

Barwa, kolor, choć z pozoru cecha rzeczywista materii (przyzwyczajaliśmy się, że wszystko ma swój kolor) w rzeczywistości jest cechą subiektywną. Barwa nie istnieje w rzeczywistości a jedynie powstaje wrażenie barwy w naszym mózgu. Niektórzy ludzie z upośledzeniem pewnych funkcji nerwu wzrokowego, oka lub mózgu nie widza kolorów lub nie rozróżniają niektórych z nich (daltonizm). Także zbadanie problemu koloru z fizycznego punktu widzenia prowadzi do wniosku, że kolor nie jest stałą cechą danej substancji.

Krótki wstęp do fizjologii widzenia:

W oku znajdują się dwa rodzaje komórek wrażliwych na światło - czopki i pręciki. Pręciki są wrażliwe na światło o małym natężeniu i niewrażliwe na barwy. To one pozwalają widzieć w bardzo nawet słabym oświetleniu. Znane jest przysłowie: „W nocy wszystkie koty są czarne” co jest podsumowaniem doświadczenia, że w słabym świetle nie rozróżniamy kolorów.

Za widzenie barwne odpowiadają trzy rodzaje czopków wrażliwych na kolory: niebieski, czerwony i zielony. I w czopkach, i w pręcikach znajdują się cząsteczki substancji, które absorbują fotony i pod ich wpływem wywołują impulsy w nerwie wzrokowym.

W światłoczułych komórkach oka znajduje się substancja – rodopsyna. Składa się ona z białka opsyny i części niebiałkowej – retinalu. Retinal może występować w dwóch formach izomerycznych: cis i trans. Forma cis- retinalu pochłaniając foton przechodzi w formę trans- i w ten sposób powstaje lumirodopsyna. Lumirodopsyna jest związkiem nietrwałym i szybko rozpada się na trans-retinal i opsynę, co wyzwala impuls nerwowy przenoszony do mózgu, gdzie wywołuje proces widzenia.

Pod wpływem enzymów forma trans- retinalu powraca do formy cis- i powoli, w ciemności, przez łączenie się z opsyną, następuje resynteza rodopsyny.

W oku występują trzy rodzaje czopków, z których każdy jest wrażliwy na określony zakres długości fali świetlnej:

promieniowanie fioletowo-niebieskie(około 450nm)

promieniowanie zielono-żółte (około 550nm)

pochłaniające promienie czerwono-pomarańczowe (około 600nm)

Gdy wszystkie czopki pobudzane są równomiernie i jednocześnie powstaje wrażenie barwy białej. W przypadku braku pobudzenia widzimy barwę czarną (lub dokładniej, nie widzimy nic i to jest ta barwa czarna).

A teraz strona fizyczna zagadnienia.

Światło widzialne (a więc to, które u zdecydowanej większości ludzi wywołuje widzenie barwne) jest maleńkim wycinkiem szerokiego spektrum promieniowania elektromagnetycznego.

Promieniowanie elektromagnetyczne, to zachodzące periodycznie w przestrzeni regularne zakłócenia (zmiany natężenia) pola elektromagnetycznego. Cały zakres spektrum promieniowania elektromagnetycznego, ze względu na zastosowanie, kolejność odkryć poszczególnych zakresów, skutki działania na materię itp., dzielimy zazwyczaj na promieniowanie przenikliwe γ , promieniowanie rentgenowskie X, ultrafiolet (UV), **zakres widzialny**, podczerwień IR, mikrofałe, fale radiowe. Zakres widzialny obejmuje spektrum od około 350 nm do około 900 nm. Każda długość fali z tego zakresu związana jest z wielkością kwantu niesionej energii ($E=h\cdot\nu$; h - stała Plancka, ν - częstotliwość drgań) oraz z konkretną barwą. Barwa zmienia się od fioletowej (stąd zakres poprzedzający nazwano ultrafiolet, nadfiolet) poprzez niebieską, zieloną, żółtą i pomarańczową do czerwonej (stąd następny zakres nazywamy podczerwienią). Okazało się jednak, że wrażenie danej barwy można wywołać na różne sposoby. Na przykład wrażenie barwy pomarańczowej odbierzemy wówczas gdy „zmieszmą” ze sobą promieniowanie z zakresu czerwonego i żółtego (tak mieszamy farby dla uzyskania pożądanej barwy) ale także wtedy, gdy do oka dotrze promieniowanie białe z którego usunięto odpowiednimi filtrami promienie zakresu niebieskiego. Pierwszy sposób to metoda addytywna (sumowanie barw) a drugi to subtraktywna (odejmowanie, wykluczanie). W pierwszej i drugiej metodzie wyróżniamy trzy główne kolory, przy pomocy których (mieszając je w odpowiednich proporcjach natężenia) można otrzymać wszystkie pozostałe.

W pierwszej metodzie to czerwień, zieleń i błękit (RGB **red, green, blue**) druga to CMY (**cyan, magenta, yellow**).

Należy też zwrócić uwagę na pewne różnice związane ze sposobem dojścia promieniowania do oka. Jeśli (co zdarza się najczęściej) promieniowanie słoneczne (światło białe) oświetla obserwowany przez nas przedmiot, to do oka dociera ta część promieniowania, która nie została pochłonięta, a została rozpraszona. Jeśli jest to np. żółta płaszczyzna, to oznacza, że substancje zawarte na powierzchni pochłaniają wszystkie barwy, poza żółtą (co mało prawdopodobne, bo technicznie bardzo trudne do uzyskania) lub bardziej prawdopodobnie odbijają (rozpraszają) promienie wszelkiej barwy prócz fioletowej, którą pochłaniają. Oświetlenie takiej powierzchni światłem z zakresu promieniowania o barwie fioletowej spowoduje, że odbierzemy tę powierzchnię jako czarną, bowiem fioletowe światło zostanie pochłonięte i do oka nie dotrze żadne promieniowanie. Oświetlenie tej powierzchni światłem, w skład którego wchodzić będą promienie zakresu fioletowego i np. zielonego, da wrażenie barwy zielonej, bowiem fiolet zawarty w tym oświetleniu zostanie pochłonięty. Tak więc barwa zależy od składu spektralnego światła oświetlającego daną płaszczyznę, co każdy nie raz doświadczył kupując ubranie wieczorem przy świetle świetlówek w sklepie i oglądając je nazajutrz w świetle dnia.

Pamiętam, że będąc mniej więcej w Twoim wieku rozmyślałem nad problemem koloru lustra.

Ponieważ w lustrze odbija się zawsze otoczenie, to oczywiste, że nie jest to kolor lustra, tylko odbicia. Zatem kolor lustra można obserwować tylko po ciemku a wówczas nic nie widać. Zatem, czy ktoś wie jaki kolor ma lustro?

Zatem pamiętajmy, że barwa w świetle odbitym i przechodzącym (przedmioty przezroczyste) zależy od barwy (składu spektralnego) światła oświetlającego. Barwa nie jest zatem cechą charakterystyczną substancji. Cechą charakterystyczną związaną z barwą jest barwa światła pochłanianego. Ten parametr dość silnie związany jest ze strukturą cząsteczki barwnika.

Trochę więcej znajdziesz na stronie <http://www.mlyniec.gda.pl/~chemia/ogolna/czasteczka.htm> a tam dalej idź: **badanie struktury; UV; więcej na ten temat.**

Zobacz też wstęp: http://www.mlyniec.gda.pl/~chemia/kolory_ramka.htm

Natomiast rzeczą obiektywną, charakterystyczną i niezmienną jest długość fali promieniowania wysyłana przez wzbudzone atomy. Na przykład podczas wyładowań w bańce wypełnionej parami sodu następuje emisja światła o barwie żółtej, o ściśle określonej długości fali. Jest to wynik powrotu elektronów walencyjnych atomów sodu na orbital podstawowy, które to elektrony wcześniej pod wpływem sił zewnętrznych zostały przeniesione na poziomy wzbudzone. Jest to lampa sodowa (często takie lampy o żółtej barwie światła oświetlają nasze ulice), która emituje ściśle określoną długość λ fali świetlnej, zgodnie ze wzorem $E=h \cdot \nu$ czyli $E=h \cdot c/\lambda$ (c - *szybkość światła w próżni*). E czyli energia kwantu jest równa różnicy energii poziomów między którymi następuje przejście w atomie sodu (lub innego pierwiastka). Atom pierwiastka pełni tu rolę przetwornika energii, zamieniając energię elektryczną na światło - energię promienistą. Podobnie rzecz ma się w żarówkach żarowych (tych „klasycznych”), gdzie rozgrzany drucik wolframowy emituje światło prawie białe, czyli wszystkie długości z zakresu widzialnego, ale z nieco zachwianymi proporcjami udziału poszczególnych długości. W stosunku do światła słonecznego mniej tam fioletu a więcej żółtego i czerwonego.

Standardy CMY i RGB są szeroko wykorzystywane w technice obrazowania (telewizory, film, fotografia, drukarki kolorowe, poligrafia, monitory LCD). Wszędzie tam, gdzie praktycznie nie istnieje możliwość stworzenia niezależnie tych ponad 16 milionów barw i odcieni, możliwość wykorzystania trzech czy czasem pięciu-sześciu barw podstawowych do tworzenia, poprzez mieszanie, prawie dowolnego odcienia barwy to rzecz nie do przecenienia.

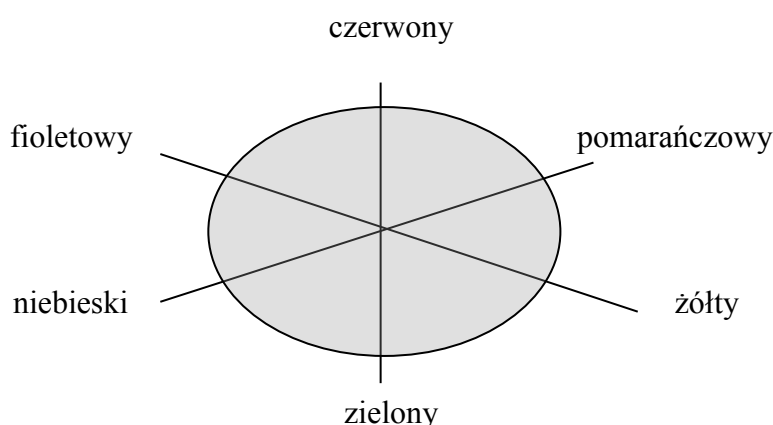
Może jeszcze jedna sprawa przyda Ci się do referatu - temperatura barwowa światła białego. W dużym skrócie można powiedzieć, że jest to temperatura do jakiej należy rozgrzać ciało idealnie czarne, by emitowało światło takie jak określone tą temperaturą. Na przykład świeca daje światło o temperaturze około 2000 K, żarówki około 3000 K, światło słoneczne to 5500 K, tyle samo lampa

błyskowa, zaś światło słoneczne w cieniu nawet 10 000 K. Każdy, kto parął się kiedykolwiek barwną fotografią czy videofilmowaniem zna to przykre zjawisko, jak na zdjęciu czy filmie nagle piękna dziewczyna ma zielonkawą twarz, a biała suknia ślubna wygląda jakby żółkła ze starości a białe ściany są pomarańczowe itp. To jeszcze jeden dowód na to, że barwa nie istnieje jako taka a jest jedynie wytworem naszego mózgu. Tu zwyczajnie mózg nas oszukuje. My wiemy, że ściana jest biała (nasz mózg ma to zapisane w swoim „zestawie doświadczalnych wzorców”) i nie jesteśmy w stanie zauważyć, że oświetlona żarówką, która daje światło o odcieniu żółtym, ma teraz barwę żółtą (opis zjawiska był wyżej). My tego nie zauważamy, bo nasz mózg nas oszukuje, ale rejestracja mechaniczna (zdjęcie), która takiego „oszukującego” mózgu nie ma zarejestruje to dokładnie. Tak powstało pojęcie temperatury barwowej, określającej odchylenia bieli od bieli w świetle słonecznym, oraz mechanizm balansu bieli, czyli mechanicznego usunięcia w czasie rejestracji tego niepożądanego i nie zauważanego w naturze zabarwienia (jak mówią fachowcy „zafarbu”) bieli.

Najłatwiej zauważyć, że żarówka nie daje światła białego, zaświecając ją w jasny dzień - wówczas wyraźne widać żółtawe zabarwienie jej światła.

Podobnie wygląda sprawa z różnymi „zafarbami” pochodzącymi od światła odbitego (owe zielonkawe twarze dziewczyn w zielonych bluzkach). Tu już jest potrzebna ingerencja komputerowa w cyfrowy obraz lub odpowiednie przygotowanie sesji zdjęciowej.

Długości fal układają się jak kolory tęczy, w kolejności czerwony, pomarańczowy, żółty, zielony, niebieski fioletowy. Tworząc z tych kolorów tzw. koło barw, możemy szybko określić kolor dopełniający:



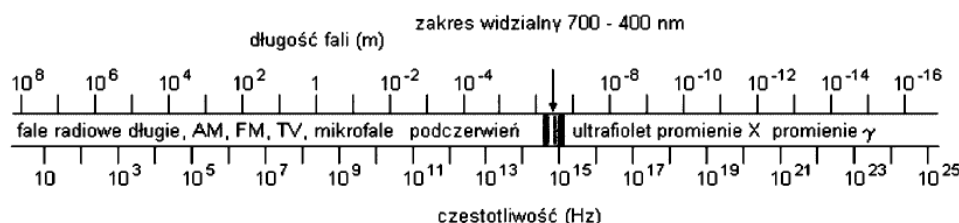
Jeśli ze światła białego usuniemy część promieniowania o długościach fal dających barwę czerwoną otrzymamy światło o barwie zielonej (kolor dopełniający do czerwonego). Podobnie z każdą inną parą barw, leżącą w kole barw na przeciwko sobie. Kolory pochodne uzyskuje się przez zmieszanie dwóch podstawowych: pomarańczowy z czerwonego i żółtego, zielony z niebieskiego i żółtego a fioletowy z niebieskiego i czerwonego.

Z czasów bardzo dawnych pamiętam wierszyk, niezbyt mądry ale pozwalający zapamiętać kolejność barw:

Czemu patrzysz żabko zielona na głupiego fanfaroną (czerwony, pomarańczowy, żółty, zielony, niebieski, granatowy, fioletowy)

Tabela 1. Zakresy widma elektromagnetycznego

Zakres promieniowania	Długość fali	Częstotliwość [Hz]
promieniowanie gamma	$< 10^{-10}$ m	$> 10^{18}$
promieniowanie X	0,001nm – 10 nm	$1,5 \cdot 10^{17} \div 5 \cdot 10^{19}$
ultrafiolet	10nm – 0,4 μ m	$8 \cdot 10^{14} \div 3 \cdot 10^{17}$
światło widzialne	0,4 μ m – 1 μ m	$4 \cdot 10^{14} \div 8 \cdot 10^{14}$
podczerwień	1 μ m – 1mm	$8 \cdot 10^{11} \div 4 \cdot 10^{14}$
mikrofale	1mm – 1m	$5 \cdot 10^9 \div 8 \cdot 10^{11}$
fale radiowe	10 m – 2000 m	$< 3 \cdot 10^{12}$



Zakres UV-VIS obejmuje fale o długości od około 100 do 800 nm. Dzieli się na daleki nadfiolet (próżniowy, 100–200 nm), bliski nadfiolet (200–400 nm) oraz światło widzialne (400–800 nm). Absorpcja energii tego zakresu powoduje głównie zmiany stanów elektronowych, lecz także pośrednio wpływa na stan energii oscylacyjnej i rotacyjnej cząsteczki. Widmo elektronowe jest więc widmem elektronowo-oscylacyjno-rotacyjnym i dlatego najpełniej odzwierciedla strukturę cząsteczki. Jednakże subtelną strukturę widm elektronowych można uzyskać jedynie dla substancji w stanie gazowym pod zmniejszonym ciśnieniem. W widmach roztworów sygnały zlewają się ze sobą tworząc szerokie, rozmyte pasma absorpcji.

Promieniowanie z zakresu UV-VIS pochłaniają elektrony walencyjne cząsteczki, tworzące wiązania σ (daleki nadfiolet) i π (bliski nadfiolet), oraz niewiążące elektrony walencyjne (np. pary elektronowe tlenu, azotu, siarki). Po pochłonięciu odpowiedniego kwantu promieniowania elektrony przechodzą na orbital antywiążący, o wyższym stanie energetycznym. Elementy struktury cząsteczki, które mają zdolność pochłaniania promieniowania z zakresu UV-VIS to tzw. **chromofory**. Są to najczęściej grupy atomów połączone wiązaniem wielokrotnym np.:

$C=C$ (także pierścień aromatyczny), $C=O$, $-N=N-$, $-C \equiv C-$, $-C=N$, $C=S$, $-C \equiv N$ itp.

Na zjawisko absorpcji promieniowania przez chromofory wpływ mają tzw. **auksochromy** – grupy atomów, które same nie są zdolne do pochłaniania promieniowania ale wpływając na gęstość elektronową w obszarze chromoforu, mają