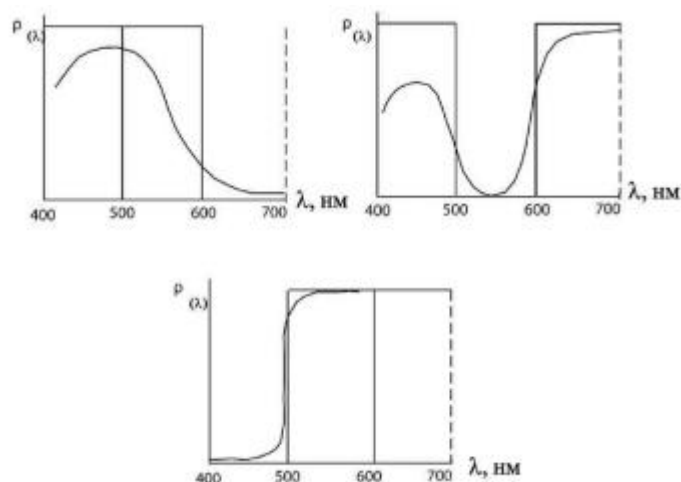


Рис.33. Спектральні характеристики триадних фарб

Надалі при синтезі зображення жовта фарба частково ляже і на блакитні, і на пурпурні місця, забруднюючи їх. Отримаємо надлишок жовтої фарби в тих місцях, де її не повинно бути. Поглинання блакитною фарбою в зеленій зоні призведе до виділення її разом з пурпурною, і при друці пурпурною фарбою

вона частково ляже і на блакитні ділянки, забруднюючи їх. Тільки при кольороподілі за червоним світлофільтром, внаслідок хорошого відбиття жовтої і пурпурної фарб у червоній зоні, спотворення кольороподілу для сигналу блакитної фарби будуть незначні. Схема надлишкового виділення показана на рис. 34.

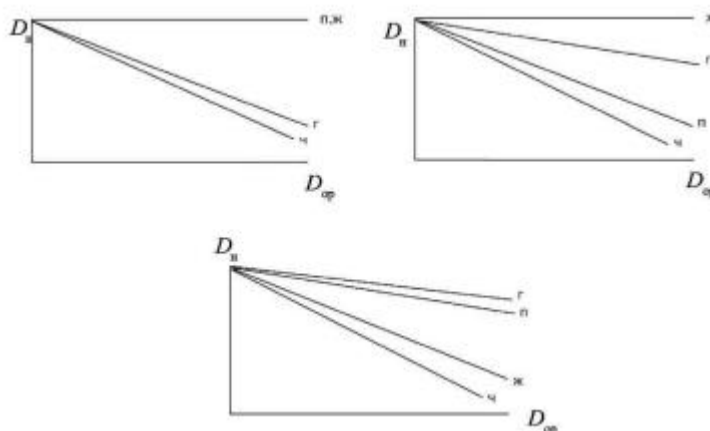


Рис.34. Реальні криві виділеності тріадних фарб

Таким чином, надмірне поглинання реальних фарб у тих зонах спектра, де його не повинно бути, призводить до недоліків кольороподілу, які отримали назву недоліків за надлишком фарби через те, що виділяється і потім друкується надмірна кількість фарб у тих ділянках зображення, де ці фарби не повинні бути присутніми. Разом з тим надлишком відбиття фарб у зонах поглинання призводить до того, що градація за чистими кольорами має дещо менший градієнт, ніж градація за ахроматичною шкалою. Цей дефект кольороподілу отримав назву спотворень через брак фарби. В цілому, сукупність дефектів кольороподілу, породжуваних відмінністю синтезу реальних фарб від ідеальних, отримала назву базових недоліків кольороподілу.

Хід роботи

1. Визначити зональні щільності репродукції;
2. Скласти рівняння кольору для оригіналу та репродукції;
3. визначити зміну насиченості та колірному тону репродукції в порівнянні з оригіналом,

якщо відтворюється певний фрагмент оригіналу, зональні щільності якого: D_{Ro} , D_{Go} , D_{Bo} і для відтворення взято тріаду фарб з гістограмою (табл. 2, варіант - відповідно до порядкового номеру студента за списком групи):

$$\begin{aligned}
 D_{\phi B}^Y &= & D_{\phi G}^Y &= & D_{\phi R}^Y &= \\
 D_{\phi B}^M &= & D_{\phi G}^M &= & D_{\phi R}^M &= \\
 D_{\phi B}^C &= & D_{\phi G}^C &= & D_{\phi R}^C &=
 \end{aligned}$$

Табл. 2

Зональні щільності оригіналу та гістограми триадних фарб

Вар.	D_{Ro}	D_{Go}	D_{Bo}	$D_{\phi B}^Y$	$D_{\phi G}^Y$	$D_{\phi R}^Y$	$D_{\phi B}^M$	$D_{\phi G}^M$	$D_{\phi R}^M$	$D_{\phi B}^C$	$D_{\phi G}^C$	$D_{\phi R}^C$
1.	0,2	0,5	0,1	0,9	0,05	0,02	0,2	1,0	0,05	0,1	0,4	1,2
2.	0,3	1,1	0,1	1,0	0,1	0,05	0,2	0,9	0,1	0,2	0,4	1,2
3.	0,1	0,8	0,3	1,0	0,1	0,05	0,2	1,0	0,1	0,1	0,3	1,1
4.	0,05	0,5	0,9	1,2	0,2	0,1	0,3	1,1	0,2	0,2	0,4	1,2
5.	0,1	0,5	1,0	1,2	0,1	0,0	0,2	1,0	0,1	0,2	0,4	1,1
6.	0,2	0,3	0,9	1,0	0,1	0,0	0,2	1,1	0,1	0,2	0,4	1,2
7.	1,0	0,3	0,5	1,1	0,0	0,0	0,1	1,2	0,1	0,2	0,4	1,1
8.	0,5	0,2	1,0	1,1	0,01	0,0	0,1	1,1	0,0	0,1	0,2	1,0
9.	0,3	0,1	0,8	1,0	0,1	0,0	0,1	1,1	0,1	0,1	0,2	1,1
10.	0,2	0,2	1,1	0,9	0,0	0,0	0,1	1,3	0,2	0,3	0,4	1,4
11.	0,7	0,2	0,1	1,2	0,1	0,1	0,1	1,3	0,1	0,1	0,2	1,3
12.	0,8	0,1	0,4	1,1	0,1	0,1	0,2	1,2	0,1	0,1	0,2	1,2
13.	0,2	0,9	0,2	1,0	0,1	0,0	0,1	1,1	0,2	0,0	0,1	1,2
14.	0,4	1,1	0,3	1,1	0,2	0,1	0,1	1,2	0,3	0,1	0,3	1,3
15.	0,1	0,9	0,1	1,2	0,1	0,0	0,2	1,2	0,3	0,0	0,1	1,5
16.	0,1	0,2	1,0	0,9	0,1	0,0	0,1	1,3	0,2	0,1	0,2	1,2
17.	0,8	0,5	0,2	0,9	0,1	0,0	0,1	1,2	0,1	0,05	0,1	1,1
18.	0,4	1,1	0,2	1,0	0,0	0,0	0,2	1,0	0,3	0,1	0,2	1,3
19.	0,9	0,4	0,4	1,1	0,1	0,1	0,1	1,5	0,3	0,1	0,4	1,4
20.	0,7	0,1	0,2	1,3	0,3	0,2	0,3	1,5	0,2	0,2	0,3	1,3
21.	0,1	0,5	1,0	0,9	0,2	0,1	0,2	1,1	0,1	0,1	0,3	1,1
22.	0,1	0,7	1,1	0,9	0,2	0,0	0,1	1,2	0,0	0,2	0,3	1,5
23.	0,2	0,8	0,1	1,0	0,1	0,0	0,1	1,2	0,1	0,1	0,2	1,4
24.	0,8	0,2	0,2	1,1	0,2	0,1	0,2	1,1	0,1	0,1	0,2	1,2
25.	0,6	0,1	0,3	0,9	0,3	0,2	0,2	1,0	0,1	0,1	0,3	1,3
26.	0,4	0,4	1,0	1,3	0,2	0,1	0,2	1,2	0,0	0,1	0,3	1,0
27.	0,3	0,1	0,9	1,1	0,1	0,0	0,2	1,1	0,2	0,2	0,4	1,3
28.	0,8	0,4	0,1	1,2	0,2	0,1	0,1	1,3	0,0	0,1	0,2	1,5
29.	0,9	0,5	0,2	1,4	0,3	0,2	0,3	1,3	0,2	0,2	0,4	1,4
30.	0,1	0,3	1,0	0,9	0,4	0,3	0,4	1,1	0,3	0,2	0,4	1,2

Приклад рішення

$D_{Ro} = 1, D_{Go} = 0,3, D_{Bo} = 1,0$ - зональні щільності певного фрагменту оригіналу

$$D_{\phi B}^Y = 1,3 \quad D_{\phi G}^Y = 0,15 \quad D_{\phi R}^Y = 0,07$$

$$D_{\phi B}^M = 0,8 \quad D_{\phi G}^M = 1,2 \quad D_{\phi R}^M = 0,07$$

$$D_{\phi B}^C = 0,3 \quad D_{\phi G}^C = 0,7 \quad D_{\phi R}^C = 1,4$$

гістограми спектр. поглинання фарб

1. Визначити зональні щільності репродукції

I. Визначаємо «шкідливу» оптичну щільність для R-, G-, B-зон.

1.1) Визначаємо коефіцієнти перерахунку:

(ділимо значення зональної щільності фрагменту оригіналу за світлофільтром поглинання для відповідної фарби, тобто для С – за R, для М- за G, для Y- за B на значення оптичної щільності фарби відповідно до гістограми за тим самим світлофільтром)

$$\text{Cyan: } k_c = \frac{D_{Ro}}{D_{\phi R}^C} = \frac{0,1}{1,4} = 0,071$$

$$\text{Magenta: } k_m = \frac{D_{Go}}{D_{\phi G}^M} = \frac{0,3}{1,2} = 0,25$$

$$\text{Yellow: } k_y = \frac{D_{Bo}}{D_{\phi B}^Y} = \frac{1,0}{1,3} = 0,77$$

1.2) Визначаємо «шкідливу» оптичну щільність для R-, G-, B-зон:

(для кожної зони перемножуємо коефіцієнти перерахунку фарби на значення її оптичної щільності відповідно до гістограми за світлофільтром цієї ж зони)

$$\text{Red: } D_{uR}^Y = k_y \cdot D_{\phi R}^Y = 0,77 \cdot 0,07 = 0,05$$

$$D_{uR}^M = k_m \cdot D_{\phi R}^M = 0,25 \cdot 0,07 = 0,02$$

$$\text{Green: } D_{uG}^C = k_c \cdot D_{\phi G}^C = 0,071 \cdot 0,7 = 0,05$$

$$D_{uG}^Y = k_y \cdot D_{\phi G}^Y = 0,77 \cdot 0,15 = 0,11$$

$$\text{Blue: } D_{uB}^C = k_c \cdot D_{\phi B}^C = 0,071 \cdot 0,3 = 0,02$$

$$D_{uB}^M = k_m \cdot D_{\phi B}^M = 0,25 \cdot 0,8 = 0,2$$

2. Розраховуємо зональні щільності репродукції, відтвореною фарбами з наведеними гістограмами:

$$D_{Rp} = D_{Ro} + D_{uR}^Y + D_{uR}^M = 0,1 + 0,05 + 0,02 = 0,17$$

$$D_{Gp} = D_{Go} + D_{uG}^C + D_{uG}^Y = 0,3 + 0,05 + 0,11 = 0,46$$

$$D_{Bp} = D_{Bo} + D_{uB}^C + D_{uB}^M = 1,0 + 0,02 + 0,2 = 1,22$$

2. Скласти рівняння кольору для оригіналу та репродукції

$$\text{Колір}_o = 10^{-D_{Ro}} \cdot R + 10^{-D_{Go}} \cdot G + 10^{-D_{Bo}} \cdot B = 0,8R + 0,5G + 0,1B$$

$$\text{Колір}_p = 10^{-D_{Rp}} \cdot R + 10^{-D_{Gp}} \cdot G + 10^{-D_{Bp}} \cdot B = 0,68R + 0,34G + 0,06B$$

3. Визначити зміну насиченості та колірному тону репродукції в порівнянні з оригіналом

$$k_n = \frac{((x_1 - x_3) + (x_2 - x_3))}{x_3}$$

$$k_{n.o.} = \frac{((0,8 - 0,1) + (0,5 - 0,1))}{0,1} = 11$$

$$k_{n.p.} = \frac{((0,68 - 0,06) + (0,34 - 0,06))}{0,06} = 15$$

$$\Delta k_n = 4$$

$$k_{k.m.} = \frac{(x_1 - x_3)}{(x_2 - x_3)}$$

$$k_{k.m.o.} = \frac{(0,8 - 0,1)}{(0,5 - 0,1)} = 1,75$$

$$k_{k.m.p.} = \frac{(0,68 - 0,06)}{(0,34 - 0,06)} = 2,2$$

$$\Delta k_m = 0,46$$

Контрольні питання

1. Якими характеристиками володіють реальні фарби?
2. Для чого необхідна градаційна коректура?
3. Яке значення для процесу друку має корекція кольору оригіналу?

4. СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Дудяк В. О. Природа кольору та його характеристики / В. О. Дудяк, Н. В. Занько, З. М. Сельменська – Львів :Укр. акад. друкарства, 2013. – 208 с.
2. Теорія кольору: навчальний посібник / Денисенко С.М. – К.: НАУ, 2021. – 152 с.
3. Альберс Йозеф. Взаємодія кольору/ Й. Альберс. Переклад з англійської – Київ: ArtHuss, 2024. –208 с.
4. Іттен Йоганес. Мистецтво кольору: Суб'єктивний досвід і об'єктивне пізнання як шлях до мистецтва/ Й. Іттен. Переклад з німецької – Київ: ArtHuss, 2022. – 98 с.
5. Беті Патрік. Анатомія кольору/ П. Беті. Переклад з англійської - Київ: ArtHuss, 2023. - 366 с.
6. Ліатріс Айзмен. PANTONE: XX століття в кольорах/ Л. Айзмен, К. Рекер. Переклад з англійської - Київ: ArtHuss, 2024. - 208 с.
7. Drew J. T., Meyer S. A. Color Management: A Comprehensive Guide for Graphic Designers. Skyhorse Publishing Company, Incorporated, 2012. 224 p.
8. Поліграфічні матеріали : підручник для ВНЗ за спеціальністю "Видавничо-поліграфічна справа" / Ю. Ц. Жидецький, О. В. Лазаренко, Н. Д. Лотошинська та ін. ; за ред. Т. Лазаренко. – Львів : Афіша, 2003. – 326 с.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Навчально-науковий
Видавничо-поліграфічний інститут
Кафедра технології поліграфічного виробництва/
Кафедра репрографії

Практична робота № __
з дисципліни «Теорія кольору»

Виконав студент групи _____

Перевірив _____

КИЇВ – 202__

Додаток Б
До практичної роботи №2. Зоровий апарат.
Психо-фізичне зорове сприйняття
“Сліпа” пляма



Рис. а



Рис. б

Додаток В
До практичної роботи №2. Зоровий апарат.
Психо-фізичне зорове сприйняття
Сприйняття кольору при різних умовах освітлення (приклад зразків)

