

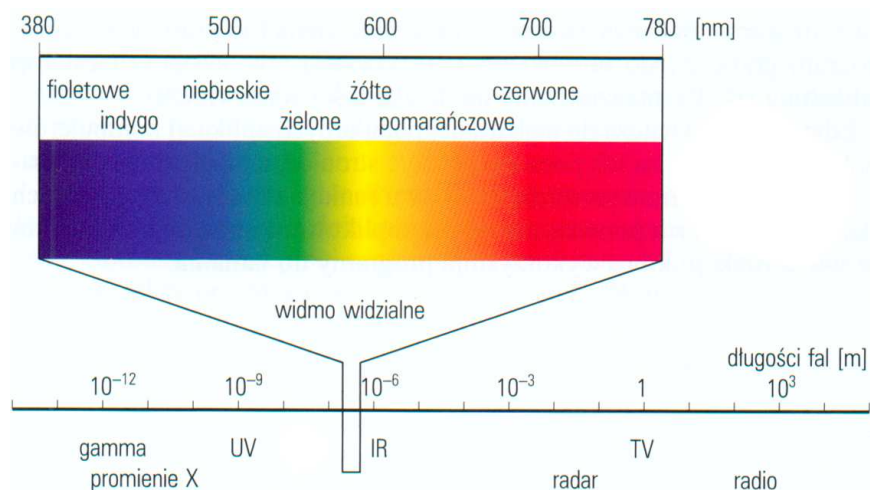
Teoretyczne podstawy reprodukcji poligraficznej

Światło i barwa

Jedną z cech obiektu obserwowanego przez człowieka jest barwa tego obiektu. Wrażenie barwy uzyskuje się w wyniku oddziaływania bodźca światła na receptory człowieka – oczy, które przesyłają odpowiednie sygnały do mózgu, gdzie następuje ostateczna analiza. Wrażenia wzrokowe (w tym i barwy) wywoływane są przez światło. Światło widzialne, to promieniowanie elektromagnetyczne o długości fal w przedziale 380–780 nm ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$). Światło o krótszej długości fali wywołuje postrzeganie barwy fioletowej i niebieskiej, światło o średniej długości fali postrzeganie barwy zielonej, żółtej i pomarańczowej, światło o długiej fali powoduje postrzeganie barwy czerwonej. W większości przypadków mamy do czynienia z barwami obiektów otrzymanymi w wyniku obserwacji promieniowań o różnych długościach fal (barwa wynikowa).

Postrzeganie barwy jest wynikiem wzajemnego oddziaływania trzech czynników: obserwowanej powierzchni barwnej; oświetlenia oraz wrażliwości zmysłu wzroku.

Właściwością powierzchni barwnej jest pochłanianie światła o określonych długościach fal, to jest światła określonej barwy oraz odbijanie światła pozostałych długości fal. Zależność tę opisuje widmo odbicia (nazywane też widmem reemisji, krzywą reemisji lub krzywą widmowych współczynników odbicia). W przypadku obserwowania barwnej powierzchni w świetle przechodzącym mówi się o widmie transmisyjnym, krzywej transmisji, krzywej widmowych współczynników przepuszczania.



Rys. 1. Widmo promieniowania elektromagnetycznego i zakres promieniowania widzialnego.

Densytometria i densytometry

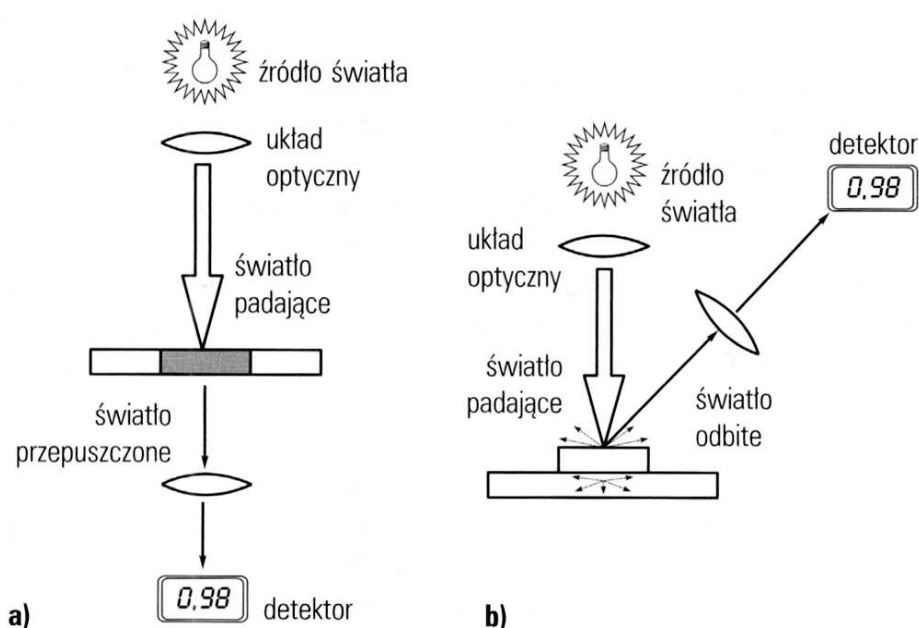
Densytometria jest tradycyjną metodą pomiaru, oceniania i charakteryzacji barwnych powierzchni na poszczególnych etapach produkcji poligraficznej. Densytometry, przyrządy do pomiaru gęstości optycznej barwy, należą do standardowego wyposażenia drukarni, a densytometria odgrywa ważną rolę przy kierowaniu i kontroli całego procesu drukowania. Ich użyteczność ogranicza się jednak zwykle do pomiarów pól kontrolnych barw triadowych

CMYK czy pomiaru filmów. Nie jest możliwa przy ich użyciu ocena różnicy barwy czy określenie współrzędnych barwy.

Tak jak kolorymetria, densytometria jest metodą fotometryczną – ocenia ilość światła, które odbiło się od danej powierzchni (densytometria refleksyjna, odbiciowa) lub zostało przez nią przepuszczone (transmisyjna). Podstawowa zasada pomiaru jest analogiczna jak w przypadku pomiarów kolorymetrycznych. Wynik pomiaru podawany jest w skali logarytmicznej w formie gęstości optycznej.

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.



Rys. 2. Zasada pomiaru densytometrycznego: a) densytometria transmisyjna (w świetle przepuszczonym), b) densytometria refleksyjna (w świetle odbitym).

Oryginały i ich podział

Ilustracje przekazane przez wydawnictwo do drukarni są dla procesów poligraficznych oryginałami, które należy odpowiednio przetworzyć, aby było możliwe uzyskanie tych ilustracji na druku. Ilustracje te nazywa się oryginałami.

Dla celów poligraficznych należy dokonać ogólnego podziału oryginałów. Podstawowym podziałem oryginałów jest podział ze względu na liczbę barw. Najprostszymi oryginałami są takie, które mają jedną barwę na tle. Ogólnie nazywa się je oryginałami jednokolorowymi. Oryginały, które mają na tle więcej niż jedną barwę nazywa się wielokolorowymi.

Drugi podział oryginałów polega na określeniu ich tonalności. Ze względu na tonalność rozróżnia się oryginały jednotonalne i wielotonalne. Na oryginałach jednotonalnych nasilenie występującej barwy jest takie same we wszystkich miejscach, np. jeżeli występuje czerń, to w każdym miejscu czarnym jest ona jednakowa. Na oryginałach wielotonalnych w różnych miejscach występuje różne nasilenie danej barwy, np. występują miejsca czarne, ciemniejsze i jaśniejsze – szare, białe.

Tak więc rozróżniamy cztery rodzaje oryginałów:

- jednotonalne jednokolorowe,
- jednotonalne wielokolorowe,
- wielotonalne jednokolorowe, zwane też jednobarwnymi,
- wielotonalne wielokolorowe, zwane też wielobarwnymi.

Przykładem oryginału jednotonalnego jednokolorowego jest rysunek wykonany ołówkiem na papierze. Przykładem oryginału jednotonalnego wielokolorowego jest rysunek wykonany kilkoma kredkami na papierze. Przykładem oryginału wielotonalnego jednokolorowego (jednobarwnego) jest odbitka fotograficzna czarno-biała. Przykładem oryginału wielotonalnego wielokolorowego (wielobarwnego) jest odbitka fotograficzna kolorowa.

Stosuje się też podział ze względu na przezroczystość podłoża, na którym wykonano oryginał. Rozróżniamy oryginały przezroczyste i nieprzezroczyste. Oryginały przezroczyste naświetla się światłem przechodzącym przez oryginał, nieprzezroczyste – światłem odbitym od oryginału. Oryginał wykonany np. na przezroczystej folii jest przezroczysty, na papierze – nieprzezroczysty.

Przekształcenia fotoreprodukcyjne oryginału

Przekształcenia oryginału, jakie można lub trzeba wykonać w procesach fotoreprodukcyjnych, zależą od rodzaju oryginału. Najprostszymi oryginałami są oryginały jednokolorowe jednotonalne. Podstawowym przekształceniem jest zamiana oryginału na negatyw, diapozytyw lub pozytyw. Podczas przekształcania może nastąpić odwrócenie obrazu na lewoczytelny lub też może pozostać obraz prawoczytelny. Może nastąpić też zmiana wielkości formatu. W czasie przekształcania może nastąpić też zmiana wartości gęstości optycznej, np. koloru czarnego na materiale fotograficznym w stosunku do oryginału.

Bardziej skomplikowanymi oryginałami są oryginały wielokolorowe jednotonalne. Do wykonania przekształcania fotoreprodukcyjnego takich oryginałów trzeba najpierw posegregować każdy z występujących kolorów, wykonać tzw. wyciągi kolorów. Przy drukowaniu bowiem, każdy występujący kolor będzie zadrukowywany oddzielnie, inną farbą, z innej formy drukowej. Drukowanie musi więc być wykonane tyle razy, ile jest kolorów na oryginale.

Wyciągi kolorów może wykonać pracownik, wyrysowując ręcznie każdy kolor na oddzielnym arkuszu. Czasem wyciągi kolorów można zrobić w aparacie fotoreprodukcyjnym przy zastosowaniu filtrów. Możliwe też jest wykonanie wyciągów kolorów za pomocą odpowiednio zaprogramowanego skanera.

Po wykonaniu wyciągów kolorów uzyskuje się jakby kilka oryginałów jednokolorowych jednotonalnych. Dalsze przekształcenia mogą więc być identyczne jak w przypadku oryginałów jednokolorowych jednotonalnych. Mogą lub muszą być wykonane następujące przekształcenia:

- zmiana oryginału na negatyw, diapozytyw lub pozytyw,
- odwrócenie obrazu lub pozostawienie obrazu prawoczytelnego,
- zmiana formatu,
- zmiana gęstości optycznej do żądanej wartości.

Następnym rodzajem oryginałów są oryginały jednokolorowe wielotonalne. Takie oryginały, np. czarno-białe, mają miejsca białe (lub przezroczyste), czarne i dużo różnych pod względem nasilenia miejsc szarych (jaśniejszych, ciemniejszych). Przy drukowaniu miejsca białe będą niezadrukowane, czarne – całkowicie zadrukowane farbą czarną. Aby uzyskać miejsca szare, należałoby dla każdego nasilenia szarości stosować oddzielną farbę szarą o różnym nasileniu oraz drukować z oddzielnej formy drukowej. Proces drukowania musiałby być wykonywany wielokrotnie z innymi formami drukowymi i innymi farbami. Jest to praktycznie niemożliwe.

Zastosowano więc inny sposób uzyskiwania miejsc szarych o różnym nasileniu. Jeżeli dane pole nie będzie zadrukowane, to oko odbierze wrażenie, że pole to jest białe. Jeżeli dane pole będzie zadrukowane na całej powierzchni farbą czarną, to oko odbierze wrażenie, że pole to jest czarne. Natomiast, gdy pole zadrukujemy np. małymi punktami nieodróżnialnymi przez oko lub słabo odróżnianymi, a powierzchnia zadrukowana będzie np. równa połowie powierzchni całkowitej pola, to oko odbierze wrażenie, że pole jest szare. Gdy powierzchnia zadrukowana przez punkty będzie większa niż połowa powierzchni pola, to oko odbierze wrażenie, że pole jest szare, ale ciemniejsze. Gdy punkty zadrukowane będą miały powierzchnię mniejszą niż połowa powierzchni pola, to oko odbierze wrażenie, że pole jest szare, ale jaśniejsze. W ten sposób można uzyskać przy zadrukowaniu tylko farbą czarną wrażenie miejsc białych, czarnych i szarych o różnym nasileniu.

W procesie fotoreprodukcyjnym należy więc zamienić obraz wielotonalny na obraz punktowy. Taki obraz jest już jednocolorny, a więc można go otrzymać przy użyciu jednego procesu drukowania, jednej formy drukowej, jednej farby. Taki proces zmiany obrazu wielotonalnego na jednocolorny nazywa się rastrowaniem, a przyrząd za pomocą którego wykonuje się rastrowanie nazywa się rastrem. Typowy, najczęściej stosowany raster, tzw. raster krzyżowy, pozytywny, składa się z cieniutkich krzyżujących się czarnych linii z przezroczystymi małymi kwadracikami między nimi. Im linie te będą ustawione gęściej, tym na wydrukowanym po rastrowaniu obrazie uzyska się więcej widocznych szczegółów. Oprócz tych typowych rastrowanych krzyżowych znanych jest wiele innych rodzajów rastrowanych, które np. zamiast punktów regularnych dają punkty nieregularnie ułożone, linie o zmiennej grubości, itd. Są stosowane tzw. rastry projekcyjne, kontaktowe, a rastrowanie w skanerze wykonuje się elektronicznie przez odpowiednie zaprogramowanie.

Podczas przekształcania oryginału jednocolorowego wielotonalnego następuje zamiana oryginału na negatyw, diapoztyw lub pozytyw, podobnie jak w poprzednio omówionych rodzajach oryginałów. Może nastąpić odwrócenie obrazu lub pozostawienie obrazu prawoczytelnego i zmiana formatu. Inaczej sprawa wygląda z gęstością optyczną. Przy oryginałach jednocolornych mieliśmy do czynienia z powierzchniami przezroczystymi lub białymi, których gęstość optyczna powinna być jak najmniejsza oraz miejscami czarnymi, dla których otrzymana żądana wartość gęstości optycznej powinna być przeważnie inna niż na oryginale. W przypadku oryginałów wielotonalnych nie mamy do czynienia z jedną wartością gęstości optycznej, lecz z wieloma wartościami w określonych granicach. W tym przypadku możemy więc zmieniać maksymalną wartość gęstości optycznej, która jest np. w środku punktów rastrowanych oraz kontrast.

Najbardziej skomplikowanym zagadnieniem jest przekształcanie oryginałów wielokolorowych wielotonalnych, czyli wielobarwnych. W tym przypadku trzeba by było, podobnie jak w przypadku druków wielokolorowych jednocolornych wykonać wyciągi kolorów. Ręczne wyrysowanie poszczególnych kolorów przez człowieka jest praktycznie niemożliwe. Trzeba to zrobić w inny sposób. Światło ma długość fali od: 380 do 780 nm. Można je więc podzielić na trzy obszary:

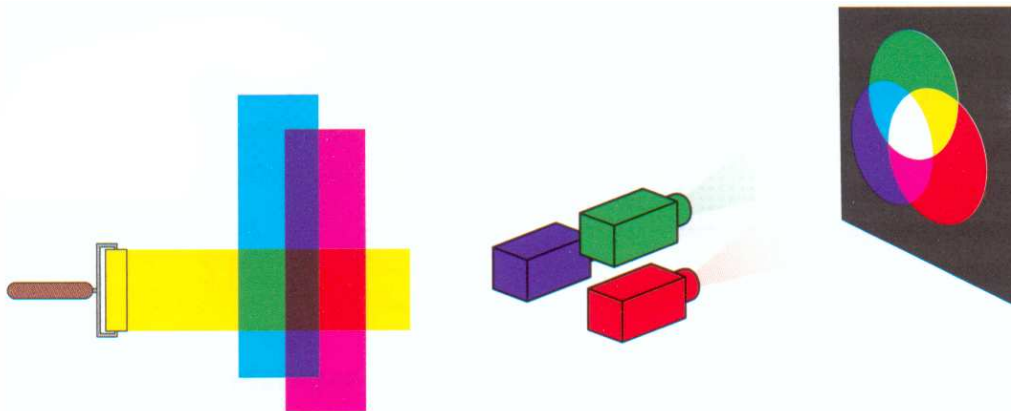
- 400–500 nm – światło niebieskofioletowe,
- 500–600 nm – światło zielone,
- 600–700 nm – światło czerwone.

W naturze mamy do czynienia z 2 systemami mieszania barw: addytywnym oraz subtraktywnym, zwane też syntezami. Są to systemy reprodukcji barwnego oryginału za pomocą odpowiedniej kombinacji barw podstawowych lub dopełniających.

Synteza subtraktywna – zjawisko mieszania barw poprzez odejmowanie promieniowań widzialnych różnych długości (najczęściej poprzez pochłanianie niektórych długości fal przez powierzchnię, od której odbija się światło białe, lub szeregowo ustawionych filtrów światła przechodzącego przez nie). Synteza subtraktywna zachodzi np. przy mieszaniu farb o różnych

barwach: w miejscu pokrytym (pomalowanym, zadrukowanym, zabarwionym) farbą powstałą ze zmieszania farb o różnych barwach oko ludzkie widzi odbity strumień światła będący tą częścią światła białego, która zostanie po pochłonięciu wszystkich składowych barwnych przez poszczególne farby wchodzące w skład mieszanki. Synteza subtraktywna dwóch barw przeciwstawnych z koła barw daje wrażenie wzrokowe barwy achromatycznej (teoretycznie, pod warunkiem precyzyjnej przeciwstawności barw i pełnego pochłaniania wszystkich składowych barwnych poza składową odbitą).

Synteza addytywna – zjawisko mieszania barw poprzez sumowanie wiązek światła widzialnego różnych długości. Synteza addytywna dwóch barw przeciwstawnych z koła barw daje światło o barwie białej (teoretycznie, pod warunkiem precyzyjnej przeciwstawności barw i równego natężenia obu strumieni). Synteza addytywna zachodzi np. podczas projekcji na biały ekran światła ze źródeł o różnych barwach: w miejscu oświetlonym jednocześnie różnymi barwami światła oko ludzkie widzi odbity strumień światła będący sumą wszystkich padających w to miejsce barw (w widzianym przez nas strumieniu odbitym występują na raz wszystkie długości fal odpowiadające poszczególnym strumieniom światła padającego).



Rys. 3. Subtraktywne i addytywne mieszanie barw.

Oko ludzkie jest zbudowane podobnie jak aparat fotoreprodukcyjny z tym, że zamiast materiału światłoczułego ma tzw. siatkówkę ze światłoczułymi zakończeniami nerwów: pręcikami i czopkami. Czopki są czułe na barwy. W oku są trzy rodzaje czopków: czułe na światło niebieskofioletowe, zielone, czerwone. Jeżeli wszystkie trzy rodzaje czopków uzyskają takie same podniety, to oko odbierze wrażenie światła białego. Jeżeli któryś z rodzajów czopków uzyska większą podniecie od innych, to oko odbierze wrażenie światła barwnego. Oko ludzkie analizuje więc padające światło na trzy obszary i syntetyzuje podniecie z trzech składowych, dzięki czemu człowiek uzyskuje wrażenie danej barwy.

W procesach fotoreprodukcyjnych wykonuje się więc, podobnie jak w oku ludzkim, trzy wyciągi: czerwony, zielony i niebieskofioletowy. W celu wykonania tych wyciągów stosuje się naświetlanie w aparacie fotoreprodukcyjnym przez trzy filtry: czerwony, zielony i niebieskofioletowy, zwany w skrócie fioletowym.

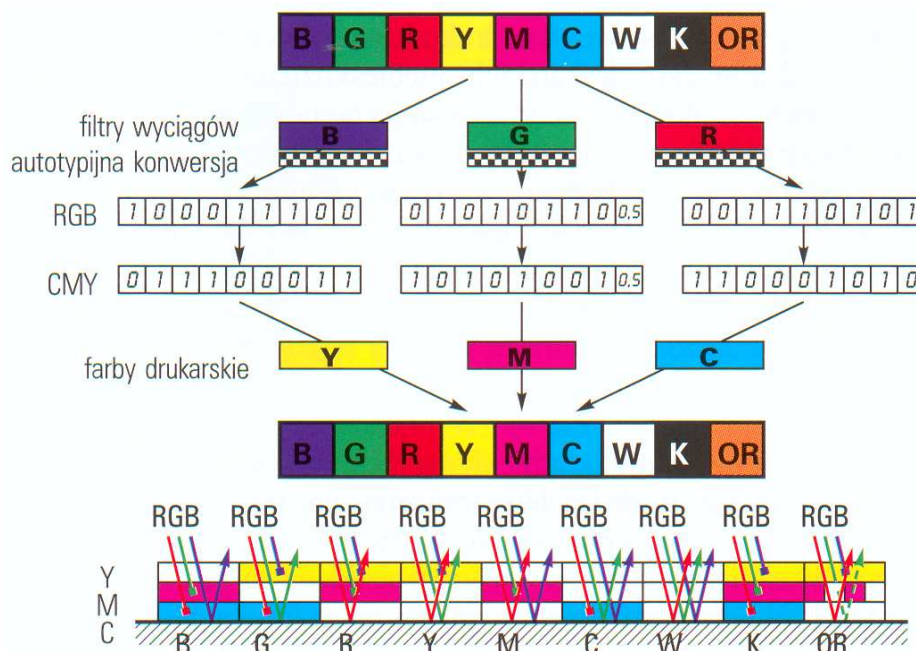
Filtr czerwony przepuszcza tylko światło czerwone, tj. o długości fali 600–700 nm, zatrzymuje pozostałe, tj. fioletowe i zielone o długościach fal od 400 do 600 nm.

Filtr zielony przepuszcza tylko światło zielone o długości fali 500–600 nm, zatrzymuje pozostałe, tj. czerwone i fioletowe o długościach fal 400–500 nm i 600–700 nm.

Filtr fioletowy przepuszcza tylko światło fioletowe o długości fali 400–500 nm, zatrzymuje zielone i czerwone o długościach fal 500–700 nm.

Przy drukowaniu następuje zsyntetyzowanie uzyskanych wyciągów. Z poszczególnych wyciągów wykonuje się formy drukowe i drukuje farbami o barwach dopełniających. Wyciąg

czerwony drukuje się farbami fioletowoniebieskozielonymi, zwanymi w skrócie niebieskozielonymi (błękitnymi, cyan). Wyciąg zielony drukuje się farbami czerwonebieskofioletowymi, czyli purpurowymi (magenta). Wyciąg fioletowy drukuje się farbami zielonoczerwonymi, czyli żółtymi (yellow).



Rys. 4. Schemat tworzenia wyciągów barwnych i reprodukcji barwnego oryginału.

Farby do drukowania w oparciu o system subtraktywnego mieszania barw nazywa się farbami triadowymi. W rzeczywistości ani filtry, ani farby nie są idealne, nie mają idealnej przepuszczalności i nieprzepuszczalności tych barw. Nie uzyskuje się więc po wydrukowaniu dobrego czarnego koloru. Dlatego w procesach fotoreprodukcyjnych wykonuje się dodatkowo wyciąg przez filtr szary, służący do drukowania farbą o barwie czarnej. Po wykonaniu wyciągów barwnych mamy jakby cztery oddzielne oryginały jednokolorowe wielotonalne. Przekształcamy je w procesach fotoreprodukcyjnych przez :

- rastrowanie,
- zmianę na negatyw, diapozytyw lub pozytyw,
- odwrócenie obrazu lub pozostawienie obrazu prawoczytelnego, zmianę formatu,
- zmianę maksymalnej wartości gęstości optycznej,
- zmianę kontrastu.

Wszystkie powyższe rozważania mają charakter teoretyczny, co oznacza że nie są stosowane w dosłownej formie w nowoczesnej poligrafii. Na podstawach teoretycznych oparte jest działanie urządzeń reprodukcyjnych zarówno reprodukcji klasycznej (fotoreprodukcji) jak i współczesnej reprodukcji cyfrowej. Należy dodać, że współczesna reprodukcja oparta jest prawie wyłącznie na skanerach cyfrowych będących częścią systemu DTP, a patrząc szerzej standardu CIP4 oraz systemów przepływu prac workflow.

Pytania sprawdzające

1. Na czym polega proces postrzegania barwy przez oko ludzkie?
2. Jaki jest zakres światła widzialnego i jego poszczególnych obszarów kolorystycznych?
3. W jaki sposób obliczamy gęstość optyczną w świetle przepuszczonym i odbitym?
4. Na czym polega zasada pomiaru gęstości optycznej w świetle przepuszczonym?
5. Na czym polega zasada pomiaru gęstości optycznej w świetle odbitym?
6. Jaki jest podział oryginałów przeznaczonych do reprodukcji poligraficznej?
7. Jakie systemy mieszania barw występują w naturze?
8. Na czym polega zasada wykonywania wyciągów barwnych?
9. W jaki sposób reprodukuje poszczególne rodzaje oryginałów?
10. Jakim przekształceniom podlegają oryginały w procesach reprodukcji?