

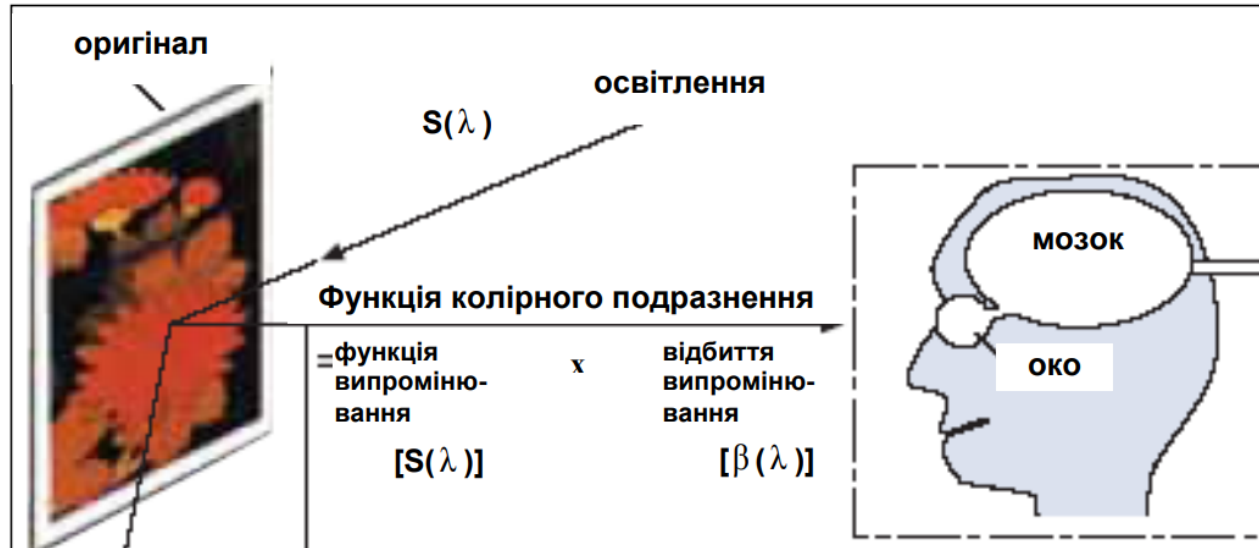
*Основи
теорії
кольору*



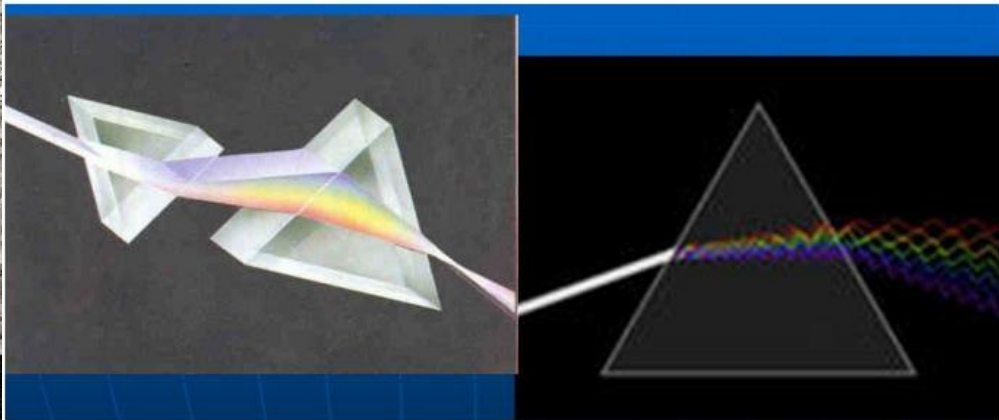
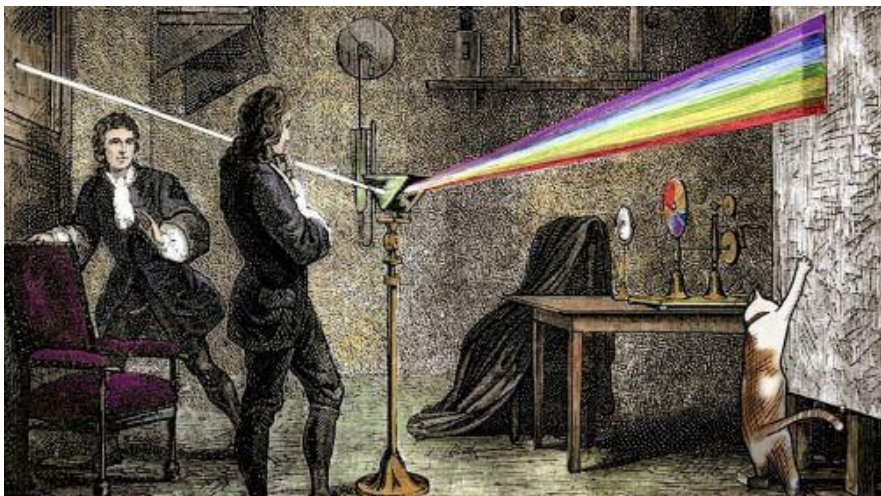
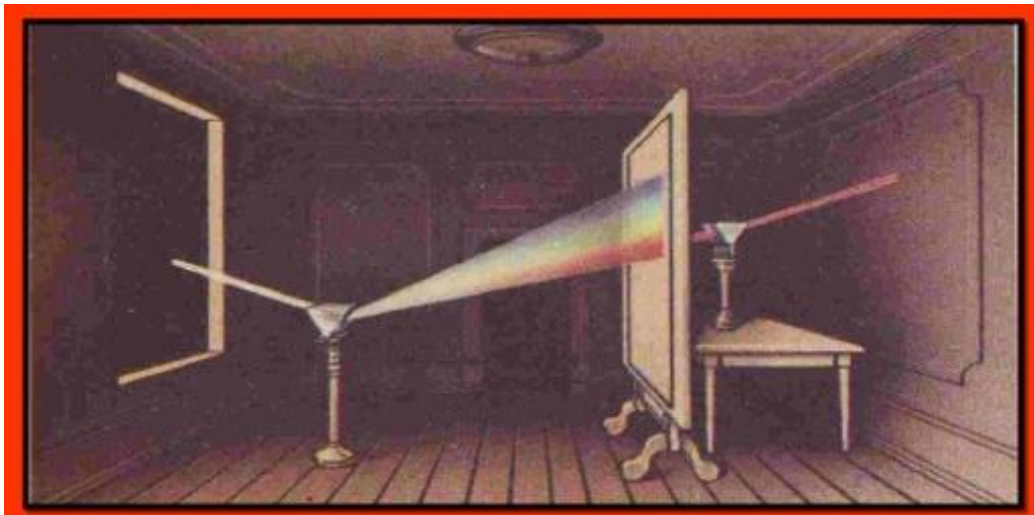
Колір – це властивість поверхні предметів викликати певне зорове відчуття відповідно до спектрального складу світла, яке випромінює або відбиває означений предмет.

Сприйняття конкретного кольору людиною залежить від трьох фізичних факторів:

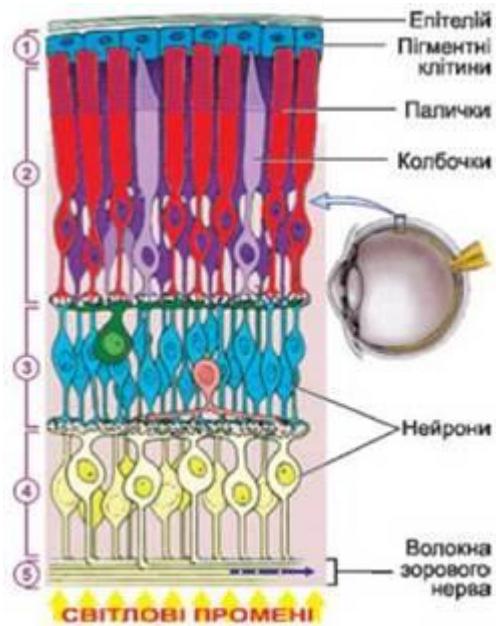
- ✓ характеристики джерела світла;
- ✓ оптичні властивості навколишніх предметів;
- ✓ зоровий апарат людини.



Досліди Ньютона



Трикомпонентна теорія сприйняття кольору людиною



Заломлюючись в оптичній системі ока, світлові промені потрапляють на сітківку, яка складається з чотирьох шарів клітин. Зовнішній шар (1) утворений епітеліальними клітинами, які містять чорний пігмент. Він поглинає світлові промені, сприяючи чіткішому зображенню предметів. Далі містяться **фоторецептори — колбочки й палички** (2), у яких за подразнення виникає нервовий імпульс. Вони з'єднуються з нейронами третього (3) й четвертого (4) шарів, аксони якого утворюють зоровий нерв (5). По ньому нервовий імпульс передається до зорової зони кори великого мозку. Місце виходу зорового нерва із сітківки називають сліпою плямою, оскільки воно позбавлене фоторецепторів і не може сприймати світло.

У кожному оці є 7-8 млн колбочок і 110-125 млн паличок. Вони розподілені в сітківці нерівномірно. **Колбочки** мають незначну чутливість і тому функціонують в умовах яскравої освітленості (забезпечують денний зір) і **сприймають кольори**, а палички сприймають лише чорно-біле світло.

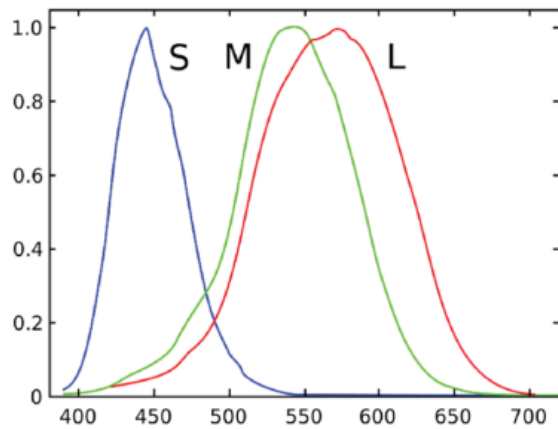


Рис. 1.13. Види колбочок

S – короткохвильові (440 нм)

M – середньохвильові (545 нм)

L – довгохвильові (580 нм)

Якщо всі палички сітківки загалом однакові, то колбочки діляться 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 – (від Short, Medium, Long waves) .

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 кольорів.



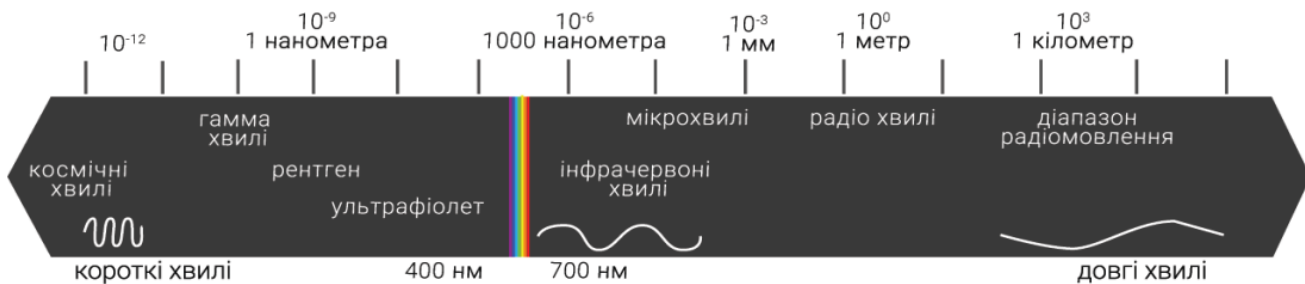
Метрологія кольору (або колориметрія) – це розділ теорії кольору, що вивчає методи вимірювання кольору. Метрологія встановлює способи чисельного вираження кольорів, основи їх класифікації, методи встановлення колірних допусків.

Співвідношення між фізичними характеристиками випромінювання й відчуттями, які викликаються діями випромінювань, становлять предмет **психології кольору**.

Фізика кольору розглядає властивості світла, в основному – розподіл світлового потоку за спектрами випромінювання й відбиття, а також способи одержання цих спектрів, апаратуру й приймачі випромінювання.

Дія випромінювань на око, причини виникнення зорового відчуття, зоровий апарат і його робота – зміст частини, яка називається **фізіологією кольору**.

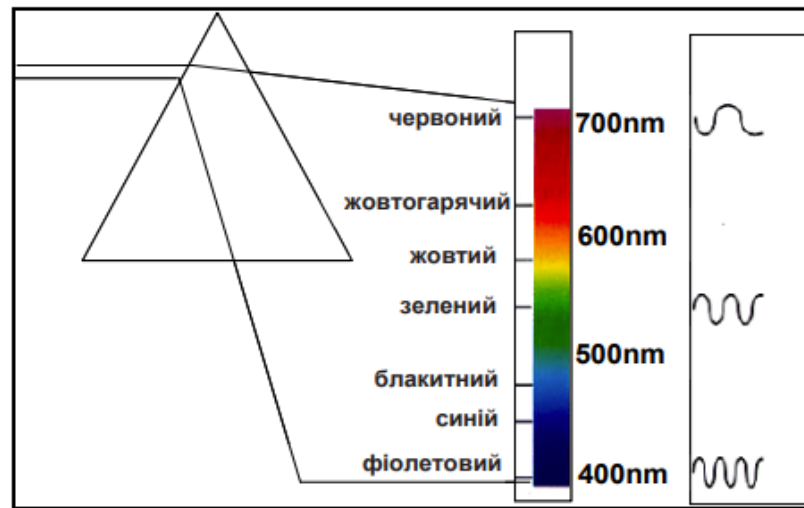
Види випромінювання і спектр видимого випромінювання



Колір, залежно від довжини частоти хвиль

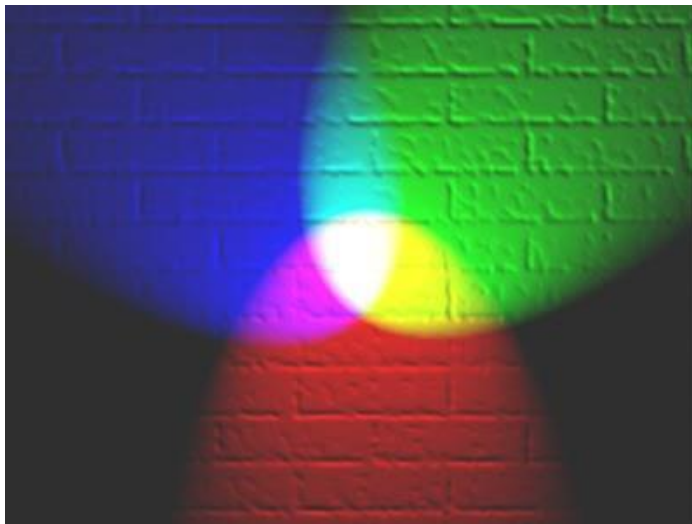


Колір	Довжина хвиль	Частота коливань в н/м в с
Червоний	800 – 650	400 – 470 млрд
Оранжевий	640 – 590	470 – 520 млрд
Жовтий	580 – 550	520 – 590 млрд
Зелений	530 – 490	590 – 650 млрд
Блакитний	480 – 460	650 – 700 млрд
Синій	450 – 440	700 – 760 млрд
Фіолетовий	430 – 390	760 – 800 млрд



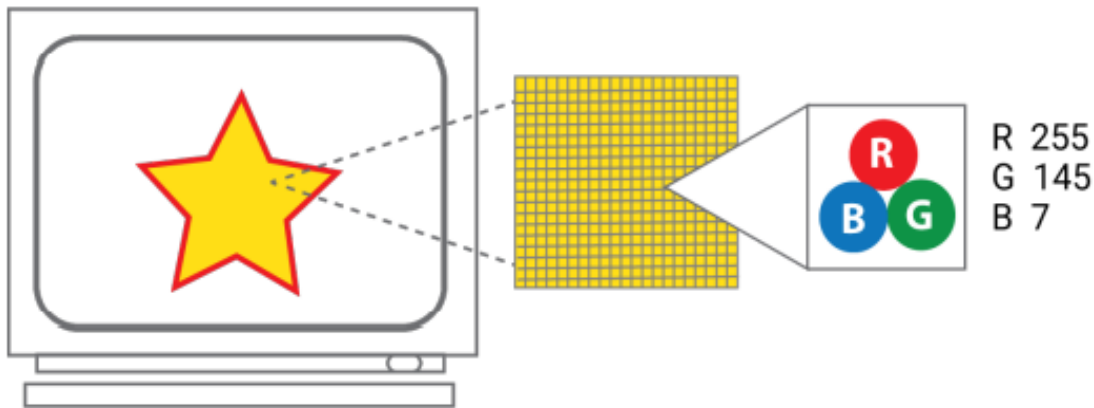
Синтез кольору

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



Адитивний
(синтез випромінювань)

Адитивний синтез базується на змішуванні простих і складних випромінювань у сітківці ока. Кольори випромінювань, що використовуються для синтезу, називаються основними. У адитивному синтезі основними кольорами є: червоний (Red), зелений (Green), синій (Blue). Тому його ще називають RGB-синтез.



Математично це можна записати за допомогою виразу:

$$A(\text{RGB}) = rR + gG + bB,$$

де $A(\text{RGB})$ – 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 тільки два основні кольори, маємо наступні вирази:

$$R + G = Y \quad G + B = C \quad B + R = M$$

Адитивне змішування кольорів здійснюється у кілька способів:

- **Одночасне** змішування кольорів – світлові потоки спостерігач бачить одночасно.
- **Почергове** змішування кольорів – світлові потоки змішуваних кольорів впливають на око спостерігача не одночасно, а по черзі. Випромінювання швидко змінюються, при цьому око спостерігача не встигає розділяти якість вихідних кольорів і сприймає їх як єдиний результат.
- **Просторове** змішування кольорів – отримується, коли поверхня, що спостерігається, покрита дрібними плямами чи смужками і з певної відстані здається такою, що має однорідний колір, оскільки у зоровому апараті спостерігача зливаються відчуття від кольорів дрібних фрагментів.
- **Бінокулярне** змішування кольорів – отримується, коли на одне око спостерігача впливає світловий потік одного кольору, а на друге – іншого кольору. В зоровому апараті виникає відчуття їх суміші. Бінокулярне змішування кольорів дає стійкий колір. Воно застосовується в стерео кольоровому кіно і телебаченні.

Субтрактивний (синтез середовищ)

Основними у субтрактивному синтезі є кольори, протилежні до основних кольорів видимого спектру – блакитний, пурпуровий і жовтий.

Математично субтрактивний синтез кольорів при використанні трьох фарб можна представити таким виразом:

$$A(\text{CMY}) = W - cC - mM - yY,$$

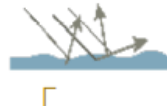
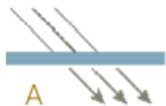
де $A(\text{CMY})$ – колір, утворений змішуванням жовтої, пурпурової і блакитної фарби;

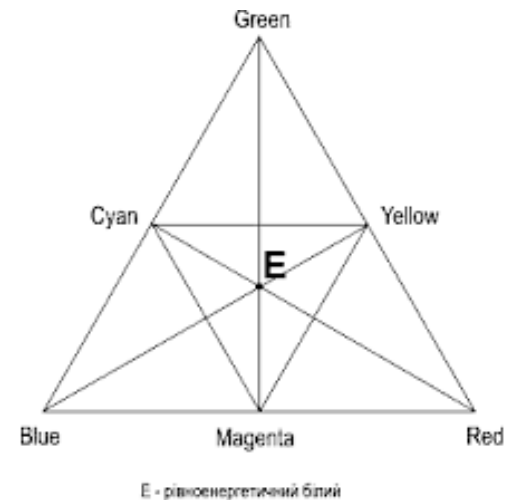
C, M, Y – світлові випромінювання, що пройшли крізь блакитний, пурпуровий, жовтий фарбник;

c, m, y – щільність фарбованих шарів.

При використанні двох фарб використовують вирази:

$$W - M - Y = R \quad W - M - C = B \quad W - C - Y = G$$





У наведеному прикладі синтезується насичений пурпурово-синюватий колір, якому відповідає наступне колірне рівняння:

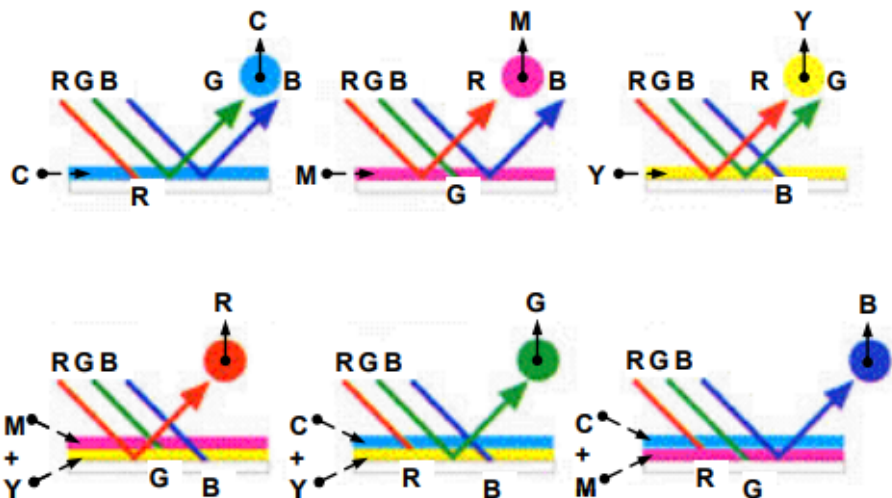
$$K = 0,5 R + 0,1 G + 0,7 B$$

У цьому випадку блакитна фарба (C) повинна віднімати 50% червоного випромінювання (R); пурпурова фарба (M) – 90% зеленого випромінювання (G), а жовта (Y) – 30% синього (B).

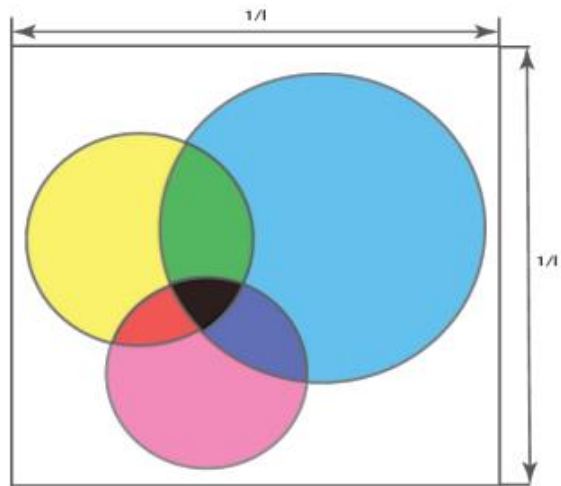
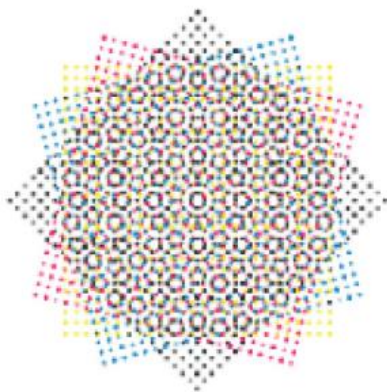
Таким чином, засобом управління поглинаючою здатністю фарб, а відповідно засобом отримання різних колірних відтінків зображення на відбитку, є товщина фарбового шару на ньому.

Кольороутворення в результаті поглинання та відбиття кольорів

Колір	Поглинання	Відбиття	Результат
C	Світло-червоний	Зелений і світло-блакитний	Cyan
M	Світло-зелений	Червоний і світло-блакитний	Magenta
Y	Світло-блакитний	Червоний і світло-зелений	Yellow
M + Y	Зелений і світло-блакитний	Світло-червоний	Red
C + Y	Червоний і світло-блакитний	Світло-зелений	Green
C + M	Червоний і світло-зелений	Світло-блакитний	Blue



Автотипний синтез (синтез на поліграфічному відбитку)



Автотипний метод дозволяє передати всю колірну палітру, незважаючи на те, що мікроструктуру растрового зображення утворюють усього лише вісім базових кольорів:

- колір підкладки (паперу);
- блакитний, пурпуровий і жовтий кольори одинарних шарів фарб;
- червоний, зелений і синій кольори їх подвійних нанесень;
- чорний колір потрійного нанесення.

У деяких випадках друк ведеться і більшим числом фарб. Однак, в основі всіх видів автотипного синтезу лежить принцип змішування випромінювань, відбитих від дрібних різнозabarвлених ділянок.

Отримання поліграфічного відбитку у чотири фарби



CYAN



MAGENTA



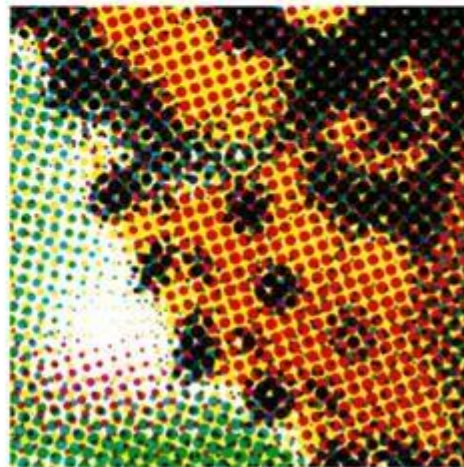
YELLOW



BLACK



FINAL CMYK



DETAIL VIEW

$$K=25C+55M+100Y$$

$$K=50C+50M+50Y$$

$$K=2C+102M+0Y$$

$$K=100R+20G+62B$$

$$K=30R+60G+20B$$

$$K=145R+100G+30B$$

Вплив джерела світла на колірний тон

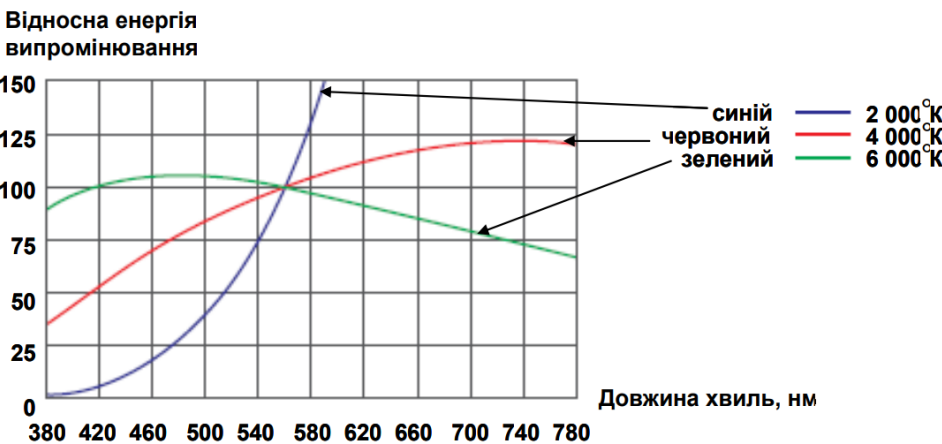


Рис. 1.14. Розподіл енергії випромінювання чорного тіла залежно від температури

Стандартні джерела випромінювання

Колір	Довжина хвиль
A	1931 р. Моделює світло 100 Вт лампи розжарювання.
B, C	1931 р. Імітують денне сонячне світло: B – пряме сонячне світло з корельованою колірною температурою 4870K, C – непряме сонячне світло з корельованою колірною температурою 6770K.
D	1964 р. Ряд джерел світла, що імітують різні режими випромінювання денного світла. Найчастіше застосовуються освітлювачі D50 і D65 з корельованою колірною температурою 5000 K і 6504 K відповідно.
E	Теоретичний освітлювач, що не існує в природі і застосовується для колориметричних розрахунків.
F	Ряд «флуоресцентних» джерел світла, що імітують діапазон довжин хвиль різних поширених флуоресцентних ламп. Такі освітлювачі мають позначення F2, F3 і так далі аж до F12.



Спектри джерел світла



світлодіодна



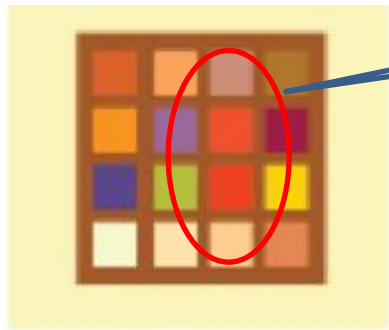
Енергоощадні: дешевша і дорожча



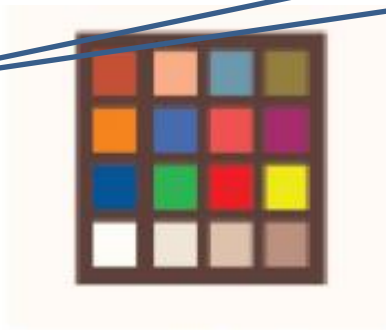
Кольорова температура, K	Джерело світла
10000-15000	Безхмарне небо
7500	Тінь під безхмарним небом
7000	Тінь при незначній хмарності
6500	Глибока тінь у полудень
6000	Похмура погода
5500	Денне світло у полудень (фотоспалах)
4500	Сонце у другій половині дня
3800-4500	Лампи денного світла
3500	Сонячне світло вранці або ввечері
3000-3200	Захід сонця (галогенна лампа)
2500-2800	Лампа розжарення
1000	Свічка

Вплив освітлення на колір об'єкта

Явище метамерії
(різні кольори сприймаються однаковими)



2700 K



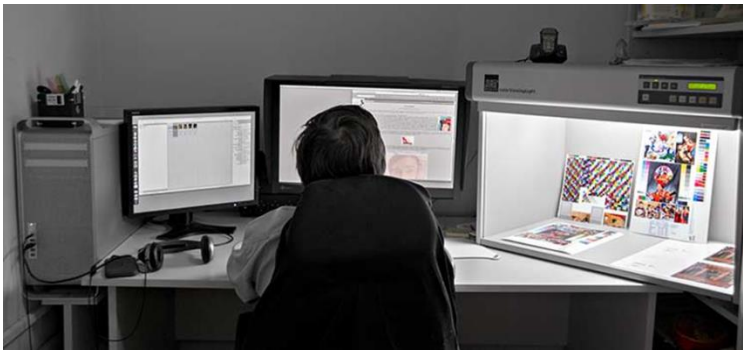
4000 K



6000 K



Обладнання робочого місця для оцінювання та опрацювання зображень



Світильники з асиметричним світлом, для уникнення блиску



Проглядовий стіл з нормованими джерелами світла з колірною температурою 5000 K



Проглядовий кабінет з декількома різними джерелами світла для візуального оцінювання кольору

Приклади облаштування робочого місця кольорокоректора

Приклад правильного облаштування робочого місця. У полі зору оператора присутній лише сірий колір (або відтінки сірого). Фотографія на екрані виглядає цілком природно.

У полі зору оператора присутній великий чорний об'єкт (тобто такий, що відбиває світла менше, ніж випромінює чорна точка монітора) або ж дуже мало світла у приміщенні. Як наслідок - фотографія на екрані виглядає світлішою.



У полі зору оператора присутній великий білий об'єкт (тобто такий, що відбиває світла більше, ніж випромінює біла точка монітора), або освітлення у приміщенні занадто яскраве. Як наслідок – фотографія на екрані виглядає темнішою.



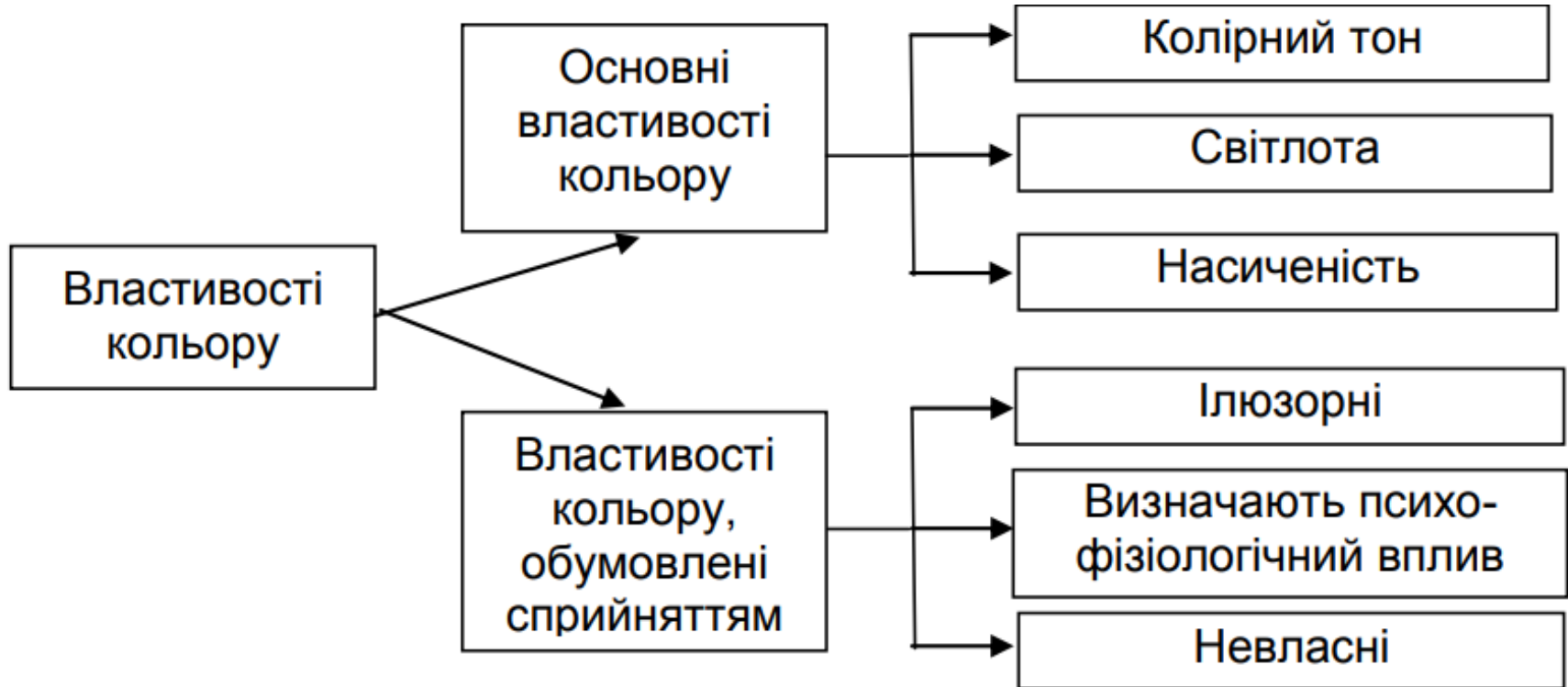


У полі зору оператора присутній великий оранжевий об'єкт (або приміщення освітлене світлом з оранжевим забарвленням). Як наслідок – фотографія на екрані виглядає синюватою.

У полі зору оператора присутній великий зелений об'єкт (або приміщення освітлене світлом з зеленим забарвленням). Як наслідок - фотографія на екрані виглядає червонуватою.



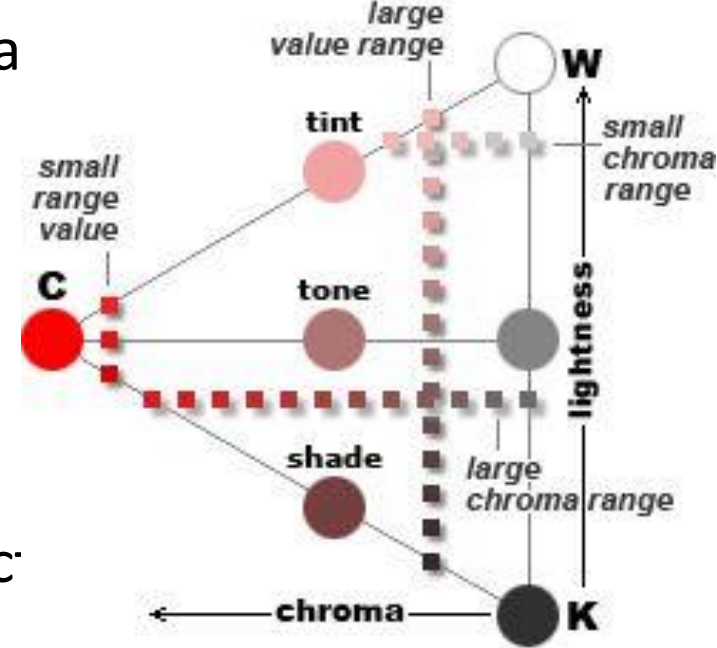
Об'єктивні та суб'єктивні характеристики кольору



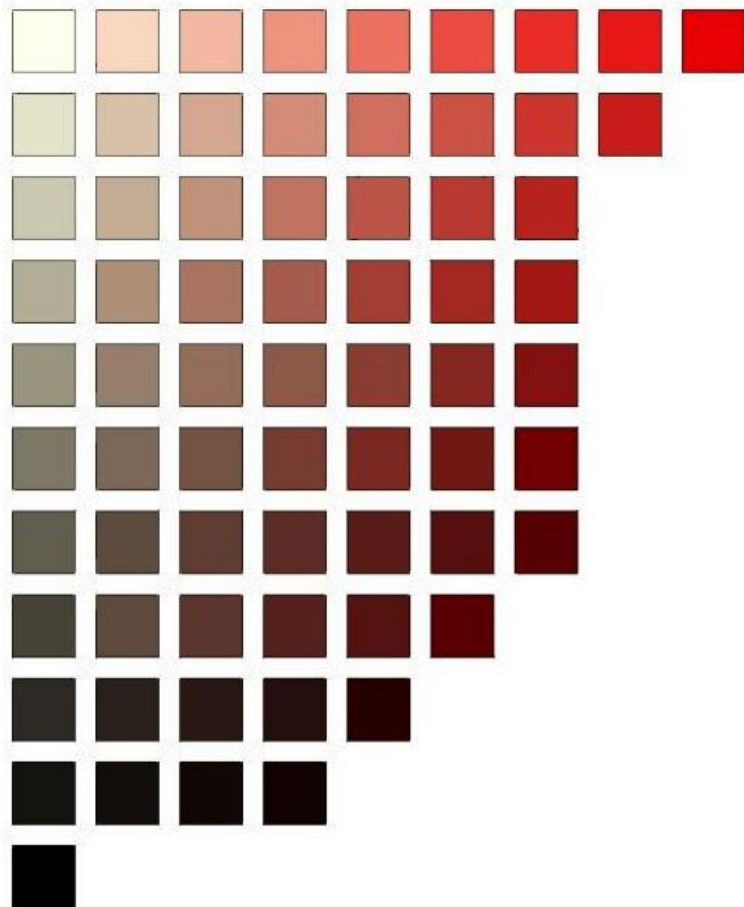
Колірний тон – це головна характеристика кольору. Різниця в колірних тонах, насамперед, **залежить від довжини хвилі світла**, що потрапляє в око. Колірний тон визначається рецепторами ока, що дають найбільшу реакцію.

Насиченість кольору - ступінь відмінності цього кольору від ахроматичного сірого, рівного йому за світлотою.

Яскравість (світлота) кольору – поняття, яке залежить від кількості світла, що потрапляє в око спостерігача, відбиваючись від поверхні об'єкта.



Насиченість



Колірний тон

Насиченість

Світлота

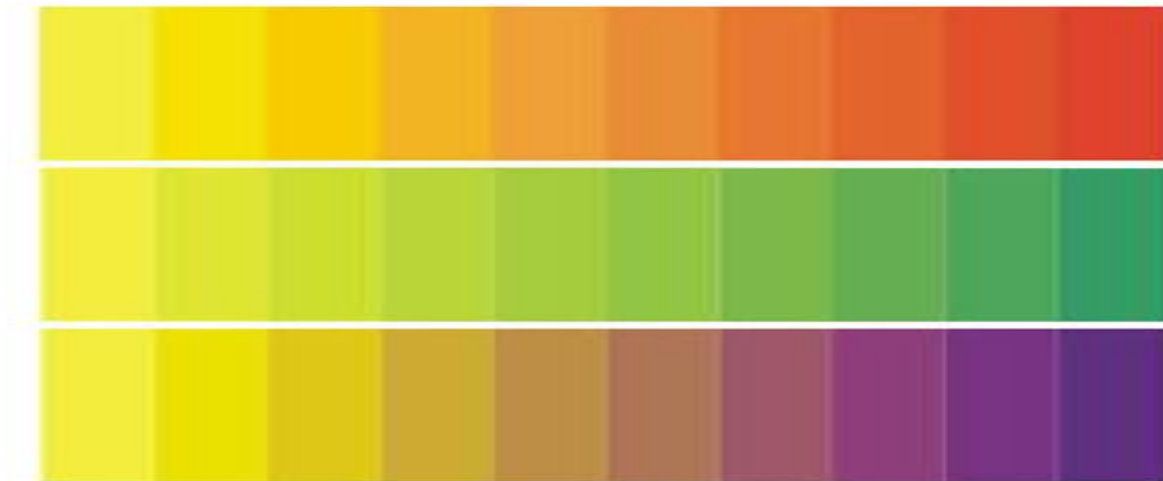


КОЛІРНИЙ ТОН

ЧЕРВОНИЙ



ЗМІНА КОЛІРНОГО ТОНУ

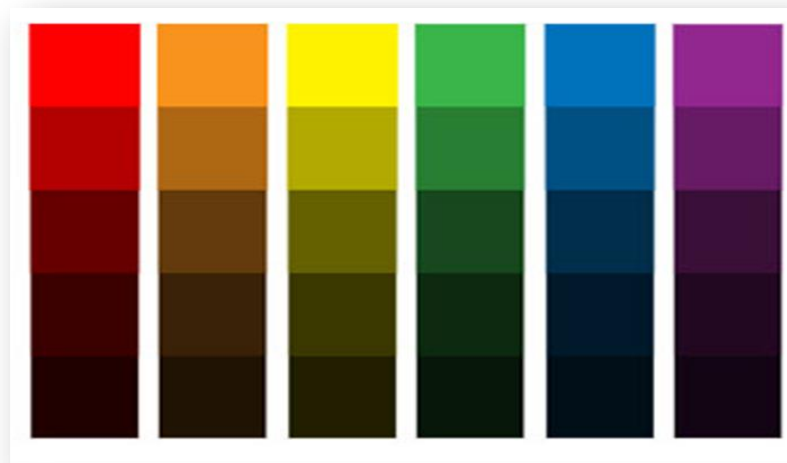


СВІТЛОТА (ЯСКРАВІСТЬ)

**ЗБІЛЬШЕННЯ СВІТЛОТИ
СПЕКТРАЛЬНИХ КОЛЬОРІВ
(ВИСВІТЛЕННЯ, РОЗБІЛЕННЯ)**



**ЗМЕНШЕННЯ СВІТЛОТИ
СПЕКТРАЛЬНИХ КОЛЬОРІВ
(ЗАТЕМНЕННЯ)**



ЗМІНА СВІТЛОТИ АХРОМАТИЧНИХ КОЛЬОРІВ



НАСИЧЕНІСТЬ

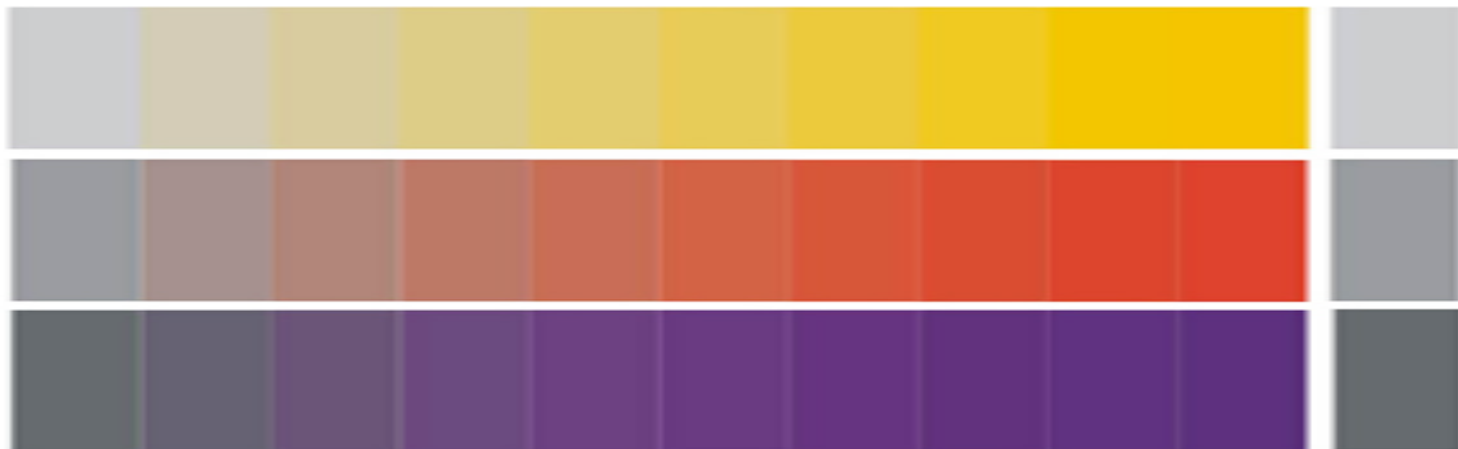
НАСИЧЕНИЙ,
ЧИСТИЙ

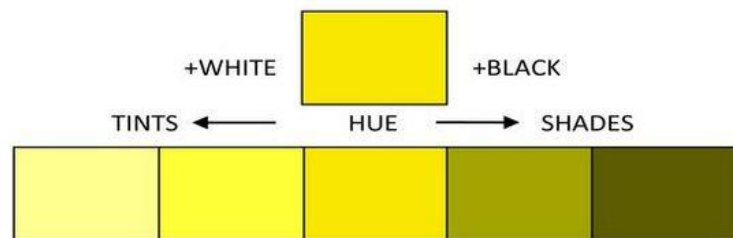
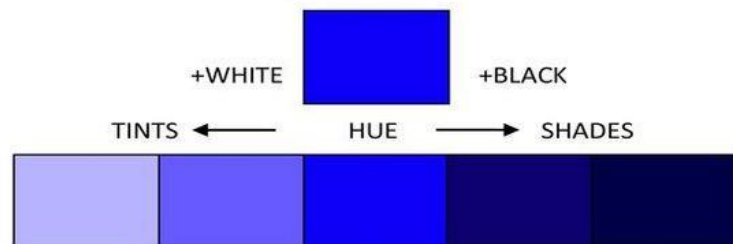
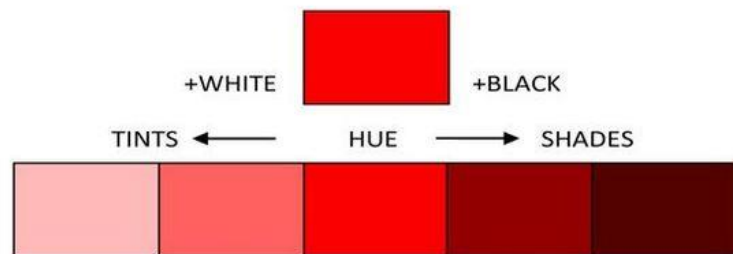


МАЛОНАСИЧЕНИЙ,
ПРИГЛУШЕНИЙ



ЗМІНА НАСИЧЕНОСТІ





Value

Value is the lightness or darkness of a color.

Tints:



When you add white to a hue, you make a tint.

Shades:



When you add black to a hue, you make a shade.

Value Scales:



A value scale shows the gradation of a color from white to black.

(c) Creative Commons <https://www.teachmeanings.com/3601/creative-commons/>

СВІТЛОТНИЙ КОЛІРНИЙ КРУГ



КОЛІРНИЙ КРУГ З КОЛЬОРІВ РІЗНОЇ НАСИЧЕНОСТІ

