

Leszek J. Pękalski

Kalejdoskop fotografii

Między techniką a sztuką

KSIAŻKA ZAWIERA PŁYTĘ CD

Original 20

25-110 mm



Wszelkie prawa zastrzeżone. Nieautoryzowane rozpowszechnianie całości lub fragmentu niniejszej publikacji w jakiegokolwiek postaci jest zabronione. Wykonywanie kopii metodą kserograficzną, fotograficzną, a także kopiowanie książki na nośniku filmowym, magnetycznym lub innym powoduje naruszenie praw autorskich niniejszej publikacji.

Wszystkie znaki występujące w tekście są zastrzeżonymi znakami firmowymi bądź towarowymi ich właścicieli.

Autor oraz Wydawnictwo HELION dołożyli wszelkich starań, by zawarte w tej książce informacje były kompletne i rzetelne. Nie biorą jednak żadnej odpowiedzialności ani za ich wykorzystanie, ani za związane z tym ewentualne naruszenie praw patentowych lub autorskich. Autor oraz Wydawnictwo HELION nie ponoszą również żadnej odpowiedzialności za ewentualne szkody wynikłe z wykorzystania informacji zawartych w książce.

Redaktor prowadzący: Michał Mrowiec

Projekt okładki: Jan Paluch

Rysunki (wg koncepcji i szkiców Autora): Artur Mieczkowski, Piotr Urbanowicz

Układ typograficzny: Adrian Partyka

Skład: Ewa Galczak

Wydawnictwo HELION

ul. Kościuszki 1c, 44-100 GLIWICE

tel. 32 231 22 19, 32 230 98 63

e-mail: helion@helion.pl

WWW: <http://helion.pl> (księgarnia internetowa, katalog książek)

Drogi Czytelniku!

Jeżeli chcesz ocenić tę książkę, zajrzyj pod adres

<http://helion.pl/user/opinie?kalfot>

Możesz tam wpisać swoje uwagi, spostrzeżenia, recenzję.

ISBN: 978-83-246-3314-2

Copyright © Helion 2012

Printed in Poland.

- [Kup książkę](#)
- [Poleć książkę](#)
- [Oceń książkę](#)

- [Księgarnia internetowa](#)
- [Lubię to! » Nasza społeczność](#)

Spis treści

I. Wstęp	6	VI. Pomiar światła i ekspozycja	85
Podziękowania	8	1. Pomiar przez obiektyw	85
II. Aparat fotograficzny		2. Światłomierz ręczny	87
— Twoje narzędzie pracy	9	3. Do czego służy światłomierz punktowy i jak się nim posługiwać	90
1. Typy aparatów — od telefonu komórkowego do kamery wielkoformatowej	9	4. Elementy systemu strefowego	91
2. Podstawy obsługi aparatu	16	5. Główny wróg fotografa — nadmierny kontrast. Metody redukcji kontrastu	97
3. Jak obchodzić się, a jak nie obchodzić ze sprzętem	17	6. Jak naświetlać bez światłomierza (reguła $t = 1/ISO$)	104
4. Jak prawidłowo trzymać aparat	19	7. Resumé	104
5. Zdjęcia poruszone — z mora fotografa; najdłuższy bezpieczny czas ekspozycji z ręki — jak go jeszcze wydłużyć	20	VII. Rozumieć światło: oświetlenie	105
6. Jeśli nie statyw, to co?	21	1. Światło zastane	105
III. Sprzęt fotograficzny	23	2. Światło sztuczne	123
1. Obiektywy	23	3. Światło mieszane	124
2. Osłona przeciwsłoneczna	23	VIII. Fotografia barwna — podstawy	135
3. Filtry	24	1. Mechanizm widzenia barwnego	135
4. Światłomierze	32	2. Kaprysy koloru: co to znaczy, że przedmiot jest kolorowy. Jakość oświetlenia. metameryzm	137
5. Pierścienie pośrednie i osprzęt do zdjęć z bliska	32	3. Trzy kolory to wszystkie kolory! Maxwella skrzynka kolorów. Mieszanie światła	139
6. Telekonwerter	33	4. Dodawanie i odejmowanie światła — arytmetyka barw. Metoda addytywna i subtraktywna	140
7. Statyw i monopod	34	5. Klasyfikacja i przestrzenie barw	144
8. Wężyki spustowe	35	6. Tradycyjna fotografia barwna. Wywoływanie barwotwórcze	146
9. Lampy błyskowe i fotowyzwalacze	36	7. Negatyw i „odwrotka”	148
IV. Podstawowe elementy		8. Temperatura barwy	150
kontrolni obrazu	37	IX. Fotografia czarno-biała	155
1. Migawka	37	Negatyw	155
2. Przysłona	42	Pozytyw	174
V. Elementy optyki		X. Język fotografii — środki wyrazu	
fotograficznej — zarys	49	i zasady kompozycji	191
1. Natura światła	49	Wstęp	191
2. Optyka falowa	49	Estetyka i etyka	191
3. Optyka geometryczna	53	1. Perspektywa	194
4. Wady odwzorowania optycznego	56	2. Głębia ostrości — wróg i przyjaciel	196
5. Obiektywy specjalne: tilt & shift, lustrzany, konstrukcje retrofokalne	68	3. Faktury	197
6. Zoomy	73		
7. Ogniskowa a perspektywa	74		
8. Ostre-nieostre	80		
9. Głębia ostrości, bokeh	81		
10. Hiperfokalna	82		

4. Rysunek ostry czy miękki.	198	17. Metoda Kodaka a metoda Agfy	272
5. Zdjęcie „ostre” czy tylko kontrastowe? Szczegóły tonalne kontra ich brak.	199	18. Negatyw maskowany.	272
6. Filtry: Jakie i kiedy?	209	19. Cibachrome	273
7. Ziarno/szum	210	20. Technologia T-grain	274
8. Poruszenie	211	21. Komponenty DIR i DIAR.	275
9. Kolor	212	22. Emulsja czterowarstwowa.	276
10. Kadrowanie	221	23. Materiały natychmiastowe	276
11. Podstawy kompozycji	225	24. Fotografia cyfrowa — początki	278
12. Przetworzenia.	235	XIV. Słowniczek.	279
13. Zakończenie	236	XV. Aneks	285
XI. Rewolucja: fotografia cyfrowa	237	A1. Ekspozycja. EV	
1. Krótki rys historyczny.	237	i zjawisko Schwarzschilda	285
2. Wady i zalety	237	A1.1. EV	285
3. Czujniki obrazowe — matryce.	245	A1.2. Zjawisko Schwarzschilda (Reciprocity Failure).	287
4. Ile megapikseli?	248	A2. Prawa optyki	
5. Na koniec jeszcze kilka uwag praktycznych	250	i co z nich wynika dla fotografii	288
XII. Fotografia hybrydowa		A2.1. Przybliżenie optyki geometrycznej.	288
— skanery i skanowanie.	251	A2.2. Prawo odbicia.	288
XIII. Historia rozwoju		A2.3. Załamanie światła — prawo Snelliusa; kąt graniczny, całkowite odbicie	289
technologii fotograficznych.	255	A2.4. Reguła Fermata — czy światło ma duszę?	291
Kalendarz ważniejszych wydarzeń	255	A2.5. Dziwne przypadki obrazu w soczewce wypukłej	292
1. Heliogram Niépce’a	257	A2.6. Współczynnik makro	297
2. Dagerotypia	258	A2.7. Głębia ostrości, odległość hiperfokalna	298
3. Talbotypia	260	A2.8. Zjawiska falowe: dyfrakcja i interferencja światła	299
4. Papier solny	261	A2.9. Kamera otworkowa	302
5. Hyppolyte Bayard i jego metoda.	262	A3. Światło spolaryzowane,	
6. Papier albuminowy i kolodionowy	263	filtr polaryzacyjny.	305
7. Negatyw z papieru woskowanego	264	A3.1. Polaryzacja światła.	307
8. Mokra klisza kolodionowa i ambrotypia	264	A4. Procedura	
9. Sucha emulsja	266	testowania obiektywu	319
10. Błona zwojowa	267	A5. Dlaczego w lustrzankach	
11. Papiery dzienne i gazowe	267	cyfrowych nadal stosuje się	
12. Błona małoobrazkowa — Leica.	267	migawkę mechaniczną	323
13. Początki fotografii barwnej: Young- Helmholtz, Maxwell, Ducos du Hauron	267		
14. Autochrome	268		
15. Wywoływanie barwotwórcze	270		
16. Kodachrome	270		

A6. Kamera wielkoformatowa.	
Ruchy kamery.....	324
A7. Reguła Scheimpfluga	329
Dowód.....	329
A8. Fotografia srebrowa, uzupełnienia	
— obraz utajony, proces obróbki,	
składniki wywoływacza	331
A8.1. Obraz utajony, proces wywoływania	331
A8.2. Utrwalacz	333
A8.3. Skład wywoływacza	334
A8.4. Wywoływanie bezbromkowe	337
A9. Fotografia srebrowa — specjalne	
rodzaje wywoływania	338
A9.1. Wywoływanie przewlekłe	338
A9.2. Wywoływanie dwukąpielowe	
(dwustopniowe).....	339
A10. Parę receptur	341
Wywoływacze negatywowe	341
Wywoływacze pozytywowe	
(do papierów) — ID-62, D-72, D-163.....	344
Przerywacz	344
Utrwalacz	345
Sepiowanie (tonowanie siarką).....	345
A11. Dlaczego emulsja niskoczuła	
jest bardziej kontrastowa	
niż wysokoczuła.....	346
A12. Negatyw maskowany	348
A13. Jednostki fotometryczne.	
Formuła Adamsa	351
A13.1. Prawo Lamberta.....	351
A13.2. Jednostki fotometryczne	352
A13.3. Reflektancje, luminancje	353
A13.4. Formuła Adamsa	353
A14. Krótka historia światłomierza.....	355
A15. Szara kartka: dlaczego akurat 18%?	357
A16. Gęstość optyczna	358
A17. Między nauką a sztuką:	
złoty podział i liczby Fibonacciego.....	359
A17.1. Złoty podział odcinka.....	359
A17.2. Liczby Fibonacciego	359
A17.3. Przykład konstrukcji złotego podziału	360

VIII. FOTOGRAFIA BARWNA — PODSTAWY

1. Mechanizm widzenia barwnego

Ze szkolnych lekcji fizyki pamiętasz zapewne, Czytelniku, że tzw. światło białe to w rzeczywistości mieszanina fal o różnej długości, a każdej z nich odpowiada określony kolor. Człowiek postrzega wzrokiem promieniowanie elektromagnetyczne o długości fal od ok. 400 do 700 nanometrów ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m} = 0,000001 \text{ mm}$); 400 nm to barwa fioletowa, 700 — czerwona wpadająca w odcień wiśniowy.

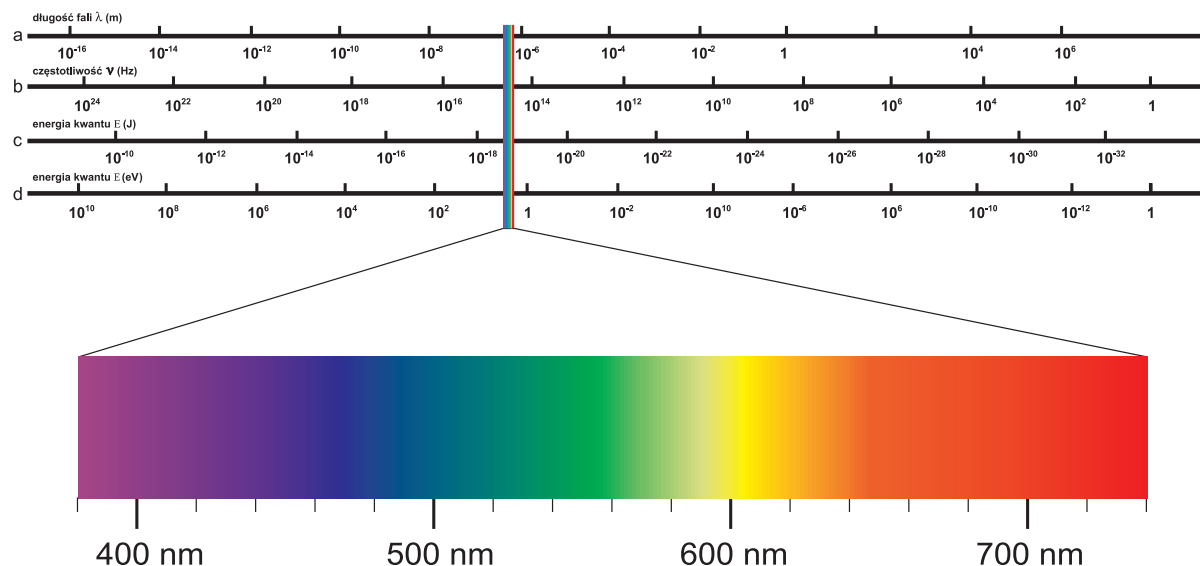
Jak widać, to, co jesteśmy w stanie zarejestrować naszym zmysłem wzroku, zajmuje bardzo wąski obszar promieniowania elektromagnetycznego. Nieco więcej widzą węże — grzechotnik dysponuje specjalnym organem pozwalającym mu odbierać promieniowanie podczerwone (cieplne), dzięki czemu nawet w głębokiej nocy może upolować niespodziewającą się niczego mysz — ale już nie zmiennocieplną żabę czy jaszczurkę. Z kolei niektóre owady, m.in. pszczoły, widzą ultrafiolet — ba, są nawet w stanie określić kierunek polaryzacji światła, co ułatwia im odnalezienie powrotnej drogi do ula.

Już z tego, co powyżej, wynika, że nasz zmysł wzroku nie jest wcale taki doskonały — a to tylko początek, najgorsze dopiero nastąpi! Otóż powiedzmy sobie bez ogródek, że wszystkie używane obecnie metody reprodukcji barwy, czy to będzie druk, czy telewizja, czy monitor komputera, czy wreszcie fotografia, to czyste oszustwo — tak naprawdę bowiem nie reprodukujemy barwy, tj. fali świetlnej o określonej długości, a jedynie WRAŻENIE barwy!

Jeśli weźmiesz, Czytelniku, do ręki lupę i zbliżysz ją do ekranu swojego telewizora czy też monitora, dostrzeżesz, że miejsce wszystkich barw, jakie normalnie widzisz, zajęły tylko trzy: czerwona, zielona i niebieska. Gdzie się podziała cała reszta?! Ano, żeby to zrozumieć (a fotograf powinien to dobrze rozumieć!), musimy nieco bliżej przyjrzeć się mechanizmowi postrzegania barw.

Należy powiedzieć na wstępie, że jeszcze nie wszystko zostało wyjaśnione i naukowcy nadal intensywnie zajmują się tym problemem, ale podstawy wydają się nie budzić już wątpliwości, choćby dlatego, że najwyraźniej to wszystko działa...

Te podstawy to teoria Younga-Helmholtza, sformułowana przez tych badaczy pod koniec XIX wieku



rys. o8-1-01 Promieniowanie elektromagnetyczne

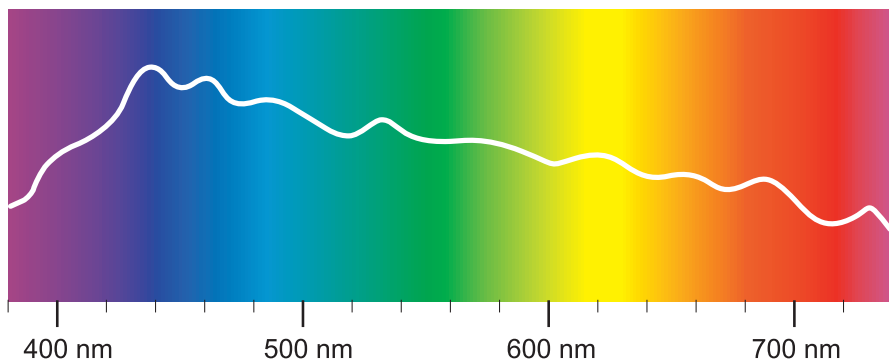
i wspaniale potwierdzona przez jednego z najwybitniejszych ówczesnych fizyków Jamesa Clerka Maxwella, skądinąd twórcę teorii elektromagnetyzmu. Według Younga i Helmholtza na ekranie światłoczułym oka, czyli siatkówce, znajdują się dwa rodzaje receptorów: pręciki, o dużej czułości na światło, ale reagujące wyłącznie na intensywność oświetlenia, oraz czopki. Te rozróżniają barwy, ale są znacznie mniej czułe — dlatego właśnie przy niskim poziomie oświetlenia przestajemy widzieć kolory, które nadal tam są; kto nie wierzy, niech zrobi zdjęcie przy dostatecznie długim czasie ekspozycji (uwaga na drenaż baterii!) — kolory mogą się wydać nieco dziwne z uwagi na niecodzienne oświetlenie, ale niewątpliwie będą łatwo rozróżnialne.

Substancją uczulającą czopki na światło jest rodopsyna — związek zabarwiony na czerwono, stąd efekt czerwonych oczu. W zależności od swojej struktury chemicznej jest ona uczulona na światło niebieskie, zielone lub czerwone — i w efekcie na te właśnie kolory reagują czopki. Reszta odbywa się już w mózgu. Mózg niemowlęcia mozolnie uczy się, jak z proporcji bodźców odbieranych przez receptory budować wrażenie jasności i barwy — jaka proporcja sygnałów czerwonego, zielonego i niebieskiego odpowiada jakiemu kolorowi, odcieniowi i tonalności. Potem już wie: jednakowego natężenia sygnały zielony i czerwony to kolor żółtego słończnika; więcej czerwonego niż zielonego to pomarańcza; jednakowe bodźce czerwony i niebieski to liliowy

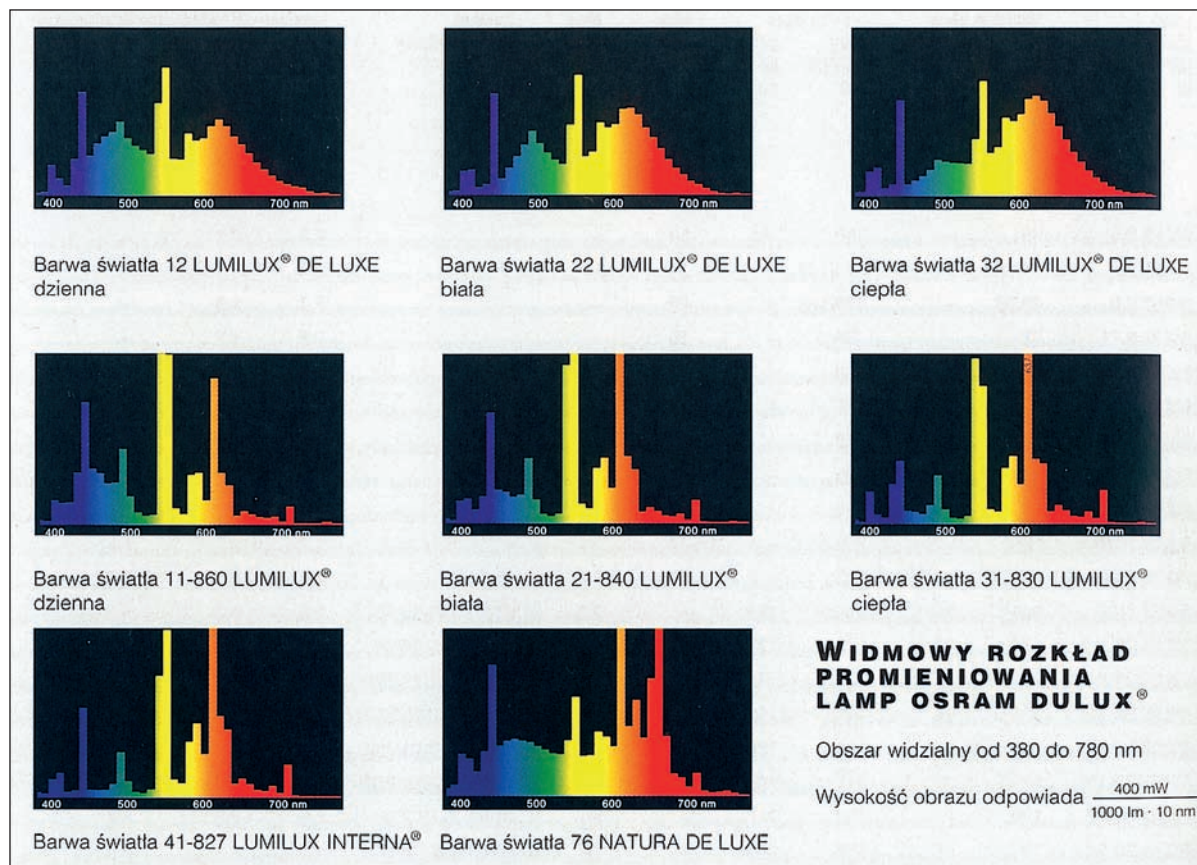
tulipan, więcej niebieskiego to fiołki. Nieważne, jaki jest rzeczywisty skład widmowy odbieranego światła, liczy się tylko wielkość i proporcje bodźców: czerwonego, zielonego, niebieskiego.

Pod tym względem zmysł wzroku działa zupełnie inaczej niż słuch, gdzie wprawne ucho muzyka jest w stanie rozróżnić w złożonym brzmieniu orkiestry dźwięki wysyłane przez poszczególne instrumenty, precyzyjnie określić wysokość tonów, usłyszeć fałszywą nutę. Nie ma tam mowy o żadnej rekonstrukcji wrażeń — słysząc dźwięk, jesteśmy w stanie określić jego wysokość, tzn. częstotliwość fali akustycznej, wychwycić każdą zmianę tej częstotliwości, która objawia się obniżeniem lub podwyższeniem wysokości tonu, odróżnić barwę tonu kłarnetu i trąbki, czyli zawartość składowych harmonicznych podstawowego dźwięku. Wzrok natomiast bardzo łatwo oszukać: jeśli umiejętnie dobierzemy proporcje np. bodźców zielonego 550 nm i czerwonego 700 nm, oko (a właściwie mózg) nie odróżni tak spreparowanego światła od autentycznej, „widmowej” żółci odpowiadającej fali o długości 620 nm.

Barwy (lub światła), które oko postrzega jako identyczne, a które różnią się składem widmowym, noszą nazwę barw (światła) **metamerycznych**. I właśnie na tworzeniu takich metamerów barw natury zasadza się barwna fotografia, barwna telewizja, barwny druk. Wszystkie te techniki operują w zasadzie trzema kolorami: czerwonym (R — *red*), zielonym (G — *green*) i niebieskim (B — *blue*). To właśnie słynne RGB, podstawa syntezy barw. Mieszając te trzy światła w odpowiednich proporcjach, jesteśmy w stanie odtworzyć w zasadzie wszystkie barwy natury, aczkolwiek, jak później zobaczymy, w sposób nie do końca doskonały, podobnie jak „dzienna” świetlówka tylko w pewnym stopniu może udawać światło słoneczne, a żarówki energooszczędne mimo starań producentów świecą jednak trochę inaczej niż stare, pocziwe żarówki tradycyjne.



rys. 08-1-02 Widmo światła białego wysyłanego przez rzeczywiste źródło termiczne



rys. 08-1-03 Widmo światła
białego emitowanego przez
jarzeniówki (źródło: katalog
OSRAM)

2. Kaprysy koloru: co to znaczy, że przedmiot jest kolorowy. Jakość oświetlenia. Metameryzm

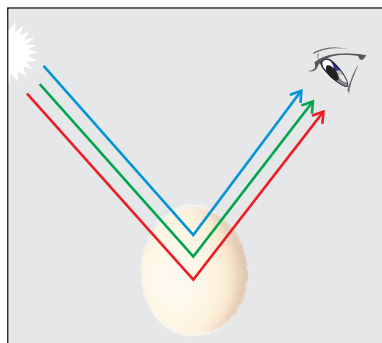
Tradycyjna czarno-biała odbitka srebrowa może mieć odcień ciepły albo zimny, wreszcie neutralny — zależy to od rodzaju papieru i sposobu obróbki, a w gruncie rzeczy od kształtu i wielkości ziaren srebra tworzących obraz. Jednak bez względu na to, jakim „białym” światłem go oświetlimy, odcień tego obrazu pozostanie bez zmian. W dobie fotografii cyfrowej czarno-biała odbitka jest na ogół drukowana w CMYK-u «1» i tu rodzaj, tj. skład widmowy, światła, w jakim ją oglądamy, pełni rolę zasadniczą. Zdarzyło mi się kilkakrotnie widzieć, co się dzieje z czarno-białymi i barwnymi wydrukami, gdy zamiast światłem słonecznym, w którym miały zupełnie

neutralny odcień, zostały oświetlone jarzeniówkami.

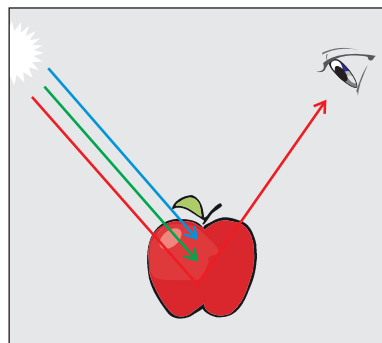
Parę lat temu wprowadzałem do ZPAF jednego z moich kolegów. Zielona Sala, w której zasiada ciało oceniające kandydata, tj. Rada Artystyczna, oświetlona jest żarówkami energooszczędnymi, które świecą się nawet w dzień, ponieważ sala jest dość ciemna. Przyjaciel rozłożył swoje czarno-białe zdjęcia, które przedtem oglądaliśmy razem i które prezentowały się znakomicie — i cóż się okazało? Wszystkie były intensywnie fioletowe! Opanowałem panikę i, ponieważ za oknem był dzień, poprosiłem szacowną Radę, by zechciała obejrzeć prace tuż przy oknie. I tam wszystko było w porządku!

Podobną przygodę sam miałem wcześniej, gdy robiłem serię barwnych zdjęć na zlecenie pewnego biura architektonicznego. Wielkoformatowe powiększenia wykonałem osobiście, wyglądały doskonale, klient był zadowolony. Po pewnym czasie odwiedziłem biuro, zdjęcia wisały na ścianach i moim przerażonym oczom ukazał się widok straszny: wszystkie były purpurowe!

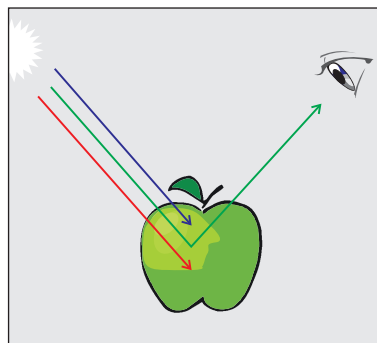
«1» VIII-4 — RGB i CMYK



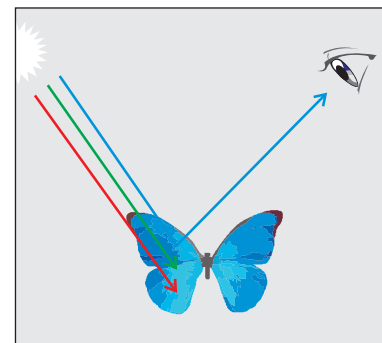
rys. 08-2-01



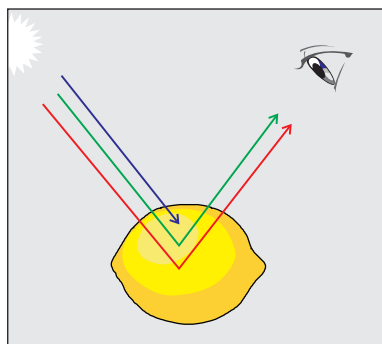
rys. 08-2-02



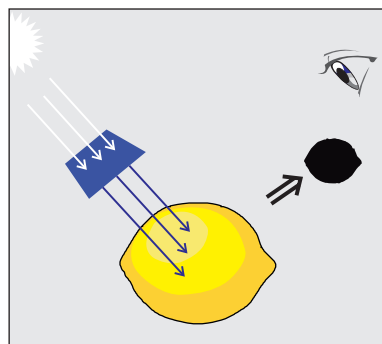
rys. 08-2-03



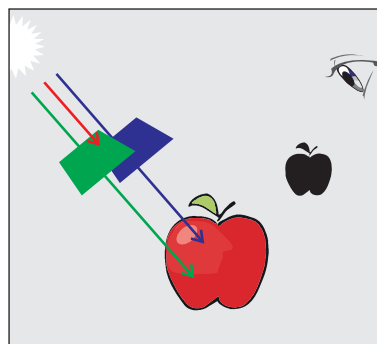
rys. 08-2-04



rys. 08-2-05



rys. 08-2-06



rys. 08-2-07

światło. Pewne długości fal odbija silniej, inne słabiej, jeszcze innych może nie odbijać wcale. Kolorowe filtry przepuszczają określoną część widma, resztę pochłaniają (filtry barwione) lub odbijają (filtry dichroiczne) «2».

Wszystko jest w porządku, dopóki mamy do czynienia ze światłem o widmie ciągłym, tzn. takim, w któ-

rym reprezentowane są wszystkie długości fal. Jeśli jednak pewnych części widma brakuje lub ulegają osłabieniu, zaczyna się zamieszanie. Przedmiot nie otrzymuje tego światła, które powinien odbić, więc go nie odbija — w efekcie zmienia się skład spektralny wysyłanego przezeń światła, czyli, mówiąc potocznie, kolor! Jeszcze dramatyczniej przedstawia się sprawa wtedy, gdy w świetle padającym nie występują w ogóle te fale, które, odbite, decydują o kolorze przedmiotu — wtedy nasz przedmiot będzie po prostu czarny, ponieważ nie odbija w ogóle nic (rys. 08-2-06 i 07).

Może się również zdarzyć, że nawet gdy scena jest oświetlona „porządnym”, ciągłym światłem białym, pewne barwy wychodzą na zdjęciu inaczej, niż wyglądały w rzeczywistości. Krytyczne znaczenie ma to w przypadku reprodukcji malarstwa, gdzie wierność oddania poszczególnych barw jest sprawą kluczową. Wielokrotnie zdarzało mi się oglądać w różnych wydawnictwach reprodukcje tego samego obrazu różniące się między sobą dość zasadniczo, nie tylko ogólnym odcieniem, ale również walorem poszczególnych barw. Tu przyczyną jest wzajemne niedopasowanie krzywych pochłaniania

«2» Rozdział III-3 –filtry;
Rozdział V-2b dichroizm

Co się mogło stać?! Zdjąłem zdjęcie ze ściany, podszedłem do okna — kolory idealne! Czyli znowu oświetlenie wnętrza...

Zapamiętaj, Czytelniku: wszelkie „zimne” źródła światła fałszują barwy. Zatem dbaj o to, by oceniać swoje zdjęcia i prezentować je (wystawy!) wyłącznie przy świetle „gorącym”, czyli ciągłym, a najlepiej dziennym! Większość galerii dysponuje już reflektorkami halogenowymi — ale jeśli gdzieś dostrzeżesz świetlówki lub żarówki energooszczędne, wiej stamtąd ze swoimi pracami, gdzie pieprz rośnie, bo z pewnością nie będą się prezentowały tak, jak powinny! Podobnie jeśli robimy zakupy w sklepie odzieżowym, zawsze warto podejść z wybranym towarem do okna, by ocenić, jaki naprawdę jest kolor, ponieważ energooszczędne lampy w sklepie na ogół silnie ten kolor zmieniają. Ostatnio kupiłem buty, które w sklepie miały interesujący ciemnoszary kolor z odcieniem zieleni. Po wyjściu ze sklepu okazało się, że są brązowe!

Przyjrzyjmy się sprawie dokładniej. Dany przedmiot jest kolorowy, ponieważ selektywnie odbija padające nań

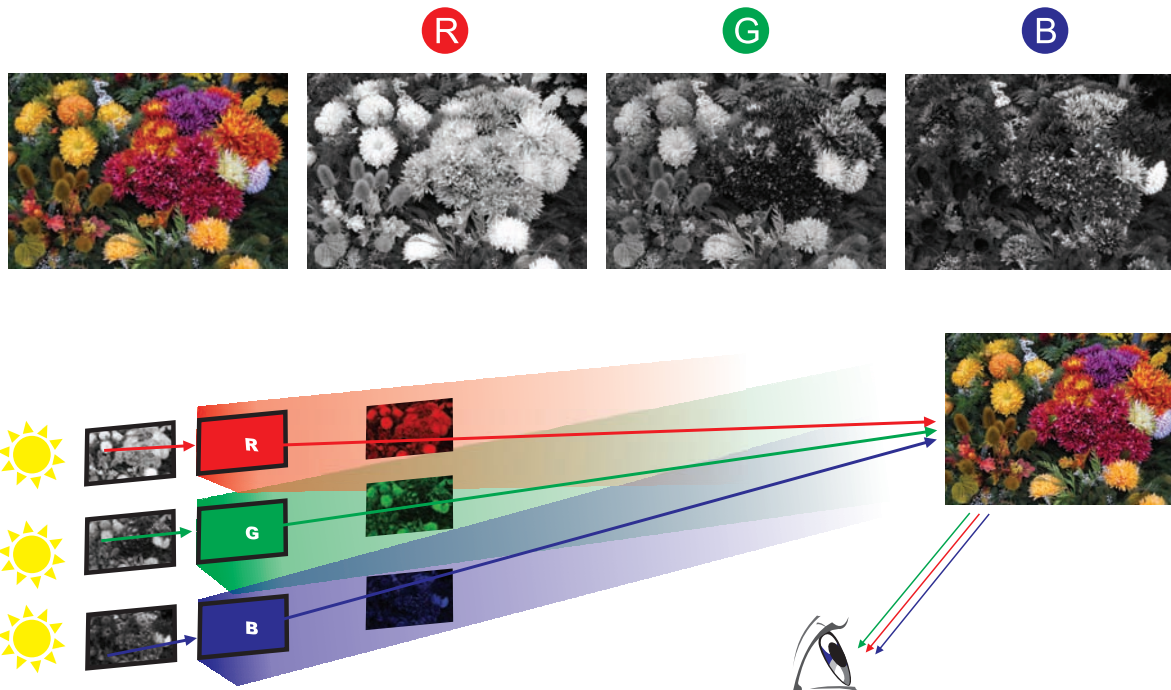
różnych barwników i krzywych czułości materiału fotograficznego użytego do zdjęć: albo odpowiednie zakresy na siebie trafią, albo nie. W czujniku obrazowym aparatu cyfrowego analogiczne znaczenie ma charakterystyka uczulenia spektralnego pikseli. W przeszłości, gdy wszystkie reprodukcje robiło się na materiałach odwracalnych¹, fotograf, któremu zależało na możliwie wiernym oddaniu barw, robił próby na materiałach najróżniejszych producentów i na podstawie testów wybierał najwłaściwszy. W dobie fotografii cyfrowej jedyne, co nas może ewentualnie uratować, to dość zaawansowana obróbka w programie graficznym — i to pod warunkiem że mamy doskonale skalibrowany monitor, właściwe profile ICC i przyjaciół w drukarni...

¹ W przypadku techniki negatyw-pozytyw jest jeszcze gorzej, ponieważ każde przekopiowanie wprowadza błędy.

Jak z powyższego widać, problem metameryzmu barw absolutnie nie jest błahy i zasługuje na to, by stale o nim pamiętać — inaczej mogą nas spotkać niemiłe niespodzianki.

3. Trzy kolory to wszystkie kolory! Maxwella skrzynka kolorów. Mieszanie światła

Teraz wróćmy do doświadczenia Maxwella, zademonstrowanego po raz pierwszy na posiedzeniu szacownego Royal Institute w roku 1861. Z trzech projektorów, których obiektywy przysłonięte były filtrami czerwonym, zielonym i niebieskim, wyświetlił na wspólny ekran przygotowane czarno-białe przezroczca sporządzone ze zdjęć zrobionych przez takie same filtry. Ku zdumieniu i zachwytowi obecnych na ekranie ukazał się obraz w całej krasie barw natury!



rys. 08-3-01 Reprodukacja barw przez złożenie trzech obrazów cząstkowych, wyciągów RGB

«3» Rozdział XI — wzór
Bayera (topologia 3 kolorów
na płaszczyźnie, kolor zielony jako
najjaśniejszy)

Dokładnie na tej samej zasadzie działa projektor kina domowego, gdzie trzy obrazy cząstkowe odpowiadające wyciągom czerwonemu, zielonemu i niebieskiemu są wyświetlane — z oddzielnych lamp leżących obok siebie i przysłoniętych odpowiednimi filtrami — na wspólny ekran, dając pełną iluzję barw naturalnych.

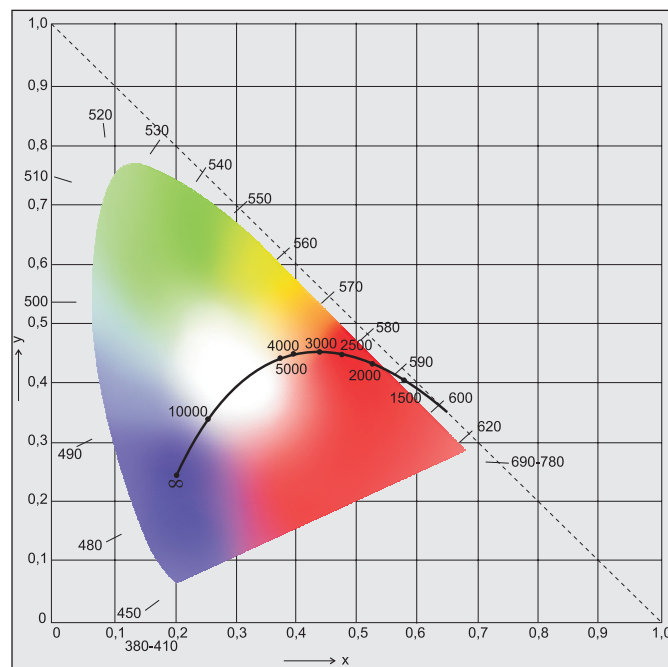
Alternatywne rozwiązanie to wyświetlanie naprzemiennie w szybkim tempie następujących po sobie obrazów-wyciągów: czerwonego, zielonego i niebieskiego. Dzięki bezwładności oka widzimy jeden obraz w barwach naturalnych.

Jeszcze inny sposób stosuje się w telewizji i monitorach komputerowych: tu mamy do czynienia z mozaiką punktów świecących w tychże podstawowych trzech kolorach. Z dostatecznej odległości, gdy już nie widać poszczególnych elementów mozaiki, odbieramy wrażenie wszystkich barw świata. Analogiczny mechanizm rejestracji stosuje się w aparatach cyfrowych: tu czujnik obrazowy (matryca) składa się z milionów elementarnych fotorejestratorów, pikseli (*picture [pics] element*), przysłoniętych odpowiednio filtrami R, G i B, układających się najczęściej w tzw. wzór Bayera «3».

No a co z drukiem barwnym i tradycyjną, trójwarstwową fotografią? Mimo że operują barwnikami w innych kolorach: żółty Y(ellow), purpurowy M(agenta), niebieskozielony C(yan), tak naprawdę tworzą obraz również ze światła R, G i B. Barwnik żółty działa jako filtr światła niebieskiego, dozując jego ilość; podobnie filtr M reguluje ilość światła zielonego, a filtr C — światła czerwonego. Nałożenie na siebie tych trzech filtrów o maksymalnej gęstości powinno w teorii spowodować całkowite zatrzymanie światła, czyli absolutną czerń; w rzeczywistości, wskutek niedoskonałości barwników, nałożenie ich na siebie nie daje wymaganej czerni, a jedynie brudnawy brąz, zatem w druku stosuje się jeszcze barwę czwartą, czyli właśnie czerń (sądzę). Wykorzystać pierwszej litery słowa *black* nie można, bo „B” zostało już zarezerwowane dla Blue; zatem przyjęło się używać litery ostatniej — „K”. Stąd popularny CMYK.

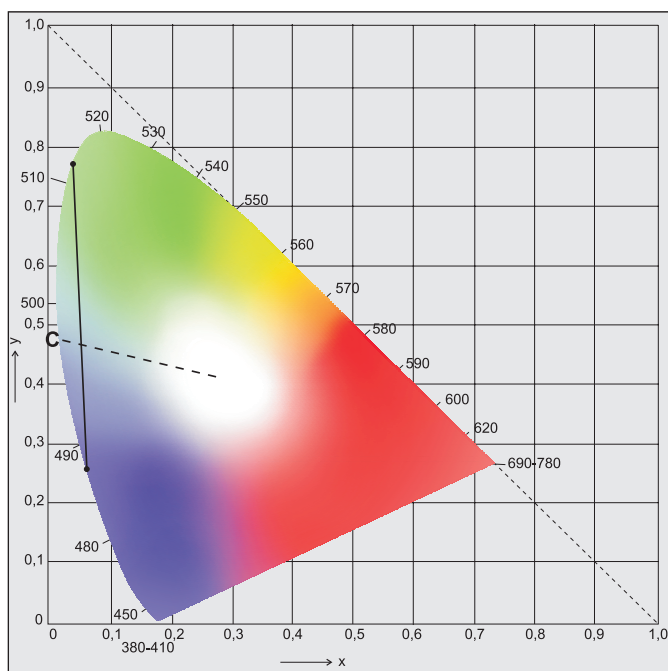
4. Dodawanie i odejmowanie światła — arytmetyka barw. Metoda addytywna i subtraktywna

Skoro już wiemy, w jaki sposób odbieramy barwy otoczenia, tzn. że wystarczy odpowiednio dobrać proporcję trzech zaledwie światła: czerwonego, zielonego i niebieskiego, by uzyskać dowolne wrażenie barwne, pora wykorzystać to w praktyce. Powiedzmy tylko jeszcze przedtem, że wszystko, co tu nastąpi, daje receptę na prawidłową reprodukcję barw *tylko* dla gatunku *homo sapiens* — wszelkie istoty, które mają receptory światła i barw ułożone w innym zakresie widma elektromagnetycznego, nic znanego na naszych kolorowych zdjęciach czy świecących ekranach nie zobaczą. To na wypadek, gdyby nas kiedyś odwiedzili goście z innych planet...



rys. 08-4-01 Diagram chromatyczności CIE
(Commission Internationale de l'Eclairage)

Diagram przedstawiony na rysunku (08-4-01) to najbardziej chyba popularny sposób klasyfikacji barw; istnieją też inne. Dzięki temu, że dodanie do siebie w równych proporcjach światła R, G i B daje barwę białą (przypiszmy jej wielkość 1), możemy przejść do obrazu dwuwymiarowego — kolor niebieski traktujemy po prostu jako brak światła zielonego i czerwonego, czyli zero na osi zarówno R, jak i G². Ta „podkowa” odzwierciedla tzw. gamut, tzn. obszar barw, jakie postrzega przeciętny, wzorcowy przedstawiciel naszego gatunku. Na obwodzie znajdują się barwy nasycone, im bliżej środka, czyli bieli³, tym bardziej pastelowe, nienasycone. Za pomocą tego diagramu można łatwo unaocznic pewne fakty związane z mieszaniem światła, tzn. tworzeniem barw pochodnych:

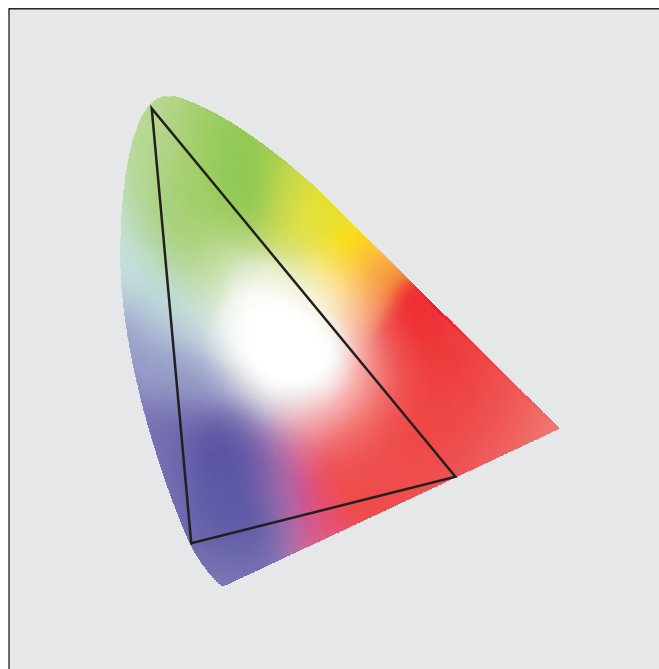


rys. 08-4-02 Mieszanie barw nasyconych daje barwę o mniejszym stopniu nasycenia

² Nie całkiem zero, ponieważ doskonałość naszego zmysłu wzroku daleka jest od ideału; podobnie ma się sprawa z barwami zieloną i czerwoną, których skrajnym wartościom daleko do jedynki.

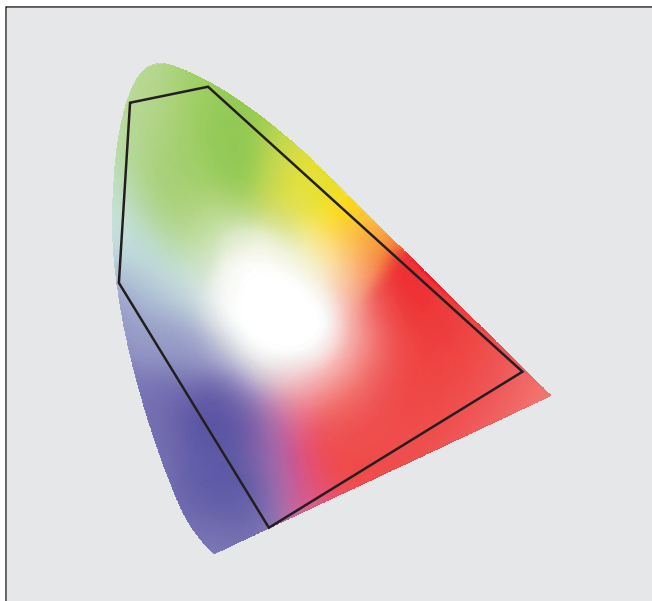
³ O współrzędnych $G = 0,33$, $R = 0,33$, czyli sprawiedliwie po $1/3$ dla każdej z barw.

Każda barwa, jaką można otrzymać w wyniku mieszania światła A i B, znajduje się na prostej łączącej te punkty; w zależności od wzajemnej intensywności tych światła różny będzie odcień barwy pochodnej — bliższy A lub B. Zwróćmy jednak uwagę, że nawet mieszając barwy nasycone (na obwodzie gamutu), zawsze otrzymamy barwę o mniejszym nasyceniu, leżącą bliżej punktu bieli — ukośna prosta wyznacza na obwodzie odpowiednik nasycony. Zatem za pomocą metody trójbarwnej nie jesteśmy w stanie otrzymać czystych, nasyconych barw — zawsze będą one mniej lub bardziej rozbieżne lub przybrudzone.



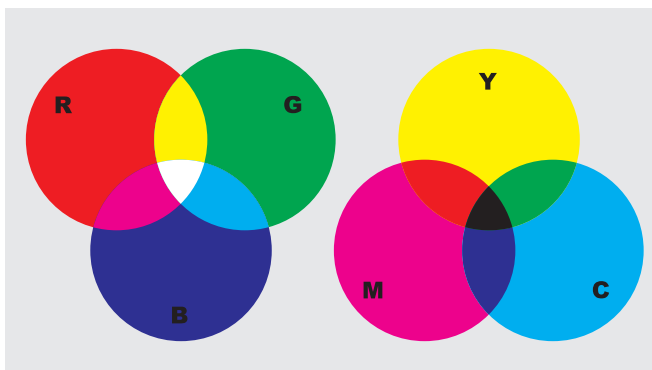
rys. 08-4-03 Synteza trójbarwna

Ten schemat (rys. 08-4-03 i 04) unaocznia, że im więcej barw składa się na wynik mieszania, tym szerszą otrzymujemy przestrzeń barwną, a zatem rośnie szansa na otrzymanie bardziej nasyconych kolorów. Jest to jeden z powodów, dla których do drukowania z wysoką jakością używa się nie trzech pigmentów, a więcej, np. pięciu.



rys. o8-4-04 Synteza pięciobarwna

Podstawą jest jednak zawsze metoda trójbarwna. Można bądź dodawać bezpośrednio światła (ekrany świecące — TV, monitory; projektory; plamy słońca na posadzce bądź ścianach katedr, przesiane przez barwne szybki witraży — skąd średniowieczni mistrzowie czerpali wiedzę o mieszanii barw?), bądź je odejmować od światła białego za pomocą filtrów: pigmentów w druku, barwnych warstw emulsji w tradycyjnej fotografii. Pierwszy sposób nosi nazwę metody addytywnej, drugi — subtraktywnej⁴.



rys. o8-4-05 Addytywne i subtraktywne mieszanie barw

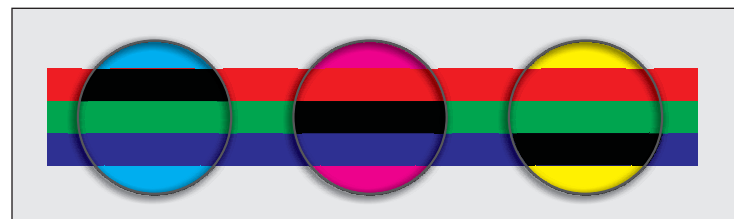
⁴ *additio, addition* — dodawanie; *subtractio, subtraction* — odejmowanie.

W pierwszym przypadku światła dodają się bezpośrednio:

$$R+G+B = 1; \quad R+G = Y; \quad R+B = M; \quad G+B = C.$$

W drugim odejmują się poprzez filtry:

- $Y = 1-B$ filtr żółty (Yellow) zatrzymuje (pochłania) światło niebieskie (Blue),
 $M = 1-G$ filtr purpurowy (Magenta) zatrzymuje (pochłania) światło zielone (Green),
 $C = 1-R$ filtr niebiesko-zielony (Cyan) zatrzymuje (pochłania) światło czerwone (Red).



rys. 8-4-06 Działanie filtrów C, M, Y

A jeśli nałożymy na siebie dwa filtry?

$$Y+M = (1-B) + (1-G) = 1-B-G = (R+G+B)-B-G = R$$

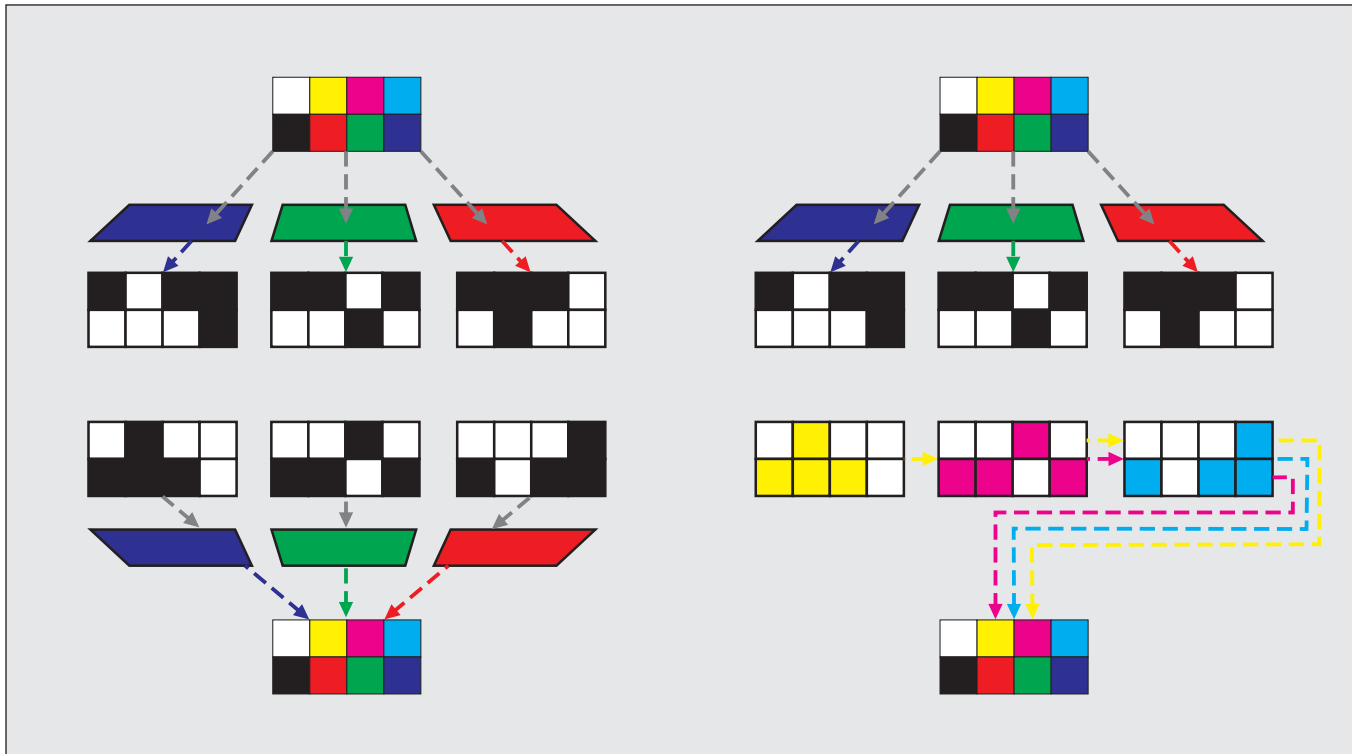
(Dziwna arytmetyka: $1+1 = 1$, ale bo też dodanie światła białego do światła białego daje nadal światło białe!).

Analogicznie:

$$Y+C = 1-B-R = G$$

$$M+C = 1-G-R = B$$

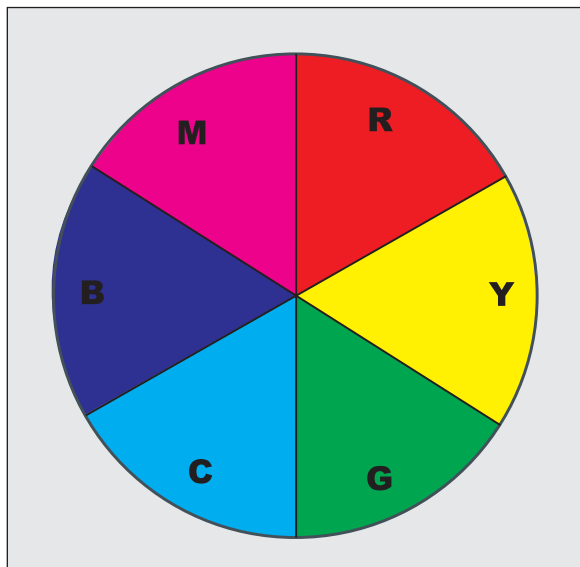
Komu nie odpowiada arytmetyka, z pewnością polubi następujące diagramy:



rys. 08-4-07 Synteza addytywna

rys. 08-4-08 Synteza subtraktywna

Zaś zebrać to wszystko można w postaci tzw. koła barw:



rys. 08-4-09 Koło barw

Ten schemat każdy fotograf powinien mieć w pamięci i umieć powtórzyć obudzony w środku nocy!

Konstrukcja jest prosta: w co drugie pole wpisujemy, w dowolnej kolejności, symbole barw podstawowych — R, G, B. Teraz można pójść dwiema drogami. Najprościej:

- W każde puste PRZECIWLEGŁE pole wpisać odpowiednią barwę dopełniającą, tj. taką, która dodana do podstawowej da światło białe: żółty do niebieskiego, purpura do zielonego, niebiesko-zielony do czerwonego: $B \rightarrow Y$, $G \rightarrow M$, $R \rightarrow C$. Gotowe.
- Miedzy dwa zajęte już pola wpisać barwę pochodną powstałą z mieszania tych dwóch podstawowych:

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

Rezultat oczywiście jest (musi być!) identyczny.

Teraz możemy już ćwiczyć reguły składania barw. Miedzy dwiema sąsiednimi barwami podstawowymi (addytywnymi) mamy wynik ich mieszania; podobnie miedzy dwiema barwami pochodnymi (subtraktywnymi) widnieje wynik nałożenia na siebie odpowiednich

filtrów. Naprzeciwko każdego pola barwnego widnieje barwa dopełniająca: mniej purpury to więcej zielonego, mniej niebieskiego to więcej żółtego itd. Przydatne, prawda? Bardzo ważne to było w dobie tradycyjnej fotografii barwnej, np. przy filtrowaniu odbitek, ale i dziś ta wiedza jest pomocna przy korygowaniu za pomocą Photoshopa dominanty barwnej zdjęcia — no i w studiu, gdy operujemy lampami przysłoniętymi barwnymi filtrami, łatwiej można przewidzieć powstałe efekty.

Ten schemat nie obejmuje wszystkich barw — w tęczy nieobecne są kolory takie, jak brązowy, zgniozłony i szary, by wymienić tylko niektóre. Ano, bo zapomnieliśmy o jeszcze jednym ważnym elemencie, mianowicie o *jasności* barwy! Brąz to nic innego jak żółty (cieplejszy lub chłodniejszy) z odpowiednią domieszką czerni, zgniozłony to żółto-zielony plus czern, a szary to oczywiście biały wymieszany z czernią, choć żaden malarz nie robi tego w ten sposób, a będzie się raczej starał mieszać kolory dopełniające z ewentualną domieszką bieli. Skądinąd warto pamiętać, że kolor szary jest najtrudniejszy ze względu na to, że natychmiast widać każdą, najdrobniejszą nawet zmianę odcienia.

Odcieni szarości jest bowiem bez liku. Przypomina mi się opowieść mojego stryja, malarza, który kiedyś w Paryżu zaszedł do sklepu z farbami kupić szare pastele. „A jaki szary kolor pan szanowny sobie życzy?” — zapytał sprzedawca. — „Bo widzi pan, mam tu około tysiąca odcieni: cieplejsze, chłodniejsze, jaśniejsze, ciemniejsze... Gołębi, stalowy, perłowy, grafitowy, neutralnie szary...”

Jak wiadomo, marzeniem każdego fotografa jest zrobić zdjęcie całe skąpane w subtelnych szarościach — i tylko gdzieś tam świeci jeden czerwony punkcik... Podobnie: duża biała ściana i na niej tylko jedno (za to jakie!) zdjęcie. Jedno i drugie przedstawia ideał prawie nieosiągalny...

Ale, wracając do tematu, warto pamiętać, że kolor charakteryzuje się trzema cechami: *czystość* (*nasycenie*, *jaskrawość*), *jasność* i *odcień* «4». Przekładając to na język komputerowo-fotograficzny: chrominancja odpowiada za nasycenie, luminancja za jasność, no a odcień to po prostu proporcje barw podstawowych RGB. Prawda, że proste?

5. Klasyfikacja i przestrzenie barw

W tym miejscu podamy tylko podstawowe wiadomości, odsyłając dociekliwego Czytelnika do specjalistycznych podręczników lub odpowiednich stron internetowych, np. Wikipedii:

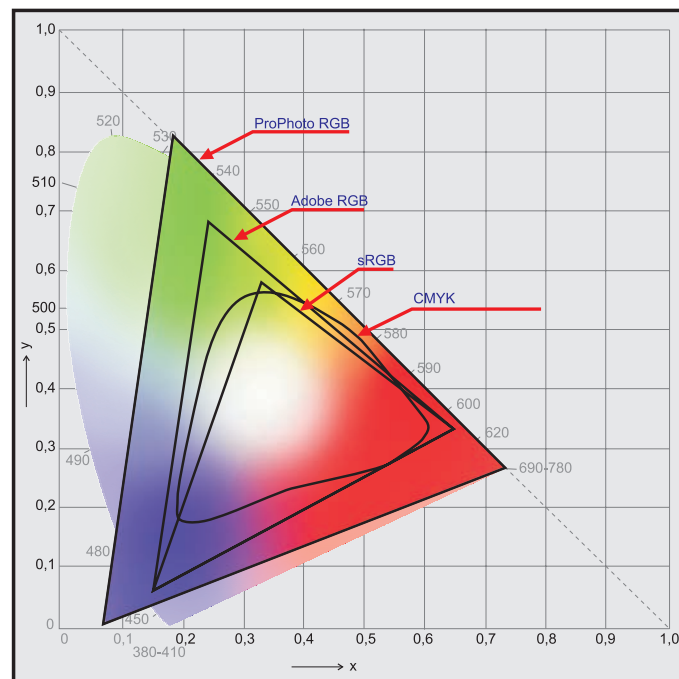
http://pl.wikipedia.org/wiki/Przestrzeń_barw

http://en.wikipedia.org/wiki/Color_space

albo przeglądowego artykułu:

http://www.nuph.us.edu.pl/~siemaszk/EGK/EGK_04.pdf

Tych źródeł jest oczywiście o wiele więcej. Dla naszych celów wystarczy, jeśli spośród wielu istniejących omówimy w zarysie cztery najbardziej popularne przestrzenie: Adobe RGB, sRGB, CMYK i Lab. Trzy pierwsze z łatwością przedstawimy na znanym już nam diagramie CIE:



rys. 08-5-01 Przestrzenie barw (wg Wikipedii)

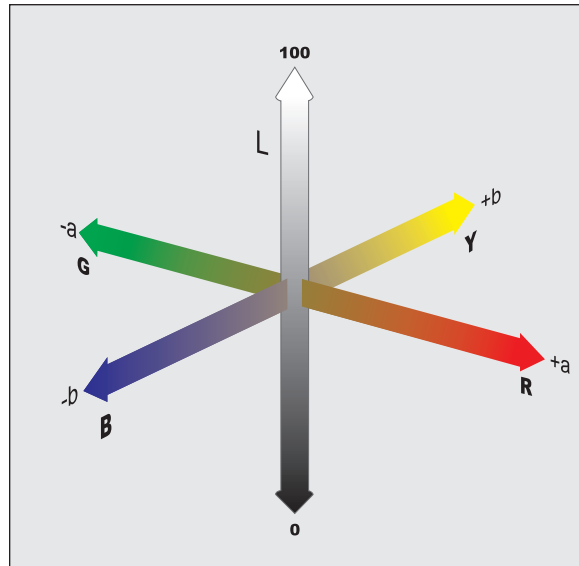
Jak widać, najszerszym gamutem, tzn. przestrzenią barwną, dysponuje Adobe RGB, najmniejszym CMYK.

Dlaczego używane są różne przestrzenie? Zaczniemy od tego, że każda z nich jest węższa niż zakres barw postrzegany naszym narządem wzroku, któremu odpowiada pełna „podkowa”. Wynika to z niedoskonałości techniki odtwarzania barw. Bardzo nieliczne (i odpowiednio drogie) monitory odtwarzają pełną przestrzeń Adobe RGB; na ogół jest to tylko sRGB lub niewiele więcej. Ale im większa przestrzeń, tym szersza paleta barw, jaką mamy do dyspozycji — do rejestracji i obróbki (oraz archiwizacji!) zdjęć zalecany jest więc system Adobe RGB, natomiast wszędzie tam, gdzie oglądamy zdjęcia na ekranie monitora, wystarczy przestrzeń sRGB. Aby to sobie unaocznić, obejrzyj, Czytelniku, to samo zdjęcie zapisane w Adobe RGB — najpierw w Photoshopie, a następnie np. w przeglądarce Windows lub innej, która operuje w sRGB; kolory okażą się mniej żywe, czasem zdarzy się nawet może przesunięcie równowagi barw. Zatem dla prezentacji internetowych warto przekonwertować zdjęcie do przestrzeni sRGB i ewentualnie dokonać odpowiedniej korekty barw, aby wyglądało ono na ekranie odbiorcy tak, jak byśmy chcieli⁵.

Co do CMYK-a, jest to system używany w poligrafii — aby zdjęcie mogło być wydrukowane, musi zostać „przetłumaczone” (przekonwertowane) z addytywnych RGB na subtraktywne CMYK, ponieważ drukuje się barwnikami, a nie światłami. Aby „przetłumaczyć” je prawidłowo, tzn. by barwy na wydruku możliwie dokładnie odpowiadały temu, co widzimy na monitorze, musimy zastosować odpowiedni profil ICC (International Color Consortium), zgodny z tym, jakiego używa drukarnia. Ponieważ jest to dość skomplikowane i stwarza duże prawdopodobieństwo wprowadzenia błędów, zwykle drukarnie (i wydawnictwa) wolą otrzymywać pliki RGB, a konwersję do CMYK robią już we własnym zakresie odpowiednio wyszkoleni pracownicy. Domowe drukarki również, jeśli są tylko odpowiednio skalibrowane, same

„tłumaczą” sobie RGB na CMYK — użytkownik nie musi się w ogóle o to troszczyć.

Lab ($L^*a^*b^*$) — przestrzeń wprowadzona w 1948 przez Richarda S. Huntera. Dość kompetentne opracowanie można znaleźć np. pod adresem http://en.wikipedia.org/wiki/Lab_color_space, istnieje również tyleż znakomity co opasły podręcznik Dana Margulisa *Photoshop LAB. Rozwiązanie zagadki kanionu* (Helion 2006). Przestrzeń ta, stosunkowo mniej popularna niż trzy omówione poprzednio, ma jednak pewne zalety. Po pierwsze, znacznie jest bliższa temu, jak sami postrzegamy barwy. L (Lightness) odpowiada za jasność, a i b , odpowiednio, za balans zielony-purpura/czerwony i niebieski-żółty.



rys. o8-5-02 Przestrzeń Lab

Po drugie, przestrzeń Lab jest nie tylko szersza niż nawet Adobe RGB, ale obejmuje większy zakres barw niż wzrok człowieka — tzn. nawet barwy nieistniejące (lub niepostrzegane) w przyrodzie. Ten szeroki gamut daje oczywiście korzyści w postaci lepszego odwzorowania barw i ich transformacji przy obróbce, niż to ma miejsce w przypadku któregośkolwiek z omówionych wyżej systemów — warunkiem jest, by już plik wejściowy zawierał

⁵ Niezbędna jest jeszcze odpowiednia kalibracja obu monitorów!

możliwie dużo informacji, a zatem tryb 16- lub nawet 32-bitowy. Konwersja na Lab zdjęcia zapisanego w 8 bitach RGB mija się z celem, ponieważ praktycznie nic nie zyskujemy⁶. Przestrzeń Lab ma sporo zalet, pozwala w wielu przypadkach na znacznie efektywniejszą i bardziej precyzyjną obróbkę obrazu niż RGB, ale jest mniej intuicyjna — przynajmniej dla piszącego te słowa, który przez całe swoje fotograficzne życie myślał w RGB — i może dlatego nie doczekała się dotąd szerszej popularności.

6. Tradycyjna fotografia barwna. Wywoływanie barwotwórcze

Ostatnie 70 lat to w kategoriach technologii fotografii rozwój głównie techniki barwnej — w fotografii czarno-białej poza wprowadzeniem emulsji T-grain i barwnikowych — nie odnotowano większych innowacji, natomiast w kolorze to cała epoka! Ale historia fotografii barwnej zaczęła się znacznie wcześniej i — paradoksalnie — pierwszy komercyjny materiał barwny (Autochrome, 1907) «6» był w gruncie rzeczy, gdy chodzi o emulsję i proces obróbki, czarno-biały. Jeszcze wcześniej czynione były próby analogiczne do metody Maxwella, tzn. projekcja na wspólny ekran trzech czarno-białych przezrocz z użyciem tych samych filtrów RGB, które posłużyły do ich zarejestrowania. Całkiem niedawno znalazłem w internecie stronę gazety „Denver Post”⁷, na której widnieje duża liczba zdjęć tą właśnie metodą wykonanych — w Rosji, w pierwszych latach XX wieku,

autorstwa dotąd mało znanego Siergieja Michajłowicza Prokudina-Gorskiego — oczywiście świeżo opracowanych komputerowo, ale zdumiewających wiernością oddania barw.



fot. 08-6-1 Prokudin-Gorski — trójbarwna woda w rzece. Siergiej Michajłowicz robił kolejno trzy zdjęcia czarno-białe przez filtry R, G i B. Dopóki obiekt był nieruchomy, złożenie przezroczcy dawało efekt naturalny. Tu jednak woda płynęła, więc odpowiedni fragment zdjęcia był za każdym razem inny i obrazy się nie nakrywały. Efekt ujawnia metodę

Tak naprawdę jednak fotografia barwna na dużą skalę zaczęła się dopiero w latach czterdziestych zeszłego stulecia, kiedy niezależnie w dwóch laboratoriach — Agfy i Kodaka — zostały stworzone odpowiednie technologie. Wcześniej, bo już w roku 1912, Fischer i Siegrist opatentowali metodę wywoływania barwotwórczego, czyli tworzenia odpowiednich barwników w naświetlonych miejscach emulsji, jednak napotkali podstawową trudność, gdyż komponenty, z których powstawały barwniki, nie chciały pozostać w określonym miejscu mokrej emulsji «7», tylko rozplywały się wokół, podobnie jak kropla atramentu wpuszczona do szklanki z wodą.

«5» Rozdział XIII-20

«6» Rozdział XIII-14: Autochrome

«7» XIII-15:
wywoływanie barwotwórcze

⁶ Na marginesie: obróbkę zdjęcia ZAWSZE warto przeprowadzać w 16 bitach, ponieważ operuje się znacznie pełniejszą informacją, co minimalizuje błędy odtwarzania. Dopiero po zakończeniu obróbki można zdjęcie zapisać w 8 bitach, by zaoszczędzić miejsca na dysku. Zob. np. histogramy w rozdziale XII.

⁷ http://blogs.denverpost.com/captured/2009/10/21/color-photography-from-russian-in-the-early-1900s/?source=ARK_plog; także np. <http://www.prokudin-gorsky.ru/>

Częściowo rozwiązyali ten problem Mannes i Godowsky «8» w laboratoriach Kodaka, tworząc słynny materiał Kodachrome (1935), wymagający jednak bardzo skomplikowanej i precyzyjnej obróbki. W gruncie rzeczy jest to znowu materiał czarno-biały, tzn. jego trzy warstwy emulsji zawierają jedynie (odpowiednio uczulone) światłoczułe sole srebra, a barwniki wprowadzane są do kolejnych warstw emulsji dopiero w procesie wywoływania. Bardzo ścisły reżim obróbki spowodował, że mogły jej dokonywać jedynie wyspecjalizowane laboratoria Kodaka, raptem kilka na całym świecie.

Przez dziesięciolecia, nawet wtedy, gdy już dawno istniały metody alternatywne, Kodachrome był pod każdym względem najlepszym materiałem barwnym na świecie⁸. Mimo to nigdy nie uzyskał dużej popularności w krajach „realnego socjalizmu”, w tym w Polsce, ponieważ: 1) był zaporowo drogi (z wliczoną ceną wywołania około 3 razy droższy niż np. Ektachrome), 2) jedyny właściwie sposób wysłania naświetlonego filmu na Zachód (w całym „Ost-bloku” nie było ani jednego laboratorium!) polegał na skorzystaniu z uprzejmości kogoś, kto tam jechał i zgodził się rolę przemyścić we własnym bagażu. PRL-owskie służby celne z pewnością taki materiał by zatrzymały i zniszczyły, nie mogąc sprawdzić, co zawiera. No ale z powrotem wywołane filmy wracały już bezpiecznie...

Problem dyfuzji barwników został rozwiązany prawie jednocześnie w laboratoriach Agfy (1936) i Kodaka (lata 40.), przy czym obie firmy poszły różnymi drogami. Pomysł Agfy polegał na doczepieniu do cząsteczek komponentów (i w konsekwencji barwników) długich łańcuchów alifatycznych (węglowodorowych), które pełniły rolę analogiczną jak łańcuchy zakończone żelazną kulą, w jakie zakuwano ongiś nogi więźniów, by uniemożliwić im ucieczkę. Cząsteczka z takim balastem traciła ruchliwość i posłusznie pozostawała tam, gdzie powinna. Kodak poszedł inną drogą, zamykając

komponenty barwników w kropelkach oleistej cieczy nierozpuszczalnej w wodzie. Taka kropelka pozostaje oczywiście w określonym miejscu emulsji, a wraz z nią barwniki powstałe w procesie wywoływania. Jest to tzw. metoda komponentów osłoniętych, która stopniowo wyparła metodę Agfy. Do tego stopnia, że nawet Agfa musiała ją przejąć, by pozostać na rynku, co notabene nie na długo jej się przydało, bo z rynku (fotograficznego) i tak wypadła. Wspominam zresztą te dawne Agfachromy z nostalgią, bo oddanie barw miały znakomite — dość subtelne, ale wierne. Późniejsze Agfachromy (a i negatywy Agfacolor) to już nie było to...

Zanim przejdziemy do omawiania metody odwracalnej i negatywowo-pozytywowej oraz związanych z nimi procesów obróbki, warto przyrzeć się bliżej samemu wywoływaniu barwotwórczemu, jest to bowiem metoda dowcipna i co najmniej z tego powodu interesująca. W fotografii czarno-białej wywoływanie polega na zamianie (redukcji) naświetlonych soli srebra w srebro metaliczne, tworzące ostateczny obraz. Emulsja barwna to nadal sole srebra rozproszone w żelatynie, ale znajdując się tam jeszcze dodatkowe związki, organiczne — tzw. komponenty lub sprzęgacze barwne (nazwa wyjaśni się za chwilę), inne w każdej warstwie. Same komponenty *nie* są światłoczułe — na światło reagują jedynie sole srebra, tak jak w emulsji czarno-białej.

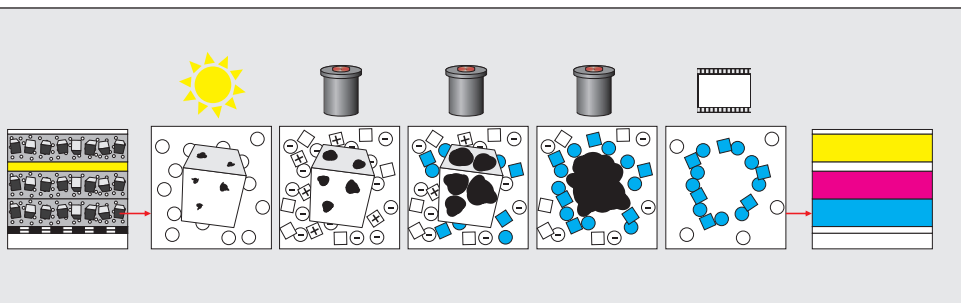
W procesie wywoływania biorą udział naświetlone ziarna halogenków srebra, redukując się stopniowo do srebra metalicznego. Jednocześnie w wyniku reakcji zmienia się skład chemiczny wywoływacza. I — uwaga! — dopiero tak zmieniony (utleniony) wywoływacz wchodzi w reakcję z komponentami, przekształcając je w barwniki: żółty, purpurowy i niebiesko-zielony (triada subtraktywna). Dzięki takiej procedurze barwniki nie powstają gdziekolwiek, a jedynie tam, gdzie zmienił się skład wywoływacza, czyli w bezpośrednim otoczeniu ziaren srebra. Mamy więc *sprzężenie* obrazu barwnego tworzącego się w emulsji z czarno-białym obrazem srebrowym powstałym w wyniku naświetlenia.

Oczywiście metaliczne srebro nie jest nam już teraz potrzebne, zaciemnia tylko obraz, więc zostaje usunięte

«8» XIII- 16: Mannes & Godowsky, Kodachrome

⁸ „National Geographic” bardzo długo przyjmował do druku jedynie przezrocza Kodachrome!

z emulsji w dalszych etapach obróbki, tj. podczas wybielania i utrwalania.



rys. o8-6-01 (wg „LIFE-TIME”) — proces barwny

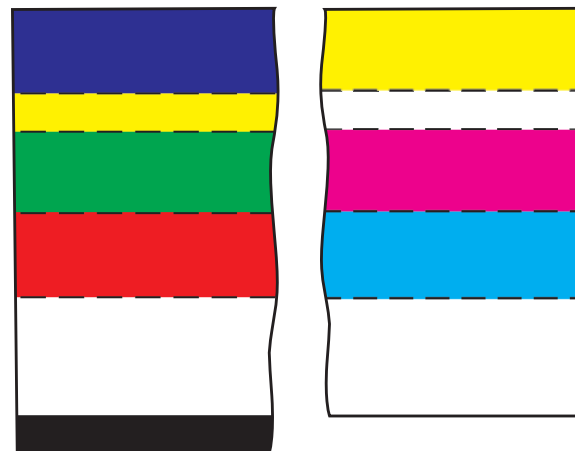
Rysunek pokazuje kolejne etapy obróbki:

- naświetlanie — powstaje obraz utajony,
- wywoływanie — redukcja naświetlonych halogenków do metalicznego srebra,
- drugi etap wywoływania — wokół ziaren srebra z komponentów powstają barwniki,
- ziarno srebra otoczone przez barwnik,
- wybielanie i utrwalanie usuwają ziarna srebra, pozostają tylko barwniki.

7. Negatyw i „odwrotka”

Po tym wstępie możemy wreszcie przejść do omówienia dwóch tradycyjnych, podstawowych technik fotografii barwnej, tzn. metody odwracalnej i negatywowo-pozytywowej. Obie bazują na emulsji trójwarstwowej (tzw. *tripaku*), gdzie warstwy emulsji uczulone są odpowiednio na światło niebieskie (B), zielone (G) i czerwone (R), tworząc po wywołaniu obrazy cząstkowe, takie jak w druku, tzn. żółty (Y), purpurowy (M) i niebiesko-zielony (C) — zatem dopełniające względem pierwotnych.

Historycznie nieco wcześniejsza jest „odwrotka”⁹; metoda negatyw-pozytyw została wprowadzona do komercyjnego obiegu już po II wojnie światowej. Pierwotnie



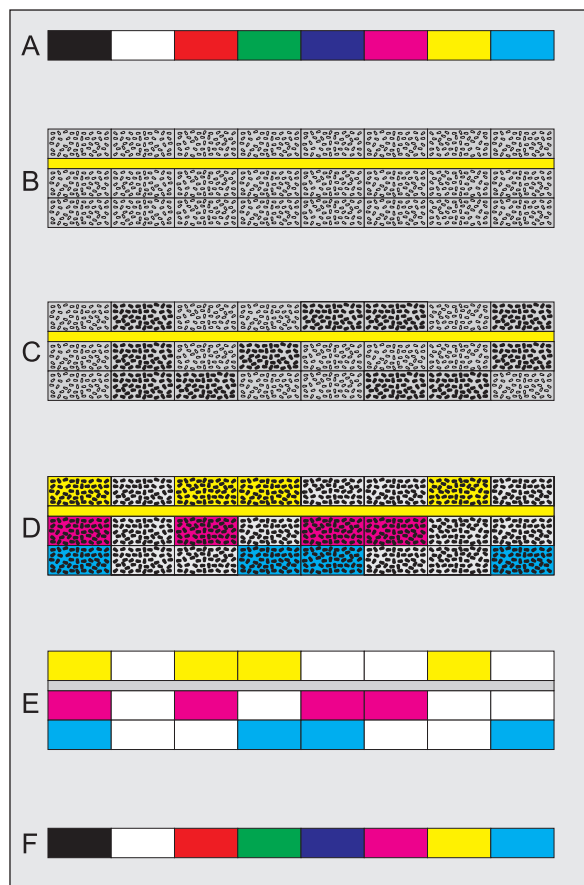
rys. o8-7-01 Tripak: a) uczulenie, b) barwniki (wg Šmok, Pecák, Tausk, „Barevná fotografie”)

zresztą pozostawała daleko w tyle za metodą odwracalną, jeśli porównać reprodukcję barw z doskonałym ich oddaniem, jakie oferowały choćby materiały Kodachrome, a niedługo potem znacznie dostępnejsze Ektachrome. Stąd wielka popularność *color slides* wszędzie na Zachodzie, zanim technologia negatywowo-pozytywowa nie została udoskonalona na tyle, by móc do pewnego stopnia konkurować ze slajdami.

Nie bez znaczenia był w tym przypadku pewien kłopot związany z techniką odwracalną, a mianowicie przezrocze było właściwie unikatem — powielenie go lub przekopowanie na odbitki było dość skomplikowane i kosztowne, a efekt rozczarowywał. No i jeszcze, by taki slajd obejrzeć, trzeba było nabyć odpowiedni rzutnik i ekran albo choćby przeglądarkę. Stopniowo zatem szeroki odbiorca przerzucał się na negatyw barwny, skądinąd wymagający od fotografa mniej umiejętności, co też było zaletą — ale do końca (jeśli można już mówić o końcu) jedynym praktycznie materiałem używanym w przypadku zdjęć przeznaczonych do druku były zawsze diapozytywy odwracalne, stając się stopniowo domeną przede wszystkim profesjonalistów.

Technika odwracalna jest w zasadzie prosta. Po naświetleniu materiał przechodzi dwukrotne wywoływanie — pierwsze czarno-białe, gdzie w każdej warstwie powstaje czarno-biały negatyw odpowiadający danej części widma. Miejsca silniej naświetlone zawierają więcej metalicznego srebra, mniej naświetlone odpowiednio mniej. To, co pozostało, czyli nadal aktywne halogenki srebra, wywołuje się teraz w kolorze, po poprzednim zaświetleniu

⁹ 1936, jeśli nie liczyć wcześniejszych materiałów „mozaikowych” typu Autochrome, Dufaycolor i in.



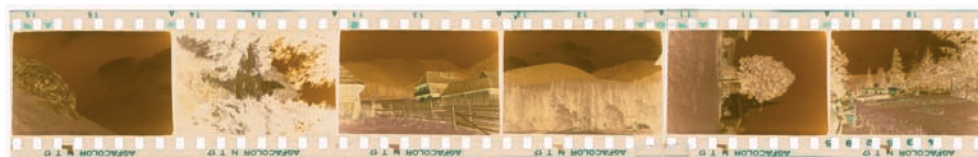
rys. 08-7-02 Metoda odwracalna

A — oryginał barwny; B — emulsja naświetlona, obraz utajony; C — wywołanie czarno-białe; D — po zaświetleniu lub zadymieniu chemicznym wywołanie barwne; E — po wybieleniu i utrwaleniu znika srebro metaliczne, pozostają barwniki; F — subtraktywne odtworzenie oryginału barwnego

lub zadymieniu chemicznym¹⁰. W każdej warstwie powstaje obraz w odpowiedniej barwie: mniej barwnika tam, gdzie w pierwszym wywoływaniu skumulowało się więcej srebra (czyli tam, gdzie padło więcej światła

przy ekspozycji zdjęcia), więcej barwnika tam, gdzie tego światła pierwotnie było mniej. Barwne obrazy cząstkowe składają się, zgodnie z regułą subtraktywną, na barwy odpowiadające oryginałowi. Pozostaje pozbyć się już niepotrzebnego obrazu srebrowego¹¹ i mamy zdjęcie w barwach naturalnych, wprost na filmie, na którym zostało eksponowane.

Obróbka negatywu barwnego jest o tyle prostsza, że wystarczy jedno wywoływanie, od razu w kolorze. Po wybieleniu i utrwaleniu otrzymujemy obraz w barwach dopełniających względem oryginału, a także, jak to zawsze w przypadku negatywu, o odwróconym walorze, tzn. z ciemnymi światłami i jasnymi cieniami.



fot. 08-7-01 Negatyw (niemaskowany)

Aby otrzymać z powrotem naturalne barwy i walor, trzeba operację powtórzyć, tzn. przekopiować negatyw na materiał pozytywowo:



fot. 08-7-02 Pozytyw

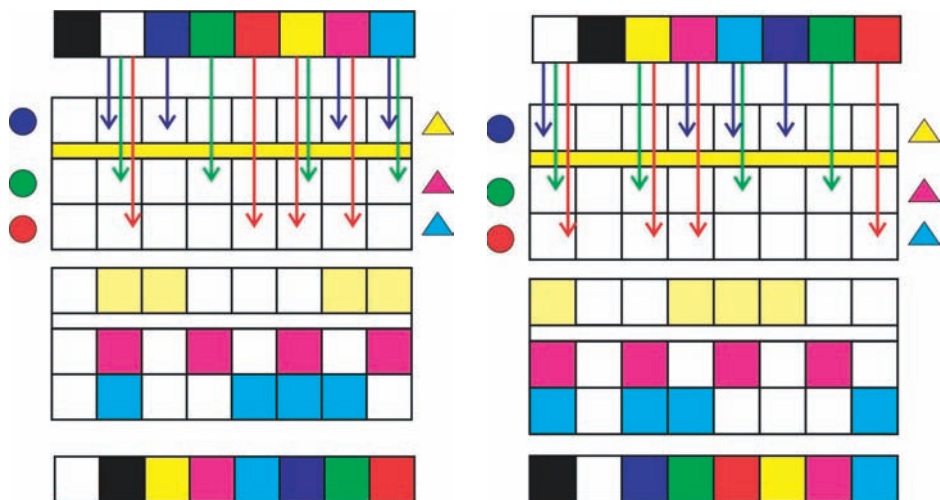
zaprzeczenie zaprzeczenia = potwierdzenie;
negatyw negatywu = pozytyw¹² «9»

«9» Filtracja odbitek barwnych

¹⁰ Inaczej wywołanie nie dałoby rezultatu.

¹¹ Wybielenie zamienia srebro metaliczne na sole srebra, utrwalanie rozpuszcza je i wypłukuje z emulsji.

¹² Terminy „negatyw” i „pozytyw” (oraz „fotografia”!) zostały zaproponowane przez Johna Herschela już w 1839 roku, od którego datuje się powstanie fotografii.



rys. o8-7-03 Negatyw
Metoda negatywowo-pozytywowa

rys. o8-7-04 Pozytyw

Jak już wspomniałem wcześniej, reprodukcja barw w metodzie negatywowo-pozytywowej pozostawiała pierwotnie wiele do życzenia, szczególnie w porównaniu z techniką odwracalną. Sytuacja poprawiła się znacznie, gdy wprowadzono błonę maskowaną «10», a dalszy rozwój technologii (ziarna tabletkowe, komponenty DIR) spowodował, że ostatecznie jakość obrazu otrzymywanego tą techniką była już bliska doskonałości. Paradoksalnie właśnie wtedy została ona praktycznie wyparta przez technikę cyfrową...

Jeszcze kilka uwag ogólnych. Trwałość barwników, zarówno w przypadku diapozytywów, jak i negatywów oraz pozytywów, jest stosunkowo nieduża, szczególnie gdy się ją porówna ze srebrowymi obrazami czarno-białymi, które, poddane odpowiedniej obróbce i odpowiednio przechowywane, mają szansę przetrwać kilkaset lat — podczas gdy barwne lat zaledwie kilkadziesiąt.

Istnieje stosunkowo niewiele barwników, które można otrzymać z komponentów w procesie wywoływania, w dodatku trwa ta reakcja raptem kilka minut, więc trudno oczekiwać, by w ten sposób powstałe związki były jakoś szczególnie trwałe. Jak mówią Anglosasi: *Easy come, easy go*. Stosunkowo lepiej przedstawiała się sytuacja

w przypadku Kodachromów, a największą trwałość obiecują obrazy na papierze odwracalnym Cibachrome¹³, ale bo też tam technologia jest całkiem inna — barwniki nie powstają w czasie wywoływania, a przeciwnie, są od początku zawarte w emulsji i podczas obróbki ulegają wybieleniu «11». To pozwala na zastosowanie znacznie szerszej klasy związków, o lepszych parametrach zarówno co do trwałości, jak i pod względem czystości i nasycenia barw, co owocuje wyjątkową jakością otrzymywanych obrazów. Niestety, te materiały i chemikalia do ich obróbki były zawsze bardzo kosztowne, co w znacznym stopniu ograniczało ich dostępność.

Obecnie technologia druku i wydruków rozwinęła się już w takim stopniu, że obrazom otrzymywanym tą drogą trudno cokolwiek zarzucić — tak pod względem jakości odwzorowania barw, jak i trwałości. Epson reklamuje się, że jego barwniki wytrzymują 200 lat nawet w niezbyt sprzyjających warunkach!

8. Temperatura barwy

Najpierw w największym skrócie to, co wie każdy użytkownik aparatu cyfrowego: temperatura barwy określa odcień zdjęcia, cieplejszy lub chłodniejszy. Praktycznie każda „cyfrówka” dysponuje automatycznym balansem temperatury barwy („balansem bieli”) i w większości przypadków takie ustawienie wystarcza — można najwyżej trochę to później podregulować w Photoshopie czy innym programie (foto)graficznym. Nie mają jednak tego luksusu ci, którzy fotografują na tradycyjnych materiałach barwnych — a nawet posiadaczom aparatów cyfrowych nie zaszkodzi trochę więcej wiedzy na ten temat, by nie zetknąć się z niemiłymi niespodziankami w nietypowych sytuacjach fotograficznych. Automatyka balansu bieli działa bowiem w ten sposób, że stara się każde zdjęcie sprowadzić do neutrum — szara kartka ma być szara! Bardziej wyrafinowane software’y

«10» Aneks A11 — negatyw maskowany, Rozdział XIII-21 — komponenty DIR i DIAR

«11» Rozdział XIII-19 — Cibachrome

¹³ Potem, po przejęciu patentów firmy Ciba przez Ilforda, nazwa została zmieniona na Ilfochrome.

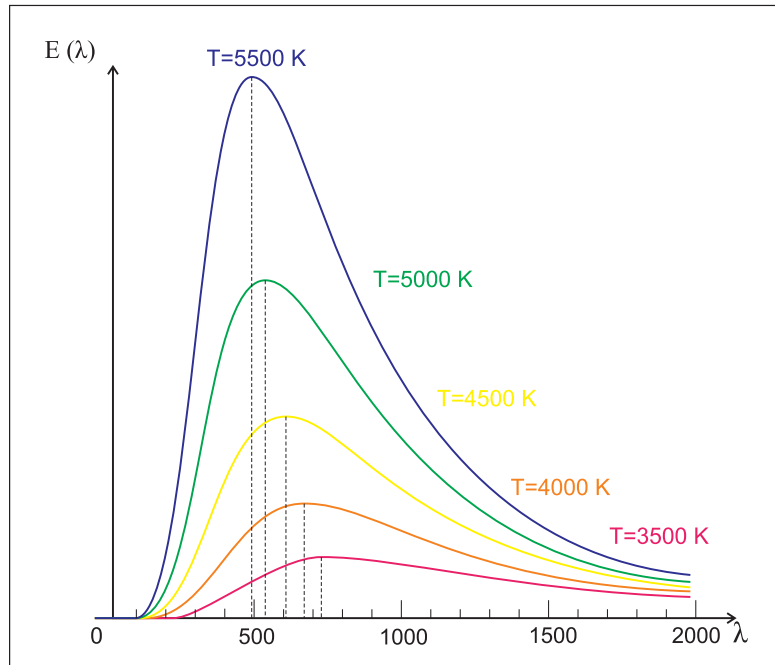
uwzględniają do pewnego stopnia sytuację, gdy charakter światła silnie odbiega od standardu światła dziennego, pozostawiając ciepły odcień zdjęcia przy oświetleniu żarowym, ale np. fotografowanie wschodu lub zachodu słońca z automatyką WB (*White Balance*) może się czasem skończyć katastrofą, gdy aparat zarejestruje zamiast wspaniałych, gorących barw coś idealnie zbalansowanego do... szarości.

Tyle wstępu. Rozszyfrujmy przede wszystkim sam termin „temperatura barwy”.

Jeśli zaczniemy podgrzewać np. pogrzebacz, wsadzisz go do pieca, to w miarę wzrostu temperatury najpierw będzie tylko emitował ciepło (promieniowanie podczerwone), potem stanie się ciemnorubinowy, następnie czerwony, pomarańczowy, żółty, wreszcie, jeśli jeszcze się nie stopi, biały. Dalsze podnoszenie temperatury przesunąłoby równowagę barw w stronę odcieni niebieskich — tak jak świeci np. łuk elektryczny przy spawaniu, który musi mieć temperaturę wystarczającą do topienia metali.

Logiczne więc jest powiązanie odcienia światła z temperaturą ciała, które je emituje. By zrobić to porządnie, trzeba się odwołać do pewnej idealizacji (fizycy takie rzeczy lubią, bo upraszczają im życie), mianowicie do pojęcia ciała doskonale czarnego. Mówiąc skrótowo, jest to obiekt, którego refleksyjność równa się zero, tzn. który pochłania całą padającą nań energię. Dobrym przykładem jest tu dziurka od klucza prowadząca do doskonale zaciemnionego pokoju. Z zasady wzajemności wynika, że także i dostarczoną energię musi taki obiekt wysyłać w stu procentach. Zwykle emiterzy, takie jak świeca, żarówka, słońce czy łuk elektryczny, są pod tym względem znacznie mniej doskonałe.

Podobnie jak i wszystkie inne termiczne źródła promieniowania, ciało doskonale czarne emituje energię w szerokim zakresie spektralnym sięgającym dalekiego ultrafioletu i podczerwieni — w każdym jednak przypadku gdzieś znajduje się maksimum, tzn. ten obszar widma, na który przypada najwięcej energii. Im wyższa temperatura, tym wyższe jest to maksimum i tym bardziej przesuwa się w stronę fal krótkich:



rys. o8-8-01 Krzywe promieniowania dla różnych temperatur¹⁴

Zależność tę opisuje w bardzo prosty sposób prawo Wiena:

$$\lambda_{\max} \cdot T = \text{const.}$$

gdzie: T — temperatura ciała, zaś $\lambda_{\max}$ to długość fali odpowiadająca maksimum promieniowania w tej temperaturze, jak na rysunku. Oznacza to tyle właśnie, że im wyższa temperatura, tym bardziej niebieskie jest emitowane światło. Poniekąd paradoks, ponieważ przyzwyczailiśmy się, że barwy ciepłe to żółty, pomarańczowy i czerwony (ogień), zaś zimne to niebieski i zielony (lód, niebo, chłód listowia) — tymczasem tu jest na odwrót: w miarę podwyższania temperatury przesuwamy się w stronę odcieni coraz zimniejszych.

¹⁴ Na początku tego rozdziału można znaleźć wykres promieniowania realnego źródła, bardzo podobny, ale nie tak gładki — tu bowiem mamy do czynienia z przypadkiem idealnym.

Zatem temperatura barwy odnosi się do promienio-
wania ciała doskonale czarnego w określonej tempera-
turze. Nic więc dziwnego, że podaje się ją w jednostkach
temperatury! Fizycy wolą od Celsjusza czy Fahrenheita
skalę Kelvina, która różni się od skali Celsjusza jedynie
przesunięciem zera w dół o 273,16 stopnia: 0°K, tzw. zero
bezwzględne, to temperatura, przy której (w fizyce kla-
sycznej) zamiera ruch cieplny cząsteczek i niższe tem-
peratury po prostu nie istnieją.

Jak z tego wynika, 0°C = 273,16 K (umówiono się, dla
prostoty, nie dodawać tu znaczka °), ale 100°C to 373,16
K itd. — zmianie temperatury o jeden stopień Celsjusza
odpowiada zmiana o jeden kelwin. Jeśli więc ktoś chciał-
by wyrazić sobie temperatury barwy podane w poniższej
tabeli w skali Celsjusza, wystarczy poodejmować wszę-
dzie owe 273 stopnie, jednak taki zabieg przyniesie chyba
niewiele pożytku.

źródło światła	temperatura barwy [K]
świeca	1800
zwykła żarówka	2800
przewoltowana żarówka fotograficzna	3200
oświetlacz halogenowy	3000 – 3500 (standard: 3400)
słońce w południe	5000 – 6500 (zależnie od pory roku i szerokości geograficznej)
pochmurny dzień	6500 – 7500
standard światła dziennego	5500
standard światła sztucznego (żarowego)	3200

Jeszcze dość istotna uwaga: producenci podają zwy-
kle temperaturę barwy również dla nieciągłych źródeł
światła, takich jak jarzeniówki czy żarówki energoosz-
zczędne. W tym przypadku jest to w gruncie rzeczy termin
nieadekwatny, nie są to bowiem źródła termiczne, tj.
świejące w wyniku podgrzania, takie jak w tabeli —
i dają światło o widmie mniej lub bardziej nieciągłym.
Można zatem mówić jedynie o metamerach imitujących
określoną temperaturę barwy, z wszystkimi tego kon-
sekwencjami «12».

«12» VIII- II — nieciągłe
(fluorescencyjne) źródła światła,
barwy i światła metameryczne

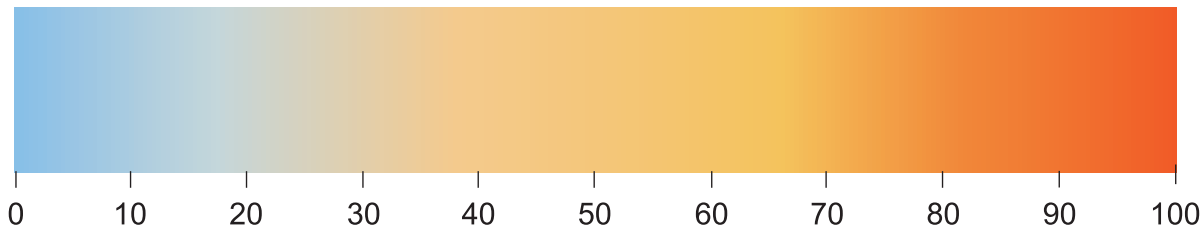
Skala w kelwinach, acz obiektywna, ma pewne nie-
doskonałości — w szczególności nie bardzo odpowiada
własnościom naszego zmysłu wzroku. Zmiana tempera-
tury barwy o 200 K w zakresie 1400 – 1600 K jest zupeł-
nie inaczej postrzegana niż dla 5000 – 5200 K. W pierw-
szym przypadku odcień światła zmienia się wyraźnie,
w drugim jest praktycznie niezauważalny. Została zatem
wprowadzona również inna skala, na pierwszy rzut oka
sztucznie wykoncypowana:

$$T \text{ [mired]} = \frac{10^6}{T[K]}$$

Nazwa *mired* to skrót od: *Mlcro REciprocal Degree*.
Czasem stosuje się oznaczenie [μ]. By Czytelnika oswoić,
przeliczmy dane z górnej tabelki do wartości w mire-
dach:

źródło światła	tempe- ratura barwy [K]	tempe- ratura barwy [μ]	temperatura barwy [dμ] (zaokrąglone)
świeca	1800	555	55
zwykła żarówka	2800	357	36
żarówka fotograficzna	3200	312	31
oświetlacz halogenowy	3400	294	29
słońce w południe	5000	200	20
pochmurny dzień	7000	142	14
standard światła dziennego	5500	182	18
standard światła sztucznego	3200	312	31

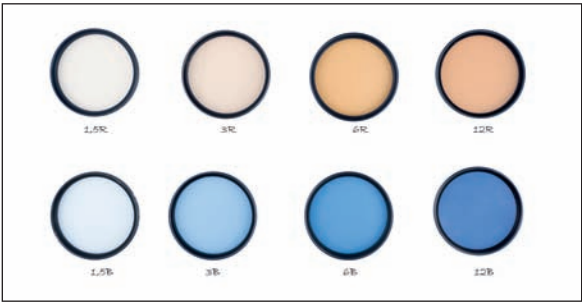
Jak widać, otrzymaliśmy w skali mired dość duże liczb-
y — dlatego wygodniej wyrażać je w jednostkach dzie-
sięć razy większych, tzn. w dekamiredach: 1 dμ = 10 μ.
Po co to wszystko? Ano zwróćmy na przykład uwagę,
że różnica temperatur barwy świecy i żarówki, olbrzymia
na oko, wynosi w kelwinach 1000, a w dekamiredach 19.



rys. o8-8-02 Temperatura barwy w skali dekamired

Różnica między zabarwieniem światła w dzień słoneczny i pochmurny, zauważalna, ale nie tak znowu zasadnicza, w kelwinach wynosi aż 2000, podczas gdy w dekamiredach zaledwie 4, co bez porównania bardziej adekwatnie odpowiada temu, co spostrzegamy.

Krótko mówiąc, skala mired znacznie lepiej niż skala Kelvina odzwierciedla wrażenia, jakie odnosimy przy zmianie temperatury barwy. Pozwala to np. sensownie oznaczyć filtry kompensacyjne, używane w tradycyjnej fotografii barwnej i w filmie do ocieplenia lub schłodzenia tonacji światła:



fot. o8-8-01 Filtry kompensacyjne

Seria 1,5R; 3R; 6R; 12R to coraz mocniejsze filtry ocieplające, przesuwające temperaturę barwy w dół (Red), odpowiednio, o 1,5; 3; 6 i 12 dekamiredów, zaś seria 1,5B, 3B, 6B, 12B (Blue) wykonuje analogiczną robotę, schładzając odcień światła i przesuując temperaturę barwy w górę. Jeśli potrzebny nam filtr o gęstości 9 dμ, składowy po prostu razem filtry 3 dμ i 6 dμ. Filtry 12B i 12R to filtry konwersyjne, dokonujące konwersji (odwrócenia) światła dziennego na sztuczne i odwrotnie, zaś 1,5R to inaczej skylight — filtr lekko ocieplający, pełniący często rolę filtra ochraniającego obiektyw i zamiennika filtra UV «13».

«13» Rozdział III-3 — filtry

Proszę teraz porównać te proste oznaczenia ze stosowanymi przez Kodaka. Nigdy nawet nie próbowałem się ich nauczyć, tak jest to niepotrzebnie skomplikowane:

skala dekamired	Kodak	skala dekamired	Kodak
1,5R	81	1,5B	82
3R	81D	3B	82C
6R	85C	6B	80C
12R	85B	12B	80A

Trochę więcej na ten temat w rozdziale o filtrach «14».

«14» Rozdział III-3 — filtry

PROGRAM PARTNERSKI

GRUPY WYDAWNICZEJ HELION

- 
- A central image showing four hands, one from each corner, holding four puzzle pieces. Three pieces are olive green and one is red. The hands are positioned as if about to assemble the pieces into a square.
1. ZAREJESTRUJ SIĘ
 2. PREZENTUJ KSIĄŻKI
 3. ZBIERAJ PROWIZJĘ

Zmień swoją stronę WWW
w działający bankomat!

Dowiedz się więcej i dołącz już dzisiaj!

<http://program-partnerski.helion.pl>

Leszek Jerzy Pękalski

z wykształcenia
fizyk teoretyk.

Do 1979 roku był
pracownikiem naukowo-
dydaktycznym
na Uniwersytecie

Gdańskim.

Po odejściu z uczelni
zawodowo zajął się
fotografowaniem.

W 1978 roku przyjęty
do ZPAF. W swoim

dorobku artystycznym

ma wystawy indywidualne
oraz ponad dwieście

wystaw zbiorowych
w kraju i za granicą.

Jest też laureatem

nagród i wyróżnień oraz

współautorem licznych

publikacji prasowych

i książkowych.

Wieloletni wykładowca

fotografii w gdańskiej

Akademii Sztuk Pięknych.

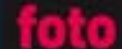
Duża dostępność zaawansowanego sprzętu fotograficznego i coraz większa łatwość wykonywania technicznie poprawnych zdjęć tworzą iluzję, że dosłownie każdy, kto dysponuje odpowiednimi środkami finansowymi i ma trochę wprawy, może stać się prawdziwym mistrzem fotografii. Jednak wcale tak nie jest — tysiące nudnych, niemal identycznych zdjęć zalegają na twardych dyskach i w albumach posiadaczy mniej lub bardziej wyszukanych aparatów cyfrowych. Jak zatem osiągnąć naprawdę dobre rezultaty? Jak wspiąć się na wyżyny? Jak sprawić, aby zdjęcia były nie tylko dobre, lecz wyróżniały się na tle innych, a nawet zasługiwały na miano artystycznych?

Na te i wiele innych pytań odpowiada książka *Kalejdoskop fotografii. Między techniką a sztuką*. Jej autor, znany grafik i doświadczony pedagog, postawił sobie za cel gruntowną i rzetelną prezentację wielu zagadnień związanych z warsztatem i technikami wykorzystywanymi w fotografii. Czytelnik znajdzie tu dokładny opis zjawisk fizycznych, na których opiera się fotografia, a także omówienie zasad działania współczesnych aparatów i innego sprzętu fotograficznego. Podręcznik zawiera ponadto informacje i porady, jak kontrolować parametry zdjęć i właściwie wykorzystywać oświetlenie, a także jakie środki wyrazu warto stosować dla otrzymania zamierzonego efektu. Autor nie koncentruje się jednak wyłącznie na zagadnieniach technicznych — dużo uwagi poświęca kwestiom dotyczącym estetyki i artystycznej strony zdjęć.

- Budowa i elementy składowe aparatu fotograficznego
- Dodatkowe wyposażenie i jego zastosowanie
- Zjawiska fizyczne leżące u podstaw fotografii
- Czynniki wpływające na jakość, formę i atrakcyjność obrazu
- Sposoby wykorzystania światła naturalnego i sztucznego
- Obszerne informacje na temat techniki fotografii barwnej i czarno-białej, tradycyjnej i cyfrowej
- Perspektywa, kompozycja, głębia ostrości i inne czynniki kształtowania obrazu
- Omówienie wielu zjawisk i faktów z dziedziny fotografii, jakich próżno szukać w innych książkach
- Historia rozwoju technologii fotograficznej

Dowiedz się, jak najlepiej wykorzystywać dostępne techniki, aby fotografować naprawdę świadomie.

PATRONATY:



Helion

Sprawdź najnowsze promocje:
• <http://helion.pl/promocje>
Książki najchętniej czytane:
• <http://helion.pl/bestsellery>
Zamów informacje o nowościach:
• <http://helion.pl/novosci>

Helion SA
ul. Kościuszki 1c, 44-100 Gliwice
tel.: 32 230 98 63
e-mail: helion@helion.pl
<http://helion.pl>

helion.pl
księgarnia
internetowa

Cena 79,00 zł

ISBN 978-83-246-3314-2



Nr katalogowy: 6637

Księgarnia internetowa
<http://helion.pl>

Zamówienia telefoniczne:
0 801 339900

0 601 339900

Informatyka w najlepszym wydaniu