

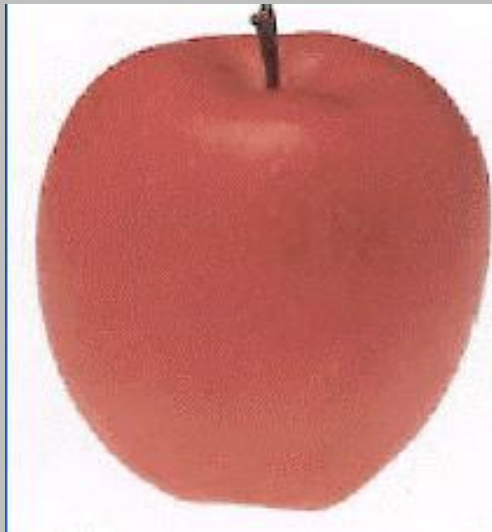
# **Barwa - teoria**

**<http://www.ciepoland.pl>**

**<http://www.cie.co.at/>**

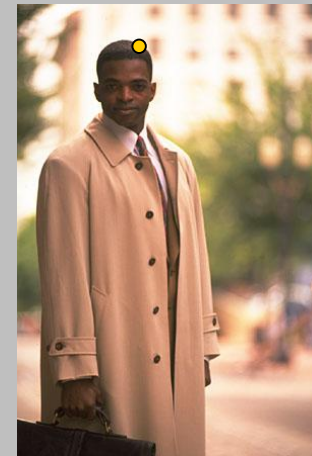
# Każdy widzi inaczej!!

To jest barwa  
czerwona

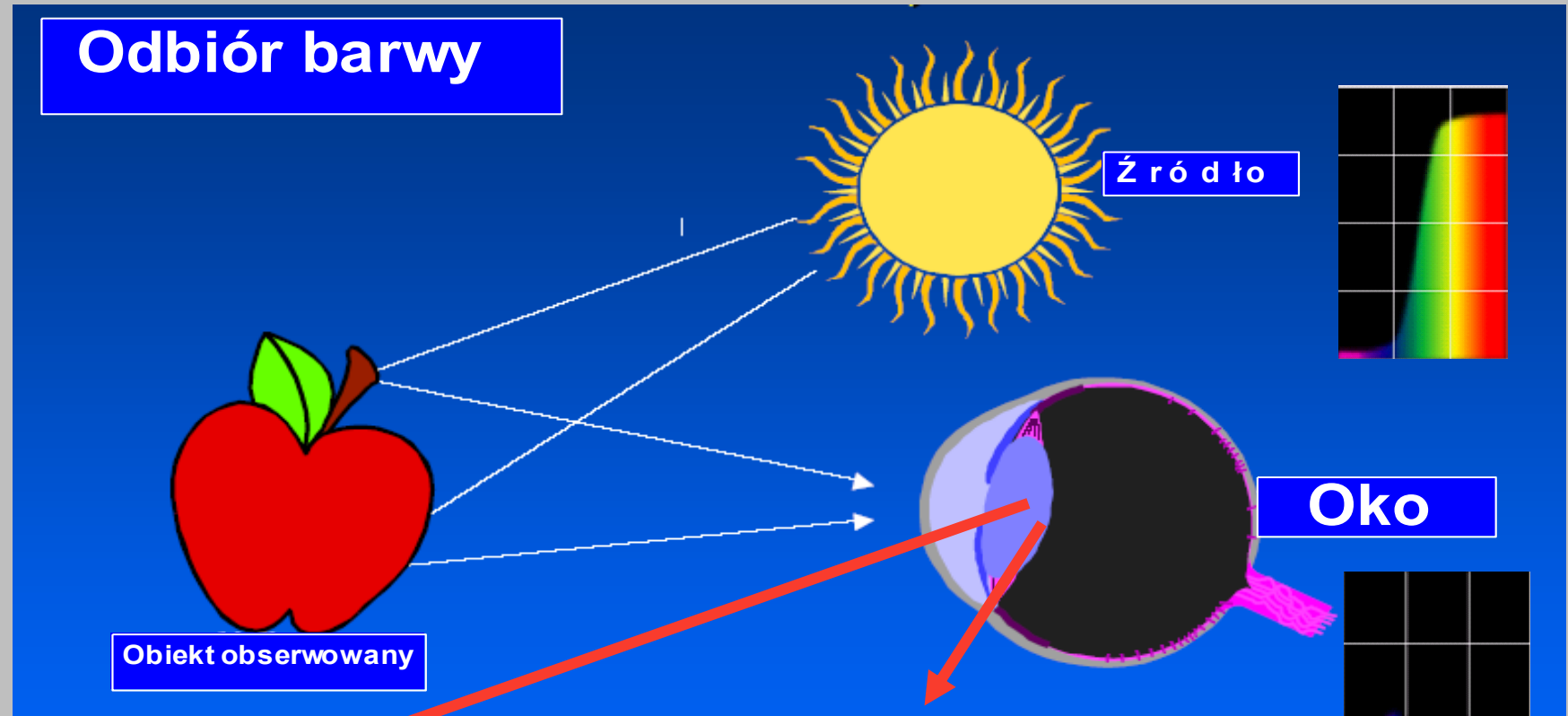


To jest  
ciemny czerwony

To jest jabłko  
różowe



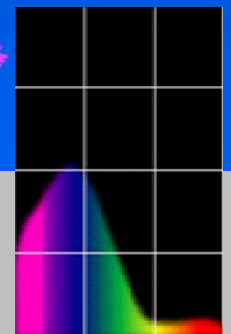
# Jak widzimy?



widzenie fotonowe

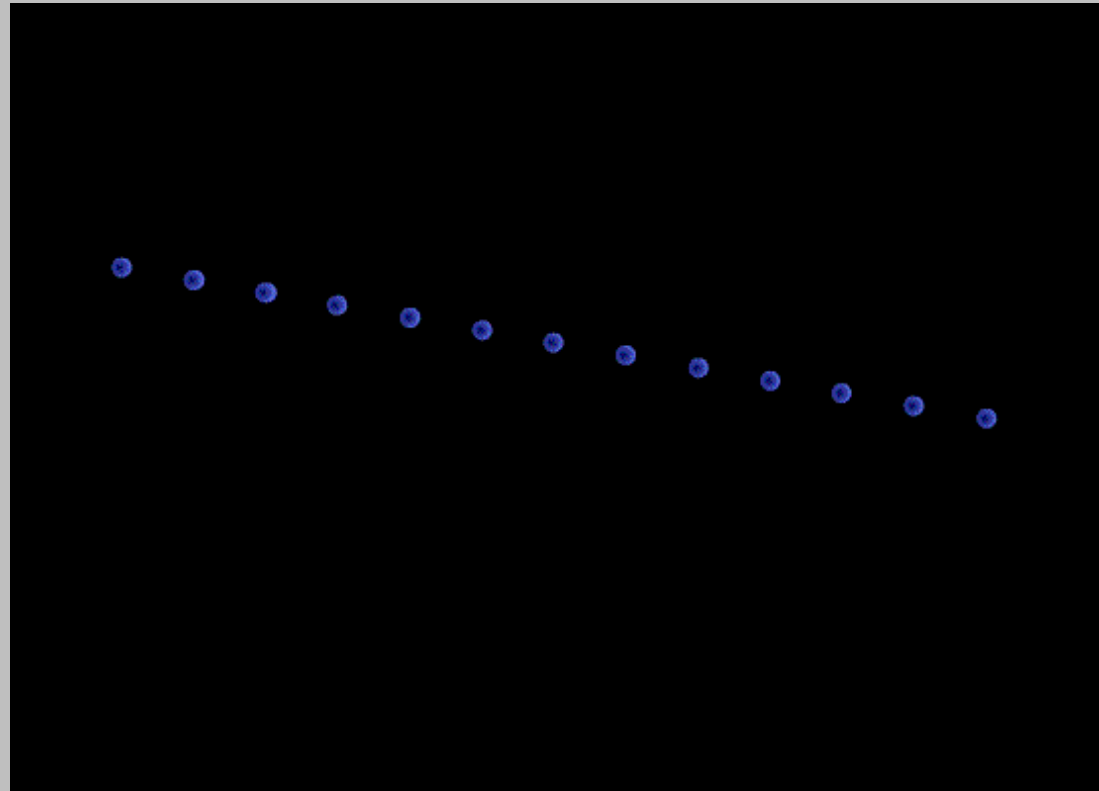
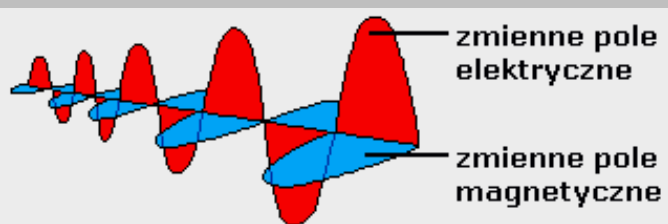


widzenie skotopowe

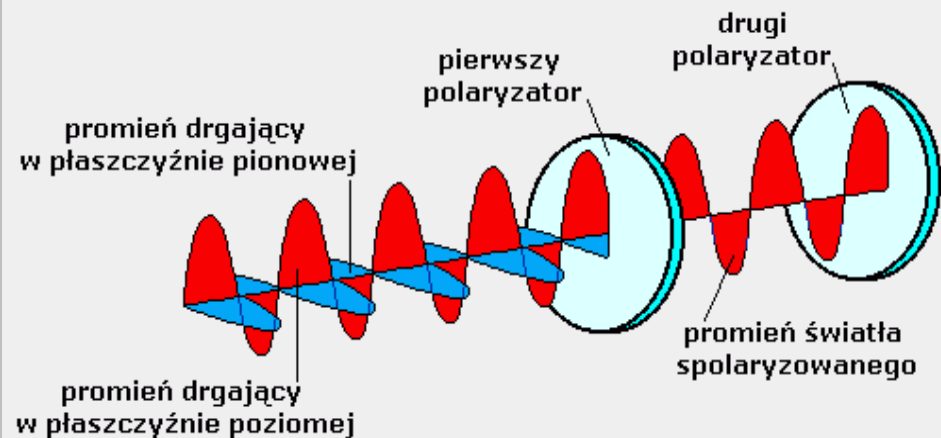
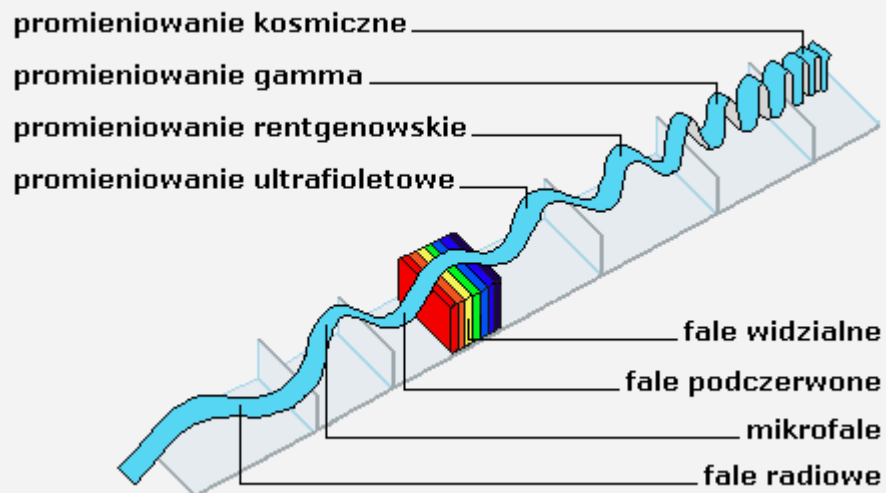
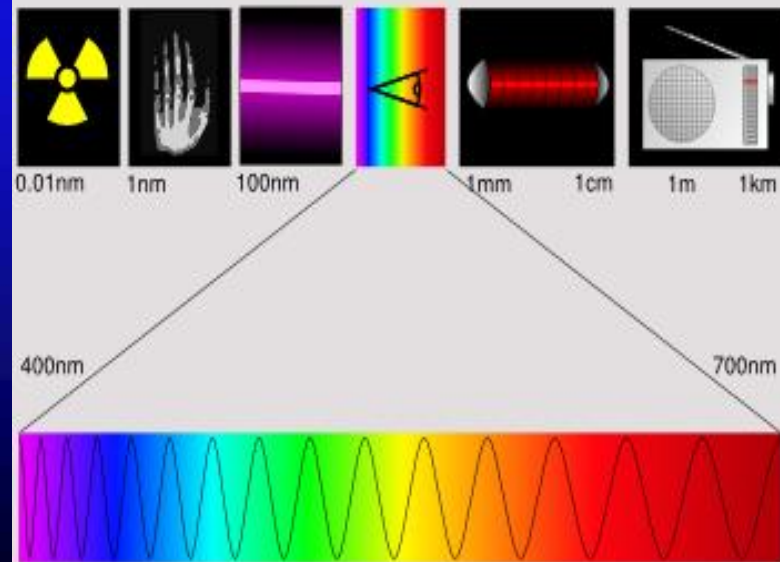
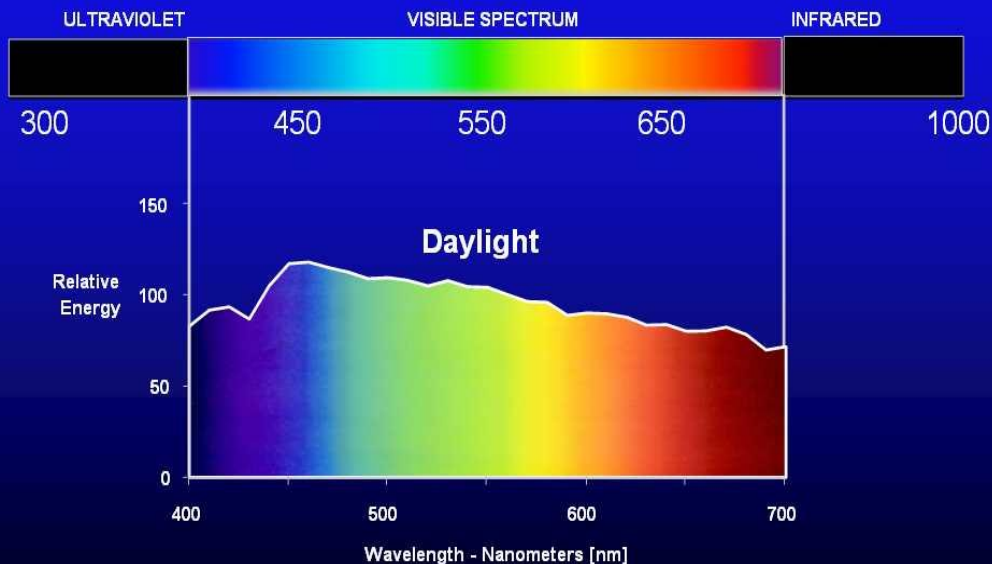


# Światło jako fala elektromagnetyczna

Fala elektromagnetyczna to wzajemnie przenikające się **drgania elektryczne i magnetyczne**. Fala taka powstaje np. wtedy, gdy elektron w atomie traci energię i przeskakuje na orbitę bliżej jądra atomu. Powstają przy tym drgania elektryczne, które rozchodzą się w przestrzeni w postaci pola elektrycznego i magnetycznego. Pola te są prostopadłe do siebie i do kierunku rozchodzenia się fali. Pierwszym, który wprowadził pojęcie pola elektromagnetycznego był fizyk James Clerk Maxwell.



# Barwa - teoria



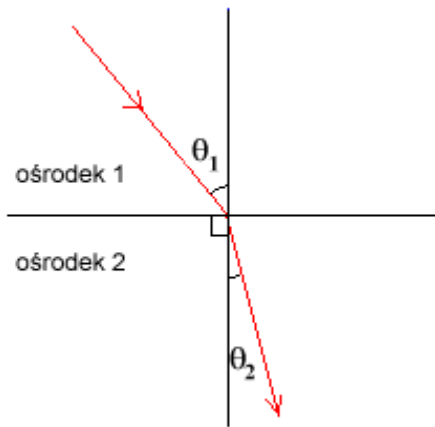
# Zjawiska falowe

Światło jest falą

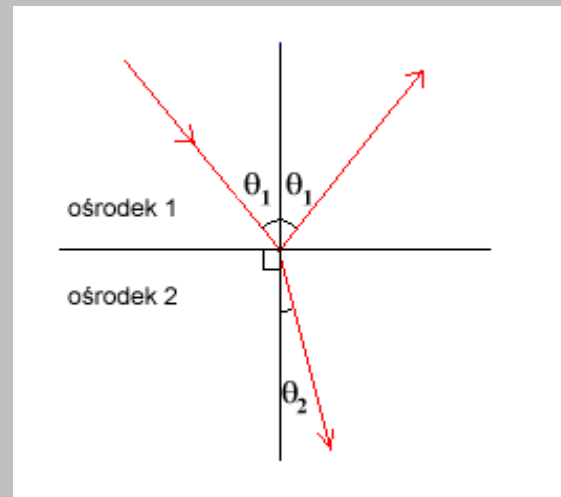
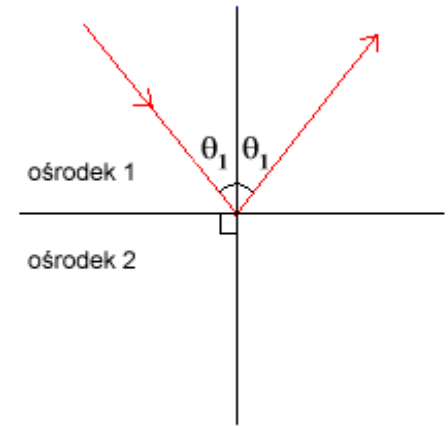


Podlega zjawiskom falowym  
odbiciu i załamaniu

**Załamanie**



**Odbicie**



**Dla danych ośrodków**

$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \text{const}$$

**Oba zjawiska jednocześnie**

**Aby zaobserwować światło niezbędne jest aby:**

- światło zostało wyprodukowane (**nastąpiła emisja światła ze źródła**),
- światło przebyło drogę od źródła do obserwatora (**propagacja**),
- światło zostało zarejestrowane (**nastąpiła detekcja**).

# Czy można zobaczyć światło?

Aby zaobserwować światło detektor musi je **zaabsorbować**.

Gdy widzimy wiązkę światła to tak naprawdę widzimy **rozproszenie** tej wiązki na **cząsteczkach dymu, powietrza albo kurzu**.





# Źródła światła

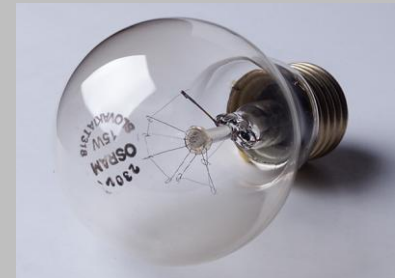
**Źródła światła** – obiekty, które produkują (emitują) światło.



**Gwiazdy**



~~**Księżyc i planety**~~



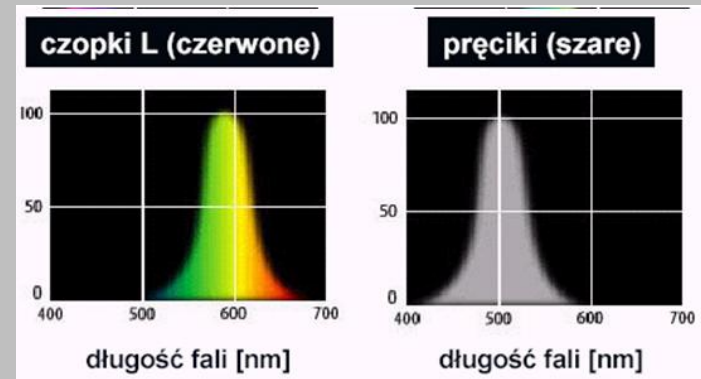
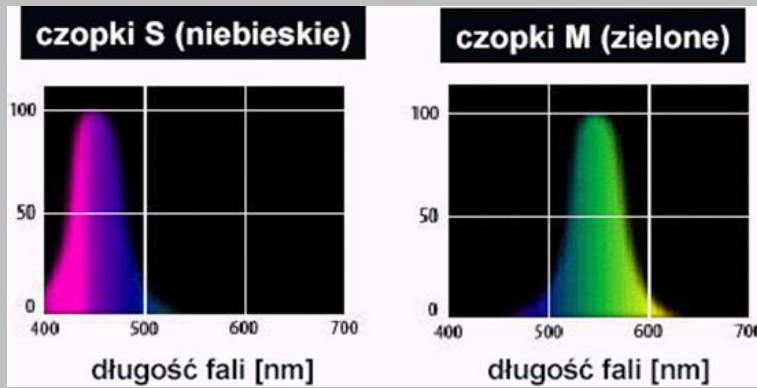
**Żarówki i jarzeniówki**



**Płomień**

# Światło widzialne

O barwie światła decyduje długość fali mu odpowiadającej.



W spektrum światła widzialnego znajdują się wszystkie barwy za wyjątkiem dwóch.

**Jakich dwóch barw brakuje w spektrum?**

**Czerni**

**i**

**Bieli**

# Czerń i biel

**Wartość - 0**

**Czerń**

**Barwa czarna to brak światła**

**Wartość - 255**

**Biel**

**Barwa biała to połączenie  
wszystkich barw**

**Dowód – rozszczepienie światła białego na pryzmacie**



# Dlaczego liście są zielone?



Żywe liście zawierają dużo chlorofilu.

Chlorofil absorbuje wszystkie barwy oprócz **zielonej**.



Na jesień w liściach jest mało chlorofilu i dominują inne barwniki, które odbijają światło o innej barwie (**czzerwone**, **brązowe** i **żółte**). Dlatego liście na jesień są kolorowe.

# Barwa - teoria

**Czy róże są czerwone a słoneczniki żółte?**



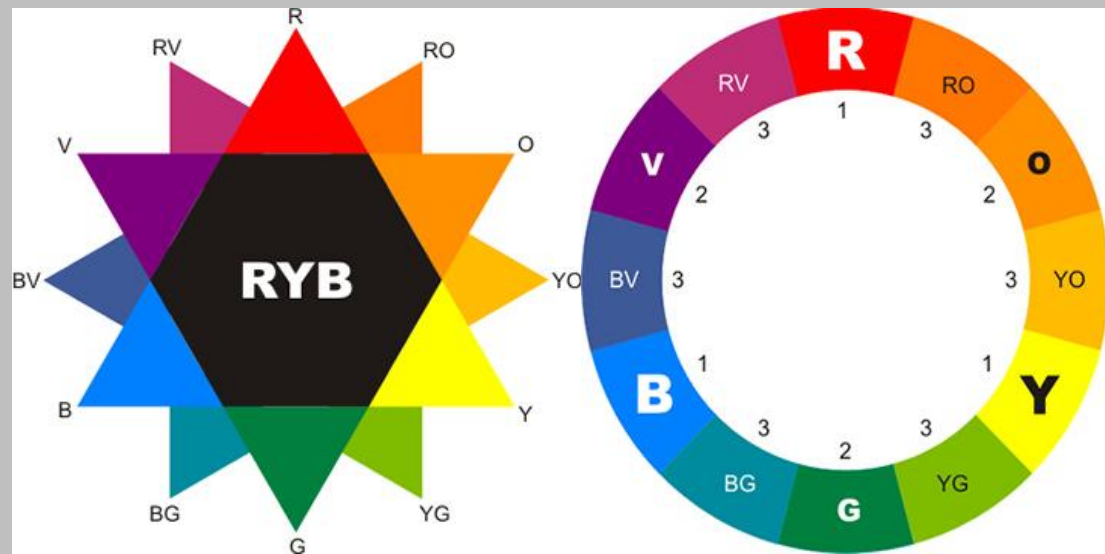
**Barwa przedmioty zależy od światła!!!**

**Przedmiot ma inną barwę jeśli oświetli się go światłem niebieskim, inna gdy światłem zielonym, a jeszcze inna gdy światłem czerwonym.**

**W świecie zwierząt kolory widzi tylko człowiek, małpy człekokształtne i... wiewiórki.**

# Barwa - teoria

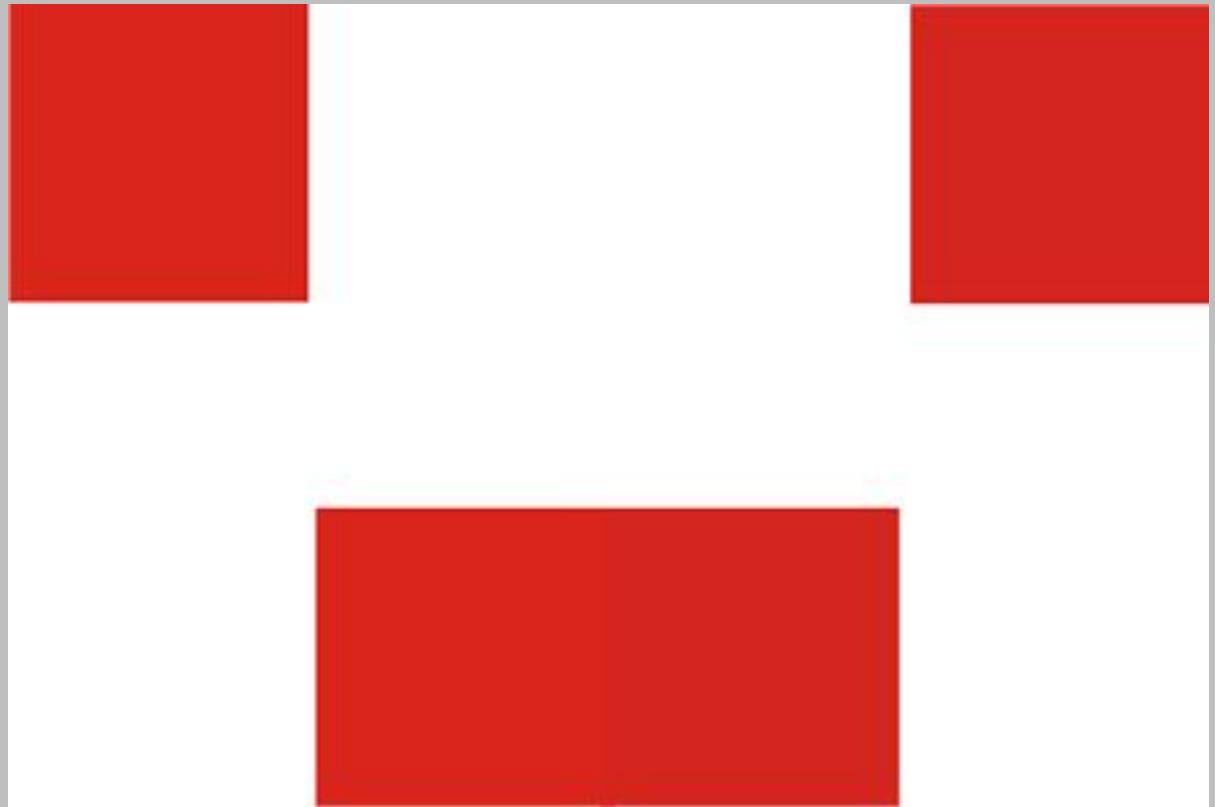
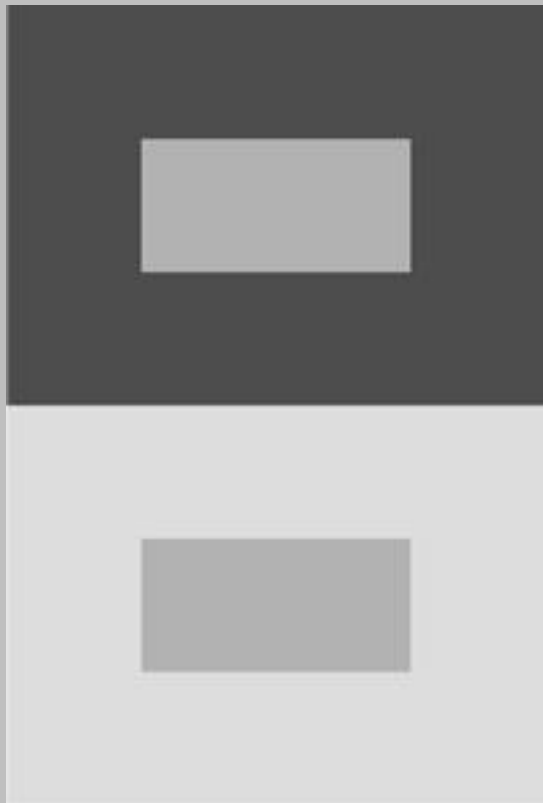
- **150r. n.e** **Klaudiusz Ptolemeusz** po raz pierwszy opisał zjawisko rozszczepienia światła i zauważył, że kolor mają nie tylko przedmioty materialne, ale i światło.
- **1214-1292r.** Zjawisko tęczy i rozszczepienia światła na różnokolorowe składniki próbował wyjaśnić w XIII w. **Roger Bacon**
- **1704r.** **Izaak Newton** doszedł do wniosku, że dowolny kolor można uzyskać mieszając w różnych proporcjach zaledwie kilka tzw. kolorów pierwotnych (prymarnych RYB)



# Barwa - teoria

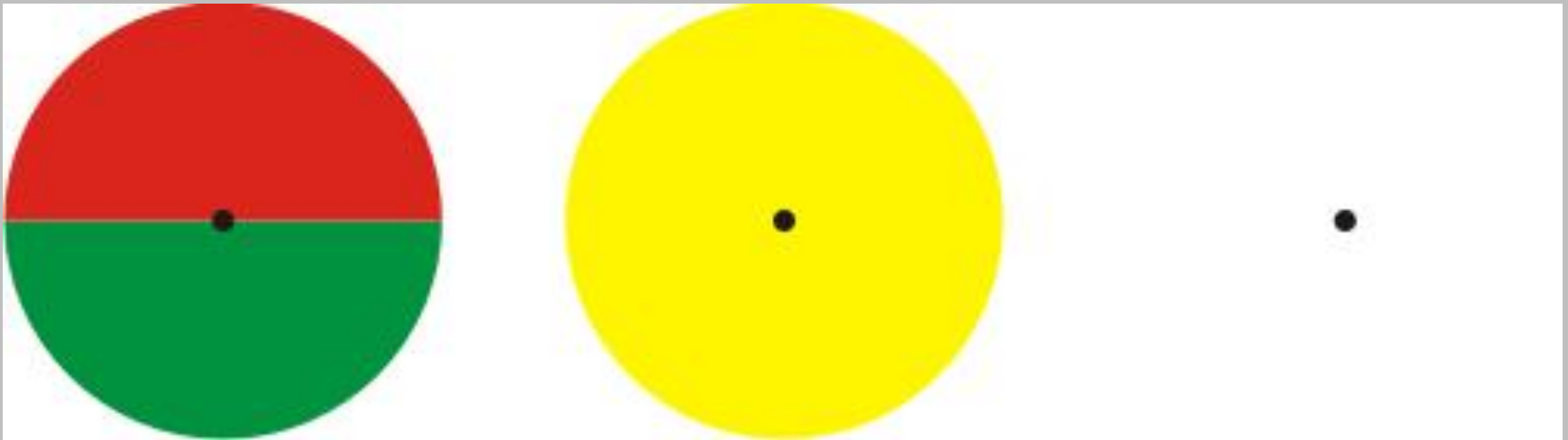
## Michel Eugene Chevreul (1786-1889)

**Kontrast symultaniczny**- polega na tym, że dwa sąsiadujące kolory wpływają na sposób ich jednoczesnego widzenia. W wyniku tego wpływu oko ludzkie zauważa większe różnice kolorów, niż różnice rzeczywiste, albo kolory identyczne widzi jako różne.



# Barwa - teoria

**Kontrast następczy** - opisuje wpływ koloru oglądanego wcześniej na sposób widzenia koloru oglądanego bezpośrednio po nim. Jeśli przez kilkanaście sekund będziemy się wpatrywać w środek lewego koła na dolnej ilustracji, a potem przeniesiemy wzrok na środek koła prawego, zobaczymy efekt kontrastu następczego





# Barwa - teoria

Kolejnym przełomem w rozumieniu istoty koloru były odkrycia wybitnego uczonego angielskiego **Thomasa Younga (1773-1829)**, który, badając zachowanie się ludzkiego oka, doszedł w 1802 r. do wniosku, że w muszce istnieć w nim trzy rodzaje fotoreceptorów wrażliwych na światło o różnej barwie. Była to genialna intuicja, ponieważ istnienie takich trzech rodzajów sensorów zostało potwierdzone doświadczalnie dopiero w 1956 r. przez szwedzko-fińsko-wenezuelskiego fizjologa Gunnara Svaetichina. (**teoria Younga-Helmholtza**)

**1810r** **Johann Wolfgang von Goethe** twierdził, że światło jest homogeniczne, kolorem prymarnym jest biel, a w naturze występują tylko dwa czyste kolory - niebieski i żółty, a wszystkie inne są ich pochodnymi.

Podwaliny matematyczne sposobu tworzenia barw opracował niemiecki matematyk **Grassmann Hermann Gunther (1809-1877)**.

Natomiast do pionierów opisu barw należą **James Clerk Maxwell (1831-1879)**, **Wilhelm Ostwald (1853-1932)** oraz **Albert Munsell (1858-1918)**.

- **Barwa jest właściwością przedmiotu**
- **Barwa jest właściwością światła**
- **Barwa powstaje u obserwatora**

## Prawa Grassmanna

W 1853 roku Grassmann Hermann Gunther sformował trzy prawa składania (mieszania) barw odbieranych wizualnie za pomocą oka:

1. Dowolna barwę można otrzymać za pomocą trzech barw podstawowych.
2. Stopniowa zmiana barwy jednego składnika w mieszaninie złożonej z dwóch barw powoduje stopniową zmianę barwy mieszanej.
3. Barwa mieszaniny zależy jedynie od barw jej składników, a nie od ich składu widmowego.

Prawa Grassmanna mają podstawowe znaczenie technice pomiarów i analizie barw oraz w kolorymetrii.

## Teoria Younga-Helmholtza

- Substancje światłoczułe absorbują światło docierające do siatkówki oka, przechodząc zmiany o charakterze fotochemicznym, prowadzące to pojawienia się potencjału elektrochemicznego w czopkach.
- Potencjał ten w postaci impulsów elektrycznych przesyłany jest systemem nerwowym do mózgu.
- Mózg rozróżnia sygnały pochodzące od każdej z substancji, a ich wzajemny stosunek  $r : g : b$  uświadamia wrażenie barwy.
- Odczucie jasności (luminancji) bodźca świetlnego zależy od sumy tych sygnałów ( $r + g + b$ ). Im większa suma tym wrażenie bodźca jest większe. Jednakowe pobudzenie receptorów  $r : g : b = 1:1:1$  odpowiada wrażeniu bieli, przy dużej sumie sygnałów lub szarości, przy małej sumie.

# Barwa - teoria

## Teoria Heringa

- W oku istnieją komórki wrażliwe na promieniowanie trzech par przeciwstawnych barw: czerwonej-zielonej, żółtej-niebieskiej i białej-czarnej.
- W każdej z nich zachodzi mieszanie impulsów powodujących powstawanie barw, na które są wrażliwe.
- Założenie o czterech podstawowych barwach: czerwonej, żółtej, zielonej i niebieskiej odpowiada intuicyjnemu odróżnianiu tych barw w widmie jak o barw samodzielnych, niestanowiących wrażenia mieszaniny jak np. fioletowa czy pomarańczowa.

# Barwa - teoria

## Wady postrzegania barw

**Daltonizm** – niedobór lub brak jednego lub więcej rodzajów czopków (8% mężczyzn i 0,3% kobiet)

**Deuteranomalia** – niedobór czopków zielonych (D, G, M, Y) - 5% mężczyzn i 0,2% kobiet

**Deuteranopia** - brak czopków zielonych (1% mężczyzn i 0,02% kobiet)

**Protanomalia, protanopia** - niedobór (brak) czopków czerwonych (P, R, L, X) (1% mężczyzn i 0,02% kobiet)

**Tritanopia** – brak czopków niebieskich (T, B, S, Z) (0,001% mężczyzn i 0,001% kobiet)

**Monochromaci** – brak czopków albo czopki tylko jednego rodzaju.

# Barwa - teoria

## Wady postrzegania barw



NORMAL



PROTAN



DEUTERAN



TRITAN



# Opis barwy

## Barwy proste

Barwa wywołana promieniowaniem o ściśle określonej długości fali nazywamy barwą prostą (widmowa, spektralna, monochromatyczna).

## Barwy złożone

To barwa mieszanin powstałych na drodze addytywnej lub substraktywnej

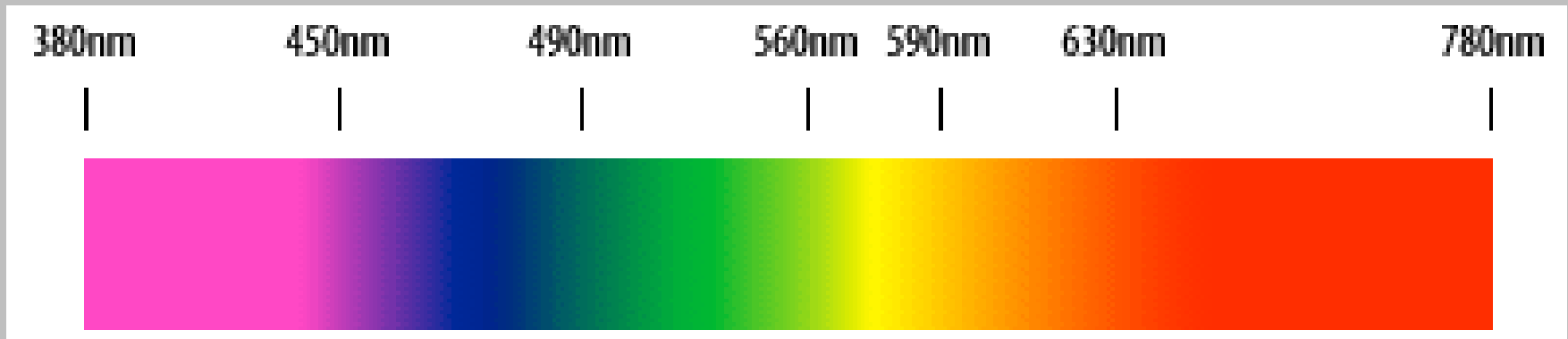
## Barwy niekolorowe (achromatyczne)

To takie barwy, których atrybut koloru jest zerowy. Biel i czerń.



# Opis barwy

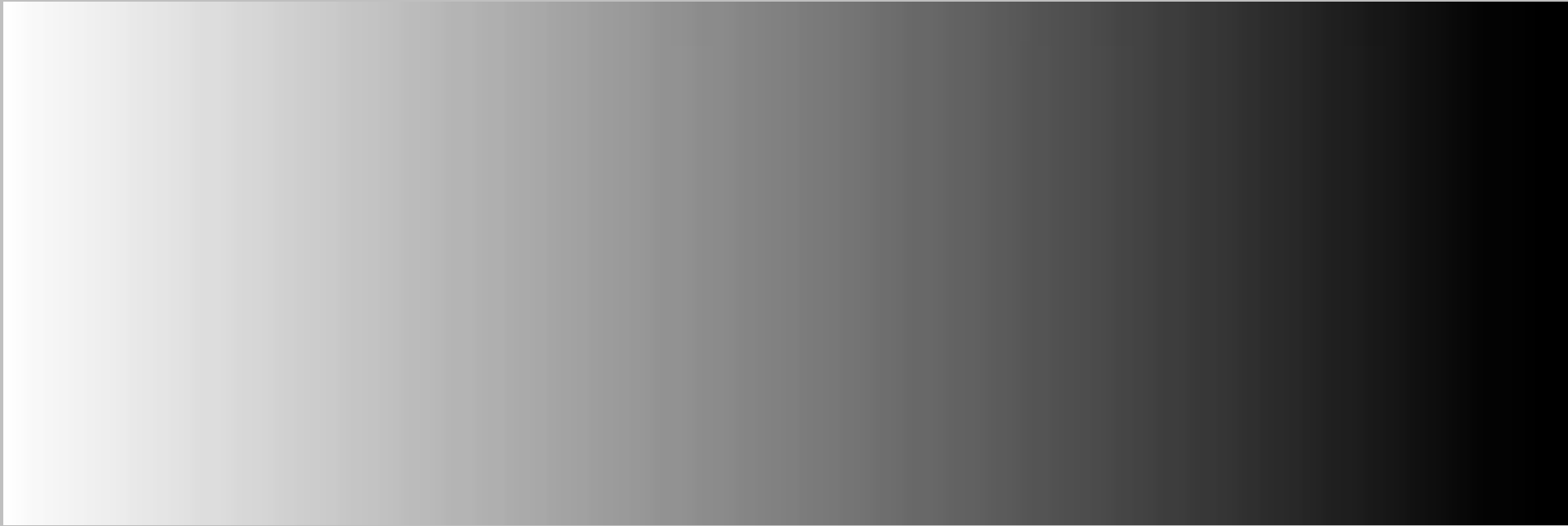
## Barwy proste



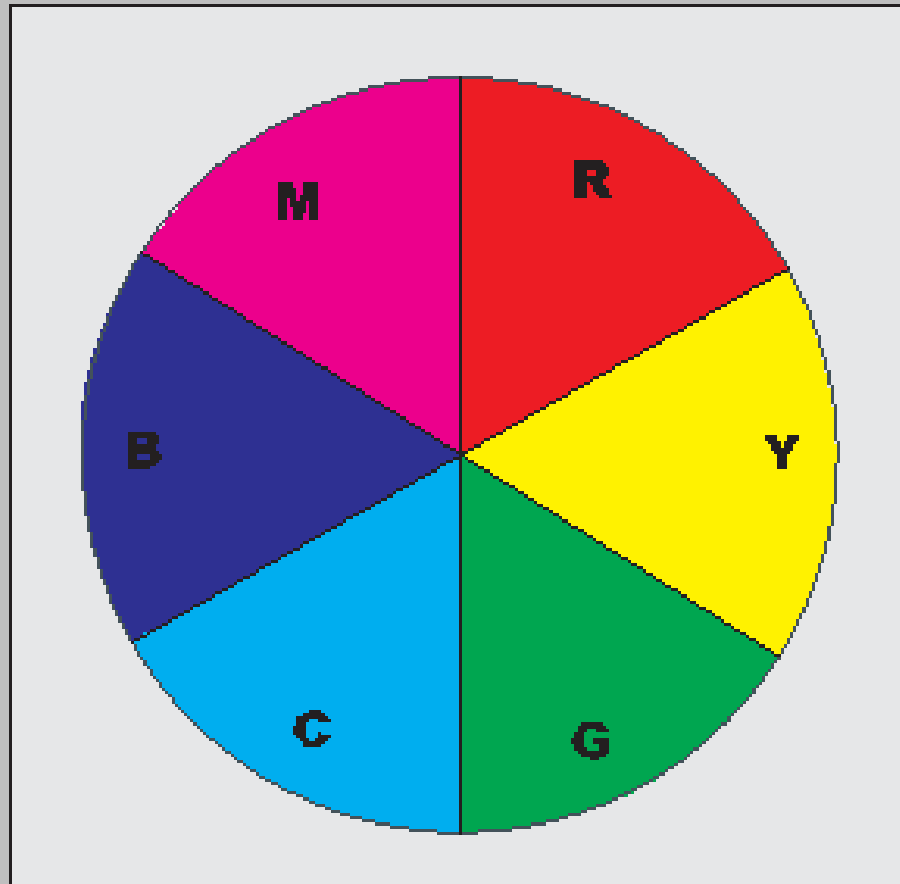
- fioletowa** - fale o długości 380-450 nm,
- niebieska** - fale o długości 450-490 nm,
- zielona** - fale o długości 490-560 nm,
- żółta** - fale o długości 560-590 nm,
- pomarańczowa** - fale o długości 590-630 nm,
- czerwona** - fale o długości 630-780 nm.

## Barwy niekolorowe (achromatyczne)

**To takie barwy, których atrybut koloru jest zerowy.  
Biel i czerń.**



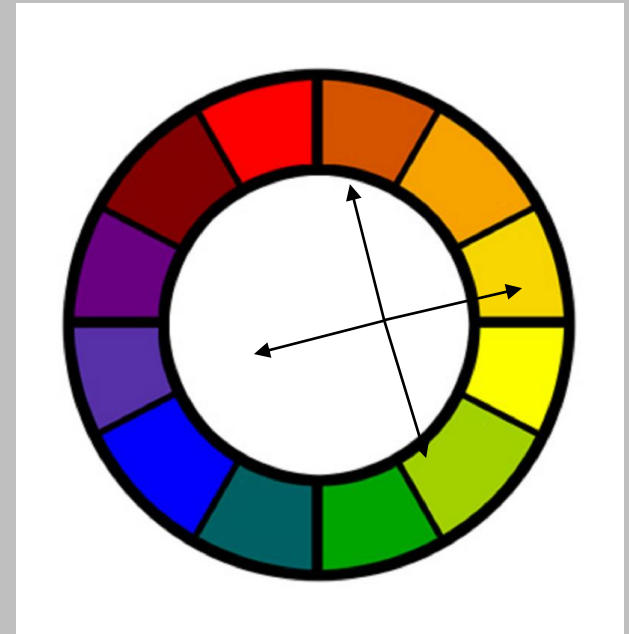
# Barwa - teoria



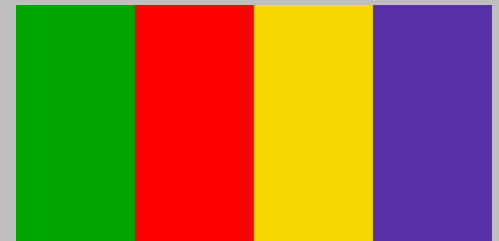
*Koło barw*

# Barwa - teoria

- **Schemat z dwoma parami kolorów dopełniających**
  - to taki, w którym występują dwie dowolne pary kolorów dopełniających się.

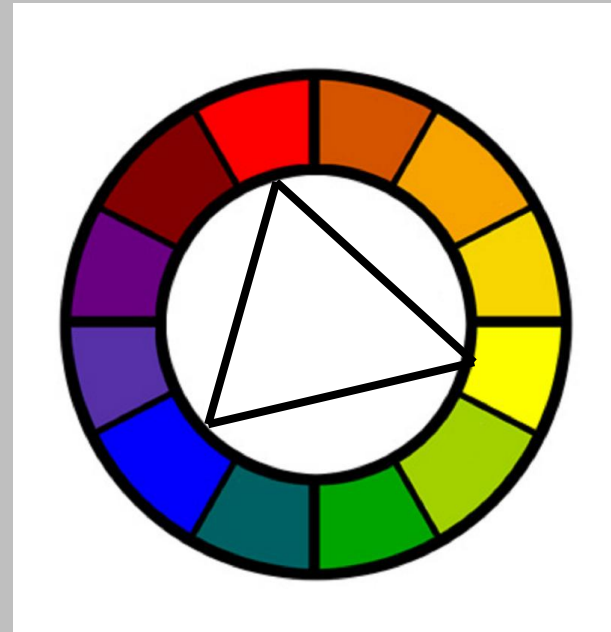


**przykładowy wybór kolorów**

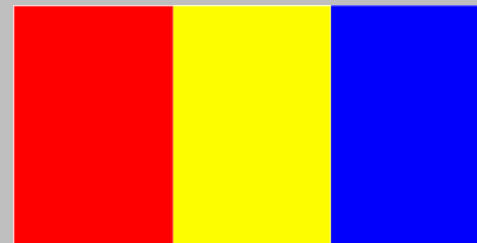


# Barwa - teoria

- **Schemat kolorów tworzących trójkąt**
  - to taki, w którym występują trzy kolory rozmieszczone względem siebie co  $120^\circ$  na kole barw.

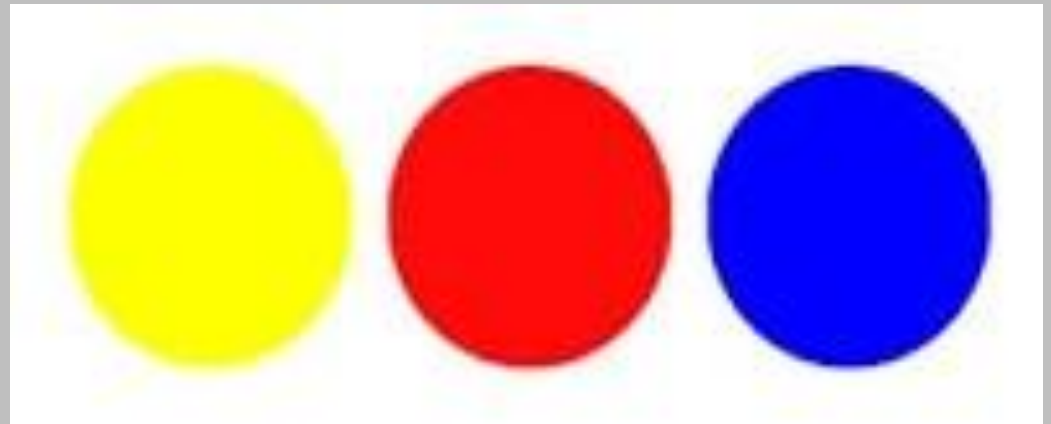
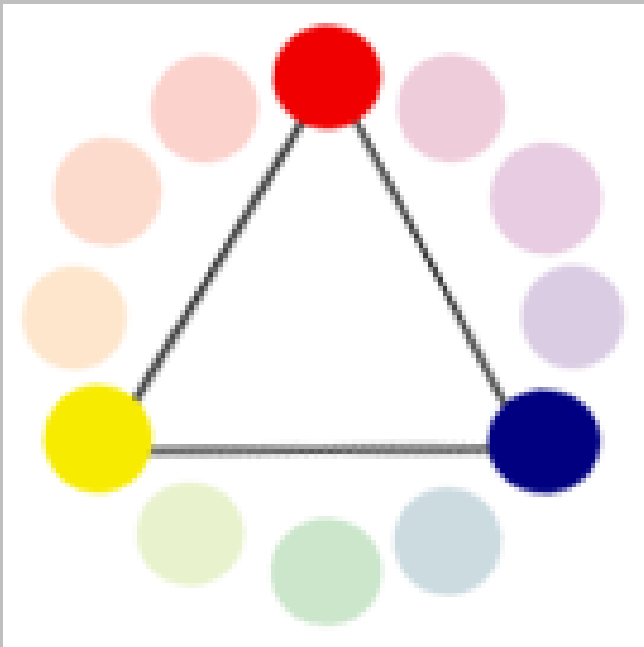


**przykładowy wybór kolorów**



# Barwa - teoria

Rozróżniamy 3 kolory podstawowe: żółty – czzerwony - niebieski. Są one wyjątkowe, ponieważ nie można ich uzyskać ze zmieszania innych barw, ale są podstawą (stad ich nazwa: podstawowe) do otrzymywania innych kolorów.

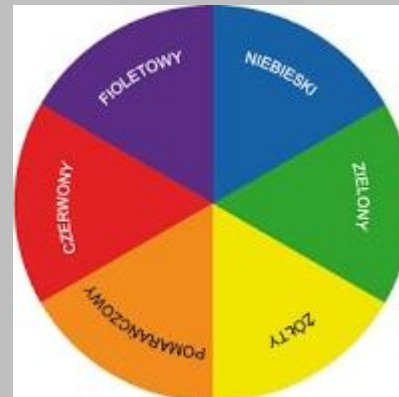
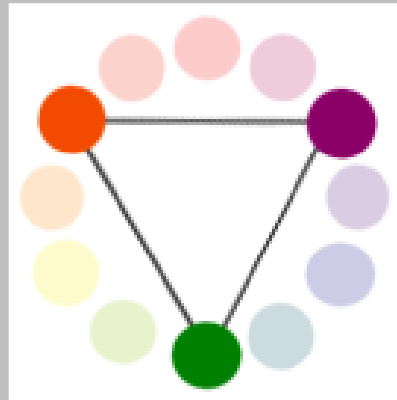


# Barwa - teoria

## Barwy pochodne (drugorzędne)

Poprzez zmieszanie ze sobą wybranych par kolorów podstawowych otrzymujemy barwy pochodne (nazwa łatwa do zapamiętania - barwy te "pochodzą" od barw podstawowych).

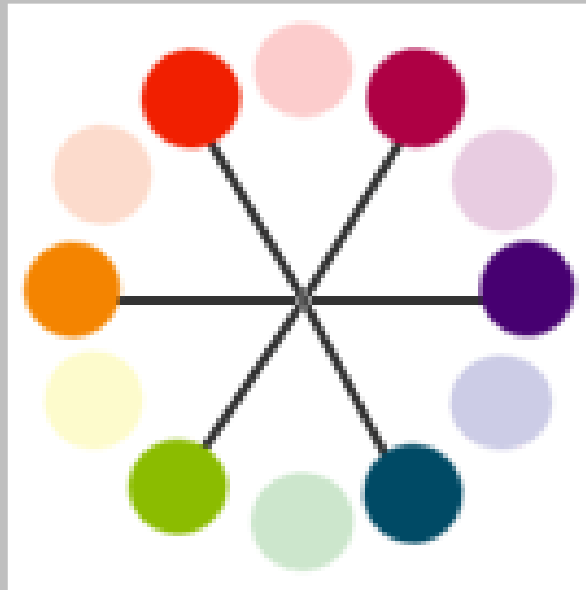
- połączenie barwy czerwonej i niebieskiej daje kolor fioletowy, który na kole barw leży pomiędzy tymi 2 podstawowymi barwami
- połączenie barwy niebieskiej i żółtej daje kolor zielony, który na kole barw leży pomiędzy tymi 2 podstawowymi barwami
- połączenie barwy żółtej i czerwonej daje kolor pomarańczowy, który na kole barw również leży pomiędzy tymi 2 podstawowymi barwami.



# Barwa - teoria

**Barwy trzeciorzędne** – barwy uzyskiwane poprzez zmieszanie barw podstawowych i drugorzędnych.

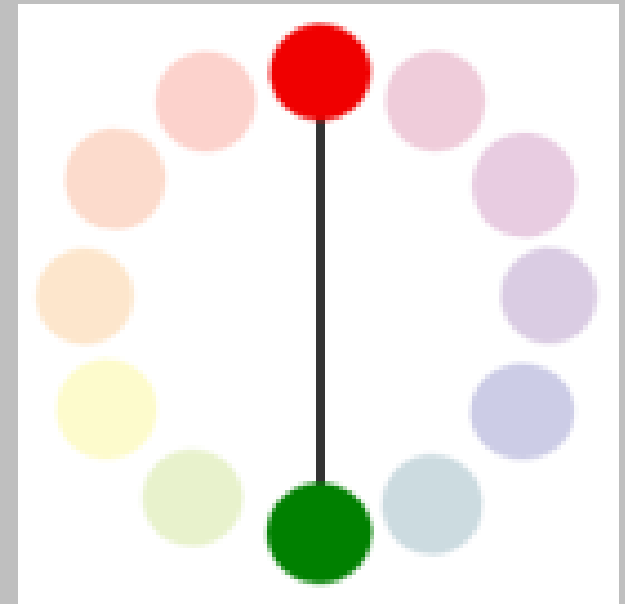
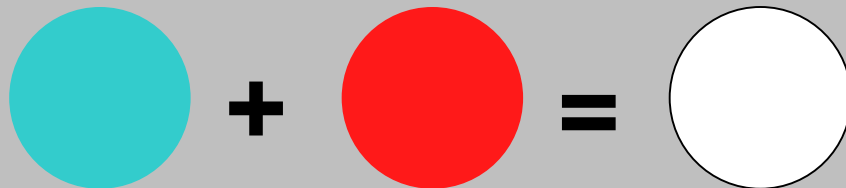
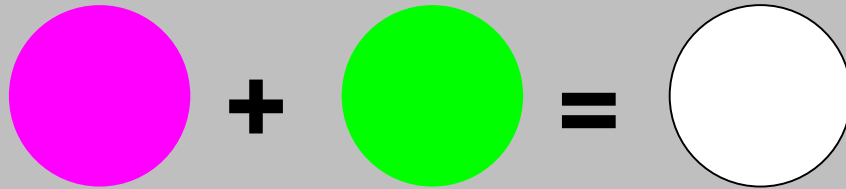
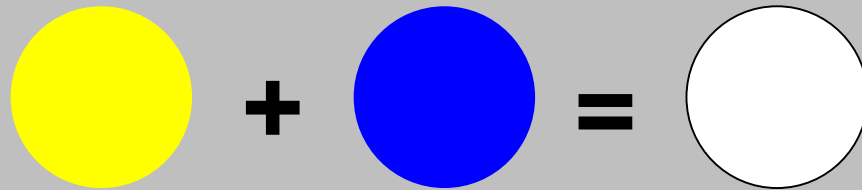
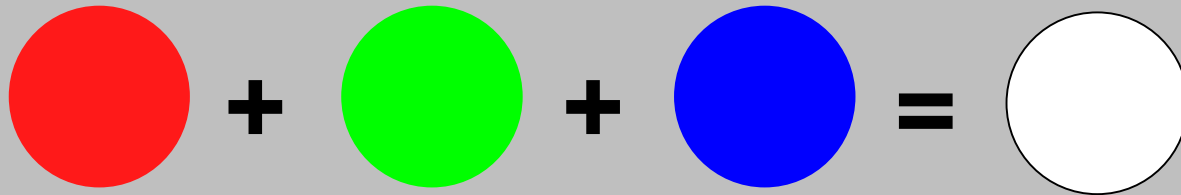
Żółto pomarańczowy, pomarańczowo-czerwony, czerwono-fioletowy, fioletowo-niebieski, niebiesko-zielony, zielono-żółty





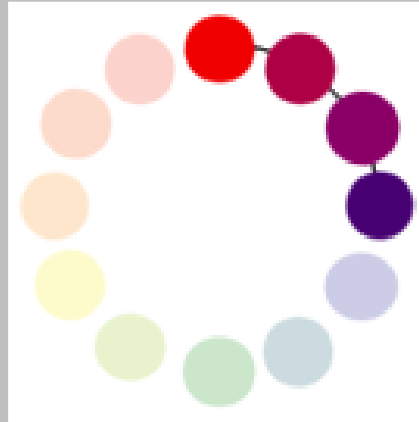
# Barwa - teoria

**Barwy dopełniające** to takie dwie barwy, które mieszając się dają biały. Położone naprzeciwko siebie na kole barw, charakteryzują się największym wzajemnym kontrastem.



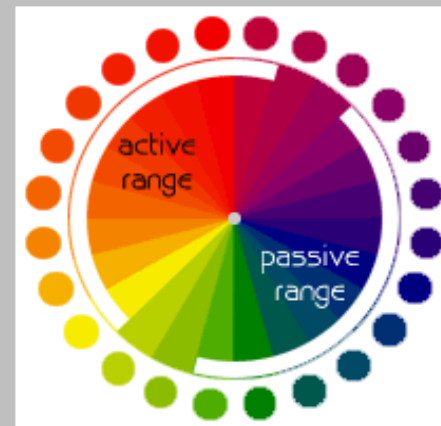
# Barwa - teoria

**Barwy harmonijne** – barwy ułożone blisko siebie na kole barw. Odbierane są jako współgrające ze sobą.



## Barwy aktywne i pasywne

Koło barw może zostać podzielone na tzw. Rejony aktywne i pasywne. Barwy aktywne umieszczone obok pasywnych będą postrzegane jako wiodące, bardziej „agresywne”. Barwy pasywne umieszczone w otoczeniu aktywnych odebrane zostaną jako wycofane, zemdlone.

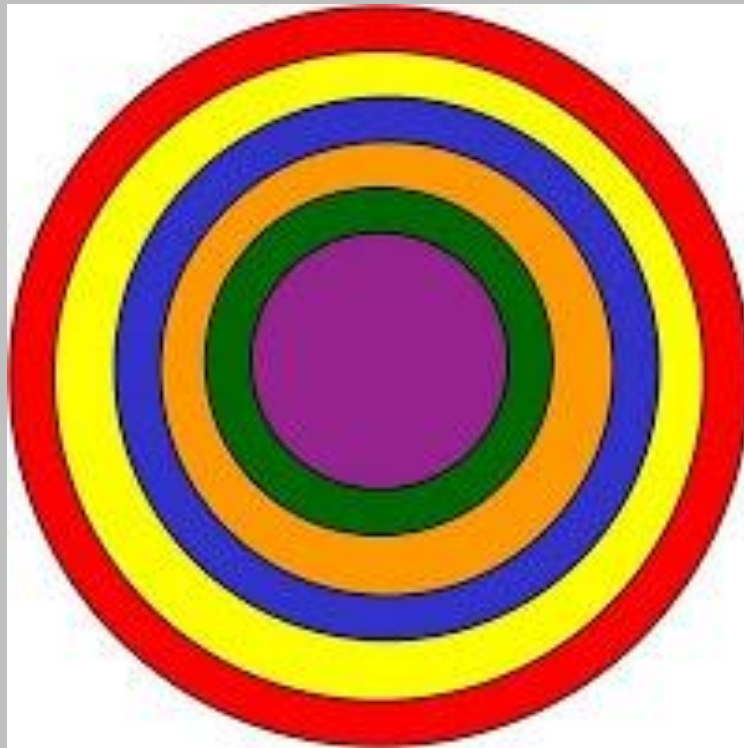


# Barwa - teoria

## Barwy czyste

To zestaw 6 barw: 3 podstawowych i 3 pochodnych.

Barwy czyste sprawiają wrażenie wesołych, radosnych, świeżych - czystych

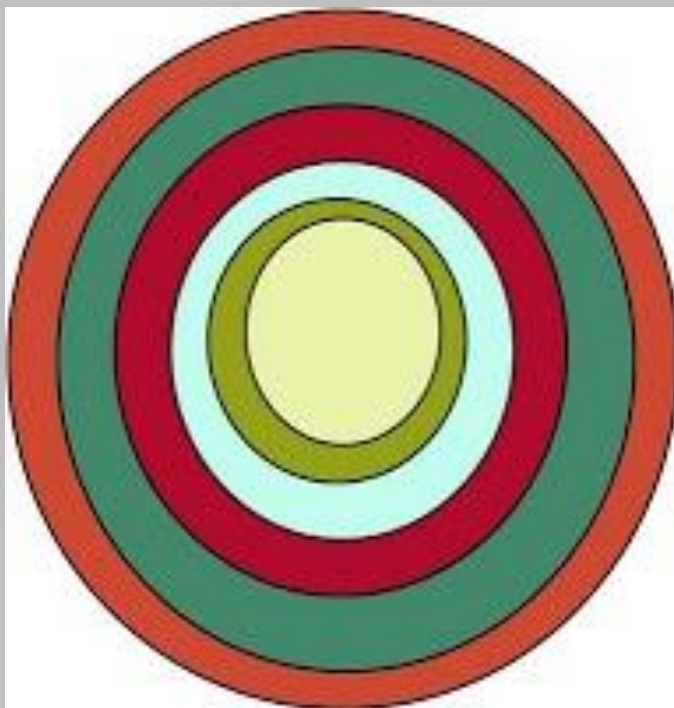


# Barwa - teoria

## Barwy złamane ("brudne")

Powstają, gdy do barw podstawowych i pochodnych dodamy odrobinę barwy dopełniającej lub odrobiny czerni.

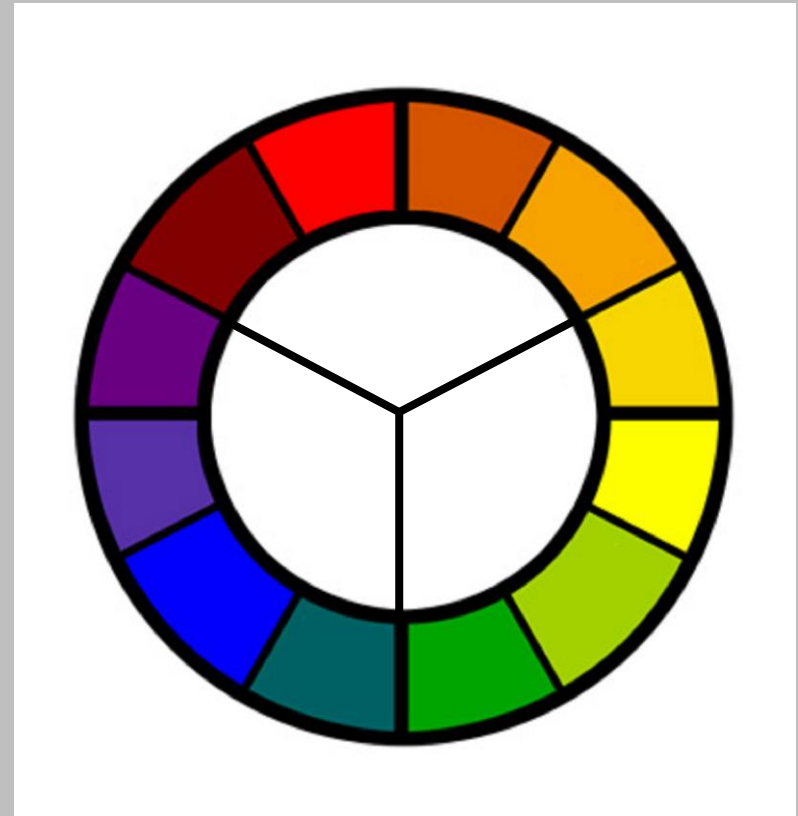
Obraz namalowany barwami złamanymi sprawia wrażenie smutnego, brudnego, starego, nostalgicznego.



# Barwa - teoria

- **Reguły rządzące kołem kolorów:**

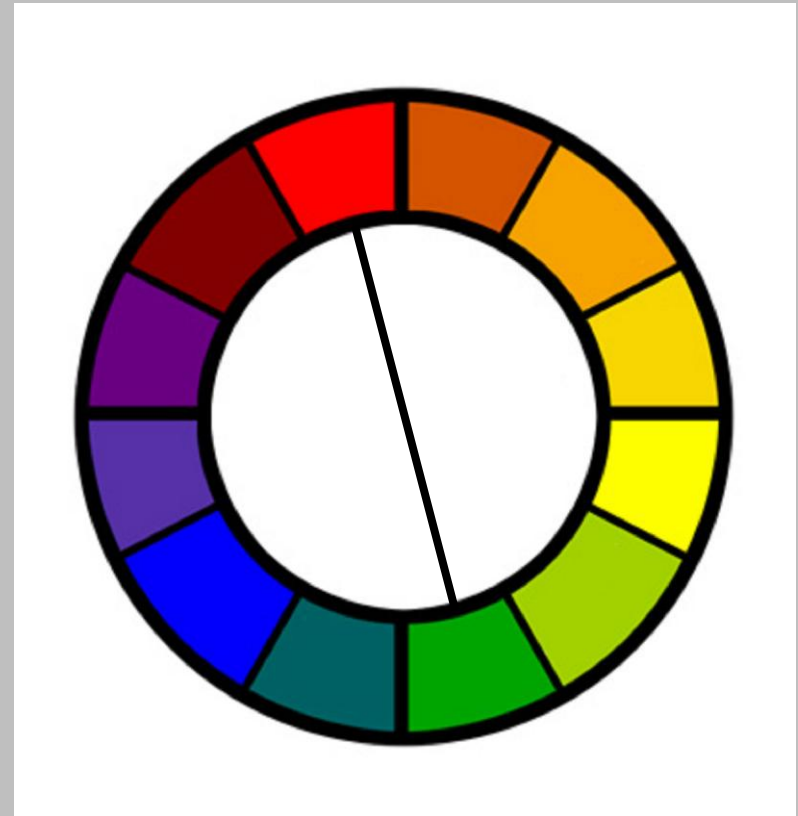
- **reguła trzech:** podziel koło na trzy równe części, według dowolnych linii podziału, a kolory, które znajdują się w poszczególnych wycinkach będą ze sobą dobrze współgrać.



**przykładowy podział**

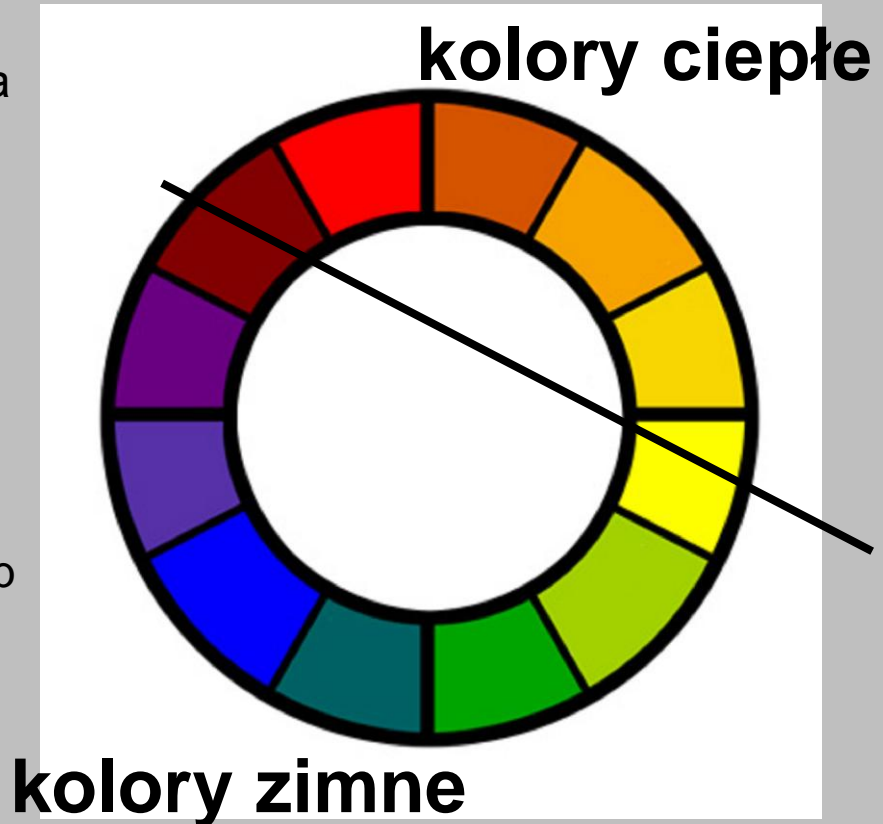
# Barwa - teoria

- **Reguły rządzące kołem kolorów:**
  - **kolory uzupełniające:** każde dwa kolory, leżące na różnych końcach dowolnej średnicy koła kolorów, nazywamy kolorami uzupełniającymi. Przykładowo: czerwony leży dokładnie naprzeciw zielonego, więc czerwony jest kolorem uzupełniającym zielonego.



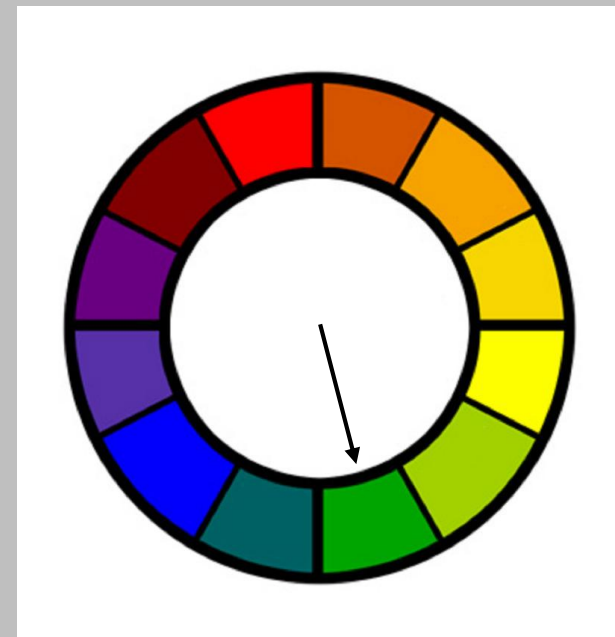
# Barwa - teoria

- **Reguły rządzące kołem kolorów:**
  - **kolory ciepłe i zimne:** górna prawa część koła kolorów może być uznana za ciepłą, podczas gdy dolna lewa nazywana jest zimną. Jednakże możliwe jest uzyskanie ciepłego (czerwonego lub zielonego) odcienia niebieskiego lub zimnej (zielonej lub niebieskawej) żółci.



# Barwa - teoria

- **Monochromatyczny schemat kolorów**
  - to taki, w którym występuje jedna barwa w wariantach różniących się jasnością i nasyceniem.



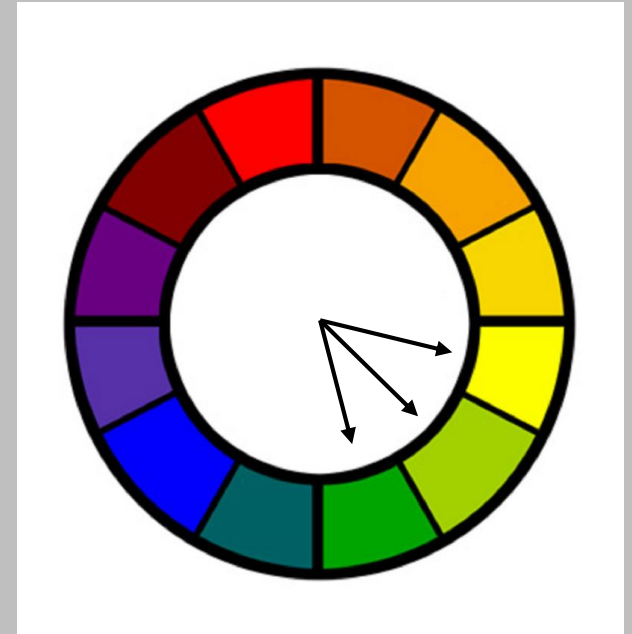
**przykładowy wybór kolorów**





# Barwa - teoria

- **Schemat z kolorami sąsiadującymi**
  - to taki, w którym występują barwy do siebie podobne, czyli takie, które ze sobą sąsiadują na kole barw.

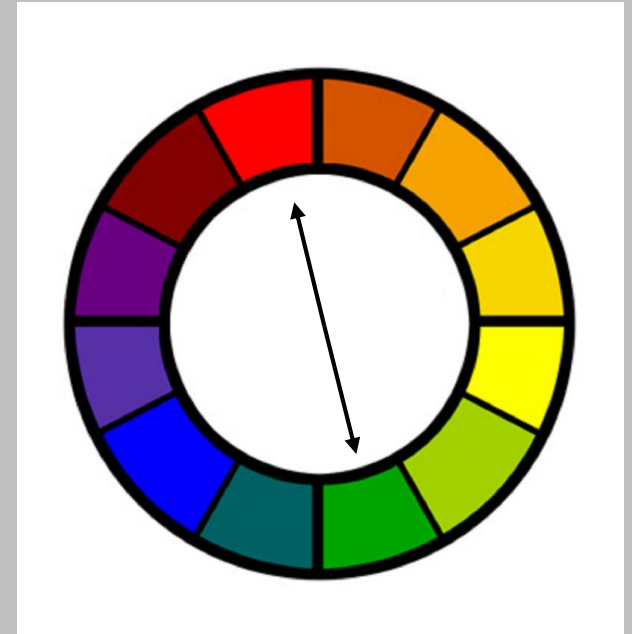


**przykładowy wybór kolorów**

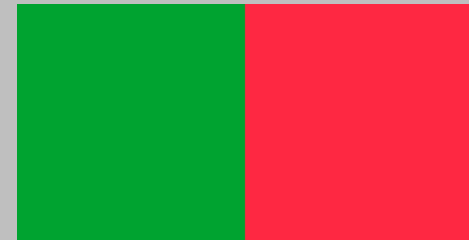


# Barwa - teoria

- **Schemat z kolorami dopełniającymi**
  - to taki, w którym występują kolory leżące naprzeciw siebie w kole barw.

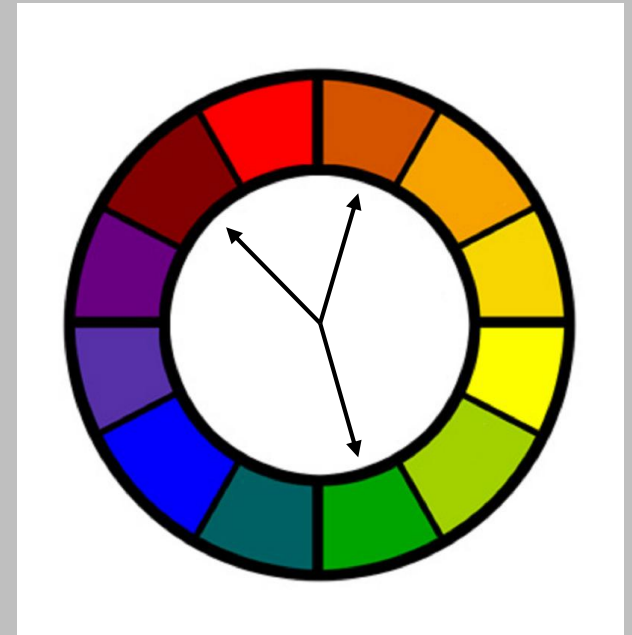


**przykładowy wybór kolorów**



# Barwa - teoria

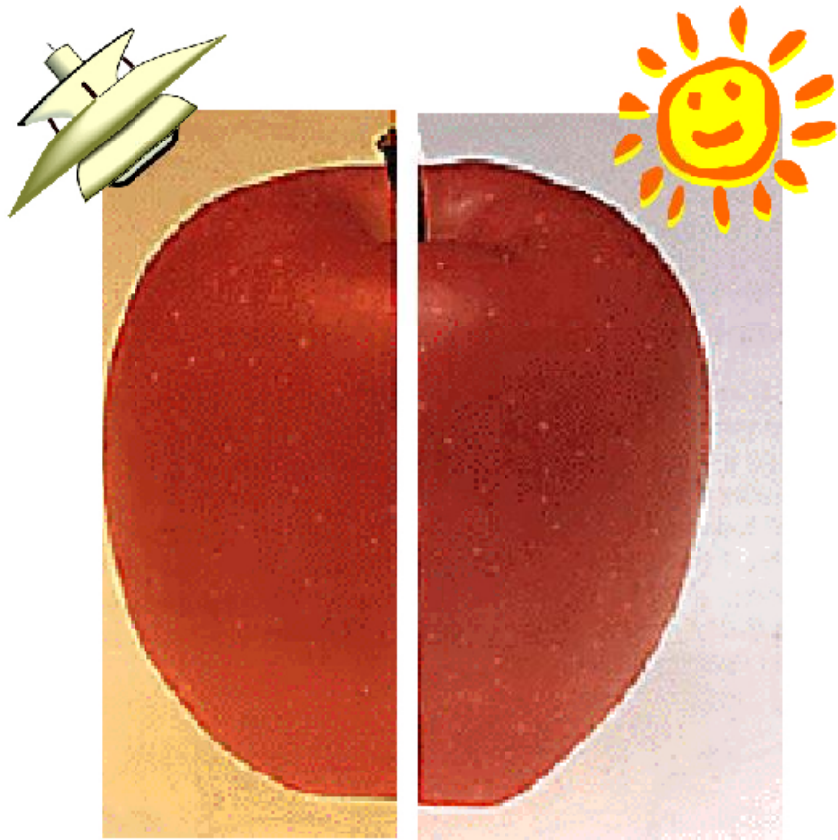
- **Schemat z roz biciem koloru dopełniającego**
  - to taki, który składa się z wybranego koloru oraz dwóch kolorów sąsiednich w stosunku do jego koloru dopełniającego.



**przykładowy wybór kolorów**



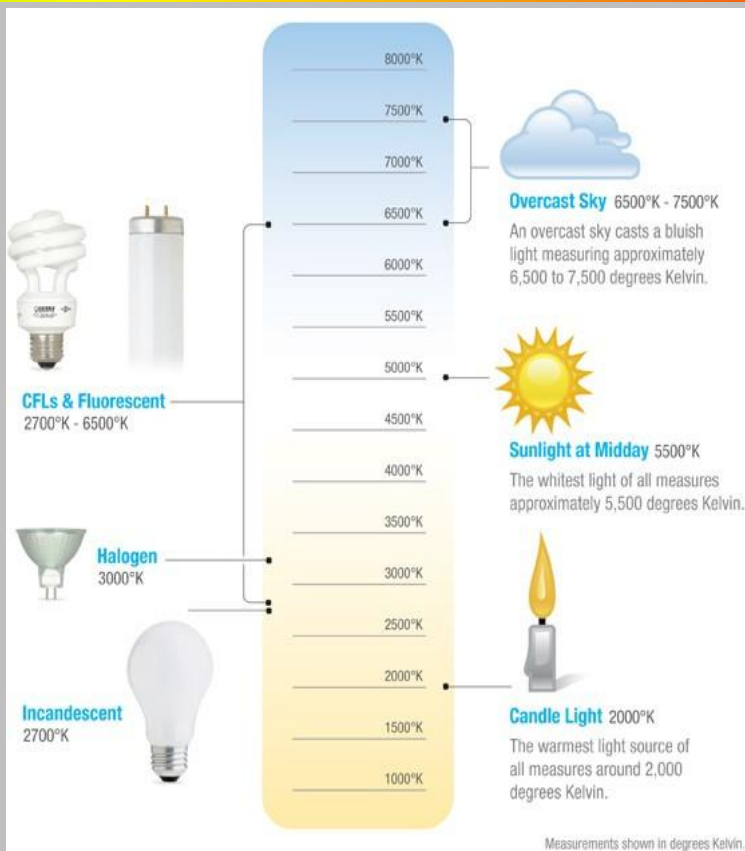
# Rodzaj oświetlenia



## Atrybuty światła

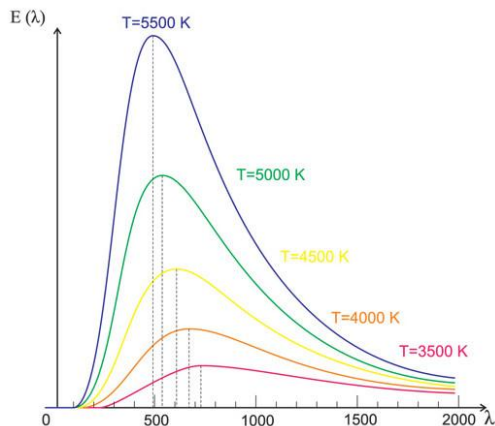
1. Natężenie
2. Skład widmowy
3. Temperatura barwna

# Temperatura światła (stopnie Kelvina)



O wrażeniu kolorystycznym oglądanego otoczenia decyduje między innymi rodzaj bieli, jaki wysyłany jest ze źródła światła. Parametr ten określany jest mianem temperatury barwowej  $T_b$  ( $T_c$ ).

temperatura barwowa poniżej 3300 K – barwa ciepła,  
temperatura barwowa 3300 K – 5300 K – barwa neutralna,  
temperatura barwowa powyżej 5300 K – barwa chłodna.



# Barwa - teoria



Wysoka temperatura barwowa światła dziennego przy całkowitym zachmurzeniu – około 6500K

# Barwa - teoria



Niska temperatura barwowa światła o zachodzie słońca – około 3000K

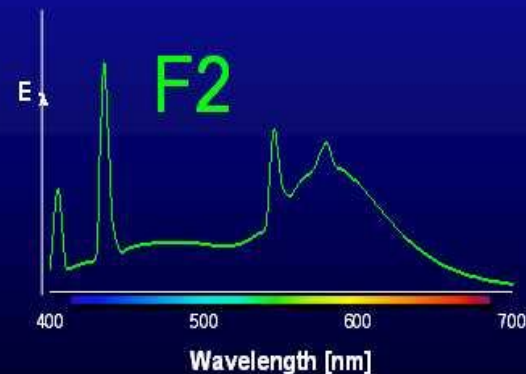
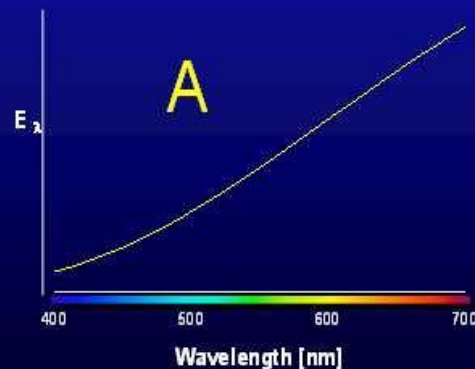
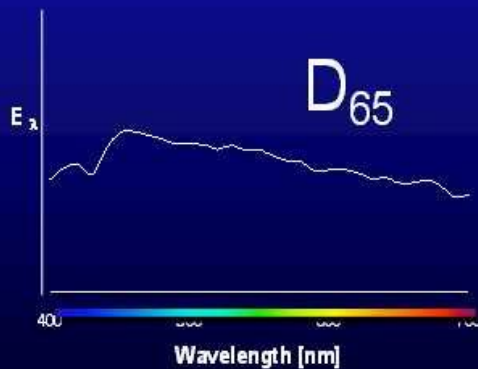
# Barwa - teoria

## Light Source versus Illuminant

Source



Illuminant





# Rodzaj oświetlenia

**Illuminant A** – odpowiada typowej krzywej spektralnej lampy żarowej

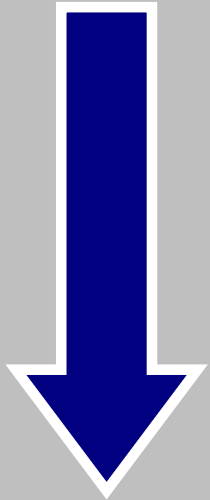
**Illuminant B** – odpowiada światłu słonecznemu o skorelowanej temperaturze barwowej 4874K.

**Illuminant C** - jest wczesną próbą utworzenia światła dziennego

**Illuminant D<sub>65</sub>** - jest serią illuminantów reprezentujących różne rodzaje światła.

# Barwa - teoria

**Atrybuty  
barwy**



✓ **Jakościowe**  
Odcień  
nasycenie

✓ **Ilościowe**  
Jasność, jaskrawość

**Rodzaj  
oświetlenia**



**Oświetlenie znormalizowane  
między innymi: D65, D50, C**

**Rodzaj  
obserwatora**



**Obserwator 2<sup>0</sup> i 10<sup>0</sup>**

# Barwa - teoria

Barwę można scharakteryzować trzema atrybutami:

- **odcień, kolor, walor** - nadaje barwie jej nazwę, a określa go odpowiednia długość fali elektromagnetycznej z zakresu od około 380 do 780 nm,
- **nasycenie** - uzyskiwane jest poprzez zmieszanie promieniowania barwnego z wiązka światła białego; zmieniając ilość światła białego uzyskujemy wrażenie tego samego koloru ale rozjaśnionego lub przyciemnionego,
- **jasność, jaskrawość, natężenie** - odpowiada wrażeniu słabszego lub mocniejszego strumienia światła które nie wpływa na zmianę koloru ani nasycenia.

$$S = \frac{\max(R, G, B) - \min(R, G, B)}{\max(R, G, B)}$$

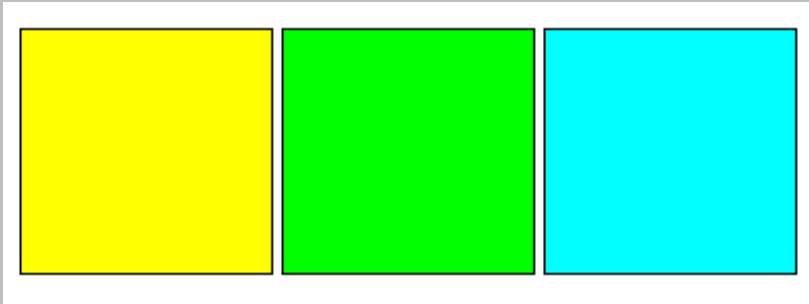
$$L = \frac{\max(R, G, B) + \min(R, G, B)}{2}$$

$$H_{rgb} = \text{atan2}(\sqrt{3} \cdot (G - B), 2 \cdot R - G - B)$$

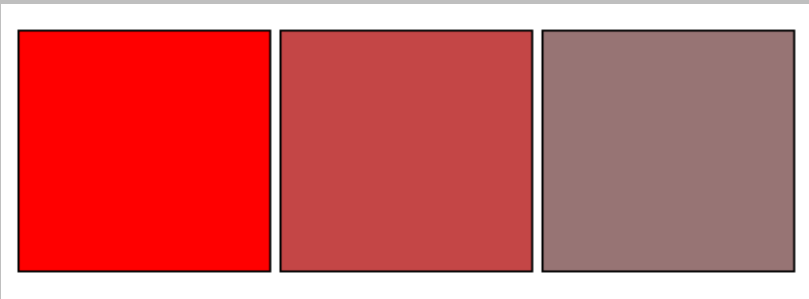
Kolejność	Obszar odcienia	Wzór
$R \geq G \geq B$	czerwono-żółty	$H_{rgb} = 60^\circ \cdot \frac{G - B}{R - B}$
$G > R \geq B$	żółto-zielony	$H_{rgb} = 60^\circ \cdot \left(2 - \frac{R - B}{G - B}\right)$
$G \geq B > R$	zielono-błękitny	$H_{rgb} = 60^\circ \cdot \left(2 + \frac{B - R}{G - R}\right)$
$B > G > R$	błękitno-niebieski	$H_{rgb} = 60^\circ \cdot \left(4 - \frac{G - R}{B - R}\right)$
$B > R \geq G$	niebiesko-karmazynowy <sup>[6]</sup>	$H_{rgb} = 60^\circ \cdot \left(4 + \frac{R - G}{B - G}\right)$
$R \geq B > G$	karmazynowo <sup>[6]</sup> -czerwony	$H_{rgb} = 60^\circ \cdot \left(6 - \frac{B - G}{R - G}\right)$

# Opis barwy

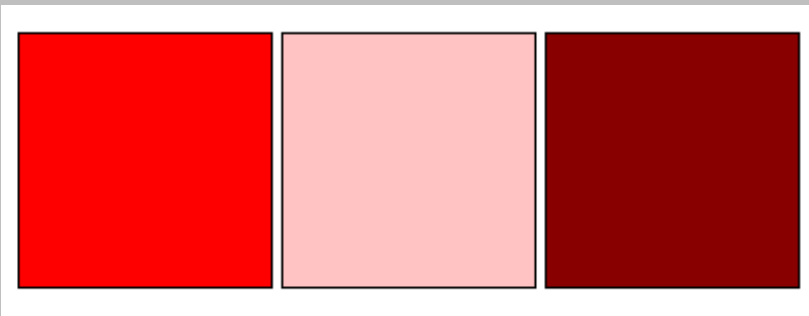
*Przykład barw różniących się:*



*kolorami*



*nasyceniem*

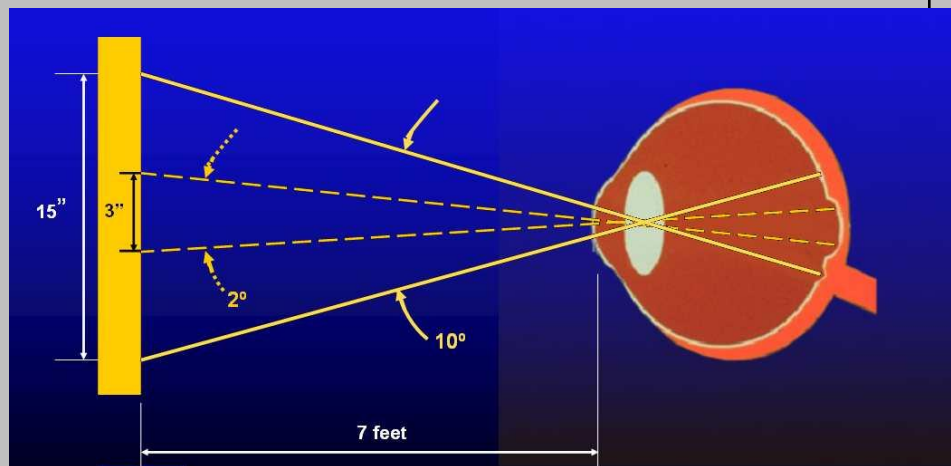
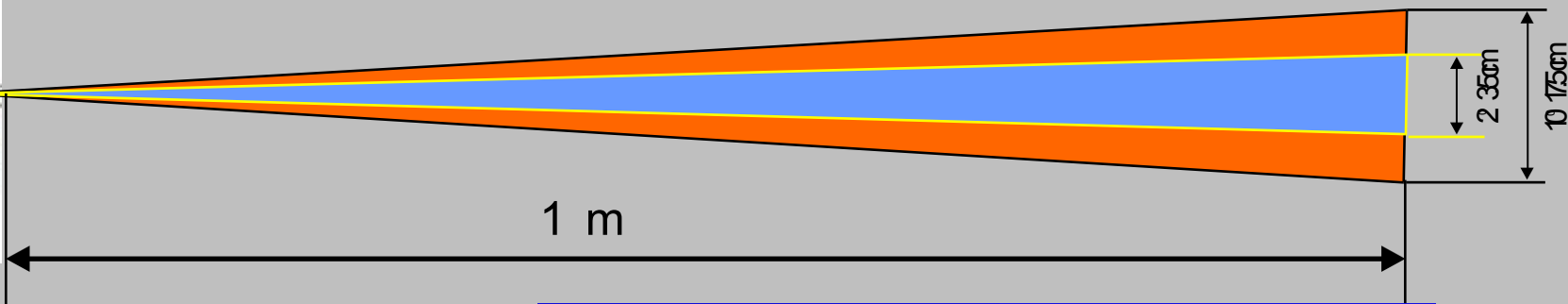
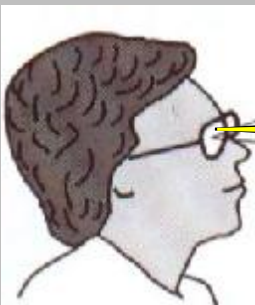


*jasnością*

# Barwa - teoria

Obserwator  $2^\circ$

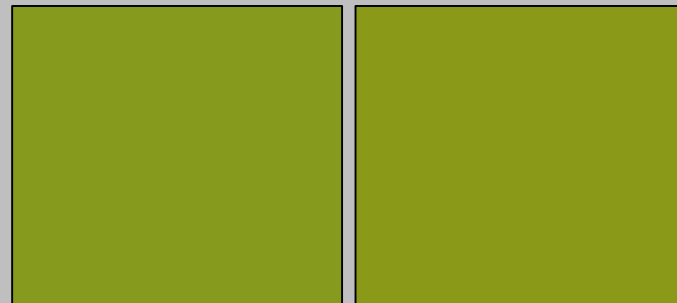
Obserwator normalny  $10^\circ$



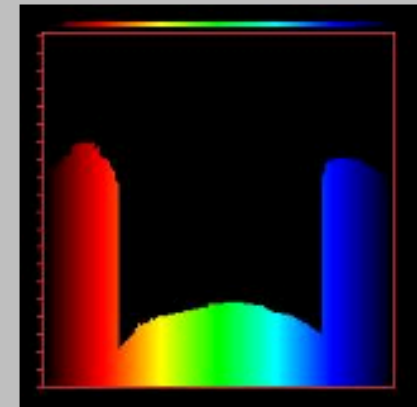
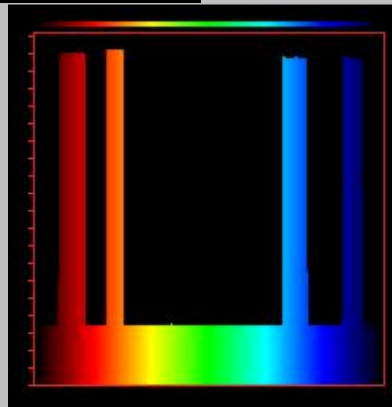
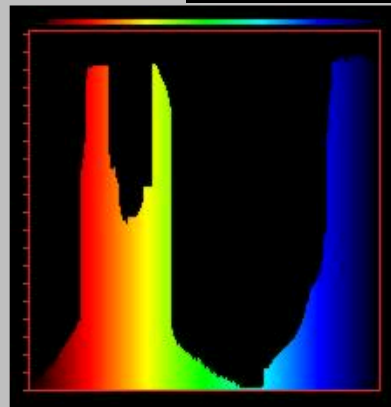
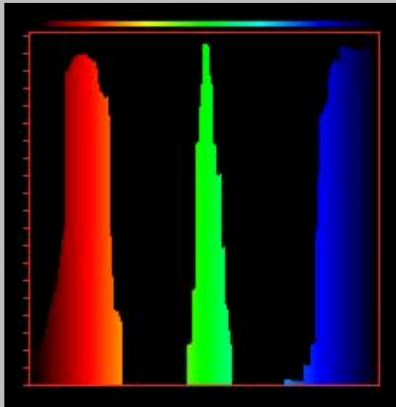
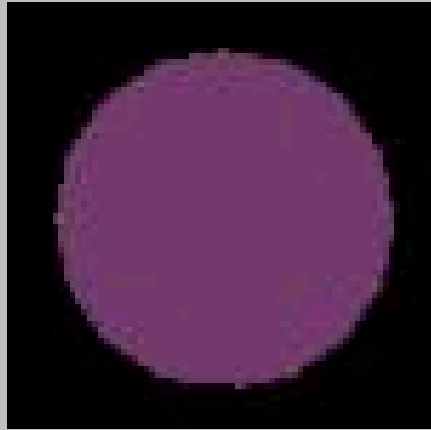
program

## Metameryzm

Zgodnie z trójskładnikową teorią wrażenia barwy, wprowadzona przez **Younga-Helmholtza**, wrażenie barwy nie zawsze musi być adekwatne do rozkładu widmowego światła. Prowadzi to do zjawiska metameryzmu, gdy różne grupy czopków, odpowiedzialnych w siatkówce oka za odbiór wrażeń barwnych, zostają pobudzone w różnych proporcjach, a mimo to wrażenie barwy jest identyczne.



# Barwa - teoria



Wizualna ocena barwy zależna jest od wielu czynników:

- rodzaju i intensywności źródła światła
- warunków i specyfiki otoczenia
- bezpośredniego otoczenia barwy
- wielkości pola barwy
- zmęczenia wzroku osoby oceniającej
- różnic indywidualnych osób oceniających.



# Barwa - teoria

**Modele barw**

**Tabele barw**

**Atlasy barw**

**Zestawy próbek**

**Metody tworzenia wzorców**

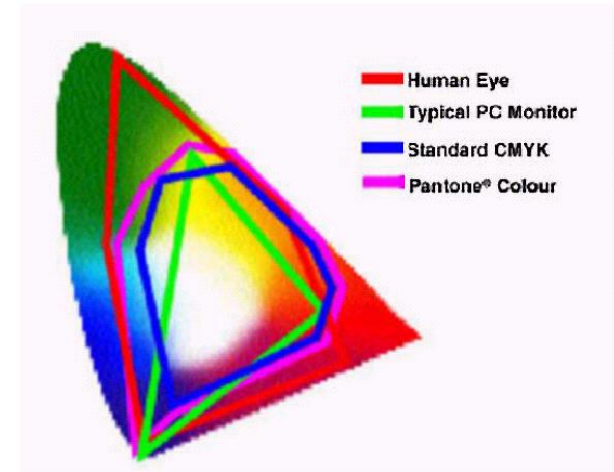
- 1. Addywne- wykorzystuje się w nich zasadę addywnego mieszania barw.**
- 2. Substraktywne- wykorzystuje się w nich zasadę substraktywnego mieszania barw.**
- 3. Percepcyjne- wykorzystuje się w nich zasady percepcji barw.**

# Pomiar Barwy

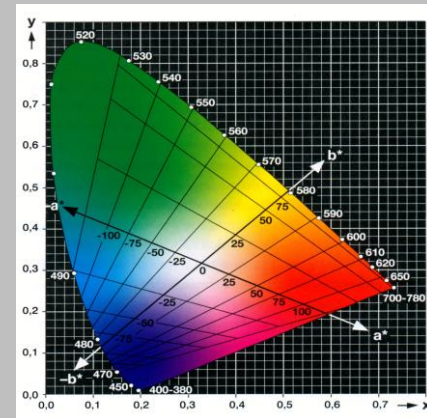
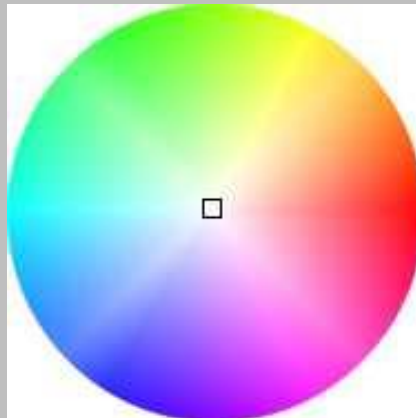
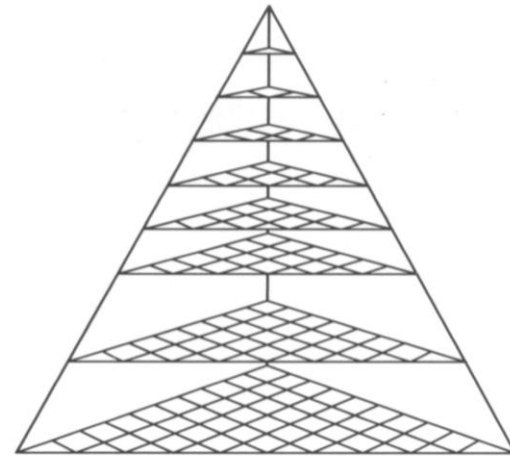
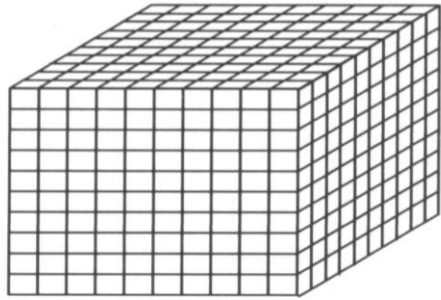
## COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION

- CIE XYZ (1931)
- CIE Lab (1976)
- HSV (Hue, Saturation, Value)
- RGB (**R**ed, **G**reen, **B**lue)
- CMYK (**C**yan, **M**agenta, **Y**ellow, **B**lack)
- Modele telewizyjne  
YUV i YIQ

Porównywanie i wzajemne transformacje przestrzeni barw różnych urządzeń graficznych

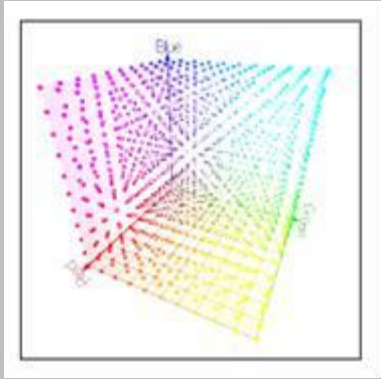


# Pomiar Barwy

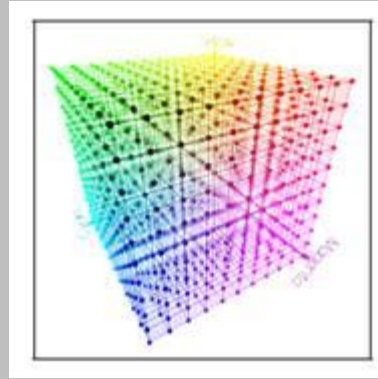


# Pomiar Barwy

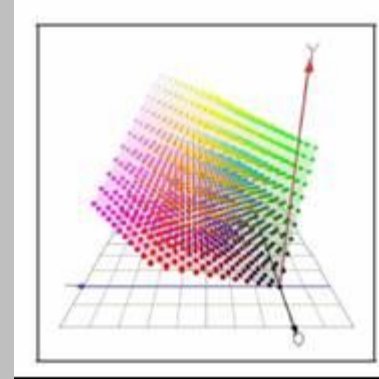
## Porównanie modeli barw



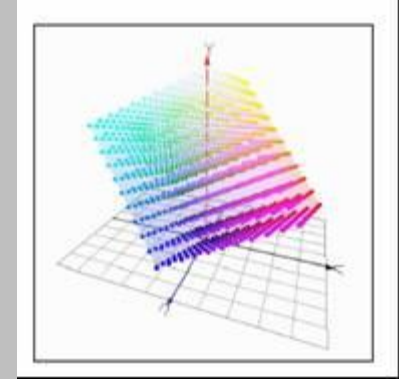
**RGB**



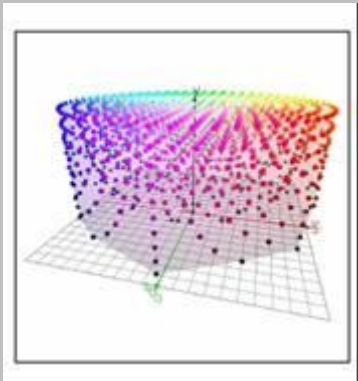
**CMY**



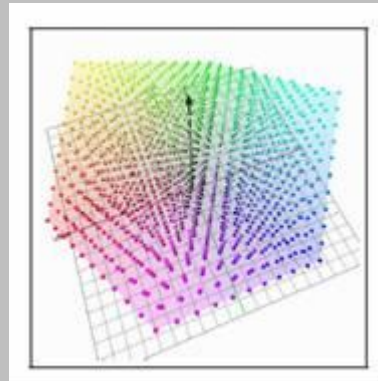
**YIQ**



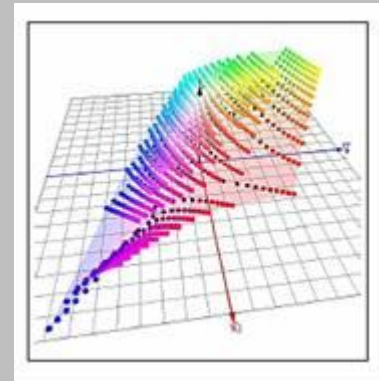
**YUV**



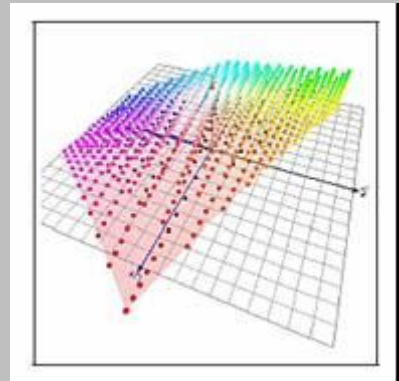
**HSV**



**HSI**



**CIE Lab**



**CIE Luv**

## Model przestrzeni barwy XYZ

W 1931 roku międzynarodowa komisja o nazwie CIE (**Commission Internatonale de l' ´ Eclairage**) zdefiniowała system współrzędnych barwnych  $XYZ$ , w którym światło o dowolnej barwie daje się przedstawić za pomocą trzech nieujemnych strumieni  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ .

Plamę światła monochromatycznego o określonej barwie  $C$ , porównywali z plamką powstałą ze złożenia trzech światel o barwach podstawowych ( $R,G,B$ ): czerwonej (700nm),zielonej (546.1nm) i niebieskiej (435.8nm)

$$X = 0,490R + 0,310G + 0,200B,$$

$$Y = 0,177R + 0,812G + 0,011B,$$

$$Z = 0,000R + 0,010G + 0,990B,$$

$$\mathbf{C} = \mathbf{rR} + \mathbf{gG} + \mathbf{bB}$$

# Model przestrzeni barwy XYZ

$$\mathbf{C} = r\mathbf{R} + g\mathbf{G} + b\mathbf{B}$$

$$x = X/(X + Y + Z),$$

$$y = Y/(X + Y + Z),$$

$$z = Z/(X + Y + Z).$$

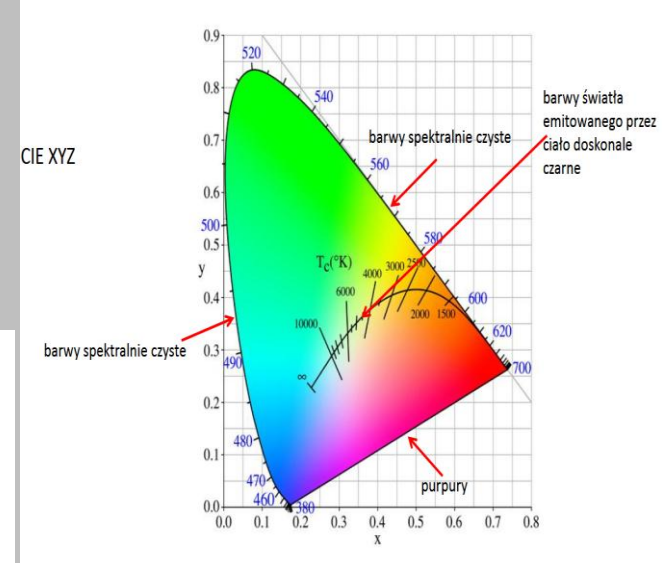
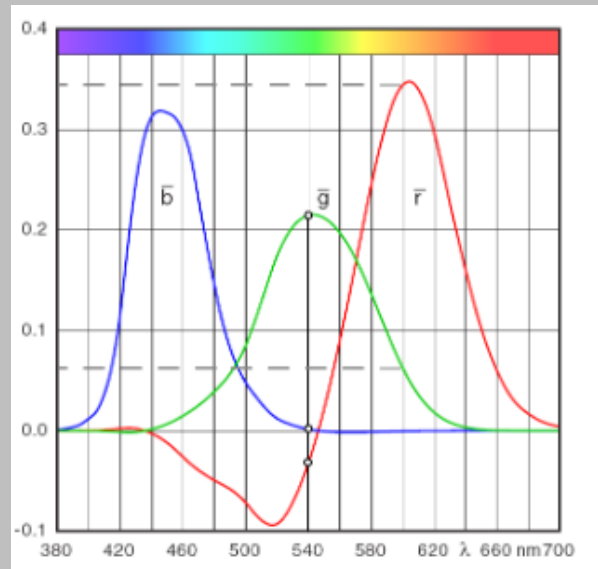
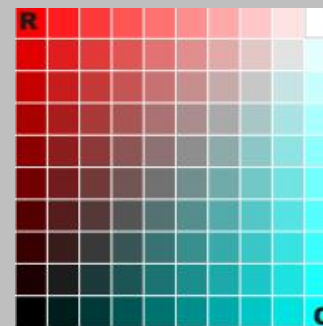
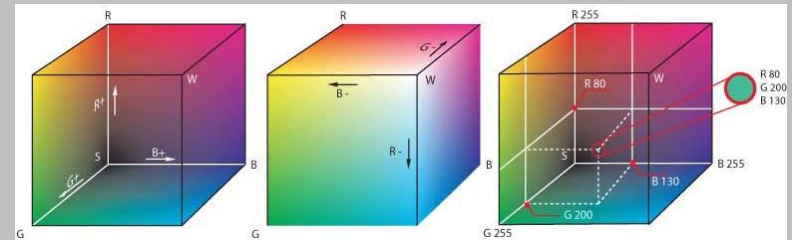
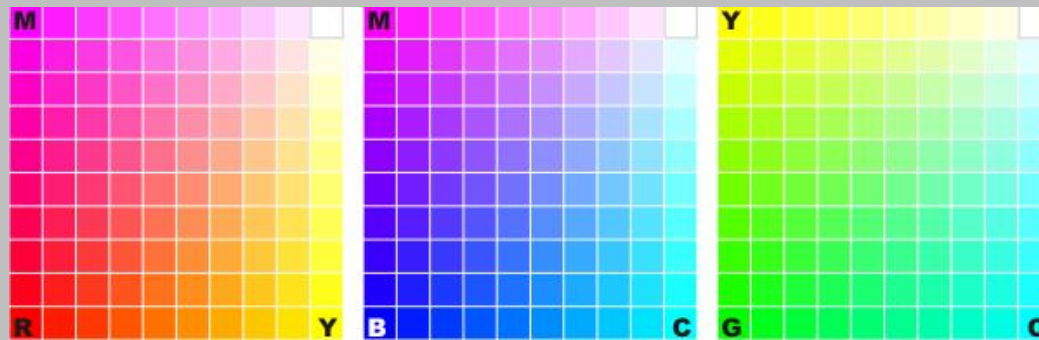
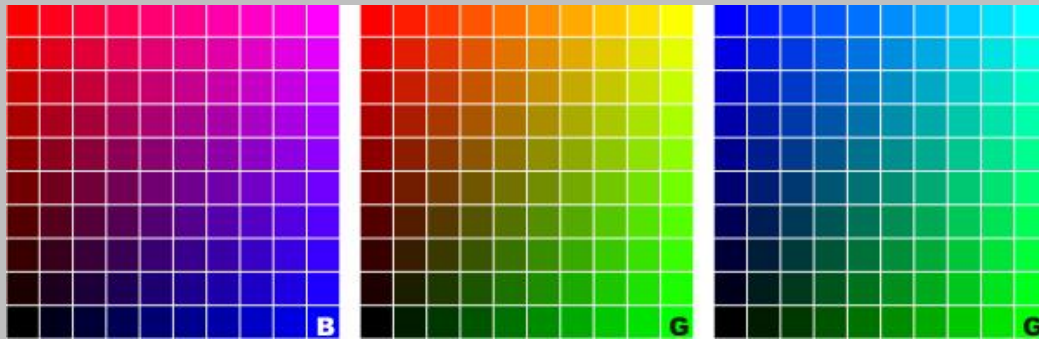
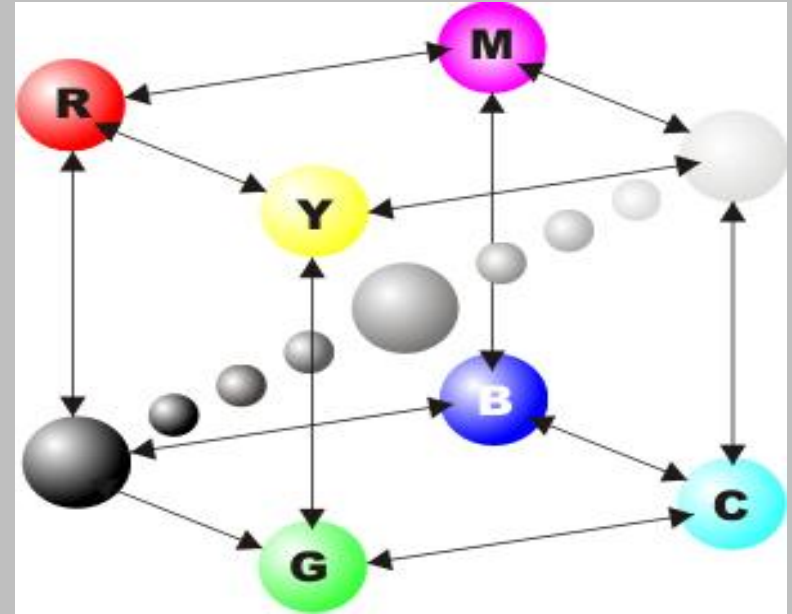


Diagram chromatyczności CIE

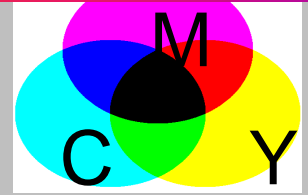
Składowa  $Z$  reprezentuje luminancję strumienia światła, natomiast składowe  $x$  i  $y$  określają jego barwę.

# Model RGB

Red=czerwony;  $\lambda_R=700$  nm,  
Green=zielony;  $\lambda_G=546,1$  nm,  
Blue=niebieski;  $\lambda_B=435,8$  nm.



# Model CMYK



- Skrót CMYK pochodzi od nazw czterech kolorów, będących bazą tego modelu: cyan (cyjan), magenta (magenta), yellow (żółty) i kolor kluczowy -czarnym.
- Kolory CMYK nazywane są kolorami rozbarwień.
- Proces drukowania przy użyciu takich farb nazywa się czterokolorowym procesem druku.
- Model barwny CMYK oparty jest na zasadzie, według jakiej zachowuje się światło padające na rzeczywiste obiekty fizyczne.
- Barwy ze spektrum światła zostają odbitej trafią do naszych oczu.
- W terminologii fizycznej taki model barwny nosi nazwę modelu subtraktywnego.
- W skład modelu wchodzi cztery kanały, proces wykonywania rozbarwień nazywamy też procesem separacji, a rozbarwienia noszą również nazwę separacji barwnych obrazu.
- Połączenie wszystkich czterech kanałów nazywamy obrazem kompozytowym.



# Barwa - teoria

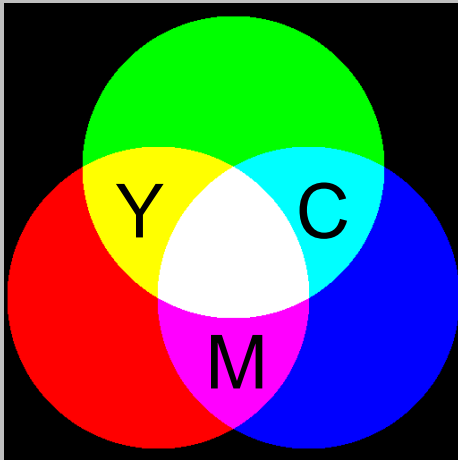
## RGB

Metoda addytywna

R= 0-255

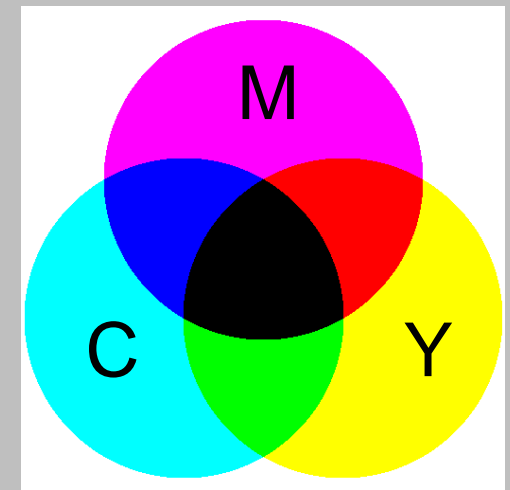
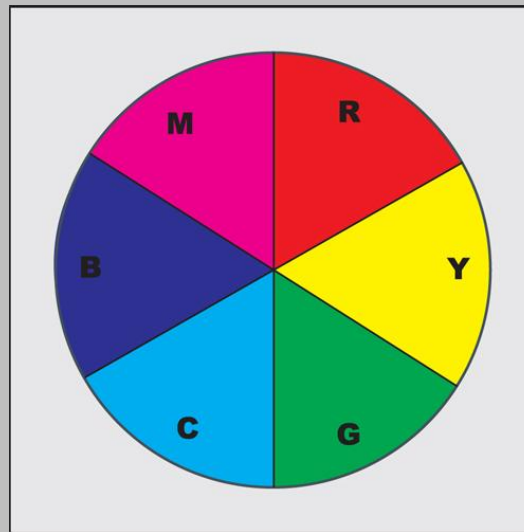
G= 0-255

B= 0-255



## CMYK

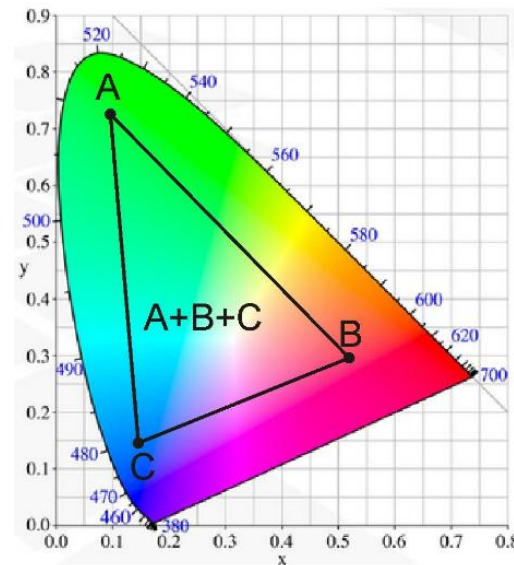
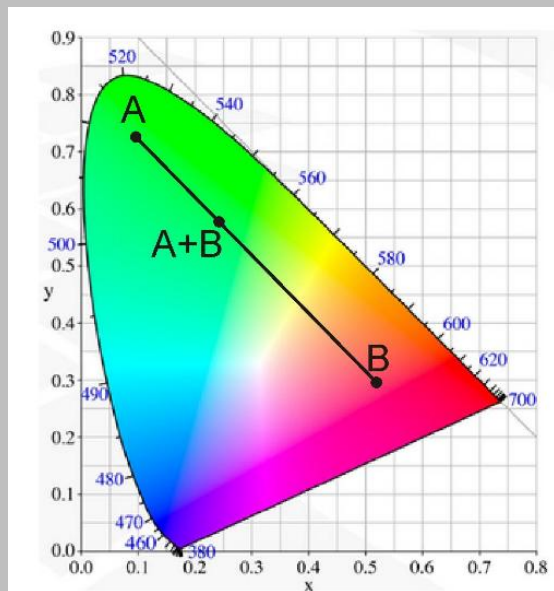
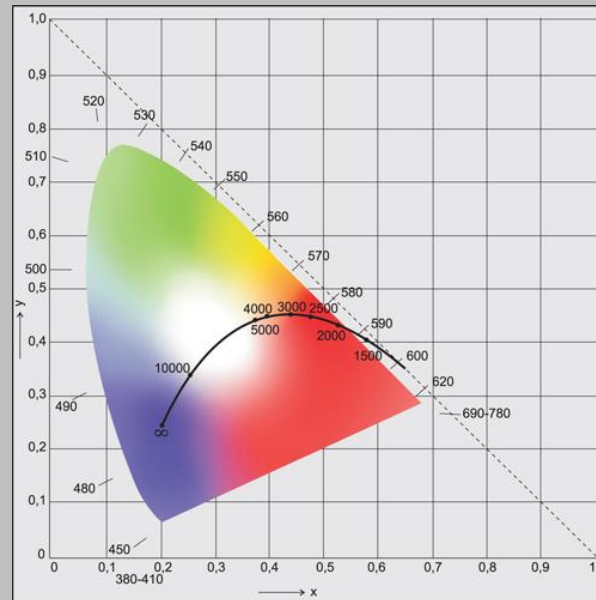
Metoda substraktywna



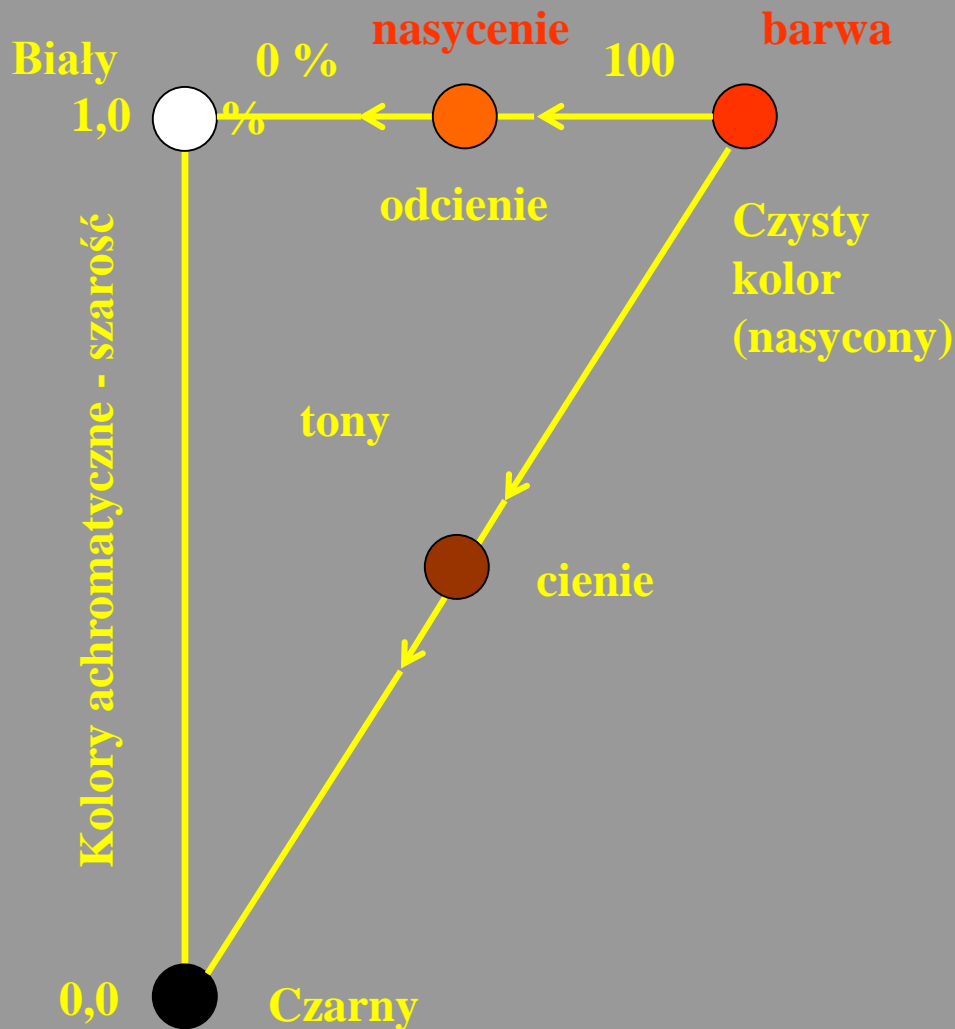
[program](#)

# Barwa - teoria

## Zasady dodawania barw



# Barwa - teoria



Poprzez mieszanie barw czystych z bielą otrzymujemy coraz mniej nasycone odcienie.

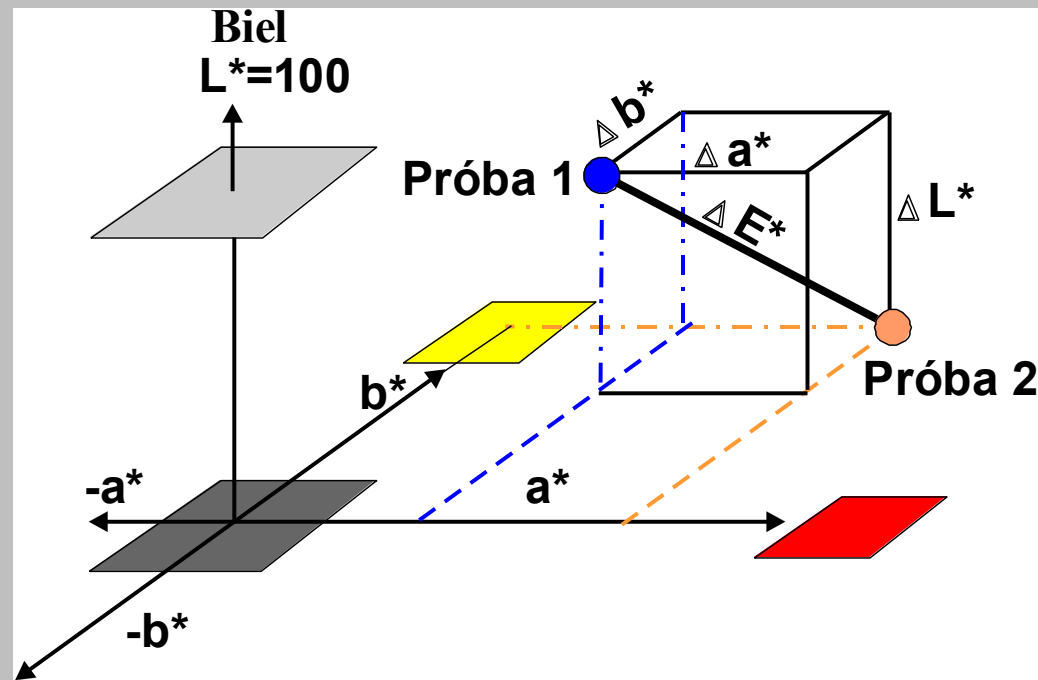
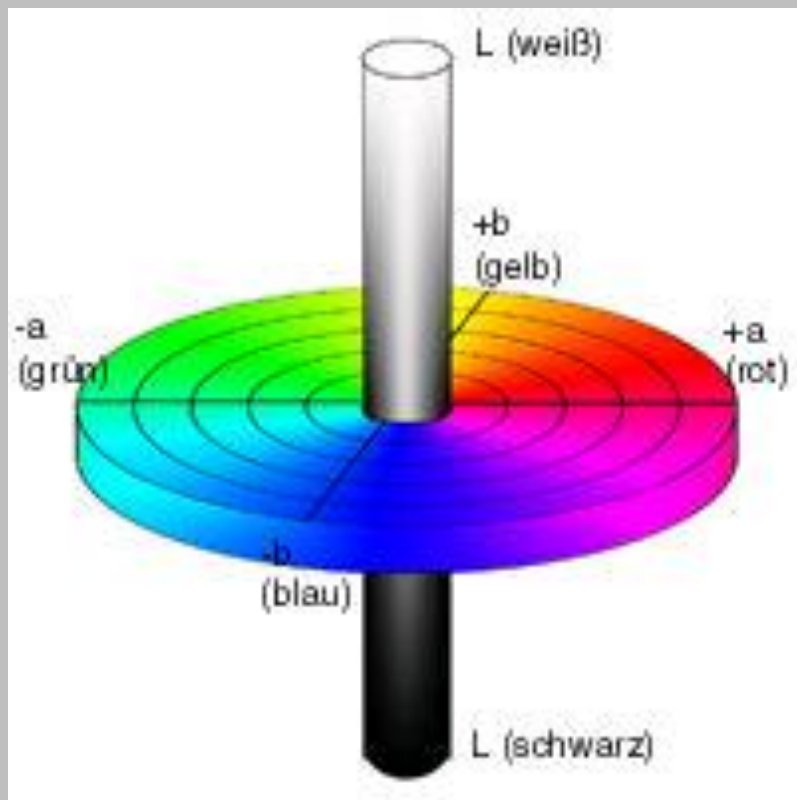
\*

Poprzez mieszanie barwy nasyconej z czarną, otrzymujemy coraz ciemniejsze odcienie koloru.

\*

Mieszanie barwy białej i czarnej pozwala uzyskać odcienie szarości. Barwa biała, czarna i odcienie szarości są *barwami achromatycznymi*.

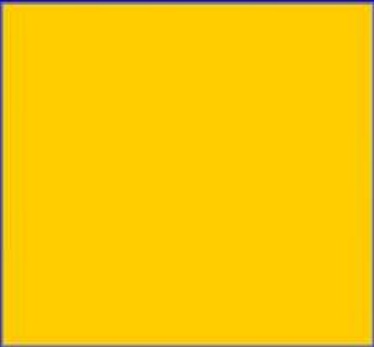
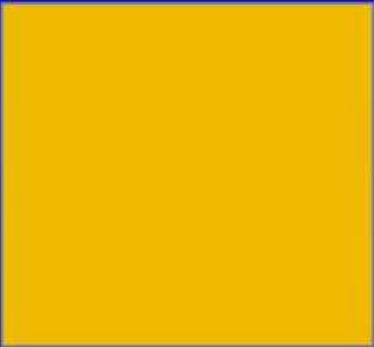
# Model CIE LAB - perceptualny



Odległości między barwami odpowiadają odczuwalny subiektywnym odczuciom. Kolory o tej samej jasności leżą na powierzchni tego samego koła

# Pomiar Barwy

## Rectangular $\Delta L^*$ , $\Delta a^*$ , $\Delta b^*$ Color Differences

SAMPLE		STANDARD		COLOR DIFFERENCES	
	—		=		
$L^* = 71.9$		$L^* = 69.7$		$\Delta L^* = +2.2$	
$a^* = +10.2$		$a^* = +12.7$		$\Delta a^* = -2.5$	
$b^* = +58.1$		$b^* = +60.5$		$\Delta b^* = -2.4$	

# Model CIE LAB

## Indeksy:

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

$$\Delta L^* = L^*_{std.} - L^*_{prób.} \quad \Delta a^* = a^*_{sta.} - a^*_{prób.} \quad \Delta b^* = b^*_{std.} - b^*_{prób.}$$

$$\Delta C^* = C^*_{prób.} - C^*_{sta.}$$

$$C^*_{sta.} = \sqrt{(a^*_{sta.})^2 + (b^*_{sta.})^2} \quad C^*_{prób.} = \sqrt{(a^*_{prób.})^2 + (b^*_{prób.})^2}$$

$$\Delta H^* = \sqrt{(\Delta E^*)^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C^*)^2}$$

# Model CIE LAB

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

Standard

Batch 1

$$\Delta E^* = \sqrt{(0.57)^2 + (0.57)^2 + (0.57)^2} = 1$$

Batch 2

$$\Delta E^* = \sqrt{(0.0)^2 + (1.0)^2 + (0.0)^2} = 1$$

# Model CIE LAB

**$\Delta E$  między 0 i 1**

różnica normalnie niewidoczna

**$\Delta E$  między 1 i 2**

bardzo małe odchylenie,  
rozpoznawalne tylko przez  
doświadczonych obserwatorów.

**$\Delta E$  między 2 i 3,5**

średnie odchylenia;  
rozpoznawalne także przez nie  
doświadczzonego obserwatora

**$\Delta E$  między 3,5 i 5**

wyraźne odchylenie

**$\Delta E$  powyżej 5**

duże odchylenie

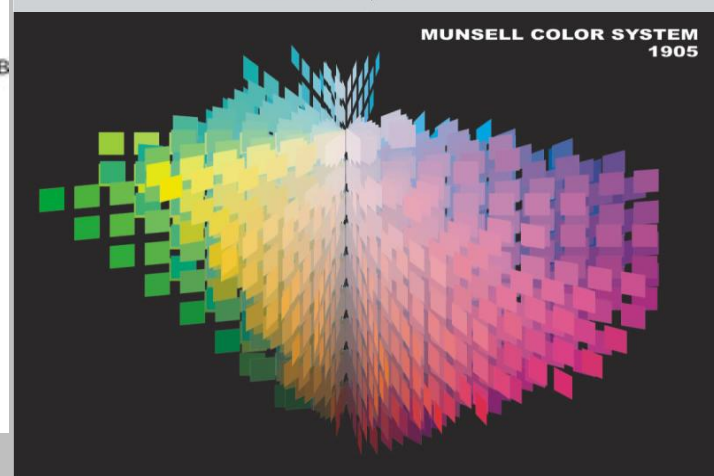
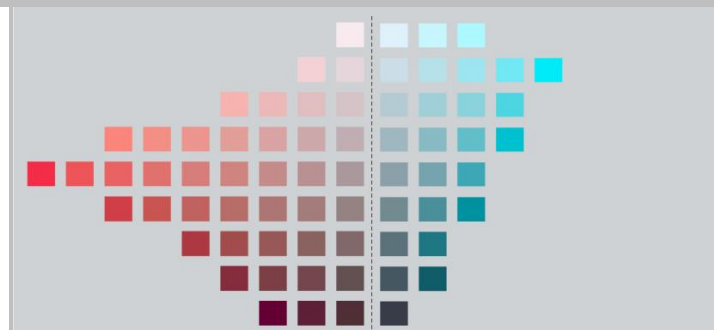
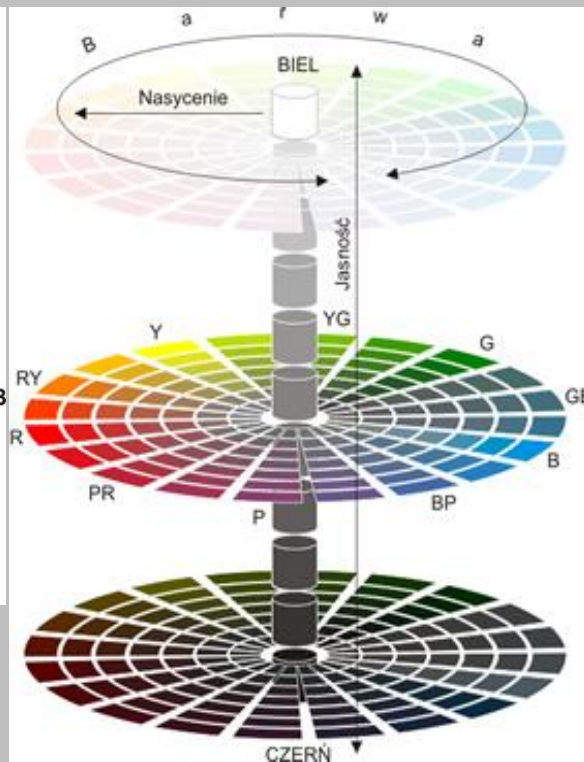
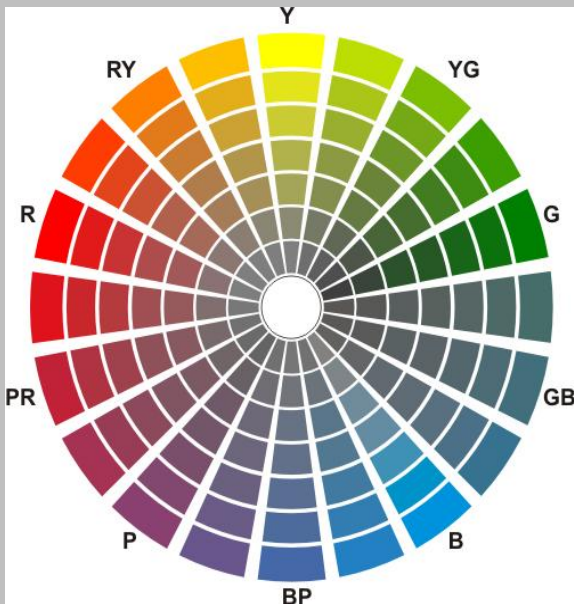


# System kolorów Munsella

Munsell założył, że sąsiadujące kolory muszą różnić się o tę samą wartość i harmonizować ze sobą. Różnice i harmonia kolorów ustalone zostały w wyniku kolejnych testów i kalibracji wykonanych z udziałem pewnej liczby osób.

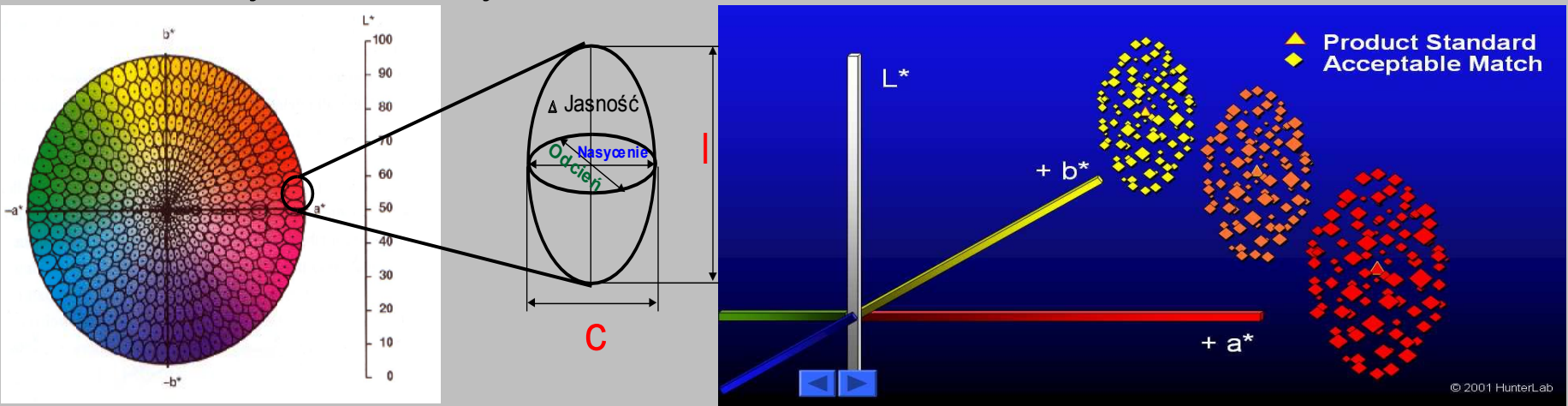
Przestrzeń kolorów Munsella ma trzy wymiary:

**barwa (hue), nasycenie (chroma) i jasność (value).**



# System opisu barwy CMC

- Model CMC wykorzystuje przestrzeń CIE Lab, jednak jedynie w aspekcie oceniania różnicy barw.
- W odróżnieniu od przestrzeni Lab CMC skupia się na tolerancji obserwatora w zakresie różnic między doznawanymi wrażeniami barwnymi.
- Górna połowa okręgu definiuje model CIE Lab, z elipsami o stosunku jasności do koloru (l do c) równym 1 :1,5.
- Rozmiar poszczególnych elips wskazujących na barwy, których postrzeganie zmienia się o stałą wartość jest różny w różnych obszarach okręgu
- Jest to spowodowane tolerancją oka na określone wahania atrybutów barw –jest ona niejednakowa.



# System opisu barwy CMC

$$\Delta E_{CMC} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L^*}{lSL}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C^*}{cSC}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H^*}{SH}\right)^2}$$

$$SL = \frac{0.040975L^*}{1 + 0.01765L^*}$$

dla  $L^* > 16$

$$SL = 0.511$$

dla  $L^* < 16$

$$SC = \frac{0.0638C^*}{1 + 0.0131C^*} + 0.638$$

$$SH = (FT + 1 - F) * SC$$

$$F = \sqrt{\frac{C^{*4}}{C^{*4} + 1900}}$$

$$T = 0.56 + |0.2 \cos(168 + h)|$$

dla  $164^\circ < h < 345^\circ$

$$T = 0.36 + |0.4 \cos(35 + h)|$$

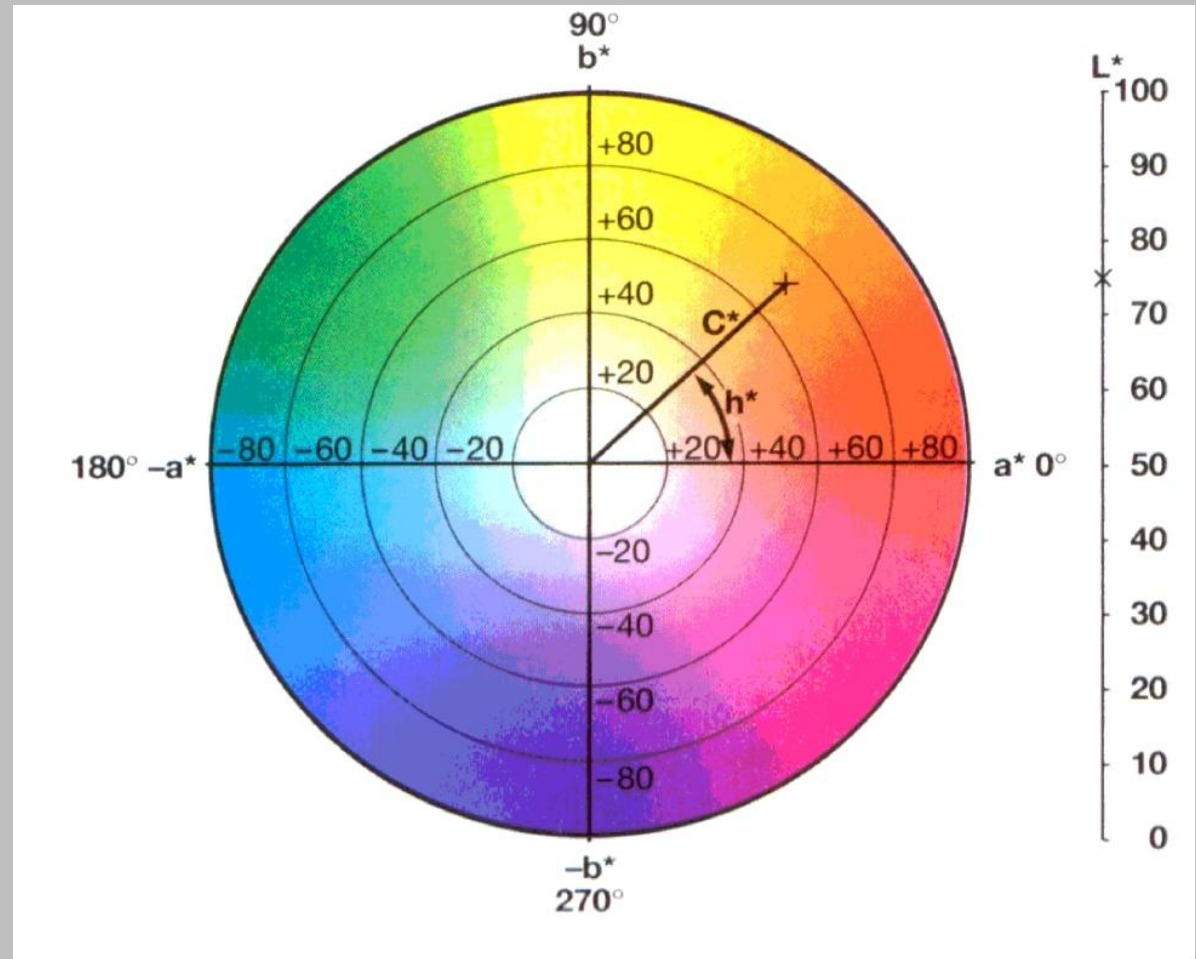
dla  $h = 164^\circ$  lub  $h > 345^\circ$

$$h^0 = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right)$$

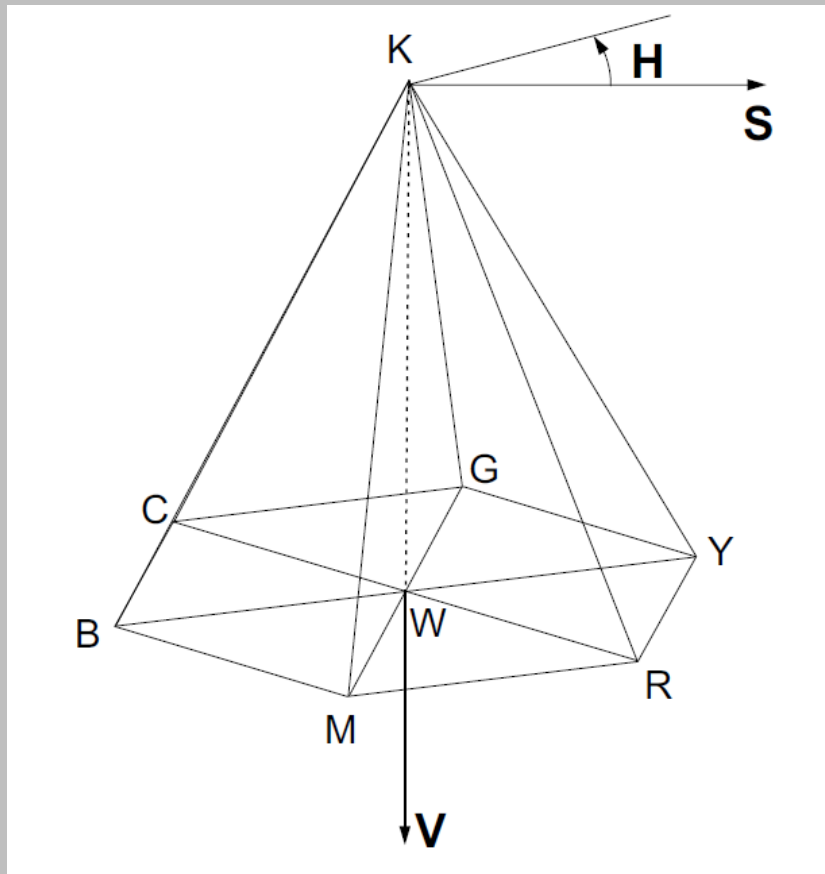
# System opisu barwy CIELCH

$$C_{ab}^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$$

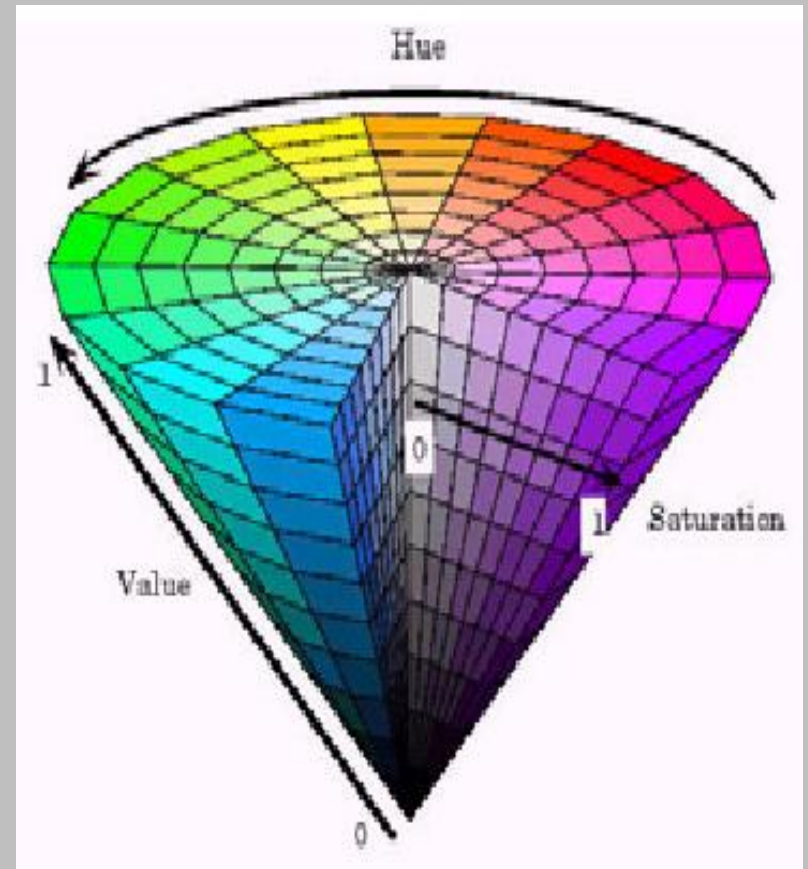
$$h_{ab}^* = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right)$$



# Model HLS



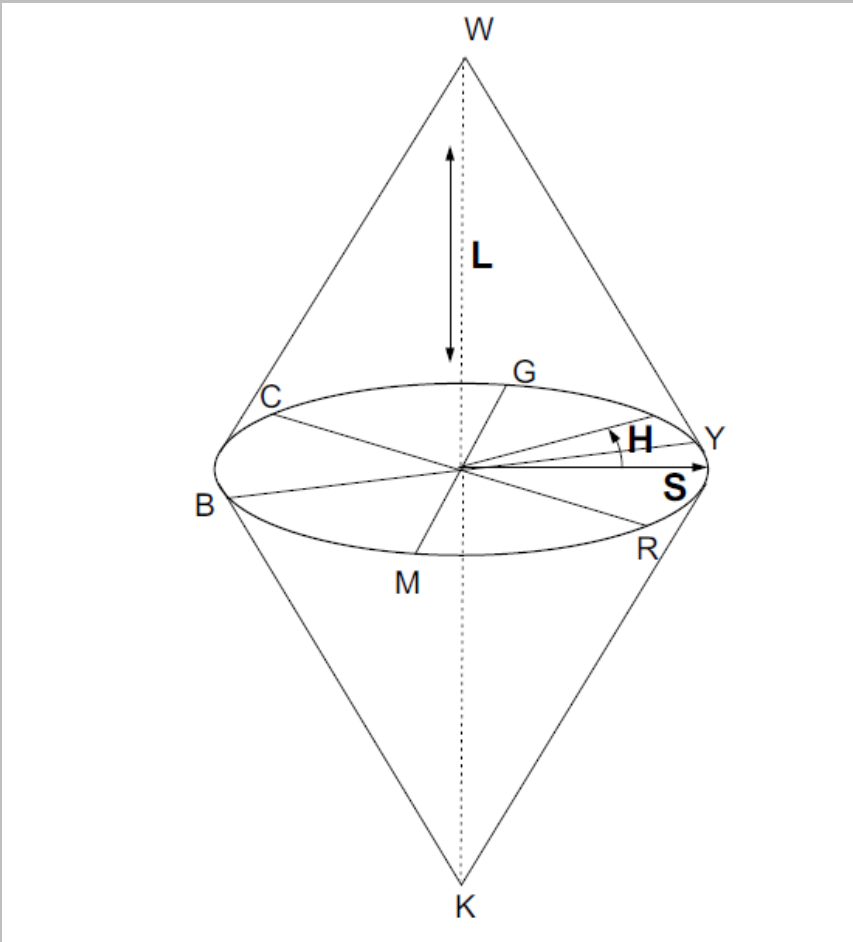
# Model HSV



HSV - Model intuicyjny oparty o pojęcia: odcienia (*hue*) - barwy widmowej, nasycenia (*saturation*) - udziału bieli oraz wartości (*value*) - udziału czerni dodanej do barwy.

# Model HLS

# Model HSV



# System opisu barwy YIQ

W telewizyjnych monitorach stosuje się pojedynczego sygnału chrominancji oraz luminancji. Organizacja o nazwie National Television System Committee (NTSC), opracowała model barw o **nazwie YIQ**, oparty na modelu CIE XYZ.

$$Y = 0,299 \cdot R + 0,587 \cdot G + 0,114 \cdot B$$

$$I = 0,596 \cdot R + (-0,275 \cdot G) + 0,321 \cdot B$$

$$Q = 0,212 \cdot R + (-0,528 \cdot G) + 0,311 \cdot B$$

Zgodnie z obowiązującymi standardami telewizyjnymi **wartość luminancji** powinna być kodowana za pomocą 8 bitów, natomiast **sygnały chrominancji** za pomocą 4bitów. Wynika to z faktu iż oko ludzkie jest bardziej czułe na zmiany luminancji niż na niepoprawne odwzorowanie barw

$$R = 1 \cdot Y + 0,956 \cdot I + 0,62 \cdot Q$$

$$G = 1 \cdot Y + (-0,272 \cdot I) + (-0,647 \cdot Q)$$

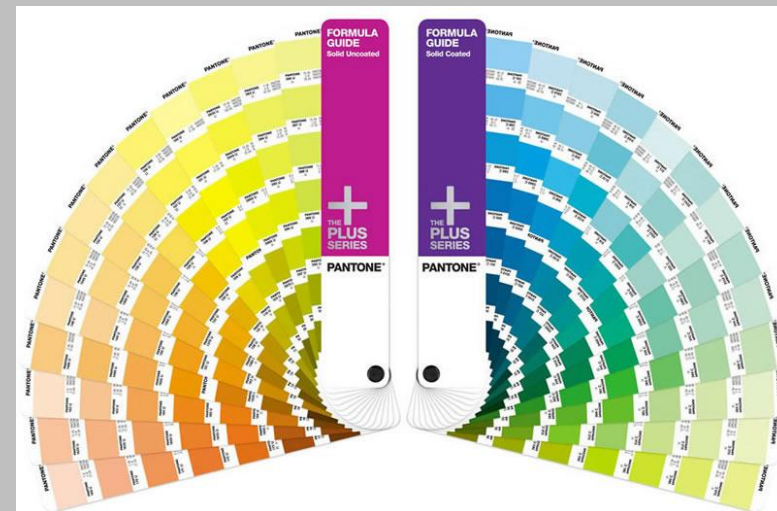
$$B = 1 \cdot Y + (-1,108 \cdot I) + 1,0705 \cdot Q$$

# SYSTEMY KOLORÓW "WZORCOWYCH"

W praktyce przemysłowej stosuje się systemy kolorów, które w zasadzie nie są żadnymi "systemami" (kolory nie są w nich tworzone na jakiejś ogólnej zasadzie wynikającej z teorii koloru), ale zbiorami wzorów kolorów oznaczonych numerami. Ich niezawodność wynika z faktu, że wszyscy użytkownicy systemu mają zestawy identycznych wzorów (zwykle wytwarza je jedno laboratorium). Nie ma przy tym żadnego znaczenia, w jaki sposób producent uzyska kolor - ważne jest to, żeby kolor ten był identyczny z wzorcem. Odbiorca towaru, zamawiając produkt w kolorze wybranym z identycznego wzornika ma pewność, jaki kolor będzie miał otrzymany produkt.

**Obecnie popularne są dwa systemy kolorów wzorcowych:  
RAL i PANTONE.**

RAL 1000	RAL 1003	RAL 1007	RAL 1011	RAL 1012	RAL 1014	RAL 1016
RAL 1019	RAL 1021	RAL 1024	RAL 1027	RAL 1028	RAL 1032	RAL 1034
RAL 2000	RAL 2001	RAL 2002	RAL 2003	RAL 2009	RAL 2011	RAL 2012
RAL 3000	RAL 3003	RAL 3004	RAL 3007	RAL 3009	RAL 3011	RAL 3012
RAL 3015	RAL 3016	RAL 3017	RAL 3020	RAL 3022	RAL 3027	RAL 4001
RAL 4002	RAL 4003	RAL 4004	RAL 4009	RAL 5000	RAL 5002	RAL 5003
RAL 5004	RAL 5005	RAL 5009	RAL 5012	RAL 5013	RAL 5014	RAL 5017
RAL 5018	RAL 5022	RAL 5023	RAL 5024	RAL 6000	RAL 6001	RAL 6002
RAL 6003	RAL 6004	RAL 6005	RAL 6006	RAL 6009	RAL 6010	RAL 6013
RAL 6014	RAL 6016	RAL 6017	RAL 6018	RAL 6019	RAL 6020	RAL 6021
RAL 6024	RAL 6025	RAL 6026	RAL 6027	RAL 6029	RAL 6032	RAL 6033
RAL 6034	RAL 7000	RAL 7001	RAL 7002	RAL 7003	RAL 7005	RAL 7006
RAL 7008	RAL 7009	RAL 7011	RAL 7013	RAL 7015	RAL 7016	RAL 7021
RAL 7023	RAL 7024	RAL 7032	RAL 7034	RAL 7035	RAL 7036	RAL 7036
RAL 7042	RAL 8000	RAL 8001	RAL 8002	RAL 8012	RAL 8014	RAL 8016
RAL 8019	RAL 8023	RAL 8024	RAL 8028	RAL 9001	RAL 9002	RAL 9003
RAL 9004	RAL 9005	RAL 9010	RAL 9011	RAL 9016	RAL 9017	RAL 9018





## **System zarządzania kolorem (CMS, ang. *Color Management System*)**

Standard systemowy, który umożliwia wierne odwzorowanie kolorystyczne danego produktu (reprodukcja kolorów). CMS pozwala na utworzenie dokładnie takich samych profili kolorystycznych na wszystkich urządzeniach, które biorą udział w procesie [prepress](#) i [press \(dtp\)](#).

### **System zarządzania barwami:**

- zapewnia przenośność barwy w [przepływie pracy](#) i niezależność barw od urządzeń (niezależna przestrzeń barw)
- umożliwia kontrolę koloru w etapie prepress
- wymaga kalibracji urządzeń (posiada profile barwowe urządzeń)
- posiada [algorytm](#) przekształcania modeli barw i algorytm renderowania barw spoza gamy

### **Przyczyny niezgodności kolorystycznych:**

- różne modele pracy urządzeń
- różne gamy barw na urządzeniach
- indywidualne cechy urządzeń

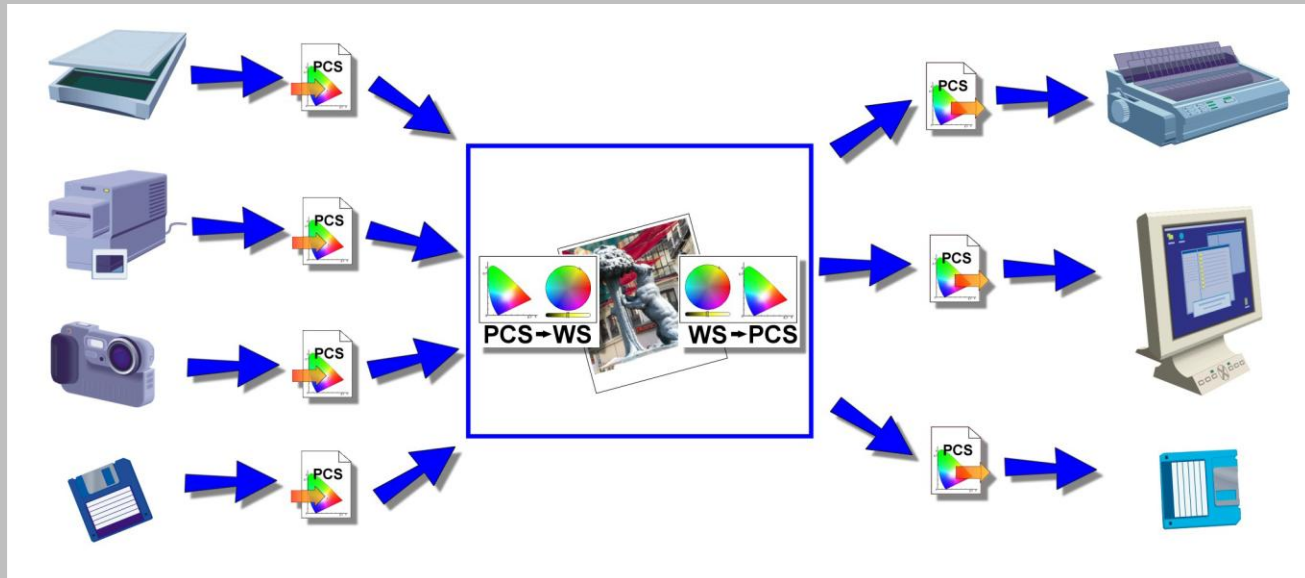
# Przetwarzanie obrazów oparte na CMS

Wszystkie systemy zarządzania barwą oparte na standardzie ICC stosują następujące podstawowe elementy:

- **PCS - Profile Connection Space** pozwala nadać barwie jednoznaczną wartość CIE XYZ lub CIE LAB, która nie zależy od ułomności różnych urządzeń stosowanych do reprodukcji tej barwy –zamiast tego definiuje barwę w taki sposób, w jaki jest ona postrzegana przez przeciętnego człowieka.
- **Profile** - Profil opisuje zależność między sygnałami sterującymi urządzenia RGB lub CMYK a rzeczywistą barwą, jaką tworzy urządzenie dla tych wartości – dokładniej, określają wartości CIE XYZ lub CIE LAB, które odpowiadają danemu zestawowi wartości RGB lub CMYK.

# Przetwarzanie obrazów oparte na CMS

- ❑ Surowe dane na temat obrazu pochodzące prosto z urządzenia (skaner, skaner slajdów, aparat cyfrowy itp.) lub też wczytywane z pliku poddawane są, z wykorzystaniem stosownego PCS, przetworzeniu do przestrzeni barw niezależnej od urządzenia.
- ❑ W ramach programu dane konwertowane są z PCS do **roboczej przestrzeni barw (WS - working space)**, w której będą się odbywały wszystkie operacje w programie.
- ❑ W programie obraz cały czas przechowywany jest w przestrzeni roboczej.
- ❑ Następnie obraz konwertowany jest z przestrzeni roboczej do przestrzeni związanej z profilem urządzenia wyjściowego lub pliku do którego obraz będzie zapisywany.
- ❑ Obraz konwertowany jest z PCS do przestrzeni barw charakterystycznej dla danego urządzenia.



## Przeliczanie modeli barw

# Barwa - teoria

**RGB**



**XYZ**

```
var_R = ( R / 255 )      //R from 0 to 255
```

```
var_G = ( G / 255 )      //G from 0 to 255
```

```
var_B = ( B / 255 )      //B from 0 to 255
```

```
if ( var_R > 0.04045 ) var_R = ( ( var_R + 0.055 ) / 1.055 ) ^ 2.4  
    else var_R = var_R / 12.92
```

```
if ( var_G > 0.04045 ) var_G = ( ( var_G + 0.055 ) / 1.055 ) ^ 2.4  
    else var_G = var_G / 12.92
```

```
if ( var_B > 0.04045 ) var_B = ( ( var_B + 0.055 ) / 1.055 ) ^ 2.4  
    else var_B = var_B / 12.92
```

```
var_R = var_R * 100      var_G = var_G * 100      var_B = var_B * 100
```

```
X = var_R * 0.4124 + var_G * 0.3576 + var_B * 0.1805
```

```
Y = var_R * 0.2126 + var_G * 0.7152 + var_B * 0.0722
```

```
Z = var_R * 0.0193 + var_G * 0.1192 + var_B * 0.9505
```

# Barwa - teoria

**XYZ**



**Lab**

```
var_X = X / ref_X      //ref_X = 95.047  
var_Y = Y / ref_Y      //ref_Y = 100.000  
var_Z = Z / ref_Z      //ref_Z = 108.883
```

```
if ( var_X > 0.008856 ) var_X = var_X ^ ( 1/3 )  
    else var_X = ( 7.787 * var_X ) + ( 16 / 116 )  
if ( var_Y > 0.008856 ) var_Y = var_Y ^ ( 1/3 )  
    else var_Y = ( 7.787 * var_Y ) + ( 16 / 116 )  
if ( var_Z > 0.008856 ) var_Z = var_Z ^ ( 1/3 )  
    else var_Z = ( 7.787 * var_Z ) + ( 16 / 116 )
```

```
CIE-L* = ( 116 * var_Y ) - 16  
CIE-a* = 500 * ( var_X - var_Y )  
CIE-b* = 200 * ( var_Y - var_Z )
```

# Barwa - teoria

## Współczynniki standaryzujące

<i>Observer</i>	2° (CIE 1931)			10° (CIE 1964)		
<i>Illuminant</i>	$X_2$	$Y_2$	$Z_2$	$X_{10}$	$Y_{10}$	$Z_{10}$
A (Incandescent)	109.850	100	35.585	111.144	100	35.200
C	98.074	100	118.232	97.285	100	116.145
D50	96.422	100	82.521	96.720	100	81.427
D55	95.682	100	92.149	95.799	100	90.926
D65 (Daylight)	95.047	100	108.883	94.811	100	107.304
D75	94.972	100	122.638	94.416	100	120.641
F2 (Fluorescent)	99.187	100	67.395	103.280	100	69.026
F7	95.044	100	108.755	95.792	100	107.687
F11	100.966	100	64.370	103.866	100	65.627

# Barwa - teoria

**XYZ**



**RGB**

```
var_X = X / 100      //X from 0 to 95.047
var_Y = Y / 100      //Y from 0 to 100.000
var_Z = Z / 100      //Z from 0 to 108.883
var_R = var_X * 3.2406 + var_Y * -1.5372 + var_Z * -0.4986
var_G = var_X * -0.9689 + var_Y * 1.8758 + var_Z * 0.0415
var_B = var_X * 0.0557 + var_Y * -0.2040 + var_Z * 1.0570

if ( var_R > 0.0031308 ) var_R = 1.055 * ( var_R ^ ( 1 / 2.4 ) ) - 0.055
                                else var_R = 12.92 * var_R
if ( var_G > 0.0031308 ) var_G = 1.055 * ( var_G ^ ( 1 / 2.4 ) ) - 0.055
                                else var_G = 12.92 * var_G
if ( var_B > 0.0031308 ) var_B = 1.055 * ( var_B ^ ( 1 / 2.4 ) ) - 0.055
                                else var_B = 12.92 * var_B

R = var_R * 255
G = var_G * 255
B = var_B * 255
```



# Barwa - teoria

## KONWERSJA MODELI BARW

**RGB**



**HSI**

$$H = \frac{\arctg\left(\frac{2R - G - B}{\sqrt{3} * (G - B)}\right)}{2\pi}$$

$$S = \sqrt{R^2 + G^2 + B^2 - R * G - R * B - G * B}$$

$$I = \frac{R + G + B}{3}$$

# Barwa - teoria

## KONWERSJA MODELI BARW

**RGB**  **CMY**

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

**CMY**  **RGB**

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

## Indeks żółtości

**Yellowness Index per ASTM Method E313** is calculated as follows:

$$YI_{E313} = \frac{100(C_x X - C_z Z)}{Y}$$

where X, Y, and Z are the CIE Tristimulus values and the coefficients depend on the illuminant and observer as indicated in the table below. Yellowness Index may only be calculated for illuminants D65 and C.

Coefficient	C/2°	D65/2°	C/10°	D65/10°
C <sub>x</sub>	1.2769	1.2985	1.2871	1.3013
C <sub>z</sub>	1.0592	1.1335	1.0781	1.1498

## Punktacja dla pomidorów

### LabScan XE

$$\text{Fresh Tomato Color Index (FTCI)} = 100 \left( \frac{21.6}{L} - \frac{7.5b}{La} \right)$$

$$\text{Tomato Juice Score} = 25.114 + 0.939a - 1.638b$$

$$\text{Tomato Paste/Puree Score} = -40.926 + 1.061a + 9.473b - 0.376b^2$$

$$\text{Tomato Sauce Score} = -149.176 + 1.139a + 21.608b - 0.826b^2$$

$$\text{Tomato Catsup Score} = -81.964 + 8.321a - 0.142a^2 - 1.129b$$

$$\text{Tomato a/b ratio} = a/b$$

where

L, a, and b are Hunter L, a, b values.

- **Pomiar densynometryczny**
- **Pomiar Kolorymetryczny**
- **Pomiar spektrofotometryczny**

# Barwa - teoria

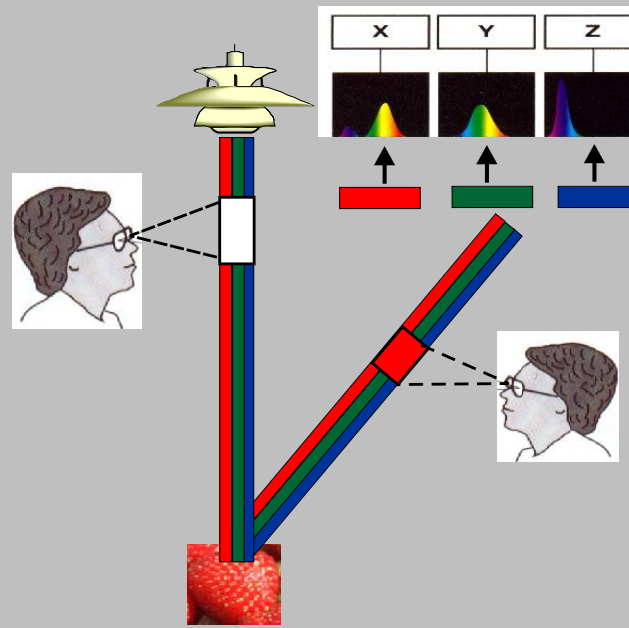
- Współcześnie znanych jest kilka sposobów pomiaru i opisu barwy surowców i produktów spożywczych za pomocą metod **sensorycznych i instrumentalnych**.
- Jakkolwiek sensoryczna ocena barwy wykonywana jest z reguły przez specjalistyczne zespoły oceniające w standardowych warunkach i za pomocą standardowych źródeł oświetlenia próbek, to jednak nie daje możliwości jednoznacznego opisanie barwy.
- W celu wyeliminowania subiektywizmu w ocenie barwy można zamiast ludzkiego oka stosować metody instrumentalne, mierząc barwę w sposób **obiektywny, powtarzalny i wystandardyzowany**.

# Barwa - teoria

- Do instrumentalnych pomiarów barwy służą spektrofotometry, kolorymetry, połyskomierze i komputerowe systemy wizyjne.
- Barwę ziarna zbóż i przetworów zbożowych najczęściej mierzy się za pomocą spektrofotometrów oraz komputerowych systemów wizyjnych.
- Zasada działania urządzeń do pomiaru barwy naśladuje model postrzegania barw przez człowieka.

# Pomiar spektrofotometryczny

Mierzy właściwości spektralne powierzchni, innymi słowy jak dużo światła każdej długości fal dana powierzchnia pochłania lub przepuszcza. Spektralny współczynnik odbicia lub przepuszczenia jest zbiorem wartości opisujących ilość fotonów odbitych lub przepuszczonych przez powierzchnię dla różnych długości fal.





# Pomiar densynometryczny

Mierzy gęstość optyczną, czyli stopień, w jakim powierzchnia pochłania światło lub ilość światła, jaka zostaje przepuszczona przez powierzchnię

**Gęstość optyczna** dla materiałów przezroczystych to wielkość fizyczna równa logarytmowi dziesiętnemu stosunku intensywności światła padającego na badany materiał ( $I_p$ ) do intensywności światła po przejściu tego materiału ( $I_k$ ), zwana inaczej *absorbancją* lub *ekstyncją*:

**Gęstość optyczna** dla materiałów nieprzezroczystych to wielkość fizyczna równa logarytmowi dziesiętnemu stosunku intensywności światła odbitego do intensywności światła padającego na badany materiał.



# Pomiar Kolorymetryczny

Mierzy wartości kolorymetryczne- wartości, które odpowiadają reakcji czopków w naszych oczach. Jest nauką zajmująca się przewidywaniem zgodności barwy wynikającej z percepcji człowieka.

W kolorymetrii budujemy modele matematyczne, które umożliwiają określenie, kiedy wystąpi metameryzm.





Zmienna	Skrót	System barwy	Formuła
Brightness	Y	YUV	$(299 R + 587 G + 114 B) / 1000$
Red	R	RGB	R
Green	G	RGB	G
Blue	B	RGB	B
U-channel	U	YUV	$(886 B - 587 G - 299 R + 886 \Theta) / 1772$
V- channel	V	YUV	$(-114 B - 587 G + 701 R + 701 \Theta) / 1402$
Hue (UV)	H	HSB	$\frac{\Theta}{2\pi} \arg \left( \frac{886B - 587G - 299R}{886} + j \frac{-114B - 587G - 701R}{701} \right)$
Saturation	S	HSB	$0,937 \sqrt{\left( \frac{886B - 587G - 299R}{886} \right)^2 + \left( \frac{-114B - 587G - 701R}{701} \right)^2}$
I - channel	I	YIQ	$(-3213 B - 2744 G + 5957 R + 5958 \Theta) / 11916$
Q - channel	Q		$(-3111 B - 5226 G + 2115 R + 5226 \Theta) / 10452$

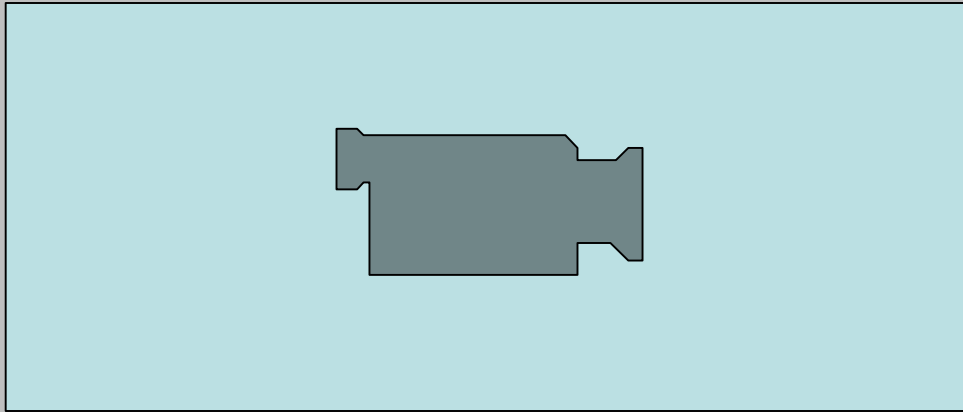
**Parameter  $\Theta = 2^{16} - 1$  represents maximum grey level.**

Zmienna	Skrót	System barwy	Formuła
U normalized	u	YUV	$0,114 \theta \left( \left( \frac{886B - 587G + 299R}{299R + 587G + 114B + 1} \right) + 1 \right)$
V normalized	v	YUV	$0,299 \theta \left( \left( \frac{-114B - 587G + 701R}{299R + 587G + 114B + 1} \right) + 1 \right)$
I normalized	i	YIQ	$0,20786 \theta \left( \left( \frac{-321,3B - 274,4G + 595,7R}{299R + 587G + 114B + 1} \right) + 2,8185 \right)$
Q normalized	q	YIQ	$0,26817 \theta \left( \left( \frac{311,1B - 522,6G + 211,5R}{299R + 587G + 114B + 1} \right) + 0,8903 \right)$
Hue (IQ)	h	HSB	$\frac{\theta}{2\pi} \arg \left( \frac{886B - 587G - 299R}{886} + j \frac{-114B - 587G - 701R}{701} \right)$

Parameter  $\theta = 2^{16} - 1$  represents maximum grey level.



# Podsumowanie



**<https://fotoblogia.pl/13939,sprawdz-czy-umiesz-rozpoznać-kolory-ten-test-nie-jest-latwy>**

**<https://www.swiatobrazu.pl/mniej-niz-1-osob-wykonuje-ten-test-kolorow.html>**



### **Pierwsze prawo (trójwymiarowości):**

każda dowolnie wybrana barwa może być określona za pomocą trzech liniowo niezależnych barw.

### **Drugie prawo (ciągłości):**

stopniowa zmiana barwy jednego składnika w mieszaninie złożonej z dwóch barw powoduje stopniową zmianę barwy mieszanej.

### **Trzecie prawo:**

barwa mieszaniny zależy jedynie od barw jej składników, a nie od ich składu widmowego.