

### 3. ZJAWISKO BARWY W SZKŁACH

#### **Rodzaje POSTRZEGANIA**

Wyróżniamy trzy rodzaje POSTRZEGANIA:

- a) *Skotopowe* – opiera się na czynności samych pręcików; duża czułość na kontrast; brak widzenia barw; dostrzegane kontury obrazów
- b) *Mezotopowe* – w zakres tego widzenia wchodzi czynności zarówno czopków, jak i pręcików
- c) *Fotopowe* – praca samych czopków; słaba czułość na kontrast; widzenie barwne; jasny strumień widzenia – pręciki są nieaktywne

Bardzo duży zakres dynamiki widzenia możliwy jest dzięki ADAPTACJI WZROKU do różnych warunków oświetlenia.

#### **Czym jest BARWA?**

Niezwykle interesującym zjawiskiem obserwowanym w substancjach amorficznych jest *zjawisko barwy*.

**Barwa** to wrażenie psychiczne wywołane w mózgu człowieka, gdy oko odbiera promieniowanie z zakresu światła, a dokładnie fal świetlnych. Wrażenie barwy jest wynikiem impulsów w mózgu, które docierają do niego przez układ pręcików i czopków.

**Trzy elementy niezbędne do zobaczenia barwy:**

- a) *Światło* – skład widmowy promieniowania świetlnego oraz ilość energii świetlnej
- b) *Obiekt* - oddziałuje z promieniowaniem
- c) *Obserwator* – cechy osobnicze, np. samopoczucie, nastrój, stan zdrowia; technicznie nieidentyfikowany

Według klasyfikacji barw podanej przez *Newtona* istnieje siedem podstawowych barw światła słonecznego.

Przez połączenie tych barw w różnych *stosunkach* ilościowych powstaje jednak znacznie większa ilość barw i ich odcieni.

Tabela 2. Klasyfikacja barw i odpowiadająca im długość fali oraz częstotliwość.

Kolor	Długość fali ( $10^{-9}\text{m}$ )	Częstotliwość Thz ( $10^{12}\text{Hz}$ )
Czerwony	~ 625-740	~480-405
pomarańczowy	~ 590-625	~510-480
Żółty	~565-590	~530-510
Zielony	~520-565	~580-530
Cyjan	~500-520	~600-580
Niebieski	~450-500	~670-600
Indygo	~430-450	~700-670
Fioletowy	~380-430	~790-700

## Z czego składa się BARWA?

Każda **BARWA** składa się z trzech podstawowych atrybutów:

1. Odcień
2. Nasycenie
3. Jasność

Oko ludzkie odróżnia ok. 130 barw, w tym ok. 13 000 odcieni w dużym zakresie natężeń.

## Mieszanie BARW

1. Mieszanie **ADDYTYWNE** barw:

**Układ: R + G + B** - trzy podstawowe barwy (czerwona, zielona, niebieska)

- powstaje: a) poprzez dodanie barwnych wiązek świetlnych do siebie  
b) przez dodanie płaszczyzn barwnych

## 2. Mieszanie **SUBSTRAKTYWNE** barw:

Układ: **C + M + Y + K**

- powstaje: a) przez zastosowanie filtrów  
b) przez mieszanie barwników

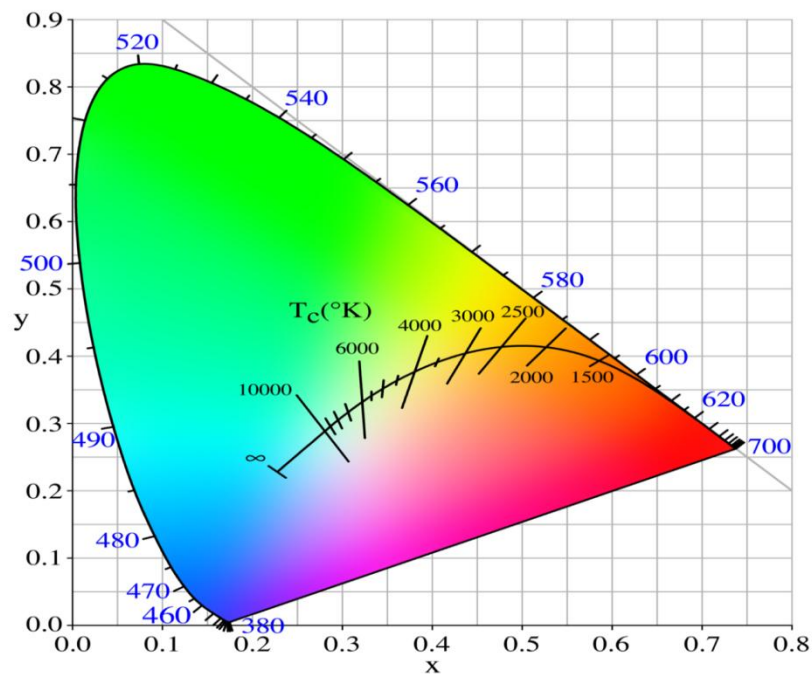
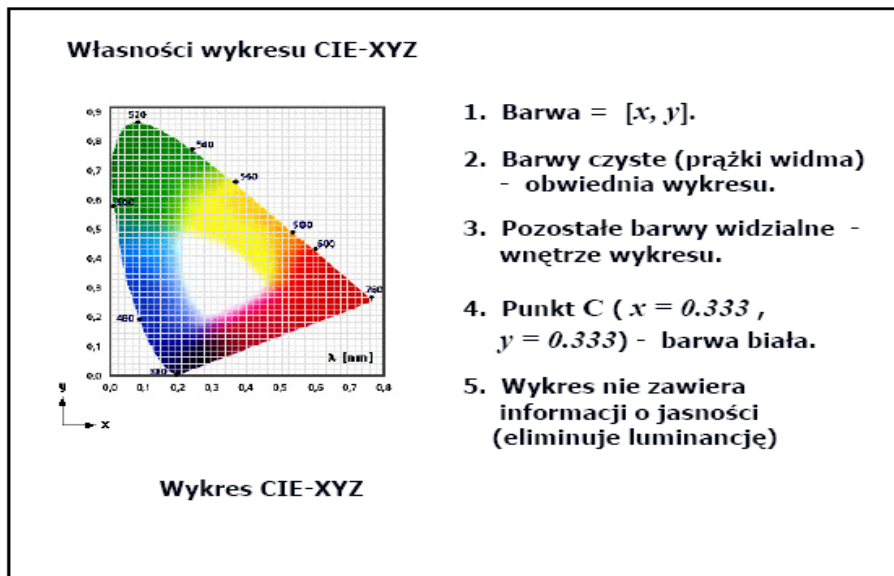
### → **Modele (przestrzenie) BARW**

#### a) **Model CIE Yxy**

- Opracowany przez *Międzynarodową Komisję Oświetleniową (Commission Intenatinele de l'Eclairage)* w 1931 roku
- Opisuje przestrzeń barw (zawartą w krzyżoliniowym stożku) odbieranych przez receptory oka ludzkiego
- Wykres zwany trójkątem chromatyczności zawiera w krawędzi krzywoliniowej wszystkie barwy proste – widma światła białego (barwy te są nasycone); wewnątrz trójkąta istnieją barwy nasycone, a środek jest bielą
- W wierzchołkach trójkąta umieszczone są trzy podstawowe barwy:  
**X – czerwona (700 nm)**  
**Y – zielona (546,1nm)**  
**Z – niebieska (435,8 nm)**
- Barwa opisywana jest przez tzw. współrzędne trójchromatyczne: X, Y, Z
- Dowolną barwę można przedstawić punktem wewnątrz trójkąta przez podanie sumy trzech barw, określających wartości x, y, z

$$x + y + z = 1$$

W trójkącie tym definiowane są dwa atrybuty barwy : *kolor i nasycenie*

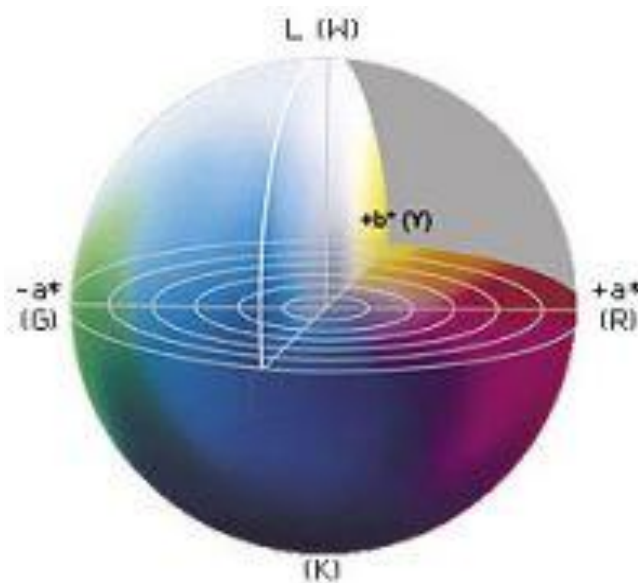


Rys 7. Wykres chromatyczności, tzw. trójkąt barw.

Źródło: <http://pl.wikipedia.org/wiki/CIEXYZ>

## b) Model CIE $La^*b^*$

- opracowany przez *Commission Internationale de l'Éclairage* w 1976 roku
- opisywane barwy mieszają się w elipsoidzie o 3 prostopadłych osiach
  - wzdłuż osi  $a^*$  barwy przechodzą od zielonej do czerwonej
  - wzdłuż osi  $b^*$  barwy przechodzą od żółtej do niebieskiej
  - wzdłuż osi pionowej  $L$  określającej jasność przebiegają barwy achromatyczne (od bieli do czerni)

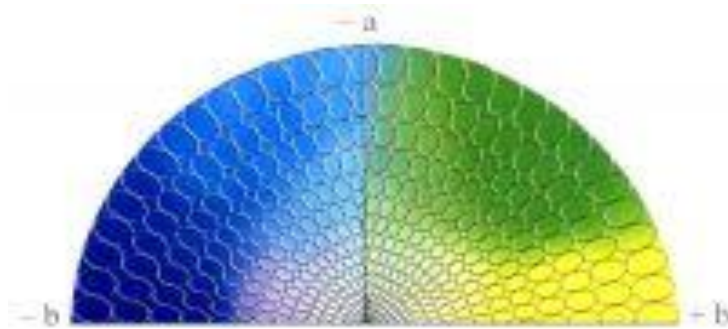


Rys. 8 Model barw  $La^*b^*$

Źródło: <http://www.portaldtp.pl/barwa/125-modele-barw.html>

## c) Model CMC

- Model ten wykorzystuje przestrzeń CIE  $Lab$ , lecz jedynie w aspekcie oceniania różnicy barw
- Skupia się na tolerancji obserwatora w zakresie różnic między doznawanymi wrażeniami barwnymi

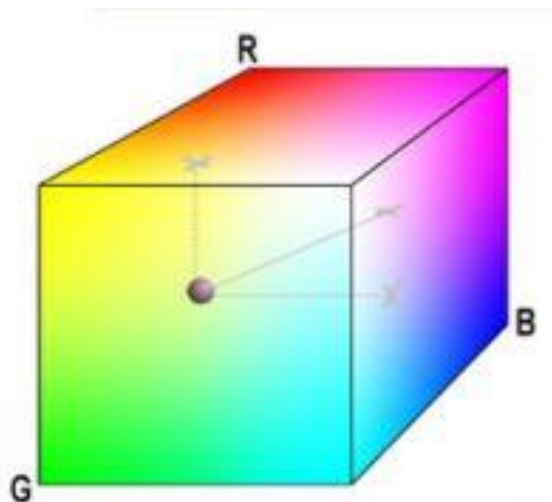


Rys. 9 Założenia systemu CMC

Źródło: <http://www.portaldtp.pl/barwa/125-modele-barw.html>

d) **Model RGB**

- Model oparty na barwach addytywnych: czerwonej, zielonej i niebieskiej
- Barwy zawarte są w sześcianie, którego prostopadłymi osiami są różne poziomu jasności światła podstawowych
- W punkcie wierzchołkowym trzech osi znajduje się *czern*

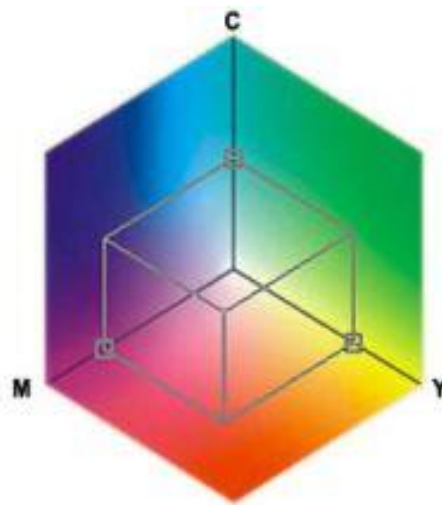


Rys.10 Model barw RGB.

Źródło: <http://www.portaldtp.pl/barwa/125-modele-barw.html>

e) **Model CMYK**

- Model oparty na trzech substraktywnych barwach: cyjanie (niebieskim), magencie (purpura) i yellow (żółta), a dopełnienie stanowi CZERŃ
- Podobnie jak model RGB jest sześcianem, którego trzema prostopadłymi osiami są osie barw podstawowych

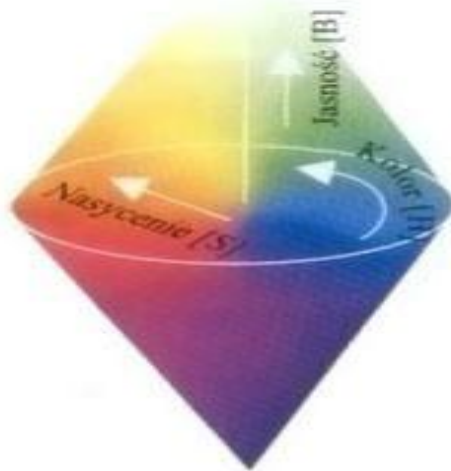


Rys.11 Model barw CMYK

Źródło: <http://www.portaldtp.pl/barwa/125-modele-barw.html>

f) **Przestrzeń HSB**

- W modelu tym do opisywania barw wykorzystuje się pojęcia: jasność, nasycenie, odcień
- Definiuje barwy światła w addytywnej syntezie



Rys.12 Przestrzeń barw HSB

Źródło: <http://www.portaldtp.pl/barwa/125-modele-barw.html>

### → Co wywołuje BARWĘ w szkle?

**BARWA SZKIEŁ może powstawać w wyniku:**

#### 1. Selektywnego pochłaniania światła:

- a) Barwniki jonowe i cząsteczkowe (w szkle- w rozproszeniu monoatomowym lub monocząsteczkowym):
- *Pierwiastki bloku d*: Fe, Co, Ni, Mn, Cr, Ti, Cu i inne
  - *Pierwiastki bloku f*: Nd, Pr, Ce i inne
  - *Cząsteczkowe*: FeS
- b) Defekty

#### 2. Selektywnego rozpraszania światła :

- a) Zawiesina cząstek o wymiarach 1-200 nm: Ag, Au, Cu, Cu<sub>2</sub>O, Se, CdS, CdSe



## Mechanizm barwienia przy pomocy barwników jonowych

1. Wyjaśnienie: teoria pola krystalicznego, teoria pola ligandów, teoria orbitali molekularnych
2. Centrum barwne: jon+jego najbliższe otoczenie [CoO<sub>4</sub>] [CoO<sub>6</sub>] [FeO<sub>4</sub>] [FeO<sub>6</sub>] [NiO<sub>4</sub>] [NiO<sub>6</sub>] [Co(H<sub>2</sub>O)<sub>6</sub>] itp.
3. Różnica energetyczna pomiędzy rozszczepionymi orbitalami d lub f odpowiada zakresowi światła widzialnego i jest skwantowana, stąd selektywna absorpcja światła przy wzbudzeniu elektronowym i efekt barwny
4. W przypadku barwników jonowych barwa szkła zależy od:
  - a) Rodzaju jonu
  - b) Stopnia utlenienia
  - c) Liczby koordynacyjnej jonu w szkłe (LK=4;6)

## Mechanizm barwienia przy pomocy zawiesiny cząstek:

1. Za zjawisko barwy odpowiedzialne jest selektywne rozproszenie światła w wyniku zjawisk: załamania, odbicia i dyfrakcji promieniowania.
2. Rozmiary cząstek zawiesiny – około 200 nm
3. Rozproszenie wynika głównie z dyfrakcji:

$$q = \frac{a}{\lambda^n}$$

gdzie: **q**- wsp. rozproszenia

**a**- stała zależna od wielkości cząstek

**λ**- długość fali

**n**- liczba całkowita, zależna od wielkości cząstek

## PODZIAŁ BARWNIKÓW ze względu na budowę cząstek zawiesiny

### 1. KOLOIDALNE

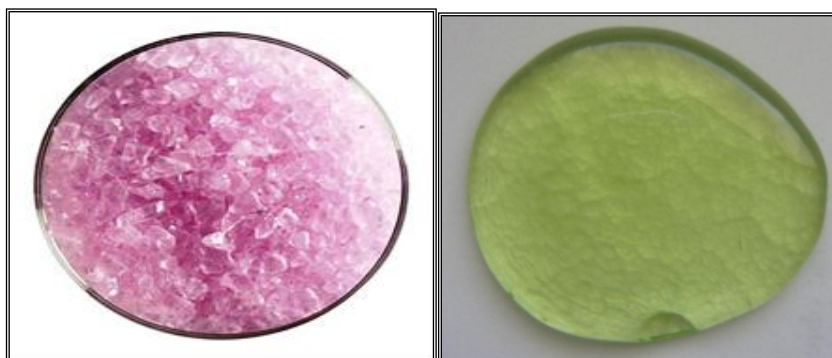
Metale w rozproszeniu koloidalnym – Ag, Cu, Se

### 2. KRYSTALICZNE : CdS, CdSe

**Barwa szkła zależy w tym przypadku głównie od:** procesu wtórnej obróbki termicznej podczas, której cząsteczki zawiesiny osiągają wymaganą wielkość.

Produkcja barwnych szkieł jest bardzo popularna. Stosuje się coraz to nowsze sposoby barwienia szkieł – zarówno w masie, jak i na powierzchni – nakładanie cienkich warstw barwnych. Mogą to być warstwy szkliste (emalie), metaliczne lub warstwy tlenków metalicznych oraz hybrydowe warstwy organiczno-nieorganiczne (np. Ormocer<sup>®</sup>) otrzymywane metodą zol-żel. Barwę w szklach można uzyskać wprowadzając do ich składu pierwiastki ziem rzadkich, dzięki czemu otrzymuje się gamę barw, oraz taki stopień ich nasycenia, którego nie można uzyskać poprzez zastosowanie tradycyjnych barwników. Należy podkreślić jednak, że pierwiastki ziem rzadkich (RE) stosowane są głównie jako optycznie aktywne domieszki w szklach dla optoelektroniki.

## PRZYKŁADY SZKIEŁ DOMIESZKOWANYCH LANTANOWCAMI



Rys.13 a) Szkło domieszkowane  
tlenkiem erbu

Rys.13 b) Szkło domieszkowane  
tlenkiem prazeodymu

## **Szkło optyczne:**

### 1. ERB

Dodatek tlenku erbu (odkrytego w 1843 roku przez Carla Mosandera, lecz dopiero otrzymanego w postaci czystej w roku 1905 przez Georges Urbain oraz Charles James) do szkła powoduje tworzenie się w jego strukturze centrów barwnych odpowiedzialnych za powstanie barwy różowej.

Wyjątkowo unikalna barwa różowa, związana z pasmem absorpcyjnym przy 520 nm, pochodzącym właśnie od erbu, wykorzystywana jest do wytwarzania zarówno szkieł dekoracyjnych jak i optycznych. Szkła takie mają również zastosowanie w budowie laserów.

### 2. PRAZEODYM

Interesujące efekty optyczne uzyskuje się również poprzez kombinację tlenków erbu z prazeodymem. Szkła domieszkowane prazeodymem wywołują barwę zieloną.

Pomimo faktu, iż związki prazeodymu są drogie, to używane są one do produkcji luksusowych szkieł ozdobnych, głównie do wyrobu biżuterii i galanterii. Podobnie do fioletowych szkieł zawierających związki neodymu, zielone szkła zawierające prazeodym wykazują podobne grę barw (dichroizm), tylko że o barwach żółtej i niebieskiej. Chromoforem barwy jest jon  $\text{Pr}^{3+}$

Szklane domieszkowane jonami prazeodymu  $\text{Pr}^{3+}$  są wysoce interesującymi materiałami ze względu na ich potencjalne zastosowanie w bliskiej i średniej podczerwieni, jako włókna szklane, czy lasery. Właściwości optyczne szkieł domieszkowanych pierwiastkami ziem rzadkich sprawiają, iż szkła takie są obiecującymi materiałami dla optoelektroniki.