



**STOWARZYSZENIE POLSKICH
CHEMIKÓW KOLORYSTÓW**



**INFORMATOR
CHEMIKA KOLORYSTY**



ROK 2016

NR 27

Stowarzyszenie Polskich Chemików Kolorystów
i Fundacja Rozwoju Polskiej Kolorystyki
uprzejmie informuje, że

XXXII SEMINARIUM

pod hasłem

„160 lat stosowania barwników w technologiach włókienniczych”

odbędzie się w dniach 28 - 30 września 2016 r.
w Domu Wczasowym WAM w Zakopanem,
34-511 Kościelisko, ul. St. Nędzy-Kubińca 101.

PROGRAM SEMINARIUM:

- Referaty plenarne
- Prezentacje firm podczas sesji promocyjnych
- Sesje panelowe

W sesji plenarnej między innymi zostaną wygłoszone referaty:

- 1. Początki przemysłu barwników na świecie**
Wojciech Czajkowski
- 2. Metody zdobienia wyrobów odzieżowych**
Zenon Grabarczyk
- 3. Barwienie wyrobów włókienniczych we fluidzie ditlenku węgla.**
Oczekiwania i fakty
Kazimierz Blus
- 4. Multifunctional Coating and Laminating Machines – Advantages of Diversity**
Francesco Miotti, MATHIS AG, Switzerland
- 5. Hydrofilizacja włókien poliestrowych**
Stanisław Pruś
- 6. Aplikacja barwników reaktywnych asortymentu HF na włókna celulozowe**
Kinga Wiśniewska
- 7. Technologia barwienia barwnikami reaktywnymi**
Bogumił Gajdzicki
- 8. Barwniki spożywcze**
Małgorzata Kępska
- 9. Metoda badawcza do oznaczania permetryny w tekstyliach**
techniką chromatograficzną
Aleksandra Łaciak, Rafał Milala, Anna Pinar
- 10. Kształtowanie funkcji higienicznych w procesie wykończenia dzianin**
o konstrukcji warstwowej
Anna Pinar, Izabela Oleksiewicz, Romualda Koźmińska, Agnieszka Walak

**Uprzejmie prosimy
o uwzględnienie terminu Seminarium w Państwa planach.**



STOWARZYSZENIE POLSKICH
CHEMIKÓW KOLORYSTÓW

FUNDACJA ROZWOJU
POLSKIEJ KOLORYSTYKI

Afiliowane przy International Federation
of Associations of Textile Chemists and Colourists

INFORMATOR CHEMIKA KOLORYSTY

Rok 2016

nr 27

ZESPÓŁ REDAKCYJNY:

inż. Włodzimierz Dominikowski –
redaktor naczelny
dr inż. Bogumił Gajdzicki
mgr inż. Alicja Kawiorska
mgr inż. Stanisław Prus
mgr inż. Izabela Oleksiewicz

REDAKCJA:

STOWARZYSZENIE POLSKICH
CHEMIKÓW KOLORYSTÓW
90-007 Łódź, Pl. Komuny Paryskiej 5a
tel. 42 632-89-67
fax 42 632-50-03
www.kolorysty.org.pl
e-mail: kolorysty@kolorysty.org.pl

KOMITET NAUKOWY:

dr inż. Kazimierz Blus
prof. dr hab. inż. Wojciech Czajkowski
dr inż. Bogumił Gajdzicki
prof. dr hab. inż. Jerzy Szadowski
dr inż. Włodzimierz Szczepaniak

WYDAWCA:

FUNDACJA ROZWOJU
POLSKIEJ KOLORYSTYKI
90-007 Łódź, Pl. Komuny Paryskiej 5a
tel. 42 632-89-67
fax 42 632-50-03
www.kolorysty.org.pl
e-mail: kolorysty@kolorysty.org.pl
nakład: 170 egzemplarzy

SPIS TREŚCI:

1. Zarys wiadomości o barwie
Cz. 5. Pomiar barwy
Józef Mielicki 5
2. Rytownictwo w służbie wzornictwa.
Historia drukarstwa tekstylnego w „pigułce”
Elżbieta Kaźmierak 39
3. „Plusze mają duszę!” – Fabryka WYROBÓW
Runowych „Runotex”. Wczoraj i dziś
Seweryn Kapala 47
4. **Bal Kolorystów 2016 r.**
Izabela Oleksiewicz 51

Informacje:

1. XXXII Seminarium Polskich Kolorystów w 2016 r. 2
2. Fundacja Rozwoju Polskiej Kolorystyki -
materiały do badań i oceny odporności wybarwień 4

DRUK:

PIKTOR Szlaski i Sobczak Spółka Jawna
93-231 Łódź, ul. Tomaszowska 27

Fundacja Rozwoju Polskiej Kolorystyki

Dążąc do ujednolicenia zasad i metod oceny wytwarzanych w kraju barwnych wyrobów włókienniczych prowadzimy działania w zakresie ciągłej sprzedaży następujących artykułów do badań i oceny odporności wybarwień zgodnych z wprowadzonymi w Polsce normami EN i ISO 105.

Lista oferowanych aktualnie artykułów jest następująca:

Szara skala do oceny zmian barwy PN EN ISO 105 A02.

Szara skala do oceny stopnia zabrudzenia bieli, PN EN ISO 105 A03.

ECE detergent w opakowaniach po 2 kg, PN EN ISO 105 C06.

Mydło do prania w opakowaniach po 2 kg, PN EN ISO 105 C01-C05.

Tkanina towarzysząca wiskozowa (w metrach), PN EN ISO 105 F02.

Tkanina towarzysząca poliamidowa (w metrach), PN EN ISO 105 F03.

Tkanina towarzysząca poliestrowa (w metrach), PN EN ISO 105 F04.

Tkanina towarzysząca poliakrylonitrylowa (w metrach), PN EN ISO 105 F05.

Tkanina towarzysząca wieloskładnikowa (pocięta w paczkach), PN EN ISO 105 F10.

Tkanina towarzysząca bawełniana (pocięta w paczkach), PN EN ISO 105 F02.

Tkanina towarzysząca wełniana (pocięta w paczkach), PN EN ISO 105 F01.

Tkanina towarzysząca bawełniana do badania odporności wybarwień na tarcie (pocięta w paczkach), PN EN ISO 105 F09.

Błękitna skala do badania odporności barwy na światło,
PN EN ISO 105 B01 do B06.

Tkanina do oceny rzeczywistej wilgotności podczas badania odporności na światło,
ISO 105 seria B.

Tkanina towarzysząca wełniana (m) PN EN ISO 105 F01

Tkanina towarzysząca bawełniana (m) na odporności mokre PN EN ISO 105 F02

Tkanina towarzysząca bawełniana (m) na tarcie PN EN ISO 105 F09

Skala do wizualnej oceny głębokości wybarwienia.



Certificate of Conformity	
SDC ECE Non-Phosphate Detergent A	
Product Code: 2408, 2420	
Unit Size:	2kg Tub, 15kg Box
Batch:	B16
Year of Manufacture:	2009
	
Statement of Conformity	
This is to certify that the SDC ECE Non-Phosphate Detergent A has been produced and independently tested to conform to the specifications of ISO 105 C08:2001 and ISO 6330:2000	
Independent Testing	
Where applicable, to ensure that all results are accurate, unbiased and impartial, testing is carried out in Independent UKAS Accredited Test Laboratories and sampling is conducted using ISO guidelines as a minimum requirement.	
Internal Master Standards	
Conformity of SDC ECE Non-Phosphate Detergent A over time, between and within batches, is vital to give consistent test results and enable accurate comparison of test specimens to performance requirements. SDC ECE Non-Phosphate Detergent A is compared during every test to a Historic Internal Master Standard, which guarantees no drift in performance over time.	
Packaging	
Please ensure that the product is retained in its original SDC packaging, which contains the correct batch details. All product packaging is tested to ensure there are no contaminants that could cause product degradation to occur. Pack sizes are measured and approved using UK weights and measures act.	
Signed:	
M Yare - Managing Director	

SDC Enterprises Limited, Unit 29 Pitlake Way, Bradford BD5 7SD. Registration number 4309966. Registered in England

SDC Certificate Reference: 0784

Przykładowy wzór certyfikatu

Artykuły te są do nabycia w siedzibie Fundacji Rozwoju Polskiej Kolorystyki Pl. Komuny Paryskiej 5a, pok. 403 tel.: 42 - 632 89 57 w każdą środę w godzinach 9.00 - 12.00 i każdy piątek w godzinach 12.00 – 15.00.

Informacji dotyczących składania zamówień i sposobu zakupu udziela mgr inż. Teresa Basińska, tel. dom.: 42 - 640 43 93 – wtorek, czwartek w godzinach 8.00 – 14.00.

Na życzenie odbiorców, dla oferowanych produktów dostarczamy razem z produktem specjalny certyfikat zgodności, którego przykładowy wzór prezentujemy obok.

Zainteresowane osoby i instytucje prosimy o składanie pisemnych zamówień na wyżej wymienione artykuły. Oczekujemy również propozycji rozszerzenia dostępnej listy artykułów zgodnie z potrzebami.

Zarys wiadomości o barwie

Józef Mielicki

Niniejszy artykuł stanowi kontynuację tekstu pt. "Ewolucja poglądów na istotę barwy", wydrukowanego w numerach 10-11 i 22-26 Informatora Chemika Kolorysty, którego autorem jest doc. dr Józef Mielicki (1922-2010). W treści zachowano numerację rozdziałów i podrozdziałów. Do druku przygotował dr inż. Bogumił Gajdzicki.

(Od redakcji)

Cz. 5. Pomiar barwy

5.1. Barwa a oświetlenie

Barwy przedmiotów są wynikiem działania na oko promieniowania, które się od tych przedmiotów odbija lub jest przez nie przepuszczane. Różny skład tego promieniowania, powodujący powstawanie różniących się od siebie barw, jest spowodowany przez obecność substancji, które selektywnie pochłaniają promieniowanie elektromagnetyczne (barwniki lub nierozpuszczalne pigmenty).

Każda substancja chemiczna posiada właściwość pochłaniania promieniowania elektromagnetycznego o odpowiedniej długości fali, którego energia odpowiada różnicy poziomów energetycznych na jakich mogą występować elektrony cząsteczek tych substancji. Jeśli różnica poziomów energetycznych cząsteczki pochłaniającej jest równa energii promieniowania widzialnego, wówczas część tego promieniowania zostanie pochłonięta, a pozostała część odbita lub przepuszczona wywołuje wrażenie barwy. Wielkość promieniowania pochłanianego przez substancję, wyrażona jako funkcja długości fali, stanowi widmo absorpcji światła tej substancji, które jest charakterystyczną jej cechą. Widma absorpcji światła wykazują przy określonych długościach fali maksimum pochłaniania $\lambda_{\max}$. W świetle białym barwa substancji odpowiada w przybliżeniu barwie dopełniającej do barwy promieniowania o długości $\lambda_{\max}$, zgodnie z mechanizmem powstawania barw przedmiotów (p. 3.4).

Skład promieniowania padającego na barwną powierzchnię może być różny, zależnie od pochodzenia światła, które ją oświetla. Wobec tego, przy stałej charakterystyce promieniowania pochłanianego przez substancję zabarwiającą przedmiot, promieniowanie odbite od niej też może mieć różny skład, zależnie od rodzaju oświetlenia. Przy określaniu barw przedmiotów należy więc zawsze podawać w jakim oświetleniu się ją charakteryzuje.

Międzynarodowa Komisja Oświetleniowa ustaliła różne rodzaje źródeł światła jakich należy używać przy określaniu cech barwy. Takie źródło światła zostało nazwane źródłem normalnym, standardowym (CIE *Standard Source*). Promieniowanie emitowane przez źródło standardowe zostało nazwane iluminantem normalnym, standardowym (CIE *Standard Illuminant*). Cechą charakteryzującą każdy iluminant normalny jest stały widmowy rozkład mocy $S(\lambda)$ promieniowania przypadający na różne długości fali [14]. Rozkład ten odpowiada rozkładowi mocy promieniowania emitowanego przez ciało doskonale czarne w temperaturze barwowej T_c , który można obliczyć za pomocą wzoru *Plancka* (3.10).

Jako iluminanty normalne CIE zaleca między innymi następujące:

1. Iluminant A, którego promieniowanie odpowiada promieniowaniu ciała doskonale czarnego w temperaturze barwowej T_c (por. p. 3.2) wynoszącej 2856 K. Pro-

mieniowanie to daje światło ciepłe, typu WW (Warm White),

2. Iluminant C, będący promieniowaniem o rozkładzie mocy promieniowania ciała doskonale czarnego w temperaturze barwowej T_c bliskiej 6774 K odpowiada rozproszonemu światłu dziennemu, jak np. światło nieba od strony północnej. Daje wrażenie światła zimnego typu CW (Cool White).

Z pośród tych iluminantów iluminant C był przez długi czas używany jako podstawa przy wizualnych ocenach barwy. Dlatego okna w laboratoriach kolorystycznych, w których wykonywano takie oceny usytuowane były od strony północnej.

Iluminant A stosuje się przy ocenie barw metamerycznych oraz przy określaniu wpływu oświetlenia na zmianę barwy.

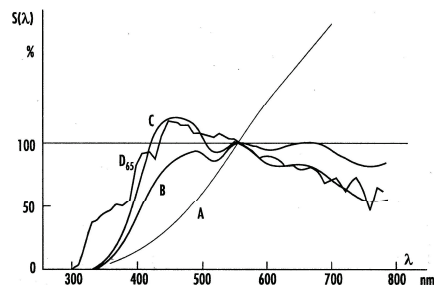
CIE zaproponowała, aby iluminanty światła dziennego zastąpić przez nowe iluminanty o symbolu ogólnym D_{TC} . Są to iluminanty o rozkładzie widmowym mocy promieniowania odpowiadającym takiemu rozkładowi mocy promieniowania ciała doskonale czarnego w temperaturze T_c . Najważniejszym z tego typu iluminantów jest iluminant D_{65} , którego widmowy rozkład mocy odpowiada rozkładowi mocy uśrednionego promieniowania dziennego w różnych porach dnia, przy różnym stopniu zachmurzenia i na różnej szerokości geograficznej (krajów europejskich). Taki rozkład mocy występuje w promieniowaniu ciała doskonale czarnego o temperaturze $T_c = 6500$ K. W szczególnych przypadkach, w pełnym świetle słonecznym strefy równikowej, czy w świetle polarnego dnia itp. można stosować inne iluminanty tego typu. CIE zaleca między innymi iluminanty: iluminant D_{55} o widmowym rozkładzie mocy jak w promieniowaniu ciała doskonale czarnego o temperaturze barwowej $T_c = 5500$ K oraz iluminant D_{75} o rozkładzie mocy promieniowania ciała doskonale czarnego w temperaturze $T_c = 7500$ K.

W tabeli 5.1 ujęto względne rozkłady widmowe mocy promieniowania w odstępach co 5 nm dla iluminantów A, B, C, D_{65} w zakresie 300 - 830 nm [14].

Tabela 5.1. Widmowy rozkład mocy $S(\lambda)$ iluminantów normalnych

λ nm	A $S(\lambda)$	B $S(\lambda)$	C $S(\lambda)$	D_{65} $S(\lambda)$	λ nm	A $S(\lambda)$	B $S(\lambda)$	C $S(\lambda)$	D_{65} $S(\lambda)$
300	0,93	—	—	0,03	575	110,80	101,90	100,15	96,1
305	1,13	—	—	1,7	580	114,44	101,00	97,80	95,8
310	1,36	—	—	3,3	585	118,08	100,07	95,43	92,2
315	1,62	—	—	11,8	590	121,73	99,20	93,20	88,7
320	1,93	0,02	0,01	20,2	595	125,39	98,44	91,22	89,3
325	2,27	0,26	0,20	28,6	600	129,04	98,00	89,70	90,0
330	2,66	0,50	0,40	37,1	605	132,70	98,08	88,83	89,8
335	3,10	1,45	1,55	38,5	610	136,35	98,50	88,40	89,6
340	3,59	2,40	2,70	39,9	615	139,99	99,06	88,19	88,6
345	4,14	4,00	4,85	42,4	620	143,62	99,70	88,10	87,7
350	4,74	5,60	7,00	44,9	625	147,24	100,36	88,06	85,5
355	5,41	7,60	9,95	45,8	630	150,84	101,00	88,00	83,3
360	6,14	9,60	12,90	46,6	635	154,42	101,56	87,86	83,5
365	6,95	12,40	17,20	49,9	640	157,98	102,20	87,80	83,7
370	7,82	15,20	21,40	52,1	645	161,52	103,05	87,99	81,9
375	8,77	18,80	27,50	51,0	650	165,03	103,90	88,20	80,0
380	9,80	22,40	33,00	50,0	655	168,51	104,59	88,20	80,1
385	10,90	26,85	39,92	52,3	660	171,96	105,00	87,90	80,2
390	12,09	31,30	47,40	54,6	665	175,38	105,08	87,22	81,2
395	13,35	36,18	55,17	68,7	670	178,77	104,90	86,30	82,3
400	14,71	41,30	63,30	82,8	675	182,12	104,55	85,30	80,3
405	16,15	46,62	71,81	87,1	680	185,43	103,90	84,00	78,3
410	17,68	52,10	80,60	95,5	685	188,70	102,84	82,21	74,0
415	19,29	57,70	89,53	92,5	690	191,93	101,60	80,20	69,7
420	20,99	63,20	98,10	93,4	695	195,12	100,38	78,24	70,7
425	22,79	68,37	105,80	90,1	700	198,26	99,10	76,30	71,6
430	24,67	73,10	112,40	86,7	705	201,36	97,70	74,36	73,0
435	26,64	77,31	117,75	95,8	710	204,41	96,20	72,40	74,3
440	28,70	80,80	121,50	104,9	715	207,41	94,60	70,40	68,0
445	30,85	83,44	123,45	110,9	720	210,36	92,90	68,30	61,6
450	33,09	85,40	124,00	117,0	725	213,27	91,10	66,30	65,7
455	35,41	86,88	123,60	117,4	730	216,12	89,40	64,40	69,9
460	37,81	88,30	123,10	117,8	735	218,92	88,00	62,60	72,5
465	40,30	90,08	123,30	116,3	740	221,67	86,90	61,50	75,1
470	42,87	92,00	123,80	114,9	745	224,36	85,90	60,20	69,3
475	45,52	93,75	124,09	115,4	750	227,00	85,20	59,20	63,6
480	48,24	95,20	123,90	115,9	755	229,59	84,80	58,50	55,0
485	51,04	96,23	122,92	112,4	760	232,12	84,70	58,10	46,4
490	53,91	96,50	120,70	108,8	765	234,59	84,90	58,00	36,6
495	56,85	95,71	116,90	109,1	770	237,01	85,40	58,20	66,8
500	59,86	94,20	112,10	109,4	775	239,37	—	—	65,1
505	62,93	92,37	106,98	108,6	780	241,68	—	—	63,4
510	66,06	90,70	102,30	107,8	785	243,99	—	—	61,9
515	69,25	89,65	98,81	106,3	790	246,12	—	—	64,3
520	72,50	89,50	96,90	104,8	795	248,25	—	—	61,9
525	75,79	90,43	96,78	106,2	800	250,33	—	—	59,5
530	79,13	92,20	98,00	107,7	805	252,35	—	—	55,7
535	82,52	94,46	99,94	106,0	810	254,31	—	—	52,0
540	85,95	96,90	102,10	104,4	815	256,22	—	—	54,7
545	89,41	99,16	103,95	104,2	820	258,07	—	—	57,4
550	92,91	101,00	105,20	104,0	825	259,86	—	—	58,9
555	96,44	102,20	105,67	102,0	830	261,60	—	—	60,3
560	100,00	102,80	105,30	100,0					
565	103,58	102,92	104,11	98,2					
570	107,18	102,60	102,30	96,3					

Na rys. 5.1 przedstawiono wykresy względnego widmowego rozkładu mocy iluminantów A, B, C i D_{65} odnoszące się do mocy przypadającej na promieniowanie o długości fali $\lambda = 560$ nm (iluminanty A i D_{65}) oraz λ ok. 545 nm (iluminant B) i λ ok. 535 nm (iluminant C).



Rys. 5.1. Względny widmowy rozkład mocy $S(\lambda)$ iluminantów A, B, C, D_{65}

Jak widać w iluminancie A najwięcej mocy przypada na promieniowanie długofalowe. Światło o takim promieniowaniu ma odcień oranżowożółty o wrażeniu ciepłym (WW). Odpowiada mu światło żarówki wolframowej.

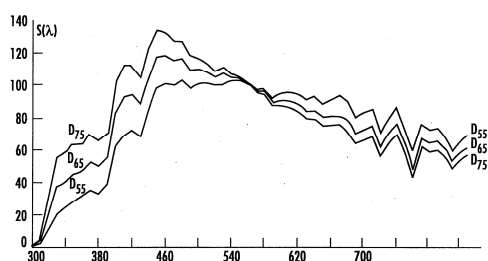
W promieniowaniu iluminantu B występuje niewielka przewaga mocy przypadająca na fale o długości powyżej 500 nm. Światło takiego iluminantu jest również ciepłe (WW) z odcieniem żółtawym, jak światło słoneczne.

Promieniowanie iluminantu C wykazuje przewagę mocy w zakresie fal krótkich światła widzialnego. Barwa światła tego iluminantu ma odcień niebieskawy (barwa nieba) o charakterze chłodnym (CW).

Przebieg krzywej widmowego rozkładu mocy iluminatora D_{65} w części widzialnej jest bardzo podobny do przebiegu krzywej iluminantu C. Iluminant D_{65} wykazuje większy udział mocy promieniowania niewidzialnego w bliskim nadfiolecie (UV). Promieniowanie to jest więc bardziej zbliżone do promieniowania światła dziennego, które zawiera przecież spore ilości nadfioletu.

Na rys. 5.2 przedstawiono względny widmowy rozkład mocy iluminantów dziennych D_{55} , D_{65} i D_{75} , znormalizowany w stosunku do promieniowania o długości fali $\lambda = 560$ nm. We wszystkich tych iluminantach występuje niewielki nadmiar mocy promieniowania widzialnego krótkofalowego (niebieskie) i spory udział mocy przypadającej na promieniowanie UV. Światło tych iluminantów ma charakter światła chłodnego (CW) o odcieniu niebieskawym malejącym w kolejności $D_{75} > D_{65} > D_{55}$.

Źródłami światła wysyłającymi promieniowanie odpowiadające promieniowaniu iluminantów są tak zwane normalne źródła światła. Źródłem normalnym A, wysyłającym promieniowanie iluminantu A może być zwykła żarówka wolframowa.



Rys. 5.2. Względny widmowy rozkład mocy $S(\lambda)$ iluminantów D_{55} , D_{65} i D_{75}

Źródłami normalnymi B i C, emitującymi promieniowanie iluminantów normalnych B i C, określonych przez ich temperatury barwowe 4874 K i 6774 K nie może być bezpośrednio światło słoneczne ani rozproszone światło nieba od strony północnej, gdyż ich widmowy rozkład mocy zmienia się. Światło słoneczne ma inny rozkład przy wschodzie i zachodzie, inny w południe, jeszcze inny w różnych porach roku. Również skład mocy rozproszonego światła dziennego jest inny w zależności od stopnia pokrycia nieba chmurami i od zmniejszającego się składu promieniowania samego słońca.

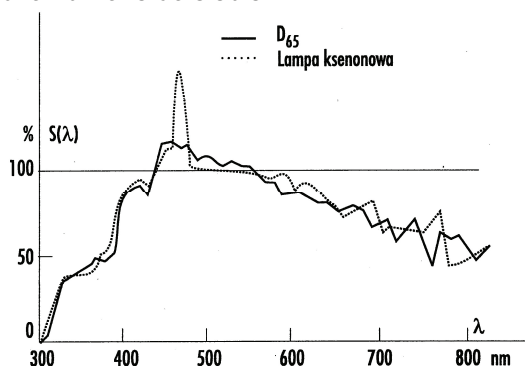
CIE ustaliła, że źródłami normalnymi B i C, wysyłającymi promieniowanie o rozkładzie widmowym iluminantów B i C powinno być światło źródła A (żarówka wolframowej) przepuszczone przez właściwie dobrane filtry. CIE zaleca stosowanie filtrów w postaci warstwy cieczy w kuwetach o grubości 1 cm, przy czym dla każdego źródła filtr składa się z dwu kuwet ustawionych jedna za drugą i zawierających różne roztwory [14]. W tabelicy 5.2 podano składy roztworów B_1 i B_2 oraz C_1 i C_2 dla obydwu źródeł.

Tabela 5.2. Roztwory do filtrów dla źródeł światła B i C

skład roztworu	roztwór B1	roztwór C1
siarczan miedzi $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	2,452 g	3,412 g
mannit $\text{C}_6\text{H}_8(\text{OH})_6$	2,452 g	3,412 g
pirydyna $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$	30,0 ml	30,0 ml
woda destylowana do	1000 ml	1000 ml
	roztwór B2	roztwór C2
siarczan amonowo kobaltowy $\text{CoSO}_4 \cdot (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	21,71 g	30,58 g
siarczan miedzi $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	16,11 g	22,52 g
kwas siarkowy $d = 1,845$ g/ml	10,0 ml	10,0 ml
woda destylowana do	1000,0 ml	1000,0 ml

Można też stosować filtry szklane o przepuszczalności odpowiadającej przepuszczalności obydwu filtrów cieczowych dla każdego ze źródeł B i C. Zarówno filtry cieczowe jak i szklane pochłaniają dużo światła i zmieniają z upływem czasu swoje widma pochłaniania. Szczególnie filtry cieczowe. Powoduje to pewne trudności w dostatecznym oświetleniu badanej barwnej próbki oraz niestałość składu promieniowania przepuszczanego przez filtry.

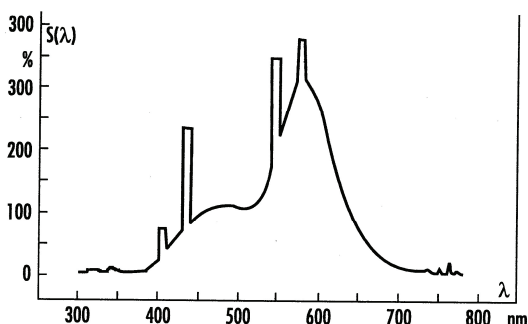
Źródła normalnego D_{65} nie udało się dotychczas odtworzyć z całą ścisłością. Najbardziej zbliżonym do niego jest źródło w postaci lampy ksenonowej wysokociśnieniowej z odpowiednimi filtrami UV. Widmo takiej lampy ma charakter ciągły, w przeciwieństwie do lamp niskociśnieniowych o widmie wykazującym dużo i wysokich maksimów. Na rys. 5.3 przedstawiono względne rozkłady mocy iluminantu D_{65} i światła lampy ksenonowej ciśnieniowej. Poza ostrym i wąskim pasmem przypadającym na promieniowanie o długości fali ok. 450 nm w widmie lampy ksenonowej, pozostałe części obydwu krzywych są bardzo zbliżone do siebie.



Rys. 5.3. Względny widmowy rozkład mocy $S(\lambda)$ iluminantu D_{65} i lampy ksenonowej ciśnieniowej (XBO)

Coraz szersze stosowanie do oświetlania wnętrz lamp fluorescencyjnych tzw. świetlówek, wywołało konieczność uwzględnienia również i tego rodzaju źródeł światła przy ocenach barw. Światło emitowane przez te lampy powstaje w wyniku fluorescencji powierzchni lamp wyłożonej warstwą

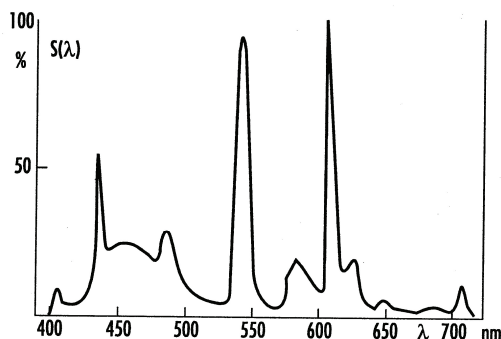
substancji fluoryzującej tzw. luminoforu, oświetlanego przez promieniowanie emitowane w wyniku wyładowań elektrycznych w parach rtęci. Odpowiedni dobór luminoforów powoduje ich świecenie o różnym rozkładzie widmowym i o barwie odpowiadającej barwie promieniowania ciała doskonale czarnego w różnych temperaturach. Lampy, których widma rozkładu mocy $S(\lambda)$ wykazują niedobór promieniowania długofalowego (od strony barw czerwonych) dają źródło fluorescencyjne chłodne, zwane CWF (*Cool White Fluorescence*). Lampy o rozkładzie widmowym mocy $S(\lambda)$, wykazującym niedobór promieniowania widzialnego krótkofalowego (niebieskie i fioletowe) dają światło ciepłe WWF (*White Warm Fluorescence*). Widma emisyjne świetlówek wykazują zwykle cztery ostre linie przypadające na długości fali promieniowania emitowanego przez pary rtęci (por. p. 3.3). Linie te występują na tle ciągłego widma fluorescencyjnego. Rys. 5.4 pokazuje taki widmowy rozkład mocy promieniowania lampy fluorescencyjnej o świetle chłodnym typu CWF.



Rys. 5.4. Względny widmowy rozkład mocy $S(\lambda)$ świetlówki typu CWF

Opracowano też lampy fluorescencyjne „trójbodźcowe”, których ściany są wyłożone luminoforami emitującymi światło fluorescencji o trzech maksimach, odpowiadających barwie niebieskiej (ok. 450 nm), zielonej (ok. 540 nm) i czerwonej (ok. 610 nm) [78]. Należą do nich lampy typu TL84 (*Philips*) i Ultralume (*Westinghouse*). Na rys. 5.5 przedstawiono widmowy rozkład mocy promieniowania lampy fluorescencyjnej TL84.

Widać na nim trzy główne linie odpowiadające barwie niebieskiej, zielonej i czerwonej.



Rys. 5.5. Względny widmowy rozkład mocy $S(\lambda)$ lampy typu TL84 (iluminant F 11)

Międzynarodowa Komisja Oświetleniowa ustaliła dwanaście źródeł światła fluorescencyjnego oznaczonych symbolami F1 - F12. Barwa promieniowania wysyłanego przez te źródła, czyli iluminanty F1 - F12 odpowiada barwie promieniowania ciała doskonale czarnego w określonych temperaturach barwowych T_c . Używane są jako oświetlenie szafek, w których dokonuje się wizualnego porównania barw dwu powierzchni przy zmianie iluminantu z dziennego na sztuczny w celu stwierdzenia występowania metamerii barw ocenianych. Jeśli w jednym oświetleniu barwy obydwu powierzchni będą uznane jako zgodne, a przy zmianie oświetlenia wystąpi zauważalna różnica barwy, oznacza to, że barwy tych powierzchni są metameryczne (por. p. 3.5).

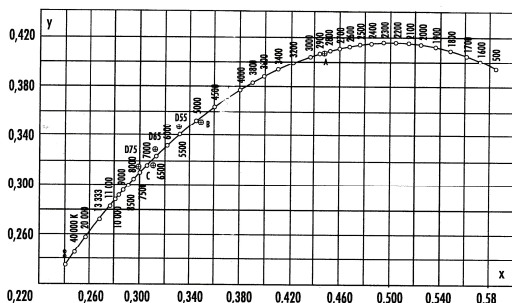
Zmiany barwy występują szczególnie wyraźnie przy przejściu od światła dziennego do światła lamp fluoryzujących (świełówek).

Międzynarodowa Komisja Oświetleniowa ustaliła wskaźnik oddawania barw, CRI (Colour Rendering Index), którym można charakteryzować każde źródło światła, zwłaszcza świetlówki [70]. Wyznacza się go przez ilościowe określenie zmiany barwy odpowiednio dobranych wzorców przy zmianie oświetlenia ze źródła odniesienia na źródło badane. Źródłem odniesienia powinno być źródło promieniowania o takiej samej

lub bardzo zbliżonej chromatyczności, tj. współrzędnych trójkromatycznych x i y , jak źródło badane lecz o różnym rozkładzie widmowym mocy $S(\lambda)$.

W przypadku badania źródeł światła, których promieniowanie odpowiada temperaturze barwowej T_c poniżej 5000 K, a więc dla światła ciepłego, źródłem odniesienia powinno być promieniowanie ciała doskonale czarnego w temperaturze barwowej T_c odpowiadającej współrzędnym trójkromatycznym barwy źródła badanego. Natomiast w przypadku charakteryzowania źródeł światła o temperaturze barwowej T_c powyżej 5000 K, źródłem odniesienia powinno być światło dzienne (iluminant dzienny) typu D_{Tc} o temperaturze barwowej odpowiadającej współrzędnym badanego źródła.

Rys. 5.6 przedstawia współrzędne trójkromatyczne barwy promieniowania ciała doskonale czarnego w różnych temperaturach, wraz z naniesionymi punktami chromatyczności iluminantów CIE.



Rys. 5.6. Chromaticzność barwy ciała doskonale czarnego w różnych temperaturach T_c i punkty iluminantów A, B, C, D55, D65 i D75

CIE wybrała 14 barwnych próbek z atlasu *Munsella*, obejmujących najczęściej spotykane barwy. Są to:

- | | |
|---------------------|-------------|
| 1. jasnoczerwona | 7,5R - 6/4, |
| 2. żółta | 5Y - 6/4, |
| 3. żółtozielona | 5GY - 6/8, |
| 4. jasnozielona | 2,5G - 6/6, |
| 5. zielononiebieska | 10BG - 6/4, |
| 6. jasnoniebieska | 5PB - 6/8, |
| 7. jasnioletowa | 2,5P - 6/8, |

8. purpurowa	10P - 6/8,
9. głęboka czerwona	4,5R - 4/13,
10. głęboka żółta	5Y - 8/10,
11. głęboka zielona	4,5G - 5/8,
12. głęboka niebieska	3PB - 3/11,
13. oranżowa jasna	5YR - 8/4,
14. żółtozielona ciemna	5GY - 4/4.

Pierwsze osiem barw wykazuje tę samą jasność (walor $V = 6$). Następne cztery to barwy głębokie, odpowiadające barwom antagonistycznej teorii postrzegania barw, a ostatnie dwie odpowiadają barwom ludzkiej skóry i liści.

Określa się szczególny wskaźnik oddawania barwy R_i badanego źródła światła przez wyznaczenie różnicy w postrzeganiu każdej z wzorcowych barwnych próbek przy zmianie oświetlenia ze źródła odniesienia na źródło badane. Wartość $R_i = 100$ oznacza brak różnicy postrzegania barwy. Średnia wartość wskaźników R_i dla pierwszych ośmiu próbek to tzw. ogólny wskaźnik oddawania barwy R_a . Przyjęto taki sposób obliczania wskaźników szczególnych R_i aby wartość wskaźnika uśrednionego ogólnego R_a wynosiła 50 dla światła ciepłego typu WWF iluminantu F4 w odniesieniu do światła iluminantu A (żarówki).

Wskaźniki oddawania barwy przy sześciu pozostałych barwnych wzorcach pokazują, które barwy ulegają większej lub mniejszej zmianie przy przejściu od iluminantu odniesienia do oświetlania badanym źródłem.

Wskaźnik ogólny R_a , powyżej 90, wskazuje na bardzo dobre właściwości oddawania barwy przez określone źródło światła. Może się jednak zdarzyć, że wskaźnik ogólny R_a będzie wysoki jako wielkość średnia, natomiast wskaźniki szczegółowe przy określonych barwach mogą mieć niskie wartości. Dlatego przyjęto podawanie oprócz wskaźnika R_a wielkości wskaźników R_i dla ostatnich sześciu barw.

Dwie lampy o takich samych wskaźnikach oddawania światła R_a i R_i w stosunku do jednego źródła odniesienia, mogą wykazywać znacznie większe różnice między sobą, jeśli np. na wykresie chromatyczności

promieniowania ciała doskonale czarnego (rys. 5.6) punkty odpowiadające chromatyczności światła obydwu lamp będą leżały po dwu stronach krzywej. Ważny jest więc kierunek zachodzących zmian barwy. Można go określić przez podanie współrzędnych a i b charakteryzujących barwę w układzie $L a b$ (por. p. 4.6). Barwa o większej wartości współrzędnej b będzie miała odcień bardziej żółty, a barwa o mniejszej wartości tej współrzędnej będzie bardziej niebieska. Podobnie większa wartość współrzędnej a wskazuje na odcień bardziej czerwony, zaś mniejsza jej wartość na odcień bardziej zielony. Taki system charakteryzowania źródeł światła proponuje Philips [80].

Dokładna charakterystyka każdego iluminantu powinna obejmować:

- najbliższą temperaturę barwową T_c ,
- widmowy rozkład mocy $S(\lambda)$,
- współrzędne trójchromatyczne x i y ,
- wskaźniki oddawania barwy R_a i R_i ,
- kierunek przesunięcia barwy,
- charakter światła: chłodne, dzienne, ciepłe.

Tabela 5.3. Charakterystyka iluminantów CIE

Iluminant	x	y	Temp. barwowa. °K	Wsk. odd. barw R_a	Typ światła
A	0,4476	0,4074	2856		W
B	0,3484	0,3516	4874		C
C	0,3101	0,3162	6774		D
D ₅₅	0,3324	0,3475	5503		D
D ₆₅	0,3127	0,3290	6504		D
D ₇₅	0,2990	0,3150	7504		D
F ₁	0,3131	0,3371	6430	76	D
F ₂	0,3721	0,3751	4230	74	CWF
F ₃	0,4091	0,3941	3450	57	W
F ₄	0,4402	0,4031	2940	51	WWF
F ₅	0,3138	0,3452	6350	72	D
F ₆	0,3779	0,3882	4152	59	LWF
F ₇	0,3129	0,3292	6500	90	D65
F ₈	0,3458	0,3586	5000	95	D50
F ₉	0,3741	0,5727	4150	90	CW
F ₁₀	0,3458	0,3588	5000	81	TL85
F ₁₁	0,3805	0,3769	4000	83	TL84
F ₁₂	0,4370	0,4042	3000	83	TL83

W przypadku iluminantów o widmie wykazującym wyraźne pasma, jak np. promieniowanie ciśnieniowej lampy ksenonowej (rys. 5.3), świetłówki typu CWF (rys. 5.4), czy świetłówki trójpasmowej (rys. 4.5), trzeba uwzględnić wielkości tych pasm przy obliczaniu widmowego rozkładu mocy. Szczególnie przy większych odstępach długości fali (np. co 20 nm), stosuje się specjalne metody ujmowania promieniowania tych pasm [81].

Tabela 4.3 przedstawia zestawienie dwunastu iluminantów CIE odpowiadających światłu lamp fluorescencyjnych [82]. Współrzędne trójkromatyczne x i y odnoszą się do obserwatora normalnego (2°). W tabeli zaznaczono rodzaj emitowanego światła. Wskaźnik oddawania barw odgrywa ważną rolę w projektowaniu oświetlenia wnętrza,

zwłaszcza tam, gdzie dokonuje się wyboru kolorowych towarów lub gdy chce się wyeksponować któryś z odcieni różnych obiektów.

5. 2. Zasady pomiaru barwy

Pomiar barwy powierzchni polega na ilościowym jednoznacznym określeniu cech promieniowania elektromagnetycznego wpadającego do oka i wywołującego wrażenie barwne. Cechy te powinny odpowiadać barwom postrzeganym są więc ich cechami *psychofizycznymi*. Powodem określania barwy przez pomiar właściwości promieniowania, które je wywołuje jest brak praktycznych możliwości ilościowego, wyrażonego w liczbach, charakteryzowania samych wrażeń barwnych powstających w mózgu.

Podstawą ilościowego oznaczania cech promieniowania jest ustalenie jego składowych trójkromatycznych X , Y , Z to jest ilościowego stosunku fikcyjnych barw (X), (Y) i (Z), w jakim zmieszane ze sobą w sposób addytywny odpowiadałyby one barwie postrzeganej, wywołanej przez to promieniowanie. Składowe te oblicza się z wzorów 4.46a:

$$\begin{aligned} X &= k \cdot \Sigma_{\lambda} \cdot \bar{x}(\lambda) \cdot \varphi(\lambda) \\ Y &= k \cdot \Sigma_{\lambda} \cdot \bar{y}(\lambda) \cdot \varphi(\lambda) \\ Z &= k \cdot \Sigma_{\lambda} \cdot \bar{z}(\lambda) \cdot \varphi(\lambda) \end{aligned} \quad 5.1.$$

We wzorach tych $\varphi(\lambda)$ oznacza względny widmowy rozkład mocy promieniowania wpadającego do oka, przypadający na każdą długość fali tego promieniowania.

Promieniowanie wywołujące wrażenie barwy może pochodzić bezpośrednio od źródła światła i wówczas jego rozkład widmowy $\varphi(\lambda)$ odpowiada rozkładowi widmowemu mocy promieniowania źródła światła $S(\lambda)$:

$$\varphi(\lambda) = S(\lambda) \quad 5.2.$$

Składowe trójkromatyczne barwy wywołanej przez takie promieniowanie wyniosą, zgodnie z wzorami 4.57 i 4.58:

$$\begin{aligned} X &= k \cdot \Sigma_{\lambda} \cdot \bar{x}(\lambda) \cdot S(\lambda) \\ Y &= k \cdot \Sigma_{\lambda} \cdot \bar{y}(\lambda) \cdot S(\lambda) \\ Z &= k \cdot \Sigma_{\lambda} \cdot \bar{z}(\lambda) \cdot S(\lambda) \end{aligned} \quad 5.3.$$

dla obserwatora normalnego (2^0), oraz

$$\begin{aligned} X_{10} &= k_{10} \cdot \Sigma_{\lambda} \cdot \bar{x}_{10}(\lambda) \cdot S(\lambda) \\ Y_{10} &= k_{10} \cdot \Sigma_{\lambda} \cdot \bar{y}_{10}(\lambda) \cdot S(\lambda) \\ Z_{10} &= k_{10} \cdot \Sigma_{\lambda} \cdot \bar{z}_{10}(\lambda) \cdot S(\lambda) \end{aligned} \quad 5.3a.$$

dla obserwatora dodatkowego (10^0).

Jeśli promieniowanie wpadające do oka jest promieniowaniem odbitym od barwnej powierzchni lub przepuszczonym przez ciała przezroczyste względnie przeświecające, to zgodnie z wzorami 4.68 wielkość $\varphi(\lambda)$ stanowi ułamek rozkładu $S(\lambda)$ promieniowania

źródła światła odpowiadający współczynnikowi odbicia $R(\lambda)$ (remisji) lub przepuszczania $T(\lambda)$ (transmisji) tego promieniowania.

$$\begin{aligned} \varphi(\lambda) &= S(\lambda) \cdot R(\lambda) \\ \varphi(\lambda) &= S(\lambda) \cdot T(\lambda) \end{aligned} \quad 5.4.$$

Wobec tego składowe trójkromatyczne barwy ciał odbijających światło wyniosą dla obserwatora normalnego (2^0):

$$\begin{aligned} X &= k \cdot \Sigma_{\lambda} \cdot \bar{x}(\lambda) \cdot S(\lambda) \cdot R(\lambda) \\ Y &= k \cdot \Sigma_{\lambda} \cdot \bar{y}(\lambda) \cdot S(\lambda) \cdot R(\lambda) \\ Z &= k \cdot \Sigma_{\lambda} \cdot \bar{z}(\lambda) \cdot S(\lambda) \cdot R(\lambda) \end{aligned} \quad 5.5.$$

a dla ciał przepuszczających światło (np. filtrów):

$$\begin{aligned} X &= k \cdot \Sigma_{\lambda} \cdot \bar{x}(\lambda) \cdot S(\lambda) \cdot T(\lambda) \\ Y &= k \cdot \Sigma_{\lambda} \cdot \bar{y}(\lambda) \cdot S(\lambda) \cdot T(\lambda) \\ Z &= k \cdot \Sigma_{\lambda} \cdot \bar{z}(\lambda) \cdot S(\lambda) \cdot T(\lambda) \end{aligned} \quad 5.6.$$

Dla obserwatora dodatkowego (10^0) składowe trójkromatyczne wyniosą odpowiednio:

$$\begin{aligned} X_{10} &= k_{10} \cdot \Sigma_{\lambda} \cdot \bar{x}_{10}(\lambda) \cdot S(\lambda) \cdot R(\lambda) \\ Y_{10} &= k_{10} \cdot \Sigma_{\lambda} \cdot \bar{y}_{10}(\lambda) \cdot S(\lambda) \cdot R(\lambda) \\ Z_{10} &= k_{10} \cdot \Sigma_{\lambda} \cdot \bar{z}_{10}(\lambda) \cdot S(\lambda) \cdot R(\lambda) \end{aligned} \quad 5.5a.$$

dla barwy ciał nieprzezroczystych, odbijających światło, oraz

$$\begin{aligned} X_{10} &= k_{10} \cdot \Sigma_{\lambda} \cdot \bar{x}_{10}(\lambda) \cdot S(\lambda) \cdot T(\lambda) \\ Y_{10} &= k_{10} \cdot \Sigma_{\lambda} \cdot \bar{y}_{10}(\lambda) \cdot S(\lambda) \cdot T(\lambda) \\ Z_{10} &= k_{10} \cdot \Sigma_{\lambda} \cdot \bar{z}_{10}(\lambda) \cdot S(\lambda) \cdot T(\lambda) \end{aligned} \quad 5.6a.$$

dla barwy ciał przepuszczających światło.

We wzorach 5.3, 5.5 i 5.6 współczynnik k lub k_{10} wynosi zgodnie z wzorem 4.47a:

$$\begin{aligned} k &= 100 / [\Sigma_{\lambda} \bar{y}(\lambda) \cdot S(\lambda)] \\ k_{10} &= 100 / [\Sigma_{\lambda} \bar{y}_{10}(\lambda) \cdot S(\lambda)] \end{aligned} \quad 5.7.$$

i przyjmuje różne wartości w zależności od odstępów długości fali przy których dokonuje się pomiarów, np. co 1 nm, co 5 nm, co 10 nm, czy co 20 nm (por. wzory 4.47b).

Wartości względnych składowych tróchromatycznych x, y, z i x_{10}, y_{10}, z_{10} ustalone przez Międzynarodowy Komitet Oświetleniowy, przedstawione w odstępach co 5 nm, znajdują się w tabelach 4.1 i 4.2. Tablice ich wartości w odstępach co 1 nm można znaleźć w [14, 39, 83]. Podane są z dokładnością do 6-10 miejsca po przecinku i w zakresie 360-830 nm. Tablice o tak dużej dokładności są używane przy bardzo precyzyjnych pomiarach różnych wzorców barwy i iluminantów.

Do obliczenia składowych tróchromatycznych X, Y, Z oraz X_{10}, Y_{10}, Z_{10} należy więc wyznaczyć widmowy rozkład mocy źródła światła $S(\lambda)$ potrzebny do wyliczenia stałych k i k_{10} (wzory 5.7) i do określenia barwy światła (wzory 5.3 i 5.3a) oraz zmierzyć widmowe współczynniki odbicia światła $R(\lambda)$ w przypadku barw powierzchni (wzory 5.5 i 5.5a), względnie widmowe współczynniki przepuszczania światła $T(\lambda)$ w przypadku barw przedmiotów przezroczystych (wzory 5.6 i 5.6a).

Widmowy rozkład mocy iluminantów normalnych $S(\lambda)$ jest stały. Również stałą wartość mają względne składowe tróchromatyczne, charakteryzujące obserwatora $\bar{x}(\lambda), \bar{y}(\lambda), \bar{z}(\lambda)$ i $\bar{x}_{10}(\lambda), \bar{y}_{10}(\lambda), \bar{z}_{10}(\lambda)$, wobec

czego i współczynniki k i k_{10} mają też wartość stałą. Można więc dla każdego iluminantu i obserwatora obliczyć wartości iloczynów:

$$\begin{aligned} k &= \bar{x}(\lambda) \cdot S(\lambda), \\ k &= \bar{y}(\lambda) \cdot S(\lambda), \\ k &= \bar{z}(\lambda) \cdot S(\lambda) \\ k_{10} &= \bar{x}_{10}(\lambda) \cdot S(\lambda) \\ k_{10} &= \bar{y}_{10}(\lambda) \cdot S(\lambda) \\ k_{10} &= \bar{z}_{10}(\lambda) \cdot S(\lambda) \end{aligned} \quad 5.8.$$

dla pomiarów przy różnych odstępach długości fali $\Delta\lambda$. Współczynniki k i k_{10} przy odstępach wynoszących 1 nm są bliskie jedności, wynoszących 5 nm bliskie pięciu, co 10 nm bliskie dziesięciu, a co 20 nm bliskie dwudziestu, podobnie jak w przypadku widma równoenergetycznego (por. wzory 4.57b).

W tabeli 5.4 przedstawiono iloczyny 4.8 dla obserwatora normalnego (2°) i dodatkowego (10°) w zakresie długości fali 400-700 nm i w odstępach co 20 nm przy różnych wybranych iluminantach, najczęściej stosowanych [2, 84].

Tabela 5.4. Iloczyny względnych składowych tróchromatycznych i widmowego rozkładu mocy dla obserwatorów normalnego (2°) i dodatkowego (10°) różnych iluminantów

nm	2° Obserwator			10° Obserwator		
	$\bar{x} \cdot S$	$\bar{y} \cdot S$	$\bar{z} \cdot S$	$\bar{x} \cdot S$	$\bar{y} \cdot S$	$\bar{z} \cdot S$
400	0,012	-0,000	0,050	0,034	0,003	0,139
420	0,616	0,017	2,954	0,792	0,081	3,780
440	1,814	0,119	9,124	1,896	0,305	9,734
460	1,985	0,413	11,441	1,978	0,859	11,522
480	0,886	1,210	7,420	0,718	2,135	6,770
500	0,025	3,691	3,022	0,037	4,886	2,299
520	0,987	9,459	1,095	1,523	9,652	0,747
540	4,619	15,191	0,316	5,674	14,463	0,200
560	11,068	18,432	0,070	12,437	17,484	0,005
580	19,465	18,418	0,031	20,545	17,580	-0,002
600	25,309	15,104	0,018	25,371	14,906	0
620	22,557	10,095	0,005	21,591	10,080	0
640	13,166	5,136	0	12,158	5,062	0
660	5,270	1,941	0	4,635	1,819	0
680	1,650	0,598	0	1,393	0,541	0
700	0,491	0,177	0	0,374	0,145	0
RAZEM	109,831	100,000	35,546	111,155	100,000	35,194

Tabela 5.4 c.d.

Illuminant C						
nm	2° Observer			10° Observer		
	$\bar{x} \cdot S$	$\bar{y} \cdot S$	$\bar{z} \cdot S$	$\bar{x} \cdot S$	$\bar{y} \cdot S$	$\bar{z} \cdot S$
400	0,0442	-0,0012	0,1879	0,1429	0,0115	0,5807
420	2,9265	0,0849	14,0644	3,5932	0,3731	17,1719
440	7,6800	0,5130	38,6434	7,6627	1,2526	39,3550
460	6,6329	1,3828	38,0869	6,3304	2,7321	36,7531
480	2,3443	3,2094	19,4645	1,8374	5,3438	16,9791
500	0,0687	6,8818	5,7254	0,0614	8,7516	4,1506
520	1,1929	12,8818	1,4503	1,9576	12,5912	0,9236
540	5,5873	18,2681	0,3653	6,5555	16,6155	0,2214
560	11,7509	19,6063	0,0734	12,6177	17,7766	0,0042
580	16,8016	15,9890	0,0269	16,9600	14,5823	-0,0022
600	17,8956	10,6843	0,0123	17,1566	10,0792	0,0000
620	14,0309	6,2644	0,0025	12,8331	5,9798	0,0000
640	7,4368	2,8966	-0,0002	6,5660	2,7302	0,0000
660	2,7277	1,0035	0,0000	2,2910	0,8978	0,0000
680	0,7492	0,2710	0,0000	0,6045	0,2341	0,0000
700	0,1754	0,0623	0,0000	0,1277	0,0486	0,0000
RAZEM	98,0449	100,0000	118,1030	97,2977	100,0000	116,1374

Illuminant D ₆₅						
nm	2° Observer			10° Observer		
	$\bar{x} \cdot S$	$\bar{y} \cdot S$	$\bar{z} \cdot S$	$\bar{x} \cdot S$	$\bar{y} \cdot S$	$\bar{z} \cdot S$
400	0,136	0,002	0,628	0,251	0,023	1,090
420	2,548	0,070	12,221	3,232	0,330	15,383
440	6,680	0,455	33,666	6,679	1,106	34,376
460	6,364	1,322	36,507	6,096	2,620	35,355
480	2,190	2,939	18,157	1,721	4,938	15,897
500	0,051	6,822	5,515	0,059	8,668	3,997
520	1,342	14,121	1,621	2,184	13,846	1,046
540	5,778	19,013	0,389	6,810	17,355	0,237
560	11,290	18,861	0,069	12,165	17,157	0,002
580	16,260	15,462	0,025	16,467	14,148	-0,002
600	17,922	10,673	0,012	17,233	10,105	0
620	14,047	6,288	0,003	12,894	6,020	0
640	7,029	2,734	0	6,226	2,587	0
660	2,507	0,922	0	2,111	0,827	0
680	0,707	0,256	0	0,573	0,222	0
700	0,166	0,060	0	0,120	0,047	0
RAZEM	95,017	100,000	108,813	94,825	100,000	107,381

Tabela 5.4 c.d.

Illuminant F ₁						
nm	2° Observer			10° Observer		
	$\bar{x} \cdot S$	$\bar{y} \cdot S$	$\bar{z} \cdot S$	$\bar{x} \cdot S$	$\bar{y} \cdot S$	$\bar{z} \cdot S$
400	-0,047	-0,004	-0,244	-0,013	-0,005	-0,114
420	0,846	0,037	4,141	0,956	0,119	4,710
440	3,413	0,198	17,007	3,571	0,531	18,145
460	1,640	0,373	9,584	1,641	0,774	9,691
480	0,770	1,012	6,344	0,639	1,796	5,857
500	0,008	2,538	2,094	0,011	3,407	1,599
520	0,442	6,185	0,746	0,858	6,391	0,514
540	5,840	17,868	0,324	7,143	17,141	0,200
560	12,532	21,378	0,104	14,229	20,462	0,023
580	22,613	21,397	0,034	24,062	20,579	-0,004
600	20,388	12,278	0,015	20,658	12,219	0
620	17,692	7,832	0,003	17,077	7,903	0
640	14,573	5,688	0	13,545	5,637	0
660	8,577	3,178	0	7,633	3,014	0
680	0,140	0,045	0	0,107	0,037	0
700	-0,008	-0,003	0	-0,010	-0,004	0
RAZEM	109,419	100,000	40,151	112,107	100,000	40,622

Illuminant F ₂						
nm	2° Observer			10° Observer		
	$\bar{x} \cdot S$	$\bar{y} \cdot S$	$\bar{z} \cdot S$	$\bar{x} \cdot S$	$\bar{y} \cdot S$	$\bar{z} \cdot S$
400	-0,052	-0,005	-0,275	0,009	-0,004	-0,036
420	1,436	0,058	6,997	1,648	0,196	8,053
440	5,302	0,314	26,459	5,548	0,824	17,779
460	2,825	0,628	16,433	2,783	1,282	16,361
480	1,244	1,661	10,273	1,013	2,886	9,315
500	0,031	4,048	3,324	0,036	5,324	2,500
520	0,670	8,548	1,024	1,225	8,696	0,686
540	6,227	19,214	0,349	7,499	18,115	0,213
560	12,124	20,779	0,099	13,537	19,545	0,021
580	20,964	19,780	0,031	21,927	18,705	-0,004
600	21,394	12,816	0,015	21,258	12,540	0
620	16,147	7,201	0,003	15,318	7,131	0
640	8,798	3,425	0	8,053	3,347	0
660	3,825	1,410	0	3,333	1,310	0
680	0,311	0,111	0	0,258	0,099	0
700	0,033	0,012	0	0,023	0,009	0
RAZEM	101,279	100,000	64,732	103,405	100,000	64,888

Tabela 5.4 c.d.

Iluminant F3

nm	2° Observator			10° Observator		
	$\bar{x} \cdot S$	$\bar{y} \cdot S$	$\bar{z} \cdot S$	$\bar{x} \cdot S$	$\bar{y} \cdot S$	$\bar{z} \cdot S$
400	-0,059	-0,007	-0,325	0,054	-0,003	0,127
420	2,635	0,101	12,811	3,021	0,352	14,697
440	8,766	0,528	43,780	8,808	1,345	44,868
460	4,584	1,004	26,594	4,413	2,001	25,876
480	1,897	2,568	15,724	1,505	4,345	13,899
500	0,065	6,198	5,074	0,071	7,941	3,726
520	0,969	11,829	1,417	1,694	11,748	0,921
540	7,127	21,999	0,395	8,377	20,236	0,236
560	11,068	19,280	0,093	12,075	17,693	0,020
580	17,199	16,169	0,023	17,551	14,917	-0,004
600	17,468	10,422	0,012	16,950	9,954	0
620	13,714	6,127	0,003	12,697	5,920	0
640	7,001	2,726	0	6,258	2,601	0
660	2,483	0,913	0	2,109	0,827	0
680	0,350	0,126	0	0,284	0,110	0
700	0,047	0,017	0	0,034	0,013	0
RAZEM	95,314	100,000	105,601	95,902	100,000	104,367

Iluminant TL 84 (F11)

nm	2° Observator			10° Observator		
	$\bar{x} \cdot S$	$\bar{y} \cdot S$	$\bar{z} \cdot S$	$\bar{x} \cdot S$	$\bar{y} \cdot S$	$\bar{z} \cdot S$
400	-0,0972	-0,00068	-0,4950	-0,0461	-0,0112	-0,2963
420	1,3753	0,0543	6,6990	1,5506	0,1834	7,5982
440	5,7961	0,3664	29,0400	6,0062	0,9472	30,6828
460	2,5801	0,4510	14,6678	2,5775	0,9644	14,8026
480	1,0545	2,1663	9,6285	0,8133	3,6086	8,5908
500	0,1204	2,2481	3,3589	0,0316	3,2778	2,7320
520	-0,6440	-0,6703	-0,1741	-0,06801	-0,6157	-0,1727
540	14,9304	41,5552	0,6207	17,7978	39,4158	0,3538
560	7,3307	17,6485	0,1855	8,5749	16,7056	0,0901
580	9,3926	7,2862	-0,0080	9,7913	6,9700	-0,0134
600	22,4636	12,9510	0,0141	22,2285	12,7295	0,0000
620	32,7970	15,0856	0,0064	31,3897	14,9826	0,0000
640	2,1017	0,7219	-0,0003	1,9177	0,7193	0,0000
660	0,3011	0,955	0,0000	0,2442	0,0814	0,0000
680	0,0969	0,0347	0,0000	0,0810	0,0312	0,0000
700	0,0345	0,0124	0,0000	0,0258	0,0101	0,0000
RAZEM	99,6337	100,0000	63,5435	102,3039	100,0000	64,3679

Tabela 5.4 c.d.

Iluminant WWF

nm	2° Obserwator			10° Obserwator		
	$\bar{x} \cdot S$	$\bar{y} \cdot S$	$\bar{z} \cdot S$	$\bar{x} \cdot S$	$\bar{y} \cdot S$	$\bar{z} \cdot S$
400	-0,0476	-0,0040	-0,2469	-0,0121	-0,0052	-0,1093
420	0,8510	0,0372	4,1645	0,9624	0,1200	4,7408
440	3,4229	0,1992	17,0587	3,5811	0,5343	18,2034
460	1,6385	0,3729	9,5746	1,6396	0,7732	9,6814
480	0,7700	1,0124	6,3445	0,6386	0,7962	5,8576
500	0,0078	2,5381	2,0937	0,0109	3,4065	1,5994
520	0,4425	6,1846	0,7460	0,8586	6,3906	0,5135
540	5,8299	17,8625	0,3244	7,1334	17,1359	0,2001
560	12,5282	21,3798	0,1036	14,2253	20,4632	0,0235
580	22,6239	21,3981	0,0345	24,0718	20,5790	-0,0041
600	20,3888	12,2785	0,144	20,6579	12,2192	0
620	17,6922	7,8321	0,0028	17,0781	7,9041	0
640	14,5740	5,6880	0,0002	13,5451	5,6359	0
660	8,5770	3,1786	0	7,6336	3,0141	0
680	0,1397	0,0454	0	0,1070	0,0373	0
700	-0,0080	-0,0032	0	-0,0101	-0,0041	0
RAZEM	109,4306	99,9999	40,2146	112,1210	100,0002	40,7059

Iluminant WW Luxe.

nm	2° Obserwator			10° Obserwator		
	$\bar{x} \cdot S$	$\bar{y} \cdot S$	$\bar{z} \cdot S$	$\bar{x} \cdot S$	$\bar{y} \cdot S$	$\bar{z} \cdot S$
400	-0,0709	-0,0071	-0,3773	-0,0121	-0,0066	-0,0525
420	1,6471	0,0786	8,0958	1,8556	0,2432	9,1908
440	5,5900	0,3098	27,7456	5,8580	0,8501	29,6352
460	0,4945	0,1429	3,0578	0,4908	0,2916	3,0692
480	0,2839	0,3398	2,3770	0,2299	0,6412	2,2022
500	-0,0293	1,5621	1,2352	-0,0183	2,1061	0,9402
520	0,6503	7,7030	0,9043	1,1769	7,9538	0,6422
540	6,6143	20,3522	0,3930	8,14444	19,6475	0,2463
560	10,8953	19,1056	0,0953	12,4782	18,3814	0,0228
580	20,7049	19,2954	0,0296	22,1383	18,6781	-0,0045
600	27,4026	16,3536	0,0188	27,8632	16,3730	0,0000
620	22,3700	10,0407	0,0041	21,7226	10,1655	0,0000
640	9,6892	3,7694	-0,0003	9,0942	3,7795	0,0000
660	2,3204	0,0471	0,0000	2,0565	0,7990	0,0000
680	0,2919	0,1045	0,0000	0,2484	0,0953	0,0000
700	0,0072	0,0024	0,0000	0,0037	0,0013	0,0000
RAZEM	108,8614	100,0000	43,5789	13,3545	100,0000	45,8919

Tabela 5.4 c.d.

Iluminant CWF						
nm	2° Obserwator			10° Obserwator		
	$\bar{x} \cdot S$	$\bar{y} \cdot S$	$\bar{z} \cdot S$	$\bar{x} \cdot S$	$\bar{y} \cdot S$	$\bar{z} \cdot S$
400	-0,040	-0,005	-0,223	0,046	-0,001	0,119
420	1,846	0,73	8,986	2,171	0,256	10,576
440	6,030	0,360	30,098	6,233	0,948	31,726
460	2,721	0,602	15,805	2,697	1,234	31,726
480	1,107	1,495	9,162	0,906	2,601	15,834
500	0,023	3,390	2,834	0,021	4,501	8,339
520	0,495	6,856	0,813	0,946	7,000	2,141
540	5,939	18,308	0,331	7,182	17,339	0,546
560	14,018	23,749	0,111	15,709	22,445	0,202
580	4,835	23,452	0,038	26,090	22,284	0,022
600	23,502	14,167	0,017	23,515	13,921	-0,004
620	12,849	5,717	0,002	12,236	5,685	0
640	3,973	1,527	0	3,660	1,506	0
660	0,773	0,280	0	0,668	0,257	0
680	0,081	0,029	0	0,068	0,026	0
700	-0,002	-0,001	0	-0,002	-0,001	0
RAZEM	98,153	100,000	67,975	102,144	100,000	69,501

Pomiar składowych trójkromatycznych X, Y, Z barwy sprowadza się więc do wyznaczenia współczynników odbicia $R(\lambda)$ dla barw powierzchni nieprzezroczystych lub współczynników przepuszczania $T(\lambda)$ dla barw przedmiotów przezroczystych w odstępach co 1, co 5, co 10 lub co 20 nm, pomnożeniu ich przez iloczyny z wzorów 5.8 dla takich samych odstępów, znalezione w tabelach dla iluminantu, w którym ma być obserwowana mierzona barwa, a następnie zsumowaniu dla każdej składowej wyników mnożenia. Przy odstępach co 20 nm trzeba wykonać 16 pomiarów, przy odstępach co 10 nm- 31 pomiarów, a co 5 nm- 61 pomiarów, w zakresie 400-700 nm.

Praktyka wykazała, że w przypadku barw powstających w wyniku działania iluminantów o widmie ciągłym, wystarczy stosowanie odstępów co 20 nm, co znacznie zmniejsza ilość wykonywanych pomiarów stosując kolorymetry[84].

Widmowy współczynnik odbicia (remisji) $R(\lambda)$ to stosunek strumienia odbitego od badanej powierzchni $\Phi_R(\lambda)$ do strumienia

odbitego od ciała doskonale rozpraszającego światło, tzw. doskonałego rozpraszacza $\Phi_W(\lambda)$:

$$R(\lambda) = \Phi_R(\lambda) / \Phi_W(\lambda) \quad 5.9.$$

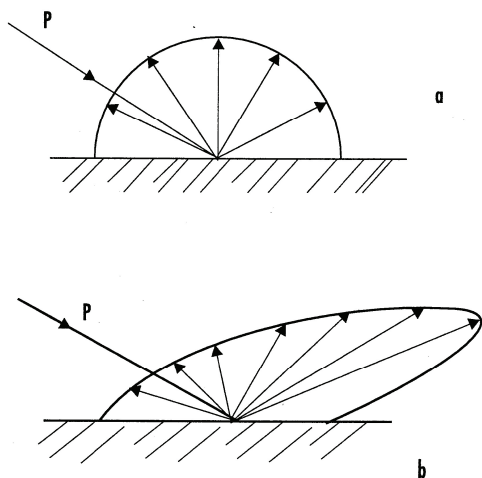
Rozpraszacz doskonały charakteryzuje się widmowym stopniem odbicia $\rho(\lambda) = 1$, a rozpraszanie światła zachodzi izotropowo, tzn. ma jednakową wartość we wszystkich kierunkach.

Stopień odbicia, o symbolu $\rho(\lambda)$ zwany też reflektancją to stosunek strumienia odbitego $\Phi_R(\lambda)$ od danej powierzchni, do strumienia padającego na tę powierzchnię $\Phi_0(\lambda)$

$$\rho(\lambda) = \Phi_R(\lambda) / \Phi_0(\lambda) \quad 5.10.$$

Rozpraszaczem doskonałym może być powierzchnia pokryta warstwą idealnej bieli, tj. substancji wykazującej całkowite odbicie wszystkich rodzajów promieniowania jakie na nią padają. Moc promieniowania rozproszonego, tj. odbitego we wszystkich kierun-

kach jest jednakowa (rozproszenie izotropowe). Na rys. 5.7 przedstawiono schematycznie indyktrisy (wektory kierunków rozpraszania światła) odbicia rozproszonego izotropowego (a) i nieizotropowego (b). Przy rozproszeniu izotropowym luminancja oświetlonej powierzchni L_R w każdym kierunku jest jednakowa.



Rys. 5.7. Indykatrysa odbicia rozproszonego: a) izotropowego, b) anizotropowego

Bardzo zbliżone do idealnej bieli są powierzchnie pokryte warstwą sproszkowanego i sprasowanego siarczanu baru $BaSO_4$ (bieli barytowej) lub tlenku magnezu MgO (magnezji palonej) używane często jako wzorce bieli. Tlenek magnezu stanowił między innymi odniesienie przy określaniu zależności jasności wizualnej barw achromatycznych V (walor *Munsella*) od składowej tróchromatycznej Y . Doprowadziło to do ustalenia wielomianu *Judda* (por. wzór 4.70) Przyjęto wówczas, że stopień odbicia światła przez tlenek magnezu wynosi 0,975 czyli 97,5% [46].

Dokładniejsze pomiary widmowego stopnia odbicia światła przez tlenek magnezu i przez siarczan baru przedstawia tablica 5.5 [85]. Jak widać wielkości te są bardziej zbliżone do jedności, wynoszą ponad 0,99. W ostatnim czasie proponuje się użycie jako wzorzec bieli, sproszkowanego, a następnie sprasowanego lub spiekane go politetrafluo-

roetyleny PTFE, otrzymywanego przez polimeryzację tetrafluoroetyleny $F_2C = CF_2$. Produkt ten wykazuje bardzo dobre właściwości odbijania i rozpraszania światła [87, 88].

Tabela 5.5. Widmowy stopień odbicia ρ dla MgO i $BaSO_4$

Długość fali λ [nm]	Stopień odbicia ρ	
	prasowany MgO	prasowany $BaSO_4$
400	0.984	0.983
430	0.988	0.986
490	0.990	0.989
550	0.991	0.991
610	0.991	0.990
670	0.992	0.991
720	0.991	0.991

Przy pomiarach współczynnika odbicia $R(\lambda)$ jako odniesienie można używać dowolnego wzorca bieli, np. mlecznego, matowego szkła o znanym stopniu odbicia $\rho_b(\lambda)$.

Wówczas wartość współczynnika odbicia obliczonego w stosunku do użytego wzorca bieli $R_b(\lambda)$ należy pomnożyć przez stopień odbicia charakteryzujący ten wzorec:

$$R(\lambda) = R_b(\lambda)\rho_b(\lambda)$$

$$\rho_b(\lambda) = \Phi_R(\lambda)/\Phi_b(\lambda)$$

5.11.

We wzorze tym $\Phi_b(\lambda)$ oznacza strumień odbity od użytego wzorca bieli.

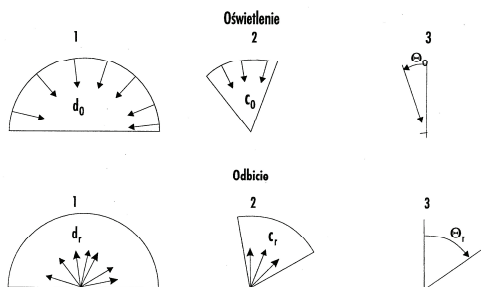
Badaną próbkę można oświetlać światłem całkowicie rozproszonym lub światłem skupionym. Między tymi dwoma wariantami znajduje się trzeci wariant, w którym promieniowanie światła padającego mieści się w stożku o większym lub mniejszym kącie rozwarcia 2α . Jeśli kąt ten wynosi 2π , wówczas powierzchnia badana jest oświetlona światłem rozproszonym półkuliście. Gdy kąt rozwarcia stożka wynosi zero, powierzchnia badana jest oświetlona przez światło skupione. Zwykle przyjmuje się za skupione, światło, którego wiązka mieści się w stożku o kącie rozwarcia mniejszym niż 10° . Światło skupione pada na barwną powierzchnię pod różnym kątem θ do normalnej.

Podobne warunki rozchodzenia się światła charakteryzują promieniowanie odbite [89]. Na rys. 5.8 przedstawiono schematycznie trzy sposoby oświetlenia próbki i trzy sposo-

by odbicia światła od niej. Światło rozproszone oznacza się symbolem d (*diffuse*), światło stożkowe symbolem c (*conical*), światło skupione symbolem Θ , oznaczającym kąt jaki wiązka tworzy z normalną do powierzchni odbijającej.

Rozróżnia się dziewięć wariantów oświetlenia i odbicia:

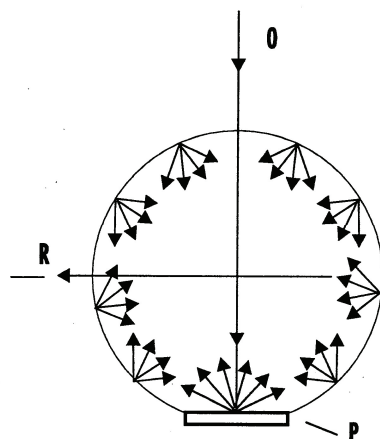
1. skupione-skupione	symbol Θ_1/Θ_2 ,
2. skupione-stożkowe	Θ/c ,
3. skupione-rozproszone	Θ/d ,
4. stożkowe-skupione	c/Θ ,
5. stożkowe-stożkowe	c_1/c_2 ,
6. stożkowe-rozproszone	c/d ,
7. rozproszone-skupione	d/Θ ,
8. rozproszone-stożkowe	d/c ,
9. rozproszone-rozproszone	d/d .



Rys. 5.8. Warianty oświetlenia i odbicia światła: 1-rozproszone d_0 i d_R , 2-stożkowe c_0 i c_R , 3-skupione Θ_0 i Θ_R .

Współczynnikiem odbicia R jest stosunek strumienia światła odbitego od powierzchni badanej próbki Φ_R w którymś z wariantów oświetlenia i odbicia do strumienia Φ_b odbitego w tych samych warunkach od takiej samej powierzchni pokrytej idealną bielą (rozpraszacz doskonały).

W przypadkach światła odbitego w sposób skupiony, więc w wariantach d/Θ , c/Θ i Θ_1/Θ_2 obliczony współczynnik odbicia R , odpowiada współczynnikowi luminancji β badanej barwy. W takich warunkach porównuje się bowiem wiązki promieniowania odbite od badanej powierzchni tylko w kierunku obserwatora (urządzenia rejestrującego natężenie promieniowania), bez uwzględnienia promieniowania rozproszonego.



Rys. 5.9. Kula Ulbrichta, O - światło padające skupione, R - światło rozproszone wychodzące, p - próbka

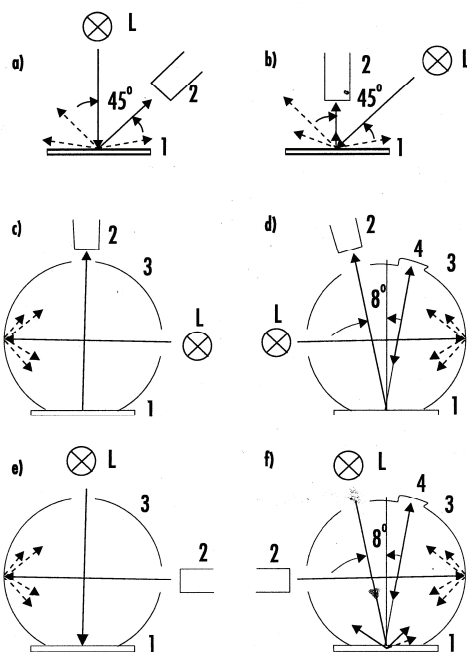
Do pomiarów promieniowania odbitego w sposób rozproszony od barwnej powierzchni stosuje się urządzenia zwane kulą całkującą (kulą Ulbrichta) [90]. Jest to pusta kula o dowolnej średnicy i wewnętrznej powierzchni pokrytej warstwą białej substancji bardzo dobrze rozdrobnionej i o właściwościach najbardziej zbliżonych do właściwości idealnej bieli (rozpraszacza doskonałego). Promieniowanie odbite od badanej powierzchni zostaje rozproszone i wielokrotnie odbite od wewnętrznej powierzchni kuli. Dzięki temu każdy element tej wewnętrznej powierzchni odbija (rozprasza) taką samą ilość światła, proporcjonalną do ilości światła odbitego (rozproszonego) od badanej próbki. Na rys.5.9 przedstawiono schematycznie zasadę działania kuli całkującej Ulbrichta. Porównując strumień (natężenie, luminancję) promieniowania odbitego od próbki i rozproszonego przez dowolny fragment powierzchni wewnętrznej kuli Φ_R ze strumieniem Φ_b promieniowania rozproszonego przez ten sam element kuli po odbiciu od wzorca bieli, można obliczyć współczynnik odbicia R z wzoru 5.11. W praktyce przy pomiarach remisji zaleca się stosować głównie trzy z wymienionych wariantów geometrii oświetlenia i obserwacji: Θ_1/Θ_2 , Θ/d i d/Θ .

1. Wariant Θ_1/Θ_2 posiada zwykle dwie odmiany: $0/45$ i $45/0$. Odmiana $0/45$

to oświetlenie próbki prostopadłe (kąt 0°), a obserwowanie pod kątem 45° . W odmianie 45/0 oświetla się próbkę pod kątem 45° do normalnej, a obserwuje prostopadłe (kąt 0°).

2. Wariant Θ/d , próbka jest oświetlana prostopadłe (kąt 0°), a obserwowane jest promieniowanie rozproszone w kuli Ulbrichta. Odmianą tego wariantu, o symbolu $8/d$, lub $\sim 0/d$, jest oświetlanie próbki pod kątem nie większym niż 10° , zwykle ok. 8° od normalnej do powierzchni próbki i obserwowanie promieniowania rozproszonego. Odmiana ta ma na celu możliwość wyeliminowania lustrzanego odbicia od powierzchni, które zniekształciłoby wynik pomiaru. Przy kącie padania 8° można po drugiej stronie normalnej do próbki, pod kątem odbicia również 8° , umieścić tzw. pułapkę lustrzanego odbicia w postaci czarnej płytki lub otworu w kuli pochłaniającej padające na nią promieniowanie. Usunięcie płytki lub zamknięcie otworu spowoduje włączenie odbicia lustrzanego do układu pomiarowego.
3. Wariant d/Θ polega na oświetlaniu próbki światłem rozproszonym w kuli całkowitej i obserwowaniu światła odbitego prostopadłe do badanej powierzchni (kąt 0°). Odmianą tego wariantu jest obserwowanie powierzchni oświetlonej światłem rozproszonym pod kątem 8° do normalnej. Po drugiej stronie normalnej, również pod kątem 8° do niej, umieszczona jest płaska biała płytka, od której odbite promieniowanie światła we wnętrzu kuli, pada na badaną próbkę i może być od niej odbite w sposób lustrzany w kierunku obserwatora. Usunięcie tej płytki lub zastąpienie jej przez czarną, spowoduje wyłączenie lustrzanego odbicia od próbki.

Na rys. 5.10 przedstawiono schematycznie omówione warianty geometrii pomiarów i ich odmiany.



Rys. 5.10. Najczęściej używane układy przy pomiarze odbicia światła: a) $0/45$, b) $45/0$, c) $d/0$, d) $d/8$, e) $0/d$, f) $8/d$, (1 – badana próbka, 2 – odbiornik promieniowania, 3 – kula Ulbrichta, 4 – pułapka odbicia lustrzanego, L – lampa).

Oznaczanie barwy przez wykorzystanie współczynnika odbicia światła R od barwnej powierzchni jest najczęściej spotykanym i najważniejszym zastosowaniem kolorymetrycznego pomiaru barwy.

W przypadku wyznaczania składowych tróchromatycznych barwy ciał przepuszczających światło, należy zmierzyć widmowy współczynnik przepuszczania światła $T(\lambda)$ (transmisji). Określa się go jako stosunek strumienia światła przepuszczanego przez badany obiekt $\Phi_T(\lambda)$ do strumienia światła przepuszczanego przez wzorec $\Phi_w(\lambda)$ całkowicie przepuszczający:

$$T(\lambda) = \Phi_T(\lambda) / \Phi_w(\lambda) \quad 5.12.$$

Zwykle wzorcem jest takie samo ciało przepuszczalne lecz nie zabarwione. W przy-

padku barwnych roztworów, taka sama kuleta lecz bez substancji barwnej, a o znanym stopniu przepuszczania τ . Może być wzorcem płytka szklana o znanym stopniu przepuszczania τ_p , który odpowiada stosunkowi strumienia przepuszczonego Φ_T do strumienia padającego Φ_0 na tę płytkę:

$$\tau_p(\lambda) = \Phi_T(\lambda) / \Phi_0(\lambda) \quad 5.13.$$

Wówczas, podobnie jak przy oznaczaniu emisji, współczynnik przepuszczania $T(\lambda)$ jest iloczynem wartości oznaczonej dla określonego wzorca $T_p(\lambda)$ przez stopień przepuszczania tego wzorca $\tau_p(\lambda)$:

$$T(\lambda) = T_p(\lambda) \cdot \tau_p(\lambda) \quad 5.14.$$

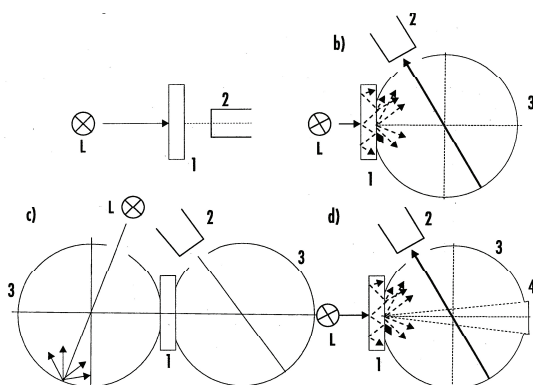
Warunki oznaczania współczynnika transmisji $T(\lambda)$ zależą od właściwości ciała przepuszczalnego. Można je podzielić na kilka wariantów.

1. Wariant 0/0, stosowany przy badaniu ciał przezroczystych, nie rozpraszających światła. Oświetla się je wiązką prostopadłą do ich powierzchni i obserwuje, względnie mierzy wiązkę przepuszczoną również prostopadłą do powierzchni.
2. Wariant 0/d, ciało przepuszczalne lub przezroczyste oświetla się wiązką prostopadłą do jego powierzchni, a obserwuje się promieniowanie przepuszczone, rozproszone w kuli Ulbrichta. Odmianą tego wariantu jest obserwowanie promieniowania przepuszczonego, rozproszonego w kuli całkującej, z równoczesną możliwością wyeliminowania lub włączenia promieniowania skupionego przepuszczonego prostopadle, przez umieszczenie naprzeciwko pułapki pochłaniającej.
3. Wariant d/d, badane ciało oświetla się promieniowaniem rozproszonym w kuli całkującej i obserwuje lub mierzy promieniowanie przepuszczone również rozproszone w kuli Ulbrichta.

Na rys. 5.11 przedstawiono wszystkie odmiany geometrii przy pomiarze współczynnika transmisji T .

Powszechnie stosowanym sposobem pomiaru współczynnika T dla określania barwy, jest porównanie luminancji określonej powierzchni kuli Ulbrichta oświetlonej światłem rozproszonym przepuszczonym przez badane ciało $L_p(\lambda)$ z luminancją tej samej powierzchni, oświetlonej bezpośrednio światłem padającym, nie przepuszczonym przez to ciało $L_o(\lambda)$. Wówczas współczynnik przepuszczania $T(\lambda)$ wyniesie:

$$T(\lambda) = L_p(\lambda) / L_o(\lambda) \quad 5.15.$$



Rys. 5.11. Warianty pomiarów przepuszczania światła: a) 0/0, b) 0/d, c) d/d, d) 0/d. (1 - próbka, 2 - odbiornik promieniowania, 3 - kula Ulbrichta, 4 - pułapka odbicia lustrzanego, L - lampa)

W przypadku określania barwy kolorowych światel, konieczny jest pomiar względnego widmowego rozkładu mocy $S(\lambda)$, promieniowania wysyłanego przez te światła przypadającego w jednakowych odstępach długości fali. Wyniki pomiaru dla każdej długości fali mnoży się przez wartości względnych składowych trójkromatycznych obserwatora normalnego lub dodatkowego dla tej długości fali, odczytane z tablic, a następnie sumuje iloczyny dla każdej ze składowych. Przyjmując sumę iloczynów dla składowej Y za 100 oblicza się współczynnik k lub k_{10} z wzorów 5.7 i wartości składowych X i Z z wzorów 5.3 lub 5.3a.

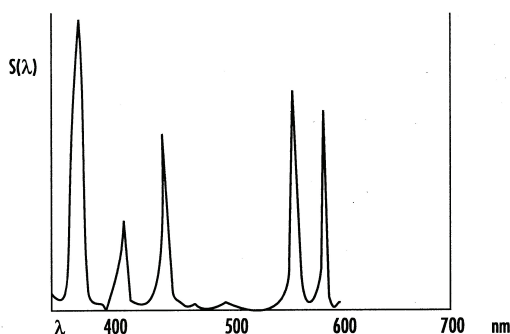
Względny rozkład widmowy $S(\lambda)$ mocy barwnego światła lub dowolnego iluminantu, oznacza się przez porównanie z rozkładem mocy iluminantu wzorcowego $S_{ii}(\lambda)$.

Najwygodniej porównać widmowe współczynniki emisji badanego promieniowania $R(\lambda)$ i promieniowania znanego iluminantu $R_{ii}(\lambda)$ przy odbiciu od tego samego wzorca bieli, obliczone w tych samych warunkach geometrycznych, omówionych wyżej. Wówczas rozkład widmowy $S(\lambda)$ oblicza się z wzoru:

$$S(\lambda) = S_{ii}(\lambda) \cdot R(\lambda) / R_{ii}(\lambda) \quad 5.16.$$

W przypadkach barwnego promieniowania o charakterze ciągłym, odpowiadającego promieniowaniu ciała doskonale czarnego, wystarczy wykonywać pomiary emisji $R(\lambda)$ i $R_{ii}(\lambda)$ w odstępach co 10 nm, a nawet co 20 nm. Przy bardziej dokładnych pomiarach stosuje się odstępy co 5 nm, a bardzo rzadko co 2 nm lub co 1 nm.

Jeżeli źródłem barwnego światła jest promieniowanie o ostro zarysowanych pasmach w wąskich zakresach widma, wówczas należy stosować specjalne metody wyznaczania widmowego rozkładu mocy promieniowania. Takie promieniowanie o wąskich, ostrych pasmach występuje w świetle wysyłanym przez wysokonapięciowe lampy jarzeniowe, zwane „neonami”, używane często w kolorowych reklamach świetlnych. Lampy te, wypełnione neonem, świecą barwą czerwoną lub oranżową, jeżeli zawierają hel - dają światło żółte lub białe, z ksenonem świecą fioletowo, a wypełnione parami rtęci - zielono, niebiesko lub żółto. Na rys. 5.12 pokazano dla przykładu rozkład mocy promieniowania lampy rtęciowej wysokociśnieniowej. Widać na nim wyraźne szereg wąskich pasm, odpowiadających poszczególnym liniom emisyjnego widma rtęci, odpowiadających w części widzialnej długościom fali: 404,7 nm, 435,8 nm, 546,1 nm i 577,8 nm (por. p. 3.3).



Rys. 5.12. Względny widmowy rozkład mocy $S(\lambda)$ lampy rtęciowej

Przy określaniu rozkładu widmowego mocy promieniowania o takiej charakterystyce pasmowej, należy wykonywać pomiary w odstępach o długości fali $\Delta\lambda = 1$ nm, lub najwyżej 2 nm. Pasma objęte pomiarem powinny zawierać promieniowanie o takich długościach fali, aby obejmowało wszystkie, występujące w widmie ostre linie.

Wszystkie z omówionych sposobów określania barw polegają na pomiarze widmowego współczynnika emisji $R(\lambda)$ transmisji $T(\lambda)$ lub widmowego rozkładu mocy $S(\lambda)$. Są to pomiary spektrofotometryczne w całym zakresie widma widzialnego, wymagające specjalnej aparatury, pozwalającej rozszczepiać światło widzialne na wiązki o różnych długościach fali i wymagające dużego nakładu pracy przy obliczaniu wyników, tym większego im większa jest ilość przedziałów długości fali, przy których dokonuje się pomiarów.

Prostsza metoda polega na znalezieniu filtrów przepuszczających światło, o widmowych współczynnikach przepuszczania $T(\lambda)$, które odpowiadają względnym widmowym składowym tróchromatycznym $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$, $\bar{z}(\lambda)$ lub $\bar{x}_{10}(\lambda)$, $\bar{y}_{10}(\lambda)$, $\bar{z}_{10}(\lambda)$. Światła przepuszczone przez te filtry będą miały barwy:

- czerwoną - po przejściu przez filtr F_x o rozkładzie $T(\lambda) = \bar{x}(\lambda)$,
- zieloną - po przejściu przez filtr F_y o rozkładzie $T(\lambda) = \bar{y}(\lambda)$,

- niebieską - po przejściu przez filtr F_Z o rozkładzie $T(\lambda) = \bar{z}(\lambda)$.

Światło dowolnego źródła, po przejściu przez każdy z tych filtrów, będzie odpowiadało składowym trójkromatycznym X , Y , Z tego źródła.

Z rys. 4.14 widać, że wykres względnej składowej $\bar{x}(\lambda)$ składa się z dwu gałęzi. Jedna z nich obejmuje promieniowanie o długości fali od 500 nm do ponad 700 nm na długofalowym krańcu widma. Składowa trójkromatyczna tego promieniowania wynosi:

$$X_1 = \sum_{500}^{700} \bar{x}(\lambda)$$

Druga gałąź wykresu obejmuje promieniowania w zakresie poniżej 400 nm do 500 nm. Składowa trójkromatyczna tej gałęzi wyniesie:

$$X_2 = \sum_{400}^{700} \bar{x}(\lambda)$$

Bardzo trudno uzyskać filtr, któryby przepuszczał równocześnie promieniowanie obejmujące obydwie gałęzie $\bar{x}_1(\lambda)$ i $\bar{x}_2(\lambda)$. Dlatego stosuje się zwykle dwa filtry dla składowej X , z których filtr F_{X1} odpowiada jednej gałęzi, a F_{X2} - drugiej. W sumie używa się wtedy czterech filtrów: F_{X1} , F_{X2} , F_Y i F_Z . Często korzysta się z faktu, że wartości względnej składowej trójkromatycznej gałęzi $\bar{x}_2(\lambda)$ stanowią określoną część m składowej $\bar{z}(\lambda)$:

$$\bar{x}_2(\lambda) = m \cdot \bar{z}(\lambda) \text{ lub } X_2 = m \cdot Z \quad 5.17.$$

Wówczas stosuje się trzy filtry: F_{X1} , F_Y i F_Z . Promieniowanie każdego źródła światła, używane jako iluminant, powinno być znormalizowane w ten sposób, aby wartość składowej Y_{il} tego promieniowania wynosiła 100. Wobec tego składowe promieniowania przepuszczonego przez każdy z filtrów należy pomnożyć przez współczynnik

$$k = 100 / \sum \bar{y}(\lambda) \text{ lub } k = 100 / \sum \bar{y}_{10}(\lambda),$$

zgodnie z wzorami 5.7.

Sumy $\sum \bar{y}(\lambda)$ czy $\sum \bar{y}_{10}(\lambda)$ odpowiadają składowej Y promieniowania przepuszczanego przez zielony filtr F_Y . Wobec tego współczynnik $k = 100/Y$. Strumień Φ_Y promieniowania przepuszczonego przez filtr F_Y jest proporcjonalny do współczynnika odbicia tego promieniowania R_Y^o od powierzchni o idealnej bieli. Strumienie przepuszczone przez filtry F_X i F_Z są też proporcjonalne do współczynników odbicia tego promieniowania od powierzchni o idealnej bieli, odpowiednio R_X^o i R_Z^o . Współczynnik k wynosi więc:

$$k = 100/R_Y^o \quad 5.18.$$

a składowe X_{il} , Y_{il} i Z_{il} promieniowania źródła światła przepuszczanego przez filtry F_X , F_Y , F_Z wyniosą:

$$\begin{aligned} X_{il} &= k \cdot R_X^o = 100 \cdot R_X^o / R_Y^o \\ Y_{il} &= k \cdot R_Y^o = 100 \cdot R_Y^o / R_Y^o = 100 \\ Z_{il} &= k \cdot R_Z^o = 100 \cdot R_Z^o / R_Y^o \end{aligned} \quad 5.19.$$

Ilorazy:

$$\begin{aligned} R_X^o / R_Y^o &= k_X \\ R_Z^o / R_Y^o &= k_Z \end{aligned} \quad 5.20.$$

charakteryzujące składowe trójkromatyczne iluminantu można obliczyć przez wyznaczenie współczynników odbicia R_X^o , R_Y^o i R_Z^o od tej samej powierzchni rozpraszacza białego.

Składowe trójkromatyczne X_{il} , Y_{il} , Z_{il} iluminantu, którego światło przepuszcza się przez filtry F_X , F_Y , F_Z wyniosą:

$$\begin{aligned} X_{il} &= k_X \cdot 100 \\ Y_{il} &= 100 \\ Z_{il} &= k_Z \cdot 100 \end{aligned} \quad 5.21.$$

Rozkładając promieniowanie czerwone filtru F_X na dwie gałęzie X_1 i X_2 za pomocą filtrów F_{X1} i F_{X2} można napisać

$$X_{il} = X_{il1} + X_{il2} = 100 (k_{X1} + k_{X2}) \quad 5.22.$$

Przy czym współczynniki k_{X1} i k_{X2} oblicza się

mierząc remisję od białej powierzchni R_{X1}^0 i R_{X2}^0 promieniowania przepuszczonego przez filtr F_{X1} i F_{X2} :

$$\begin{aligned} k_{X1} &= R_{X1}^0 / R_Y^0 \\ k_{X2} &= R_{X2}^0 / R_Y^0 \\ k_X &= k_{X1} + k_{X2} = (R_{X1}^0 + R_{X2}^0) / R_Y^0 \end{aligned} \quad 5.23.$$

Przy korzystaniu z czterech filtrów, odpowiadających składowym X_1 , X_2 , Y i Z , składowe iluminantu, którego promieniowanie przepuszcza się przez te cztery filtry, wyniosą:

$$\begin{aligned} X_{il} &= 100 \cdot (k_{X1} + k_{X2}) \\ Y_{il} &= 100 \\ Z_{il} &= k_Z \cdot 100 \end{aligned} \quad 5.24.$$

Korzystając z wzoru 5.17, można napisać:

$$X_{il} = X_{iil} + m \cdot Z_{il} = 100 (k_{X1} + m \cdot k_Z) \quad 5.25.$$

$$m \cdot k_Z = k_{X2} \quad \text{czyli} \quad m = k_{X2} / k_Z$$

lub

$$m = (R_X^0 - R_{X1}^0) / R_Y^0 \quad 5.26.$$

Można wówczas wykonywać pomiary przy trzech filtrach: czerwonym F_{X1} , zielonym F_Y , niebieskim F_Z . Składowe tróchromatyczne barwnej powierzchni oblicza się wtedy przez pomiar współczynników odbicia R_{X1} , R_Y , R_Z od tej powierzchni promieniowania dowolnego iluminantu przepuszczonego przez każdy z tych trzech filtrów.

$$\begin{aligned} X &= k_{X1} \cdot R_{X1} + m \cdot k_Z \cdot R_Z \\ Y &= R_Y \\ Z &= k_Z \cdot R_Z \end{aligned} \quad 5.27.$$

Stosując cztery filtry F_{X1} , F_{X2} , F_Y i F_Z oznacza się analogicznie współczynniki odbicia R_{X1} , R_{X2} , R_Y i R_Z promieniowania przepuszczonego przez każdy z tych filtrów i oblicza składowe tróchromatyczne barwy powierzchni:

$$\begin{aligned} X &= k_{X1} \cdot R_{X1} + k_{X2} \cdot R_{X2} = k_X (R_{X1} + R_{X2}) \\ Y &= R_Y \\ Z &= k_Z \cdot R_Z \end{aligned} \quad 5.28.$$

Współczynniki w równaniach 5.27 i 5.28 oblicza się z wartości składowych tróchromatycznych X_{il} , Y_{il} , Z_{il} , iluminantu, przy którym określa się barwę, oraz dla wybranego obserwatora (2° lub 10°).

$$k_X = X_{il} / 100$$

$$k_{X1} = X_{1il} / 100 \quad 5.29.$$

$$k_Z = Z_{il} / 100$$

$$m = (X_{il} - X_{1il}) / Z_{il} = (k_X - k_{X1}) / k_Z$$

Wielkość X_{1il} i X_{2il} obydwu gałęzi składowej X_{il} oblicza się przez zsumowanie iloczynów $\bar{x}(\lambda) \cdot S(\lambda)$ dla danego iluminantu i obserwatora w przedziale długości fali 500-700 nm dla X_1 i 400-500 nm dla X_2 . Wartości iloczynów $\bar{x}(\lambda) \cdot S(\lambda)$ znajdują się w tablicach 5.4 lub innych [14, 25, 39, 85, 91].

W tablicy 5.6 przedstawiono współczynniki k_X , k_{X1} , k_Z i m dla różnych iluminantów i różnych obserwatorów.

Przy oznaczaniu współczynników odbicia, w procentach, wartości składowych X , Y , Z , obliczone z wzorów 5.27 i 5.28 też będą wyrażone w procentach. Jeśli współczynniki odbicia wyrażone będą w ułamkach dziesiętnych, wówczas i składowe X , Y , Z wyrażone zostaną w takich samych ułamkach.

Tabela 5.6. Współczynniki do wzorów 5.29 dla różnych iluminantów

Współczynnik	Obserwator	Iluminant						
		E	A	B	C	D ₅₅	D ₆₅	D ₉₅
k_X	2°	1,000	1,098	0,991	0,981	0,956	0,950	0,950
k_X	10°	1,000	1,111	0,992	0,973	0,958	0,948	0,944
k_{X1}	2°	0,833	1,045	0,852	0,783	0,806	0,770	0,745
k_{X1}	10°	0,831	1,057	0,853	0,778	0,808	0,768	0,740
k_Z	2°	1,000	0,355	0,853	1,182	0,921	1,088	1,225
k_Z	10°	1,000	0,352	0,843	1,161	0,910	1,074	1,207
m	2°	0,167	0,152	0,163	0,166	0,163	0,165	0,167
m	10°	0,169	0,153	0,165	0,168	0,165	0,168	0,169

W przypadku oznaczania barwy ciał przezroczystych, przepuszczających światło, stosuje się te same wzory i filtry, tylko zamiast współczynników odbicia R_{X1} , R_{X2} , R_Y , R_Z , mierzy się współczynniki przepuszczania światła (transmisji) T_{X1} , T_{X2} , T_Y , T_Z przez

badane ciało przezroczyste po przejściu przez każdy z trzech lub czterech filtrów.

Oznaczanie składowych trójkromatycznych barwnych światła odbywa się w taki sam sposób jak oznaczanie składowych iluminantu, według wzorów 5.22 - 5.25. Składowa Y barwnego światła będzie równa 100. Wyniki uzyskiwane metodą kolorymetrii trójfiltrowej lub czterofiltrowej są mniej dokładne niż w metodach spektrofotometrycznych. Nie da się ich wykorzystać do instrumentalnego ustalania składu barwników mających odtworzyć założoną barwę. Można je stosować do pomiarów stężenia substancji barwnych, wykazujących maksima absorpcji w zakresie odpowiadającym barwie któregoś z filtrów.

Metody kolorymetrii filtrowej są prostsze i znacznie tańsze w porównaniu z metodami spektrofotometrycznymi. Stosuje się je często w kontroli bieżącej produkcji barwnych wyrobów.

Określanie barwy ciał fluoryzujących, lub barwy zmieniającej się w zależności od kąta pod jakim się barwny przedmiot ogląda (barwy tzw. metaliczne, barwy „perłowe”) wymaga stosowania specjalnych technik, opartych jednak na tych samych zasadach pomiaru barwy (por. p. 5.3).

5.3. Techniki pomiarowe

Przyrządy służące do pomiarów współczynników przepuszczania (transmisji) T lub odbicia (remisji) R należą do dwu zasadniczych grup. Do pierwszej należą trójbodźcowe filtrowe kolorymetry i fotokolorymetry. Drugą grupę stanowią dokładniejsze spektrokolorymetry, w których mierzy się współczynniki T lub R promieniowania widmowego w różnych odstępach długości fali. Obydwa typy przyrządów opierają się na pomiarach porównawczych. Polegają one na określeniu stosunku strumienia promieniowania przepuszczonego przez badane ciało przezroczyste Φ_T , lub odbitego od barwnej powierzchni Φ_R , do strumienia takiegoż promieniowania przepuszczonego przez substancję wzorcową, lub odbitego od substancji wzorcowej. Stosunek tych stru-

mieni oznacza się za pomocą detektorów, na które pada światło przepuszczone przez barwną substancję i przez substancję wzorcową, lub odbite od substancji badanej i od wzorcowej.

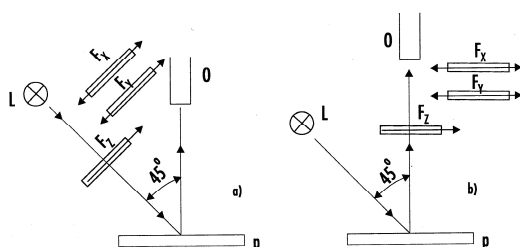
Jako detektory promieniowania używane są obecnie głównie fotodiody półprzewodnikowe, najczęściej krzemowe. Pod wpływem światła padającego na złącze elektronowo-dziurowe p-n diody, wzrasta jej przewodnictwo w kierunku zaporowym, w przybliżeniu proporcjonalnie do natężenia promieniowania. Wielkość prądu jaki wówczas przepływa, charakteryzuje natężenie promieniowania. W starszych typach spektrofotokolorymetrów i fotokolorymetrów spotyka się detektory w postaci diod lampowych, tzw. fotopowielaczy lub rzadziej, w postaci fotokomórek (jak np. w światłomierzach), w których pod wpływem światła powstaje prąd. Stosunek prądu płynącego przez detektor pod wpływem światła odbitego od barwnej powierzchni, do prądu powstającego pod wpływem światła odbitego od wzorca, odpowiada współczynnikowi odbicia R dla określonego zakresu lub dla określonej wiązki (długości fali) promieniowania.

Podobnie w przypadku ciał przezroczystych stosunek prądu powstającego w detektorze pod wpływem światła przepuszczonego przez to ciało do prądu powstałego pod wpływem światła przepuszczonego przez substancję wzorcową, odpowiada współczynnikowi przepuszczania T . Zwykle ustawia się podziałkę wskaźnika mierzącego prąd na wartość 100, gdy prąd powstaje pod wpływem światła odbitego od wzorca, lub przez wzorzec przepuszczonego, a na 0 gdy na detektor nie pada żadne światło. Wówczas po oświetleniu detektora światłem odbitym lub przepuszczonym, wskaźnik prądu pokaże na podziałce przyrządu wartości współczynników R lub T w procentach.

W przypadku używania fotokolorymetrów stosuje się dwa warianty oświetlania badanej próbki i pomiaru promieniowania odbitego lub przepuszczonego.

W pierwszym wariancie, przez filtry F_{X1} , F_{X2} , F_Y i F_Z przechodzi światło padające na badaną próbkę i na wzorec i mierzy się natężenie światła przepuszczonego przez każdy z filtrów i odbitego od barwnej powierzchni lub przechodzącego przez ciało przezroczyste.

W drugim wariancie oświetla się próbki i wzorec światłem białym, a przez filtry przechodzi światło odbite od próbki lub przepuszczone przez ciało przezroczyste. Na rys. 5.13 przedstawiono obydwa warianty oświetlenia i odbicia dla geometrii $45^\circ / 0^\circ$.



Rys. 5.13. Warianty oświetlenia i odbicia światłem monochromatycznym w kolorymetrach filtrowych. L – lampa, F_X , F_Y , F_Z – filtry, O – odbiornik promieniowania, p – próbka

Przy pomiarze współczynników odbicia R, wzorcem odniesienia jest powierzchnia pokryta warstwą białej substancji jak najbardziej zbliżonej do idealnej bieli (rozpraszcza doskonałego).

W przypadku stosowania kuli *Ulbrichta*, jest to powierzchnia wnętrza kuli pokryta taką substancją. Co jakiś czas należy kalibrować przyrząd przez pomiar współczynnika odbicia od wzorcowej płytki o známym stopniu widmowego odbicia ρ (przechowywanej w zamknięciu) i odpowiednie ustawienie podziałki miernika prądu. W nowoczesnych fotokolorymetrach i spektrofotokolorymetrach, odpowiednie mikroprocesory regulują kalibrowanie przyrządu i nastawianie wartości remisji na 100 i na 0.

Detektory stosowane w fotokolorymetrach wraz z filtrami składowych tróchromatycznych (F_{X1} , F_{X2} , F_Y i F_Z) powinny wykazywać czułość widmową o charakterze funkcji $\bar{x}$, $\bar{y}$, $\bar{z}$, lub $\bar{x}_{10}$, $\bar{y}_{10}$, $\bar{z}_{10}$. Można

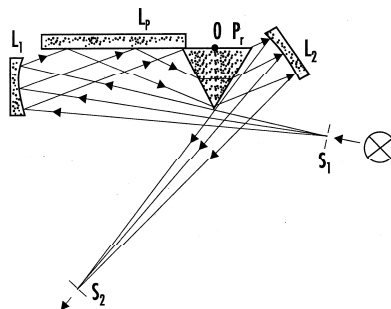
to uzyskać przez odpowiednią korekcję filtrów, polegającą zwykle na zastosowaniu kilku filtrów o różnej przepuszczalności widmowej, nałożonych na siebie [92]. Gdy stosuje się wariant przedstawiony na rys. 5.13b, wówczas filtry korekcyjne są nałożone bezpośrednio na fotodiode tworząc całość umieszczoną w tzw. głowicy fotometrycznej, do której wpada promieniowanie odbite od próbki wzgl. od wzorca.

W przypadku stosowania do pomiaru barwy spektrofotometrów, mierzy się zwykle natężenie widmowych wiązek światła w odstępach 10 lub 20 nm. Wiązki takie uzyskuje się za pomocą urządzeń zwanych monochromatorami, które rozkładają padające na nie światło białe.

Najczęściej używane są dwa typy monochromatorów: w jednym rozszczepienie światła zachodzi w pryzmacie, a w drugim na siatce dyfrakcyjnej.

Światło wpadające do monochromatora jest światłem skupionym. Natomiast po wyjściu z niego może stanowić wąskie wiązki światła skupionego o różnej długości fali lub wstęgę równoległego promieniowania o długościach fali rozłożonych na całej szerokości.

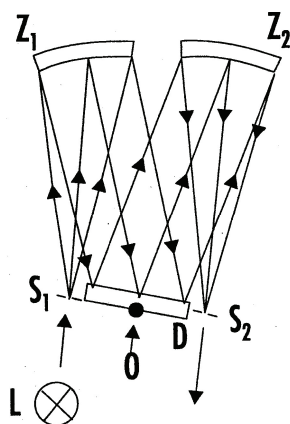
Skupione wiązki światła uzyskuje się za pomocą kolimatorów w postaci soczewek skupiających lub zwierciadeł wklęsłych, głównie parabolicznych i skierowanie ich do szczeliny wyjściowej. Stosowanie zwierciadeł jest korzystniejsze, gdyż soczewki wykazują często aberrację chromatyczną, tj. skupianie promieniowania o różnej długości fali w innym ognisku, czego nie mają zwierciadła.



Rys. 5.14. Monochromator pryzmatyczny

Rys. 5.14 przedstawia schemat monochromatora pryzmatycznego *Wadswortha*, w którym światło skolimowane ze szczeliny S_1 pada na zwierciadło wklęsłe L_1 , a następnie po odbiciu od płaskiego zwierciadła L_p przechodzi przez pryzmat Pr . Po załamaniu w pryzmacie, promieniowanie pada na kolimator w postaci drugiego zwierciadła wklęsłego L_2 , które je skierowuje do szczeliny wyjściowej S_2 . Przez obrót pryzmatu wraz ze zwierciadłem płaskim wokół osi w punkcie O , uzyskuje się wiązkę światła o dowolnej długości fali.

Częściej stosowane są monochromatory z siatką dyfrakcyjną. Używa się siatek w postaci płaskich lub wklęsłych zwierciadeł, na których znajdują się ciemne prążki w ilości ponad 1000 na 1 mm. Prążki takie uzyskuje się metodą holograficzną jako obraz interferencji dwu płaskich fal spójnego promieniowania laserowego. Promieniowanie o różnej długości fali otrzymane przez oświetlenie takiej siatki światłem polichromatycznym zostaje odbite od zwierciadlanej powierzchni siatki w postaci skupionej wiązki o bardzo wąskim zakresie fal, który można regulować przez obrót siatki, lub w postaci wstęgi równoległej, wzgl. rozszerzającej się.



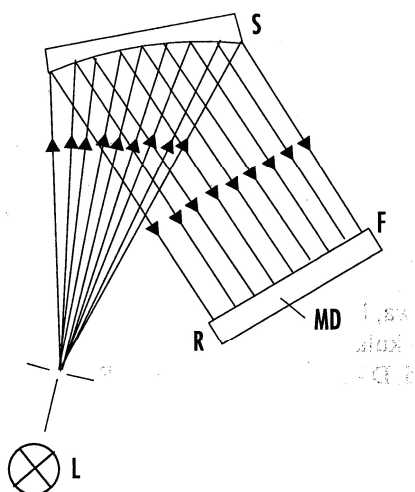
Rys. 5.15. Monochromator z siatką dyfrakcyjną *Eberta-Fastiego*

Na rys. 5.15 przedstawiono monochromator *Eberta-Fastiego* z siatką dyfrakcyjną. Światło polichromatyczne wchodzi przez szczelinę S_1 , odbija się od zwierciadła wklęsłego

L_1 , tworząc równoległą wiązkę padającą na płaską siatkę dyfrakcyjną D , a następnie po odbiciu od drugiego zwierciadła wklęsłego L_2 wychodzi przez szczelinę S_2 . Przez obrót siatki D można zmieniać długość fali promieniowania jakie się od niej odbija. Taki monochromator jest stosowany w znanych spektrofotometrach *Pye-Unicam*, do pomiarów absorpcji światła. Oświetlanie badanej próbki i odbicie od niej światła może się odbywać, podobnie jak w przypadku fotokolorymetrów, według dwóch wariantów. Albo próbkę oświetla się światłem monochromatycznym i mierzy współczynnik odbicia dla każdej długości fali co 5, 10 lub 20 nm, albo oświetla się ją światłem białym, a dopiero promieniowanie odbite (lub przepuszczone) poddaje się rozszczepieniu w monochromatorze.

W obydwu wariantach wykonuje się tyle pomiarów na ile odstępów podzielono zakres widzialny (400-700 nm) promieniowania. 16 pomiarów przy odstępach długości fali co 20 nm, 31 pomiarów przy odstępach co 10 nm, lub 61 pomiarów przy odstępach co 5 nm. W nowoczesnych spektrofotokolorymetrach odbiciowych stosuje się prawie wyłącznie wariant drugi, tzn. badaną próbkę oświetla się światłem białym, a w monochromatorze następuje rozkład światła odbitego na promieniowanie o różnej długości fali. Zamiast płaskiej zwierciadlanej siatki dyfrakcyjnej D , jak w monochromatorze *Eberta-Fastiego*, można zastosować siatkę holograficzną wklęsłą (paraboliczną lub hyperboliczną), otrzymaną za pomocą techniki laserowej. Wówczas promieniowanie równoległej wiązki światła odbitego od zwierciadła L_1 , będzie padać na powierzchnię siatki pod różnymi kątami. Spowoduje to, że każda część wiązki ulegnie innemu ugięciu i promieniowanie tej wiązki po odbiciu od siatki będzie miało w każdym miejscu inną długość fali, tworząc łączną wstęgę promieniowania o barwach widmowych. Wstęga ta, równoległa lub rozszerzająca się, może zostać skierowana na zestaw fotodiod w ten sposób, że na każdą fotodiode będzie padało promieniowanie o innej długości fali. Pomiar prądu powstającego we wszystkich

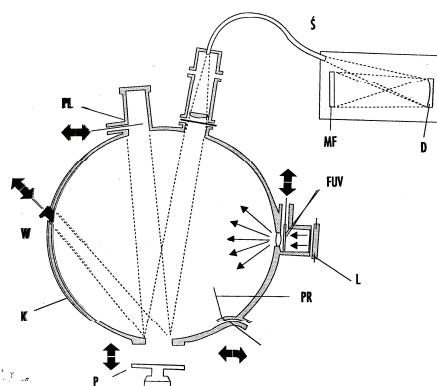
fotodiodach pozwala na równoczesne wyznaczenie współczynników emisji w całym zakresie widma.



Rys. 5.16. Monochromator z siatką holograficzną wklęsłą (L – lampa, S – siatka holograficzna, R-F – widmo od czerwieni do fioletu, MD – fotodiody)

Na rys. 5.16 przedstawiono konfigurację wklęsłej siatki dyfrakcyjnej D i zestaw (matrycę) diod MD. Matryca diod zawiera ilość fotoelementów odpowiadającą ilości różnych długości fal, przy których mierzy się współczynniki odbicia R.

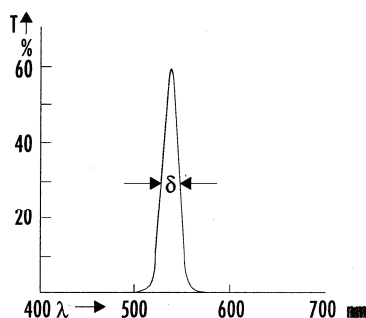
Rys. 5.17 przedstawia schemat układu pomiarowego o geometrii d/8 polskiego spektrofotometru „Spectro 01” firmy Spectro Color z Łodzi. Próbką P jest oświetlana światłem lampy błyskowej, rozproszonym w kuli Ulbrichta. Światłowód odprowadza tę część rozproszonego światła, które odbiło się od próbki, na wklęsłą siatkę dyfrakcyjną D, od której się odbija i pada na matrycę 16 fotodiod MF.



Rys. 5.17. Układ pomiarowy polskiego spektroflektometru – „Spectro 01” (L – lampa błyskowa, FUV – filtr odcinający promieniowanie UV, PR – przegroda, P – próbka, K – kula Ulbrichta, W – wziernik, PL – pułapka odbicia lustrzanego, S – światłowód, D – siatka dyfrakcyjna, MF – matryca fotodiod)

Jest to układ najczęściej spotykany w przyrządach do pomiaru widmowego współczynnika emisji $R(\lambda)$.

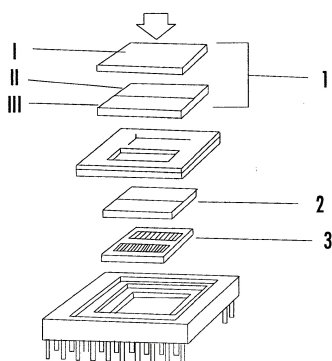
Stosowane są również tzw. spektrofotometry skrócone (*abridged*), w których monochromatorami są filtry interferencyjne. Filtry takie, wykorzystujące interferencję wielokrotnie odbitego światła od powierzchni cienkich płytek, przepuszczają zależnie od konstrukcji, bardzo wąskie zakresy promieniowania.



Rys. 5.18. Pasmo przepuszczone przez filtr interferencyjny (δ – szerokość pasma, T – przepuszczalność)

Rys. 5.18 pokazuje krzywą przepuszczania światła przez filtr interferencyjny.

Przez odpowiedni dobór filtrów można promieniowanie widmowe rozłożyć na szereg wąskich pasm wykazujących maksima przepuszczania przy różnych długościach fali. Zwykle dzieli się promieniowanie widmowe na dwa obszary: 400-500 nm i 500-700 nm, za pomocą dwóch równoległych filtrów. Promieniowanie każdego z obszarów przepuszcza się przez zestaw filtrów interferencyjnych na fotodiody. Filtry interferencyjne tworzą dwa równoległe układy matryc, nałożonych na dwie matryce diod. Pozwala to na równoczesny pomiar promieniowania odbitego w całym zakresie widma.



Rys. 5.19. Układ filtrów interferencyjnych i fotodiod w spektrokolorymetrze Minolta. 1 – filtry przepuszczające pasma 400-500 nm (filtr I i II) i 500-700 nm (filtr I i III), 2 – matryca filtrów interferencyjnych, 3 – matryca fotodiod

Na rys. 5.19 przedstawiono schemat układu filtrów i fotodiod w przenośnym skróconym spektrofotokolorymetrze japońskim Minolta CM2002.

Pomiary porównawcze światła odbitego od badanej próbki i od substancji wzorcowej, mogą się odbywać na dwa zasadnicze sposoby:

- Wiązka promieniowania białego pada najpierw na badaną próbkę, a promieniowanie odbite podlega monochromatyzacji i analizie, a następnie wiązkę kieruje się na wzorec i dokonuje podobnej monochromatyzacji i analizy. Jest to system jednowiązkowy.

- Wiązka promieniowania jest rozdzielona na dwie, z których jedna oświetla badaną próbkę, a równocześnie druga oświetla wzorec. Jest to system dwuwiązkowy.

Pierwszy system jest bardziej pracochłonny, ponieważ przy każdym pomiarze trzeba wymieniać próbkę na wzorec. Jeżeli dobrze skalibruje się detekcję promieniowania i urządzenie rejestrujące, można pomiary wzorca wykonywać rzadziej.

W systemie jednowiązkowym dokładność pomiarów jest nieco mniejsza, gdyż przy zamianie próbki na wzorec może nastąpić nawet niewielka zmiana intensywności wiązki oświetlającej co może spowodować nieco inny wynik pomiaru. System dwuwiązkowy ma dwa warianty.

W jednym („*dual beam*”), stosuje się oddzielny układ fotodiod dla promieniowania odbitego od badanej próbki i oddzielny dla odbitego od wzorca.

W drugim wariantie („*twin beam*”) promieniowanie odbite od próbki i od wzorca jest analizowane przez ten sam układ fotodiod.

Dwuwiązkowe instrumenty do pomiaru barwy produkowane są przez wszystkie znane firmy: szwajcarski Datacolor, amerykański Kollmorgan (Mackbeth 7000) i Hunterlab, japońska Minolta, niemieckie Lange (Luci 100).

Dwuwiązkowe są również precyzyjne spektrofotometry do pomiaru krzywych absorpcji światła przez roztwory, takich znanych producentów jak: Beckmann, Pye Unicam, Hilger, Hardy, Zeiss.

Dwuwiązkowe układy stosowane są również w fotokolorymetrach trójbodźcowych, które wymagają trzech lub czterech odbiorników promieniowania. Takim przykładem jest np. niemiecki fotokolorymetr Langego „Microcolor”.

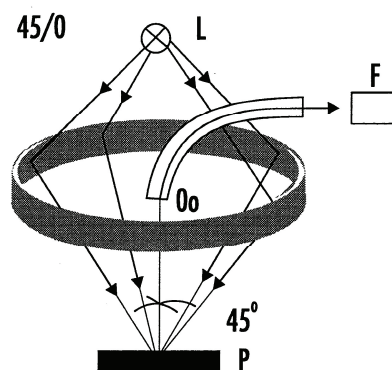
Współczynnik odbicia zależy między innymi od charakteru powierzchni, od której światło się odbija lub przez którą jest rozpraszane. Od tego zależy też rodzaj zastosowanej geometrii pomiarowej.

W przypadku powierzchni matowych, nie wykazujących faktury, przy wszystkich rodzajach geometrii uzyskuje się praktycznie podobne wyniki.

Jeśli powierzchnie wykazują połysk i są gładkie, jak np. powierzchnie lakierowane, wówczas najlepsze wyniki uzyskuje się stosując geometrię typu 45/0. Oświetla się próbkę strumieniem światła pod kątem 45° a mierzy promieniowanie odbite od niej prostopadle. W tym układzie nie mierzy się promieniowania odbitego w sposób lustrzany, podobnie jak nie widzi się go obserwując powierzchnię w takich samych warunkach.

Przy zastosowaniu geometrii d/8 w kuli Ulbrichta bardzo trudno wyeliminować, w przypadku powierzchni matowych, promieniowanie odbite bezpośrednio od powierzchni. Jedynie próbki o bardzo gładkiej, lustrzanej powierzchni, mogą być mierzone przy użyciu kuli z pułapką dla lustrzanego odbicia. Na rys. 5.17 wprowadza się czarny ekran PL, pochłaniający promieniowanie nań padające i nie pozwalający na odbicie w kierunku próbki.

Powierzchnie wykazujące wyraźną fakturę, jak powierzchnie wyrobów włókienniczych, poddaje się pomiarom współczynników odbicia, w takich warunkach, aby wyeliminować różnice jakie powstałyby w wyniku nierównomiernego rozproszenia światła przez te powierzchnie w różnych kierunkach, jak na rys. 5.7b. Najlepiej stosować kulę całkującą lub geometrię typu 45/0, w której oświetlenie powierzchni pod kątem 45° zachodzi ze wszystkich stron (kołowo), jak na rys. 5.20.

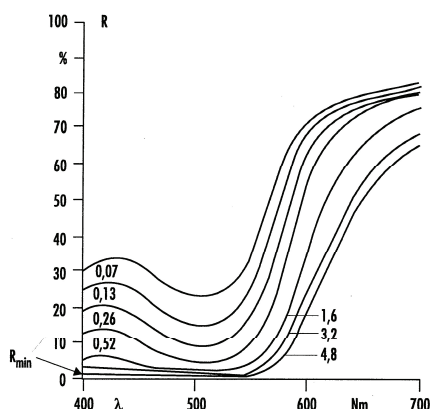


Rys. 5.20. Układ 45/0 o geometrii kołowej. L – lampa, F – odbiornik promieniowania, P – próbka

W przypadku wyrobów włókienniczych z połyskiem, nawet zastosowanie pułapki dla odbicia lustrzanego nie pozwala na wyeliminowanie wpływu połysku na pomiar. Dlatego w przypadku wyrobów włókienniczych nie ma potrzeby stosowania geometrii d/8 z pułapką dla odbicia lustrzanego. Wystarczy prostszy układ D/0. Taki układ geometrii pomiarowej ma, produkowany specjalnie dla włókiennictwa, spektrofotokolorymetr dwuwiązkowy Datacolor Texflash 2000.

Dla bardzo dokładnych pomiarów widmowego współczynnika odbicia, należy wyeliminować wpływ powierzchniowego połysku, powodującego odbicie promieniowania oświetlającego o wszystkich długościach fali. Od obliczonego współczynnika R_{ob} trzeba odjąć współczynnik odbicia światła przez połysk R_p .

Jednym ze sposobów określania współczynnika R_p jest wyznaczanie widmowego współczynnika R_{ob} dla próbek o coraz większej zawartości substancji barwnej silnie pochłaniającej światło [93]. Widmowe krzywe emisji dla takich próbek o rosnącej zawartości barwnika przedstawia rys. 4.21.



Rys. 5.21. Krzywa emisji wybarwienia barwnikiem czerwonym przy coraz większym stężeniu. Liczby podają stężenia w %

Wartość współczynnika odbicia $R_{\min}$ przypadająca na długość fali w punkcie występowania minimum emisji przestaje się zmniejszać ze wzrostem stężenia barwnika pozostając na stałym poziomie, odpowiadającym współczynnikowi emisji R_p światła odbitego powierzchniowo od błyszczącej próbki. Wielkość tak znalezionej współczynnika R_p należy przy każdym pomiarze odjąć od wielkości obliczonej R_{ob} . Otrzyma się wtedy skorygowaną wartość R_{kor} :

$$R_{kor} = R_{ob} - R_p \quad 5.30.$$

Długość fali, przy której przypada minimum emisji $R_{\min}$ odpowiada długości fali promieniowania o barwie dopełniającej do barwy mierzonej.

W przypadku stosowania kuli *Ulbrichta*, gdy promieniowanie po odbiciu od próbki wychodzi przez okienko znajdujące się naprzeciwko niej lub prawie naprzeciwko tj. przy geometriach d/0 i 8/0 (por. rys. 5.10) odbicie lustrzane jest prawie prostopadłe do powierzchni próbki.

Można wtedy zastosować znane wzory *Fresnela* na współczynniki odbicia promieniowania padającego spolaryzowanego w płaszczyźnie padania R_1 i prostopadłe do niej R_2 w zależności od kątów padania Θ i załamania H [94]:

$$R_1 = \frac{\operatorname{tg}^2(\Theta - H)}{\operatorname{tg}^2(\Theta + H)}, \quad R_2 = \frac{\sin^2(\Theta - H)}{\sin^2(\Theta + H)} \quad 5.31.$$

Dla małych kątów wartości ich sinusów i tangensów są jednakowe i praktycznie równe wielkości kątów wyrażonych w radianach. Wobec czego:

$$\frac{\operatorname{tg}^2(\Theta - H)}{\operatorname{tg}^2(\Theta + H)} = \frac{\sin^2(\Theta - H)}{\sin^2(\Theta + H)} = \frac{(\Theta - H)^2}{(\Theta + H)^2} = R_1 = R_2 = R_p \quad 5.32.$$

Współczynnik odbicia przy małych kątach padania i załamania jest jednakowy:

$$R_1 = R_2 = R_p.$$

Ponieważ

$$\Theta/H = \sin \Theta / \sin H = n$$

odpowiada współczynnikowi załamania, równanie 5.32 można przekształcić w:

$$R_p = (n - 1)^2 / (n + 1)^2 \quad 5.33.$$

Jest to wartość, którą można obliczyć znając współczynniki załamania n tworzywa, którego barwę oznaczamy. Współczynnik załamania n dla różnych włókien mieści się w przedziale od $n = 1,5$ (włókna polipropylenowe) do $n = 1,65$ (włókna poliestrowe). Wobec tego współczynnik odbicia lustrzanego R_p waha się w granicach od 4% do 6,5%.

W przypadku barw tzw. głębokich, uzyskiwanych przy dużym stężeniu barwników, współczynniki emisji są niewielkie, zwłaszcza w przypadku granatów, czerni, brunatów, więc wpływ odbicia lustrzanego na wynik pomiaru może być znaczny. W przypadku barw bardzo jasnych rola odbicia lustrzanego R_p jest niewielka.

5.3.1. Barwy fluoryzujące

Przy pomiarach barw fluoryzujących nie należy stosować oświetlenia próbki promieniowaniem monochromatycznym, gdyż wówczas uzyska się nieprawidłowe wyniki. Jeśli promieniowanie padające o długości fali λ powoduje powstanie promieniowania fluorescencji o fali dłuższej λ_1 , to do odbiornika (detektora) wpadnie zarówno promieniowanie odbite o długości fali λ , jak i promieniowanie fluorescencji o długości fali λ_1 fałszując (zwiększając) współczynnik odbicia promieniowania o długości fali λ_1 .

Na odwrót, przy oświetleniu próbki promieniowaniem monochromatycznym o długości fali λ , takiej jak w przypadku promieniowania fluorescencji, do detektora zostanie przekazane tylko promieniowanie odbite o długości fali λ_1 , gdyż promieniowanie fluorescencji o tej długości fali nie powstaje przy oświetleniu monochromatycznym o takiej samej długości fali. Wymaga oświetlenia promieniowaniem pobudzającym o długości fali λ mniejszej od λ_1 , którego brak w monochromatycznym promieniowaniu oświetlającym. Wartość współczynnika emisji dla promieniowania o długości λ_1 będzie zaniżona o wielkość powodowaną przez brak fluorescencji.

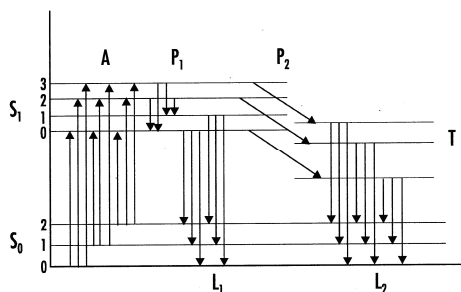
Promieniowanie fluorescencji mające wpływ na barwę substancji fluoryzującej zależy od zawartości promieniowania pobudzającego, zawartego w świetle padającym na tę substancję. Jest to najczęściej promieniowanie z bliskiego nadfioletu o długości fali poniżej 400 nm, lub krótkofalowe promieniowanie widzialne barwy fioletowej do niebieskiej, o długości fali już powyżej 400 nm.

W wyniku pochłaniania promieniowania padającego na substancję barwną, zewnętrzne elektrony cząsteczek tej substancji przechodzą na orbitale (poziomy) o wyższej energii potencjalnej, tworząc stan zwany stanem wzbudzonym. Różnica energii między poziomem w stanie wzbudzonym i poziomem podstawowym odpowiada energii kwantu promieniowania pochłoniętego. Każdy poziom energetyczny ma szereg

podpoziomów niewiele różniących się energią. Cząsteczka może więc pochłaniać różne kwanty promieniowania, odpowiadające tym różnicom energetycznym stanów elektronowych. Energia pochłanianych kwantów zależy od długości fali i jest tym większa im długość fali promieniowania λ jest mniejsza, lub im częstotliwość ν większa.

Cząsteczka w stanie wzbudzonym może powrócić do stanu podstawowego w wyniku powrotu elektronów znajdujących się na wyższych poziomach do poziomu podstawowego. Elektrony w poziomie podstawowym mają spiny antyrównoległe, skompensowane. Stan taki nosi nazwę singletowego S_0 . Również po przejściu w stan wzbudzony elektrony zachowują swoje spiny, więc stan ten też jest singletowy, S_1 , S_2 itd.

Przejście elektronów ze stanu wzbudzonego o wyższej energii do podstawowego o niskiej energii wiąże się z emisją kwantu promieniowania. Jeżeli w wyniku przejścia bezpromienistego elektrony na poziomie wzbudzonym przejdą na najniższy podpoziom wzbudzony o mniejszej energii, wówczas powracając do stanu podstawowego, wyemitują kwant promieniowania fluorescencji o mniejszej energii niż pochłonięty przy pobudzaniu, a więc o dłuższej fali, wywołując wrażenie innej barwy niż barwa promieniowania pobudzającego.



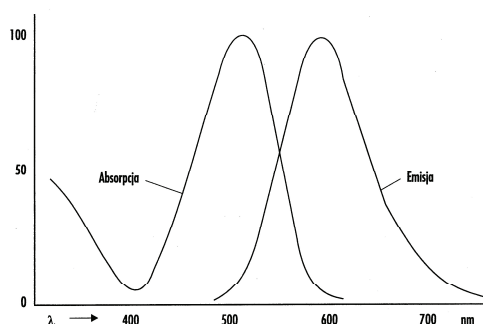
Rys. 5.22. Schemat przejść elektronowych przy fluorescencji. S_0 – stan podstawowy singletowy, T – stan wzbudzony tripletowy; 0, 1, 2, 3, – podpoziomy. A – absorpcja światła, P_1 – P_2 – przejścia bezpromieniste, L_1 – fluorescencja, L_2 – fosforescencja

Rys. 5.22 przedstawia schemat przejść elektronowych przy pochłanianiu energii promienistej i przy jej oddawaniu przez cząsteczkę substancji fluoryzującej.

Przejście bezpromieniste z wyższych podpoziomów na niższe może zachodzić ze zmianą spinu elektronów, które będą wówczas nie skompensowane. Taki stan, zwany tripletowym oznaczono na rysunku symbolem T. Jest to stan bardziej trwały. O ile w stanie wzbudzonym singletowym elektrony przebywają przez bardzo krótki czas, rzędu 15^{-8} s., to po przejściu do stanu tripletowego, mogą w nim pozostawać minuty, a nawet godziny, powoli powracając do stanu podstawowego S_0 ze zmianą spinu i emisją kwantu energii. Jest to odmiana luminescencji zwana fosforescencją.

Cząsteczka w stanie wzbudzonym może również oddać pochłoniętą energię przez jej zamianę na energię cieplną lub w wyniku reakcji chemicznej z innymi cząsteczkami.

Tylko niektóre powroty ze stanu wzbudzonego do podstawowego odbywają się przez przejście bezpromieniste między podpoziomami wzbudzonymi, powodując fluorescencję. Promieniowanie pochłonięte wywołujące takie przejście to promieniowanie pobudzające fluorescencję. Światło padające na próbkę fluoryzującą może mieć różną zawartość tego promieniowania pobudzającego i wywoływać różne efekty fluorescencji, a za tym i różną barwę. Do pomiaru barw fluoryzujących trzeba więc używać oświetlenia o stałym składzie, takim samym jak skład światła, przy którym barwy te będą obserwowane. Powinno to być światło imitujące światło dzienne D_{65} o takim samym względnym widmowym rozkładzie mocy $S(\lambda)$ w zakresie bliskiego nadfioletu i promieniowania widzialnego krótkofalowego [97].



Rys. 5.23. Widmo absorpcji światła i emisji fluorescencji

Widmo promieniowania fluorescencji jest zwykle „lustrzanym” odbiciem widma absorpcji światła przez substancję fluoryzującą. Przedstawia to rys. 5.23.

Maksimum absorpcji światła odpowiada minimum jego odbicia, a niewielka absorpcja świadczy o dużym współczynniku odbicia. Najsilniej pobudza fluorescencję promieniowanie o maksymalnej absorpcji, najmocniej pochłaniane. Jeśli w promieniowaniu padającym na powierzchnię substancji fluoryzującej brak zakresu absorbowanego przez tę substancję, to fluorescencja nie nastąpi.

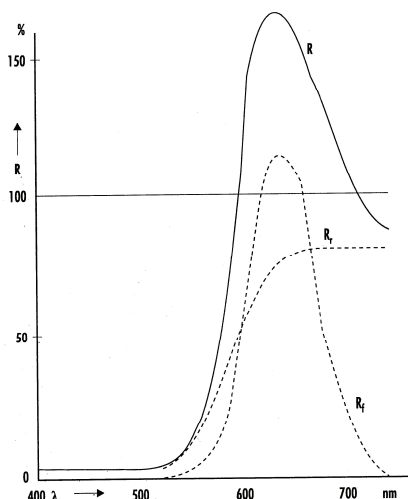
Widmo emisji barwy fluoryzującej $R(\lambda)$ przedstawione na rys. 5.24 składa się z części odnoszącej się do promieniowania odbitego $R_r(\lambda)$ i drugiej części odnoszącej się do promieniowania fluorescencji $R_f(\lambda)$:

$$R(\lambda) = R_r(\lambda) + R_f(\lambda) \quad 5.34.$$

Przy pomiarze emisji od próbki oświetlanej światłem D_{65} i monochromatyzacji światła odbitego od niej, mierzy się łączny współczynnik emisji $R(\lambda)$.

Badanej próbki nie powinno się oświetlać światłem rozproszonym w geometrii kulistej, ponieważ rozproszeniu ulega również wymuszone promieniowanie fluorescencji, które po odbiciu od kuli może padać ponownie na próbkę i zostać pochłonięte przez znajdujące się na niej barwne substancje, które absorbują światło o długości fali odpowiadającej akurat długości fali promieniowania fluorescencji, powodując zaniżenie wyni-

ku pomiarów współczynnika emisji $R(\lambda)$. Najkorzystniejsze jest stosowanie geometrii 45/0 lub 0/45. Dobre rezultaty uzyskuje się przy pomiarze sumarycznego współczynnika emisji $R(\lambda)$ stosując oświetlenie według geometrii kołowej 45/0 (jak na rys. 5.20). Pozwala to na pomiar barwy fluoryzujących powierzchni o wyraźnej fakturze np. we włókiennictwie.



Rys. 5.24. Remisja R od czerwonej powierzchni fluoryzującej

Warunkiem uzyskania poprawnego pomiaru współczynnika emisji jest widmowy rozkład mocy użytego symulatora światła D_{65} taki sam, jak iluminatora normalnego D_{65} podany w tablicach CIE (por. tabelę 5.4)), przynajmniej w zakresie promieniowania wzbudzającego fluorescencję tj. do ok. 550 nm.

Kalibrowanie przyrządu wobec wzorca odnosi się zwykle do rozkładu mocy iluminantu D_{65} . Wobec tego każda rozbieżność widmowego rozkładu mocy źródła oświetlającego w zakresie promieniowania pobudzającego w stosunku do rozkładu mocy iluminantu D_{65} spowoduje inny wpływ tego promieniowania na fluorescencję, której promieniowanie będzie mierzone razem z odbitym, tak jakby było wywołane przez iluminant o rozkładzie $S(\lambda)$, identycznym jak D_{65} . Im bardziej zbliżony jest rozkład mocy użytego źródła światła do rozkładu mocy

iluminantu D_{65} tym bardziej poprawne są wyniki pomiarów.

Można w różny sposób stwierdzić czy barwa powierzchni jest barwą fluoryzującą. Jednym ze sposobów jest zastosowanie do oświetlania próbki filtrów, które pochłaniają różne zakresy promieniowania w bliskim nadfiolecie i krótkofalowego widzialnego [96]. Jeżeli współczynnik emisji $R(\lambda)$ przy oświetleniu bez filtru i przy oświetleniu z filtrem wykazują wyraźną różnicę w zakresie promieniowania przepuszczonego przez filtr, oznacza to występowanie fluorescencji. Jeśli różnicy brak lub jest nieznaczna, to świadczy, że fluorescencji nie ma. Przez odpowiedni dobór filtrów można określić zakres promieniowania pobudzającego fluorescencję. Należy oczywiście uwzględnić przepuszczalność filtru dla promieniowania przy którym dokonuje się pomiarów.

Ilość filtrów używanych do eliminowania promieniowania wzbudzającego fluorescencję może wynosić 12. Przez umiejętny dobór filtrów daje się całkowicie wyeliminować promieniowanie wzbudzające fluorescencję i mierzyć tylko promieniowanie odbite.

Innym sposobem stwierdzenia, czy fluorescencja występuje, jest pomiar emisji próbki oświetlonej światłem białym, a następnie pomiar przy jej oświetleniu światłem monochromatycznym [97]. Zgodność współczynników odbicia przy obydwu sposobach oświetlania świadczy o braku fluorescencji, a ich różnica o jej występowaniu. Próbowano określić tą metodą współczynnik promieniowania odbitego, nie uwzględniającego fluorescencji. W zakresie promieniowania, w którym krzywa absorpcji światła częściowo zachodzi na krzywą fluorescencji (rys. 5.23) nie da się jednak zmierzyć oddzielnie współczynnika emisji dla promieniowania wyłącznie odbitego w tym zakresie promieniowania. Stosuje się wówczas interpolowanie, a to wymaga dokładnej znajomości zakresu, w którym obie krzywe na siebie zachodzą. Zakres ten może się rozciągać nawet na 50 nm. Toteż obliczenia, zarówno współczynnika emisji światła odbi-

tego $R_r(\lambda)$ jak światła fluorescencji $R_f(\lambda)$ są obciążone dużym błędem.

Poprawne obliczenia współczynników odbicia od powierzchni o barwach fluorujących można uzyskać stosując monochromatyzację, zarówno promieniowania oświetlającego badaną próbkę, jak i odbitego od niej [98-100]. Polega na wyznaczaniu widmowego współczynnika odbicia $R_\mu(\lambda)$ próbki oświetlonej światłem monochromatycznym przy każdej długości fali λ promieniowania oświetlającego. Współczynnik odbicia zmierzony przy długości fali λ takiej samej jak długość fali μ promieniowania oświetlającego próbkę odpowiada rzeczywistemu współczynnikowi odbicia $R_r(\lambda)$ nie uwzględniającego fluorescencji. Korzystając z niego można obliczyć składowe tróchromatyczne X_r , Y_r , Z_r tego promieniowania odbitego dla iluminantu D_{65} o widmowym rozkładzie mocy $S_D(\lambda)$

$$\begin{aligned} X_r &= k \cdot \sum \bar{x}(\lambda) \cdot S_D(\lambda) \cdot R_r(\lambda) \\ Y_r &= k \cdot \sum \bar{y}(\lambda) \cdot S_D(\lambda) \cdot R_r(\lambda) \\ Z_r &= k \cdot \sum \bar{z}(\lambda) \cdot S_D(\lambda) \cdot R_r(\lambda) \end{aligned} \quad 5.35.$$

Wartości składowych tróchromatycznych X_μ , Y_μ , Z_μ promieniowania fluorescencji powstającego przy oświetlaniu promieniowaniem monochromatycznym o każdej długości fali λ wynoszą dla światła równoenergetycznego E , o rozkładzie $S(\lambda) = 1$

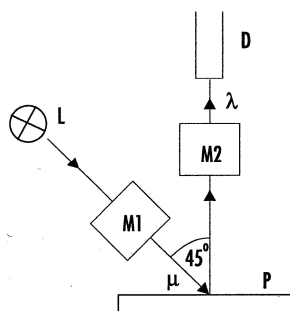
$$\begin{aligned} X_\mu &= k \cdot \sum \bar{x}(\lambda) \cdot R_\mu(\lambda) \\ Y_\mu &= k \cdot \sum \bar{y}(\lambda) \cdot R_\mu(\lambda) \\ Z_\mu &= k \cdot \sum \bar{z}(\lambda) \cdot R_\mu(\lambda) \end{aligned} \quad 5.36.$$

Składowe tróchromatyczne promieniowania fluorescencji będą stanowiły sumę składowych dla wszystkich długości fali promieniowania padającego. Przy iluminancie D_{65} o rozkładzie widmowym mocy $S_D(\lambda)$ wyniosą:

$$\begin{aligned} X_f &= k \cdot \sum X_\mu \cdot S_D(\mu) \\ Y_f &= k \cdot \sum Y_\mu \cdot S_D(\mu) \\ Z_f &= k \cdot \sum Z_\mu \cdot S_D(\mu) \end{aligned} \quad 5.37.$$

Natomiast składowe całego promieniowania będą stanowiły sumę składowych promieniowania odbitego i promieniowania fluorescencji:

$$\begin{aligned} X &= X_r + X_f \\ Y &= Y_r + Y_f \\ Z &= Z_r + Z_f \end{aligned} \quad 5.38.$$



Rys. 5.25. Schemat pomiaru przy dwóch monochromatorach: M_1 i M_2 . P – próbka, L – lampa, D – detektor promieniowania

Na rys. 5.25 przedstawiono schemat pomiaru emisji przy podwójnej monochromatyzacji.

Błąd w obliczeniach jaki może powstać wynika przede wszystkim z różnicy w widmowym rozkładzie mocy światła użytego do pomiarów i światła dziennego, przy którym barwa będzie postrzegana, co przyczynia się do różniącego się wzbudzenia promieniowania fluorescencji.

Międzynarodowa Komisja Oświetleniowa, CIE, zaproponowała wskaźnik SCF (Source Conformance Factor), zgodności badanego źródła z iluminantem D_{65} [104]. Stanowi on pierwiastek kwadratowy ze średniej arytmetycznej kwadratów różnicy w widmowym rozkładzie mocy źródła S_{zt} i iluminantu D_{65} , S_D mierzonym w n jednakowych odstępach długości fali, np. co 10 nm.:

$$SCF = [1/n \sum (S_D - S_{zt})^2]^{1/2} \quad 5.39.$$

Rozróżnia się dwa rodzaje tych wskaźników: wskaźnik $SCF_{300-700}$, obejmujący zakres promieniowania o długości fali 300-700 nm i drugi wskaźnik $SCF_{400-700}$, który obejmuje tylko promieniowanie wi-

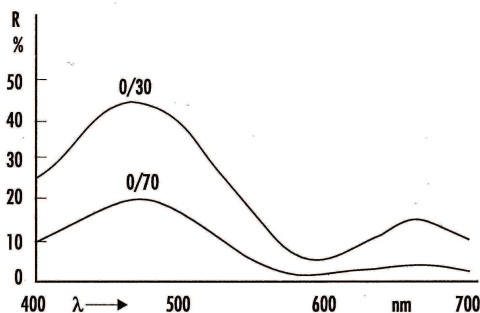
działne o długości fali 400-700 nm. Za zgodne uznaje się źródło, dla którego $SCF_{300-700} < 15$ i $SCF_{400-700} < 10$. Przy pomiarach w odstępach co 10 nm, dla wskaźnika $SCF_{300-700}$ ilość pomiarów $n = 41$, a dla $SCF_{400-700}$ $n = 31$.

5.3.2. Metameria geometryczna

Innym przypadkiem wymagającym specjalnej techniki pomiarów jest określanie barw wykazujących tzw. metamerię geometryczną. Polega ona na tym, że barwy powierzchni obserwowane pod jednym kątem widzenia są zgodne, a pod innym kątem różnią się. Do takich barw należą barwy tzw. metaliczne [105, 106] uzyskiwane za pomocą pyłu metali, najczęściej glinu, ale również srebra, miedzi, cynku i zmieszanego z barwnymi pigmentami.

Pył aluminiowy jest bezbarwny ale wykazuje silny połysk w zależności od kierunku odbicia światła. Stop cynku z miedzią daje pył o złocistej barwie i różnym połysku, zależnym od kąta odbicie.

Na rys.5.26 przedstawiono krzywe emisji od powierzchni o barwie metalicznego błękitu przy dwu różnych kątach obserwacji 0/30 i 0/70. Zmiana wartości emisji widoczna na obydwu krzywych wskazuje, że przy każdym z kątów obserwacji postrzega się inną barwę, jaśniejszą lub ciemniejszą.



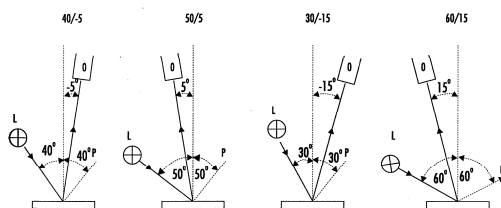
Rys. 5.26. Krzywe emisji od powierzchni błękitnej przy geometrii pomiarowej 0/30 i 0/70

Metameria geometryczna występuje również w przypadku barw zwanych „perłowymi” [107,108]. Powstają one w wyniku

pokrycia powierzchni substancjami rozdrobnionymi do postaci zabarwionych mikroskopijnych przezroczystych płytek, np. miki. Światło padające na nie ulega częściowo odbiciu, częściowo przepuszczeniu. Płytki ułożone bardzo blisko siebie powodują interferencję światła przechodzącego i odbitego, w wyniku czego powstają różne wrażenia barwne, zależnie od kąta pod jakim powierzchnia jest oświetlona i obserwowana.

Dla określenia barw o metamerii geometrycznej posługuje się spektrofotometrami goniometrycznymi, pozwalającymi na pomiar widmowych współczynników emisji przy różnych kątach oświetlania i obserwacji badanej powierzchni [109,110].

Dla jednoznacznego scharakteryzowania barwy wystarczą cztery różne warianty geometrii pomiarowej, przedstawione na rys.5.27: 40/-5, 50/5, 30/-15 i 60/15. Wszystkie stanowią odmianę geometrii 45/0. Można też stosować i inne warianty np. 65/20, 45/0, 40/-5, 30/-15.

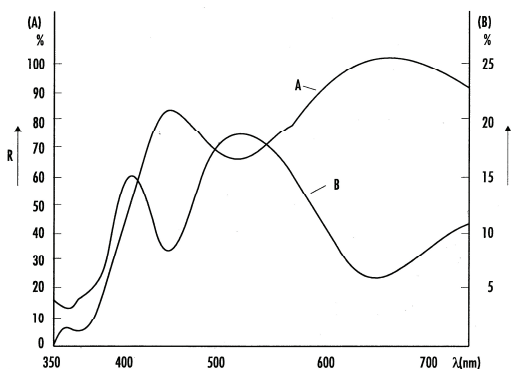


Rys. 5.27. Geometria pomiarowa przy metamerii geometrycznej. L – lampka, P – połysk, O – odbiornik

Przy obserwowaniu barwnej powierzchni pod kątem bliskim 90° (face), prawie prostopadle, stosuje się często geometrie pomiarowe 0/10, 0/20, 45/0, 80/40. Inne typy geometrii: 45/50, 0/60, 25/70, lub 45/85, używane są zwykle przy obserwowaniu barwy pod ostrym kątem, mniejszym od 45° , tzn. patrząc na powierzchnię bardzo z ukosa (Flip) [110]. Różne firmy, produkujące pigmenty i farby, stosują własne warianty oceny barw przy występowaniu metamerii geometrycznej.

W przypadku interferencyjnych barw perłowych, płaskie płytki znajdujące się w barwnej warstwie są przezroczyste. Barwa

takiej warstwy zależy więc i od barwy podłoża, na którym się ona znajduje. Określa się ją zwykle na podłożu czarnym nie wykazującym emisji i na białym, odbijającym całe promieniowanie [109]. W zależności od geometrii pomiaru, w wyniku interferencji promieniowania w barwnej warstwie, można uzyskać wrażenie barw dopełniających do barwy pigmentów, którymi zabarwiono płytki.



Rys. 5.28. Krzywe emisji zieleni „perłowej”

Na rys. 5.28 przedstawiono widmowe krzywe emisji zieleni perłowej, które przy geometrii pomiarowej 30/-15 wykazują barwę zieloną (krzywa A), a przy geometrii 45/0 barwę dopełniającą, purpurową (krzywa B), o bardzo małym współczynniku odbicia.

Wszystkie nowoczesne spektrofotometry i fotokolorymetry są sterowane za pomocą mikroprocesorów, które rejestrują dane z pomiaru współczynników emisji, transmisji lub luminancji i przeliczają je na wartości składowych tróchromatycznych X,Y,Z przy różnych obserwatorach, na współrzędne tróchromatyczne x i y, współrzędne Lab, Luv lub dowolnych innych układów. Z reguły są sprzężone z komputerem, który zachowuje w banku danych wszystkie wielkości, jakie można stabelaryzować, służące do obliczeń różnych parametrów barwy. Wyniki pomiarów w dowolnym układzie są wyświetlane na ekranie komputera, lub na własnym małym ekranie ciekłokrystalicznym, najczęściej w postaci liczb i wykresów. Wyniki uzyskane na jednym typie instrumentu najczęściej różnią się od wyników na in-

strumentach innego typu.

Podstawową cechą świadczącą o jakości przyrządu jest powtarzalność wyników, która praktycznie jest wystarczająco dobra we wszystkich nowoczesnych rodzajach instrumentów pomiarowych.

W celu porównania zgodności dwu przyrządów można stosować kilka sposobów.

1. Mierzy się tę samą barwną próbkę na dwóch aparatach. Oblicza się trzy podstawowe wartości dla każdej próbki: X_1, Y_1, Z_1 i X_2, Y_2, Z_2 lub x_1, y_1, Y_1 i x_2, y_2, Y_2 względnie L_1, a_1, b_1 i L_2, a_2, b_2 itd. Miarą zgodności jest brak różnicy lub różnica przyjęta za dopuszczalną między oznaczonymi parametrami.
2. Mierzy się na dwóch przyrządach tę samą parę barwnych próbek. Określa się dla każdej pary różnicę w trzech parametrach na jednym przyrządzie np. $\Delta L_1, \Delta a_1, \Delta b_1$ i na drugim $\Delta L_2, \Delta a_2, \Delta b_2$. Miarą zgodności jest taka sama, lub mieszcząca się w dopuszczalnej wielkości, różnica między tymi samymi parametrami mierzonej pary barw na obydwu przyrządach [111].

cdn.



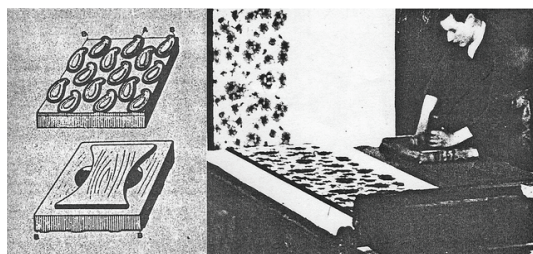
Rytownictwo w służbie wzornictwa Historia drukarstwa tekstylnego w „pigułce”

Elżbieta Kaźmierak

Od redakcji

Dzieje rytownictwa i dawnego drukarstwa wspominała mgr inż. Elżbieta KAŻMIERAK, z domu BECHT, primo voto-Lubańska, pracująca w fotorytowni ZPB ESKIMO od 14. XI.1962 r. jako stażystka, potem mistrz, a od 1. IV.1967 r. do upadłości Zakładu, czyli do 31.VII.2002 r. - kierownik oddziału Fotorytowni. Wspomnienia o ojcu autorki artykułu, Marianie Brechcie, znanym rytowniku, zostały zamieszczone w 25. nr. Informatora Chemika Kolorysty.

Drukowanie, a właściwie zdobienie, tkanin bawełnianych (i nie tylko) ma wielowiekową tradycję. Już grecki historyk Herodot 500 lat p.n.e. podawał, że nad morzem Kaspijskim mieszkali plemiona odziewające się w tkaniny przyozdobione rysunkami tygrysów. Kolebką sztuki drukarskiej były starożytne Chiny i Indie. W Indiach przenoszono wzory na tkaninę za pomocą płaskich, ręcznie wykonanych form, z rysunkami wyciętymi na powierzchni drukującej. Druk ten to prototyp, rzadko dziś stosowanego, druku ręcznego stemplowego.



stempel do drukowania tkanin
widok z góry i dołu

drukowanie tkaniny metodą druku ręcznego stemplowego

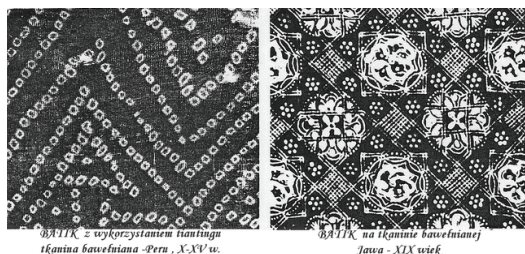
W starożytnych Chinach posługiwano się szablonami przypominającymi szablony malarskie. Tkaninę zamalowywano pędzlem poprzez wycięcia w szablonach (dzisiaj otwory „wycina się” wiązką laserową, sterowaną komputerem). W starożytnych Indiach, jak i później, stosowano *bandhani* czy *gol-das*. Wg Encyklopedii Britannica *bandhani*

„to typ wiązanego lub węzłowego farbowania tkanin, w którym fragmenty tkaniny jedwabnej lub bawełnianej są ciasno wiązane nawoskowaną nicią i zanurzane w barwniku...”. Uzyskiwane są wzory o charakterze geometrycznym, ale również z motywami animalistycznymi i postaciami ludzi.



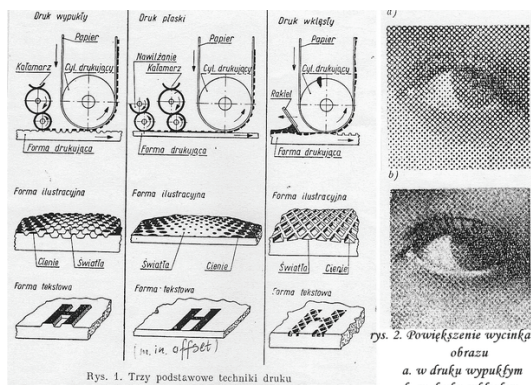
Fragment sari zdobionego
techniką bandhani
(XIX wiek)

Jedną z najstarszych sztuk pokrywania tkanin wzorem był *batik*, właściwiej zwany *ambatikiem* (co znaczy pisać, rysować), rozwijający się na Jawie, Sumatrze a nawet w Afryce Północnej i stosowany do dzisiaj. Sztuka ta stała na bardzo wysokim poziomie. Pozwalała otrzymywać na tkaninach wzory pełne artyzmu, nawet szesnastokolorowe.



Blizsze nam czasowo drukarstwo tkanin, do przenoszenia wzorów z projektów na tkaniny, korzysta z różnych form drukarskich. Jedną ze starszych form drukarskich jest rytowany cylinder drukarski.

W tym miejscu pozwolę sobie przypomnieć, że w szeroko pojętym drukarstwie stosowany jest **druk wypukły, płaski i wklęsły**. Dwa pierwsze rodzaje druku znajdują zastosowanie głównie w poligrafii. Druk płaski to litografia i nowszy offset. Druk wypukły to typografia. Miewa również zastosowanie we włókiennictwie do drukowania taśm czesankowych jako tzw. druk **reliefowy** lub druk **vigoureux** do drukowania osnów. W drukarstwie tekstyliów stosowany jest druk **wklęsły**.



Rys. 1. Trzy podstawowe techniki druku

Nad rozwojem druku wklęsłego i drukarstwa wałowego pracowało wielu uczonych i artystów takich jak Rembrandt, van Dyck, Duerer, Kołpakow, Daguerre, Talbot, Klic, Mertens i inni. Jako materiałów do sporządzania form drukarskich używano metali, głównie miedzi.

Wróć krótko do historii rytownictwa, z niemiecka zwanego grawerstwem. Pierwsze próby rytownictwa na płytach metalo-

wych sięgają XIII w. Najstarszą postacią druku wklęsłego był *miedzioryt* (zwany sztychem lub grawiurą klasyczną). Na płytach miedzianych rytowano rysunek rylcami stalowymi o przekroju rombu lub kwadratu. Różnice w jasności tonów uzyskiwano przez rytowanie kresek o różnej szerokości i głębokości. Na początku XVI w. zaistniała nowa forma druku – *akwaforta*. Płytę miedzianą pokrywa się cienką warstwą okopconego wosku i na niej rysuje się wzór igłą stalową, do głębokości przecinającej wosk. Następnie tę płytę zanurza się w kwasie azotowym. Przez kilkakrotne „retuszowanie” woskiem i ponowne wytrawianie uzyskuje się różną głębokość ryty. Kreska akwafortowa jest poszarpana, a miedziorytnicza- gładka. Z pierwszej można uzyskać malarskie wydruki.

W XVII i XVIII w. pojawiają się inne, doskonalsze odmiany druku wklęsłego. Wszystkie odmiany ręcznych sposobów rytowania można podzielić na dwie zasadnicze grupy. Pierwsze z mechaniczną obróbką powierzchni formy rytowanej, drugie z obróbką chemiczną, tj. wytrawianiem w kwasach lub chlorku żelazowym. Do pierwszych należały m.in. *miedzioryt punktowany*, *mezotinta* i *suchoryt*, czyli metoda *suchej igły*.



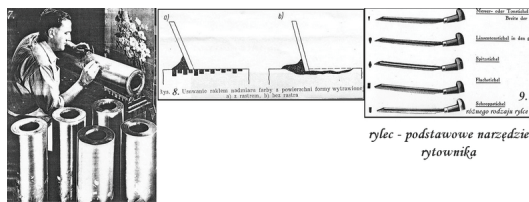
Z chemicznych sposobów rytowania należy wymienić *akwatintę*, zwaną *kwasorytem płaszczyznowym*, stosowaną od XVII w. Płyta miedziana opylana była mieszaniną kalafonii z asfaltem i ogrzewana. Wtedy pyłek żywiczny topił się i przybierał formę kuleczek ściśle przylegających do powierzchni miedzi. Po zabezpieczeniu werniksem miejsc nie drukujących, płytę poddawano wytrawianiu raz lub kilkakrotnie (wg potrzeby). Werniks jest kwasoodporny. Te, ręcznie wykonywane formy drukarskie, wykorzystywano głównie do druku na papierze. Wywarły one niewątpliwie wpływ na

rozwój rytownictwa stosowanego w drukarstwie wyrobów włókienniczych.

Jeszcze parę słów o druku ręcznym stemplowym. Jego początki sięgają XIII i XIV w. Mnich Rhemisch (Niemcy) zastosował go do druku inicjałów w manuskryptach. Z czasem, również w Niemczech, druk stemplowy zaczęto stosować do zdobienia tkanin. W XVII w. słynął z tego Augsburg, później Holandia, Szwajcaria i Francja. Stempel, podstawowa forma drukarska, wykonany był z twardego drewna gruszkowego lub wiśniowego. Sztywną strukturę stempla uzyskiwano przez sklekanie trzech, czterech warstw drewna w taki sposób, aby ich słoje się krzyżowały. Na powierzchni stempla wycinano wzór specjalnymi dłutami. Drobne figury, jak kontury, kropki itp. otrzymywano przez wbijanie drutu lub pasków miedzi w powierzchnię „drukującą”. Gotową, oszlifowaną mieszaniną pumeksu z terpentyną, zabezpieczano przed działaniem wilgoci i chemikaliów spirytusowym roztworem szelaku.

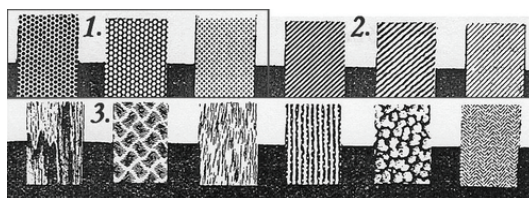
Druk stemplowy to właściwie druk wypukły i służy (rzadko, ale jeszcze stosowany) głównie do drukowania chustek, obrusów, tkanin obiciowych i dekoracyjnych. Stemple znalazły zastosowanie w **perrotynie**, jednej z pierwszych maszyn drukarskich, zbudowanej w 1834 roku w Rouen przez Perrota. Była to próba, jakby zmechanizowania druku stemplowego.

Rozwój **rytownictwa „włókienniczego”** rozpoczął się od zbudowania przez Anglika Thomasa Bella w 1785 r. pierwszej wałowej maszyny drukarskiej do drukowania tkanin (schemat podobny do współczesnych, starszego typu maszyn). W niej zastosowano ręcznie rytowane miedziane cylindry drukarskie. Pierwsze cylindry do druku tkanin i tapet wprowadził w 1770 r. Christoph Philippe Oberkampf, Bawarczyk, który w Jouy (Francja) w 1759 r. zbudował fabrykę włókienniczą. On również zastosował jako pierwszy taśmę stalową, czyli tzw. rakel (nóż) do zbierania nadmiaru farby.



rylec - podstawowe narzędzie rytownika

Ręczne rytowanie miedzianych cylindrów drukarskich zaczynało się od przenoszenia wzoru drukarskiego z projektu na kalkę pergaminową farbą zawierającą związki siarki. Następnie kalkę „przyklejano” do powierzchni cylindra drukarskiego i pozostawiano na kilka godzin. W wyniku reakcji zachodzącej między siarką a miedzią powstawał czarny siarczek miedzi, odwzorujący krawędzie figur rytowanego wzoru. Rytownik rylcami utrwalał kontury figur, a ich powierzchnię pokrywał elementami rastra (rys. 8). Była to bardzo kosztowna metoda ze względu na dużą czasochłonność i wymagany od rytownika artystyzm.



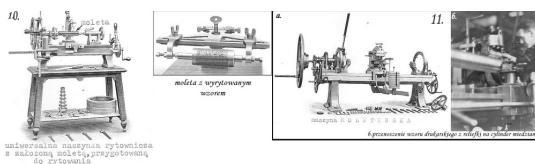
rastry - 1. krzyżowy, 2. liniowy, 3. tzw. fantazyjne

Dwa słowa o rastrach. Rastry to elementy drukarskie w postaci kałamarzyków (krzyżowe), rowków (liniowe) lub tzw. fantazyjne, pokrywające powierzchnię figur wzorów. Dzięki nim farba drukarska „trzyma” się powierzchni cylindra drukarskiego (rys.8). Rodzaj i gęstość rastrów są dobierane w zależności od charakteru wzoru, wielkości figur oraz rodzaju drukowanego materiału.

Istotny krok w kierunku przyspieszenia procesu otrzymywania rytowanych cylindrów uczynił Aloys Senefelder (wynalazca litografii). Przeniósł wzór druku z projektu na powierzchnię cylindra stosując chemiczne wytrawianie miedzi. Istotny postęp do rytownictwa przemysłowego wniósł L. von Stramm dzięki zbudowaniu liniarki.

Ona ułatwiła "pokrywanie" figur wzoru liniami rastra liniowego (tzw. ażurem). Wynalezienie w 1803 r. przez Anglika J. Perkinsa **molety** dało początek opracowaniu nowej metody rytowania cylindrów drukarskich, zwanej **moleterską** i stosowanej do dzisiaj.

Do przenoszenia wzoru drukarskiego z projektu wzoru na metalowy (głównie miedziany) cylinder drukarski potrzebne są dwa rytowane wałeczki stalowe zw. **moletą** i **reliefką** oraz **maszyna moleterska**.



Istnieje ścisła współzależność między obwodami molety, reliefki i cylindra drukarskiego a wysokością jednego raportu wzoru (przypomnę - *raport to część projektu wzoru obejmująca figury nie powtarzające się w jego obrysie*).

Moleta to mały wałeczek, wytoczony z miękkiej stali i „pomiedziowany” przez zanurzenie w roztworze siarczanu miedzi. Jeden opracowany raport wzoru rytownik przenosi na powierzchnię molety tak, jak w metodzie ręcznego rytowania cylindrów. Kontury figur otwiera rylcem, a linie rastra nacina w maszynie rytowniczej (rys.10). Dla uzyskania wymaganej głębokości ryty powierzchnie molety można wytrawić w kwasie azotowym. W maszynie rytowniczej, wykonuje tzw. **wzory maszynkowe**. Są to wzory o bardzo małych raportach (kropki, drobne kratki) lub wzory paskowe.

Gotową moletę hartuje się. Otrzymujemy wtedy moletę o utwardzonej strukturze, z wklęsłym rytem i negatywowym obrazem wzoru. Dla każdego koloru wzoru rytownik wykonuje oddzielną moletę.

Z utwardzonej molety, na maszynie reliewerskiej, przetłacza się wzór na drugi wałeczek, zwany **reliefką**. Reliefka jest wytoczona z miękkiej stali. Na jej powierzchni odwzorowuje się relief wzoru z wypukłym rytem i pozytywowym obrazem wzoru. Gotową reliefkę hartuje się.

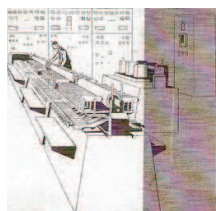
Z utwardzonej reliefki na maszynie moleterskiej (rys.11a) wprasowuje się wzór w miękką powierzchnię miedzianego cylindra drukarskiego (rys.11b). Ostatecznie otrzymujemy cylinder drukarski pokryty na całym obwodzie i szerokości wzorem z wklęsłym rytem. Taki cylinder, po korekcie rytowniczej, ewentualnym pogłębieniu ryty przez wytrawianie w roztworze kwasu azotowego, wypolerowaniu i pochromowaniu (o tym później), może zostać przekazany do drukarni. Dla każdego wzoru moletujemy taką ilość cylindrów z ilu kolorów jest tworzony wzór.

Zaletą tej metody jest możliwość szybkiego odtwarzania wzoru, jak i odnawiania zniszczonych cylindrów. Wadą jest pracochłonność oraz możliwość wykonywania wzorów tylko o małych raportach. Dla wzorów np. krawatowych, drobnych krutek, wąskich pasków stosuje się metodę „NUMBER ONE”.

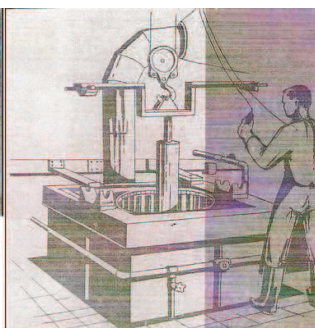
Po modyfikacji, tą metodą można wykonywać cylindry do wytłaczania wzorów, np. na tworzywach, tapetach a także na wyrobach tekstylnych.

Inna metoda, również wiekowa, to rytowanie cylindrów drukarskich z wykorzystaniem urządzenia zwanego **pantografem**. Pierwsze opisy **pantografu** ukazały się w księdze wydanej w Rzymie w 1631 r. Wg. Encyklopedii Techniki (tom Przemysł Lekki, PWN, r. 1986) metoda ta [4] „znajduje zastosowanie, przede wszystkim do wzorów o średnim i dużym raporcie”, bez efektów pół-tonowych. Raport wzoru rytuje się na płycie cynkowej w powiększeniu od 2-krotnego do 5-krotnego, następnie przenosi się za pomocą urządzenia, zwanego **pantografem**, na powierzchnię miedzianego wału drukarskiego, pokrytą lakierem kwasoodpornym. W **pantografie** końcówka prowadzona po konturach wzoru, wyrytowanych na płycie cynkowej, jest połączona z szeregiem ryłców diamentowych, które przenoszą rysunek wzoru, już w skali rzeczywistej, wielokrotnie, od razu na całą szerokość wału. Wał miedziany poddaje się obróbce chemicznej w roztworze kwasu azotowego lub chlorku żelazowego.

Miedź w miejscach, gdzie ochronna warstwa lakieru została nacięta rylcami, zostaje wytrawiona i na powierzchni wału powstaje wklęsły rysunek wzoru. Sposób rytowania wałów i głębokość rytu (35-200 mikronów) mają zasadnicze znaczenie dla uzyskiwanego druku". Wadą tej metody jest trudność szybkiego odtwarzania wzorów.



rys. 12. Foteoelektryczne rytowanie cylindrów miedzianych, czyli udoskonalony pantograf, zwany: OLIVETTI.



rys. 13. Urządzenie do pokrywania powłoką chromową powierzchni cylindrów drukarskich

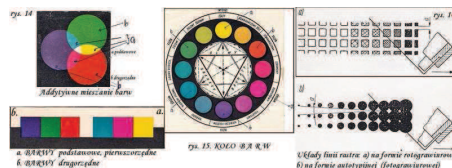
Unowocześnioną postacią pantografu jest urządzenie do „rytowania” cylindrów drukarskich za pomocą układów frezów diamentowych, sterowanych foteoelektrycznie. W Polsce to urządzenie, od nazwy producenta, zwano „OLIVETTI” (Rys. 12).

Nowocześniejszą metodą, niż moleterska czy pantografowa, jest **fotchemiczne przenoszenie wzoru z projektu plastycznego na miedziany cylinder drukarski**, zwane **fotografurią**. W 1893 r. Mertens wykonał tą metodą pierwsze cylindry drukarskie i uporał się z problemem, „fotchemicznego druku raklowego”. Wynalazkom Gustawa Suckows’a, który w 1832 r. zauważył światłoczułość soli chromowych oraz Anglika Talbota, który w 1852 r. odkrył, że żelatyna uczulona związkami światłoczułymi garbuję się pod wpływem światła, tracąc zdolność rozpuszczania się w wodzie oraz Karolowi Klicowi, który to odkrycie w 1878 r. wykorzystał praktycznie, zawdzięczamy możliwość wykonania pierwszych cylindrów drukarskich „rytowanych” metoda fotchemiczną. Upłynęły lata, zanim zaczęto stosować, na szerszą skalę, tę metodę otrzymywania rytowanych cylindrów do druku tekstyliów. Metoda fotchemiczna jest tańsza i szybsza od po-

przednio omawianych. Ma jeszcze jedną zaletę – pozwala uzyskać na tekstyliach wzory o charakterze malarskim, bogate w półtony, z dużą ilością szczegółów. Nie ogranicza wielkości raportu wzoru (ograniczeniem są tylko obwody i szerokości cylindrów). Niektóre wzory moleterskie, wszystkie „pantografowe” można wykonać metodą fotografuri. Poligrafia o wiele szybciej przyswoiła sobie metody fotchemicznego drukowania (Rotografuri) i chociaż drukarkę Bella, a więc drukarstwo wałowe tkanin, nazywa się „ojcem innych technik drukarskich”, to do 2 poł. XX w. rozwój drukarek do tekstyliów był o 100 lat opóźniony w stosunku do nowoczesnych maszyn poligraficznych.

Kilka słów o różnicach między fotchemiczną metodą „rytowania” cylindrów do druku na papierze (zwaną **rotografurią**) a na tekstyliach (zwaną **fotografurią**).

1. W poligrafii do rotografuri trafia oryginał, zamknięty w określonych ramach, do fotografuri – projekt plastyczny wzoru, którym na tekstyliach zadrukowuje się całą szerokość i długość materiału przeznaczonego do zadrukowania.
2. W rotografurze przygotowuje się do druku cztery cylindry rytowane, ponieważ całą gamę kolorystyczną uzyskuje się przez addytywne mieszanie barw, głównie barw podstawowych (rys.14,15) Kolor czarny jest barwą uzupełniającą i korygującą.



W drukarstwie tekstyliów wszystkie barwy są równorzędne.

3. Obie techniki są drukiem wklęsłym, ale ze względu na różną chłonność podłoża, cylindry drukarskie do drukowania tekstyliów mają zdecydowa-

nie głębszy ryt a zastosowane rastry - mniejszą gęstości/cm.

Fotokchemiczny sposoby rytowania cylindrów drukarskich to metody przenoszenia wzorów z zastosowaniem papieru pigmentowego do kopiowania wzorów (rys. 16a) lub za pomocą kopii bezpośredniej (**metodą autotypijną**) (rys. 16b, 17)



rys. 17. Obraz autotypijny rastra krzyżowego, skopiowany bezpośrednio na uczulonej powierzchni cylindra, bez użycia papieru pigmentowego, 1-koloid

Pierwsza metoda była stosowana głównie w poligrafii i przypomina tzw. kalkomanię. Omówię drugą metodę. Proces fotokchemicznego przenoszenia wzorów z projektów plastycznych na cylindry drukarskie, najczęściej miedziane, obejmuje następujące etapy:

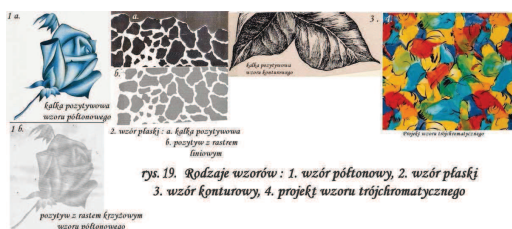
1. sporządzanie kopii pozytywowej wzoru (tzw. kalki) na folii (np. astralonie), czasem na papierze,
2. prace fotograficzne,
3. prace retuszarskie,
4. fotomontaż diapoztywów,
5. kopiowanie wzoru na cylindrach drukarskich i retusz kopii,
6. wytrawianie kopii,
7. korekta rytownicza cylindra i jego polerowanie,
8. chromowanie powierzchni cylindra z rytowanym wzorem.

Ad 1.

Z projektu plastycznego wzoru rysownik, po dokładnym zraportowaniu wzoru, na folii astralonowej z zaznaczonymi tzw. **kątami raportowymi**, wykonuje **kalki pozytywowe** każdego koloru (rys. 18)



Rozróżniamy wzory: a – tzw. półtonowe, o charakterze malarskim, b – tzw. płaskie, z figurami równomiernie pokrytymi kolorem, c – konturowe, d – tzw. trójkolorowe, w charakterze przypominające wzory rotograviurowe.



Ad 2.

W ciemni fotograficznej, z pozytywowych kalek wzorów 2 i 3 (rys. 19) wykonuje się w kopiarce stykowej **negatywy**, dla wzoru 2 – pokryte rastrem liniowym.

Z kalek wzoru tzw. półtonowego (rys. 19.1a), w kamerze reprodukcyjnej otrzymuje się negatywy, z rastrem krzyżowym pokrywającym powierzchnie figur wzoru.

Ad 3.

Wszystkie negatywy trafiają do rysownika, który **farbą retuszarską** (kryjącą) retuszuje je wg potrzeb, czasami uzupełniając negatyw dodatkowymi elementami, np. pikotażem. Od umiejętności plastycznych i doświadczenia rysownika zależy efekt końcowy procesu przenoszenia wzorów z projektów na cylindry drukarskie.

Ad 4.

Wyretuszowane negatywy trafiają ponownie do fotografa, który w ciemni sporządza z nich tzw. **diapozytywy**. Nie wdając się w szczegółowy opis pracy fotografa, uważam, że dobry fachowiec, przez zasto-

sowanie odpowiednich błon graficznych i technik, może wzbogacić wygląd i jakość diapozytywów.



Fig. 20. Urządzenia potrzebne w fotografowaniu:
1. Kłama reprodukcyjna, 2. pneumatyczna kopiarka stykowa,
3. stół retuszujący podświetlany, 4. stół montażowy podświetlany

Przenoszenie każdego koloru wzoru z diapozytywu na odpowiednio przygotowany cylinder drukarski odbywa się:

- a. przez kopiowanie na cylindrze **jednego raportu diapozytywu** w tzw. **kopiarce sumującej do naświetlania cylindrów**,
- b. przez kopiowanie każdego koloru metodą naświetlania powierzchni cylindrów przez tzw. **diapozytywy zbiorcze**, które otrzymuje się albo w tzw. **kopiarce sumującej diapozytywy (zw. Addicopem)** lub **montuje się je** z odpowiedniej ilości pojedynczych raportów diapozytywów **na stole montażowym**.

Ad 5.

Tyle cylindrów, z ilu kolorów jest tworzony wzór drukarski, zostaje wytoczonych do jednakowego obwodu, wyszlifowanych, wypolerowanych, odtłuszczonych i pokrytych równomiernie (**w powlekarce**) cienkim filmem **emulsji światłoczułej**. **Ta emulsja to koloid** (np. żelatyna, albumina, zmydlony szelak lub polialkohol winylowy (PAV)), **uczulony sensybilizatorem** – związkami wrażliwym na penetrację światła białego (najczęściej to dwuchromian amonu lub potasu), ze **środkiem konserwującym**. Tak przygotowany cylinder zostaje poddany ekspozycji światłem białym, przechodzącym przez diapozytyw (pojedynczy lub złożony). Wtedy w warstwie światłoczułej zachodzi proces garbowania, czyli w dwuchromianie (a. lub b.) 6-wartościowy Cr przechodzi w 3-wartościowy, który „atakuje” cząstki suchego koloidu i tworzy z nimi duże cząstki, nierozpuszczalne w wodzie. Następnie każdą naświetloną kopię wzoru „wywołuje

się” strumieniem wody. Koloid wypłukuje się z miejsc nie wystawionych na penetrację światła białego i na powierzchni cylindra ukazuje się negatywowa kopia wzoru, którą utrwala się roztworem barwiąco-garbującym i wypala się w temp. 130-250⁰ C. Wtedy na powierzchni cylindra tworzy się właściwa warstwa kwasoodporna.

Ww. emulsje to tzw. **emulsje gorące**. Są również **emulsje zimne (np. COPY-REX)**, łatwiejsze w obróbce, nie wymagające wypalania, ale bardzo toksyczne.

Cylindry drukarskie, pokryte negatywową kopią wzoru, **retuszuje się** specjalnym **lakierem kwasoodpornym**.

Ad 6.

Wyretuszowane cylindry, **wytrawiane są** w roztworach: **kwasu azotowego** (tzw. zatrawianie) oraz **chlorku żelazowego**, w urządzeniach zwanych **trawiarkami**. Właściwe trawienie odbywa się w wodnym roztworze chlorku żelazowego (o gęstości 37-39 stopni Be’). Jest ono wolniejsze, ale bardziej równomierne. Głębokość trawienia zależy od czasu trawienia, temperatury i stężenia roztworu. Urządzenie musi być zaopatrzone w wyciąg (proces szkodliwy – tlenki azotu!). Proces trawienia musi być dokładnie kontrolowany, ponieważ ma zasadniczy wpływ na jakość uzyskanego rytu. Po wytrawieniu na powierzchni cylindra uwidacznia się ryt wklęsły o głębokości 0,01-0,18 mm. Po zmyciu warstwy kwasoodpornej, czysty cylinder przekazywany jest rytownikowi.

Ad 7.

Rytownik, po ocenie jakości rytu i zgodności z projektem wzoru, wykonuje korektę rytowniczą, czyli usuwa błędy kopiowania, likwiduje ślady łączenia raportów, czasem wzbogaca figury wzoru dodatkowymi efektami, wykorzystując swój kunszt i doświadczenie.

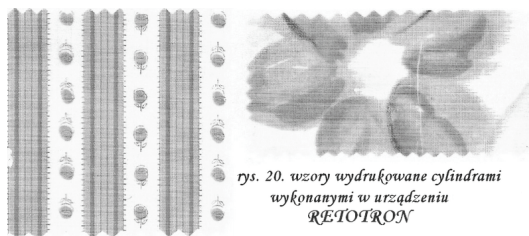
Po korekcie i wypolerowaniu powierzchni, wyrytowany cylinder drukarski można zabezpieczyć przed przedwczesnym zniszczeniem.

Ad 8.

Chrom jest metalem twardym, mało ścieralnym, wykazującym adhezję w stosunku do farb drukarskich. Proces chromowania powierzchni cylindra wyrytowanym wzorem odbywa się w urządzeniu (**rys. 13**) z kąpielą galwaniczną o składzie 250-450 g/l bezwodnika kwasu chromowego (trójtlenek chromu) z dodatkiem 1-1,2% 66% kwasu siarkowego, jako katalizatora. Urządzenie do chromowania musi posiadać sprawny system wentylacyjny (pary chromu- kancerogenne!). Grubość nałożonej warstwy chromu wynosi 0,002-0,005 mm. Powłoki chromowe powinny być gładkie, twarde, z wysokim połyskiem. Wtedy spełniają swoje zadanie.

Wspomnę jeszcze o nowszych technikach rytowania. Pisałam już o urządzeniu OLIVETTI, czyli nowoczesnym pantografie. Bardziej uniwersalne zastosowanie ma urządzenie o nazwie **RETOTRON, czyli elektroniczne urządzenie do rytowania cylindrów drukarskich systemem wkłęsło-drukowym**. Rytowanie cylindrów staje się tańsze, ponieważ odpadają kosztowne procesy fotograficzne, retuszierskie, kopiowania i wytrawiania (to ostatnie, czasami jako proces pomocniczy w druku tekstyliów). Korekta rytownicza jest znacznie uproszczona, a jakość lepsza niż w fotograwiurze. Do projektu wzoru wykonuje się czarno-biały rysunek (np. w komputerze), umieszcza go na tzw. wałku wyczuwającym. Sygnał świetlny odbierany jest przez fotokomórkę jako mniej lub bardziej intensywne impulsy i przekazywany do głowicy elektronicznej, która przetwarza je w sygnały sterownicze, sterujące rylcami diamentowymi. One rytują wzór po obwodzie cylindra i wzdłuż jego osi, bez śladu łączenia raportów. Istnieje możliwość rytowania linii rastra krzyżowego o różnej gęstości.

Urządzenie to może być stosowane do rytowania wszystkich rodzajów wzorów, wymienionych na stronie 7 i nie tylko.



rys. 20. wzory wydrukowane cylindrami wykonanymi w urządzeniu RETOTRON

Cylindry drukarskie mogą być wykonane nie tylko z miedzi, ale np. z twardego aluminium. W poligrafii stosowana jest ulepszona wersja Retotronu, zwana HELIOKLISZOGRAFEM, a w jeszcze nowocześniejszych urządzeniach zamiast rylcy diamentowych, wykorzystano promienie lasera.

Drukarnstwo wałowe, od jakiegoś czasu, straciło priorytet w technologii drukarskiej do druku tekstyliów na rzecz np. drukarstwa filmowego. Ale nadal cylindry drukarskie są rytowane wyżej wspomnianymi technikami i tymi starszymi i tymi nowocześniejszymi, do drukowania tkanin, dzianin i innych tekstyliów (np. włóknin, dywanów, tkanin runowych). Są miejsca na ziemi, gdzie można jeszcze spotkać pracujące klasyczne pantografy oraz rytowników rytujących ręcznie cylindry drukarskie. Ponadto cylindrami można drukować ceratę, tkaniny powlekane, papier (np. tapety, opakowania, czy tzw. potarkę) oraz tworzywa sztuczne. Cylindry wykonane z miedzi, mosiądzu, brązu, stali czy aluminium z rytem wkłętym, częściej wypukłym są stosowane do wytłaczania wzorów reliefowych na tekstyliach, tworzywach sztucznych, skórze, papierze, blasze, szkłe, drewnie i innych materiałach. Cylindry te wykonuje się zazwyczaj techniką moleterską, z zastosowaniem technik laserowych do rytowania molet, jak i całych cylindrów. Szczególnie dotyczy to tzw. wzorów rzeźbopodobnych, np. do odwzorowania wyglądu skóry zwierzęcej.

W fotorytowni ZPB „ESKIMO”, d. Zakładów L.Geyera, nie ograniczaliśmy się do wykonywania cylindrów do druku na różnych tekstyliach, ale wykonywaliśmy różne inne prace rytownicze z tych w.w. wspomnianych jak i do wytłaczania wzorów na tkaninach powlekanych (KALIKO), go-

frowania tkanin, do jedwabistego wykończenia tkanin metodą tzw. szrajneryzacji (Seidenfinisch) i szeregiem innych. Niestety, zakład upadł, ale zostały dobre wspomnienia i próbki naszych prac w zbiorach Centralnego Muzeum Włókiennictwa w Łodzi.

Pewien artysta malarz zauważył, że **„druk wałowy to gruntowanie tła, druk filmowy można porównać do muskania pędzlem po tle obrazu”**

Bibliografia

1. Encyclopedia of Textiles by the Editors of American Fabrics Magazin, USA 1960.
2. Cz. Rudziński, DRUK WKŁĘŚLY- ROTO GRAWIURA, Warszawa 1961.
3. J. Dorociński, Chemigrafia, Warszawa 1961.
4. Encyklopedia Techniki, Przemysł Lekki, PWN, Warszawa 1986.
5. Leksykon Naukowo -Techniczny z suplementem, Warszawa 1989.
6. H.G. De Vries , Textildrucke jetzt auch von elektronisch gravierten Zylindern, Der Druckspiegel” nr 10, October 1962, Stuttgart
7. H.G. Jacob, V. Schmudlach, Das Aetzen der Druchwalzen im Textildruck unter Beruecksichtigung der verschiedenen Graviervverfahren, “Melliand Textilberichte” nr 10, Oktober 1962, Heidelberg.
8. Maschinen fuer Gravier- Anstalten, Mulhausen (ElsaSS) –Werkstaette fuer Maschinenbau, vormals Ducommun
9. Kranich- Gesellschaft fuer Reproduktionsbedarf m. b. tt., Wien, 1930 (?)
10. Katalog usług VEB WALZENGRAVIERWERK – Frankenberg (Sachs) DDR.

„Plusze mają duszę!” Fabryka Wyrobów Runowych „RUNOTEX” S.A. Wczoraj i dziś

Seweryn Kapala

Fabryka Wyrobów Runowych „RUNOTEX” S.A. to firma założona przez braci Ernsta Wilhelma, Ludwika i Hugo Müllerów w roku 1907 pod nazwą „Bracia Müller i Spółka”.

Już od początku produkowano tu plusze, we własnej tkalni i farbiarni. W roku 1913 nazwa fabryki została zmieniona na „Towarzystwo Akcyjne Kaliskiej Pluszowni i Aksamitnej Manufaktury. W tym czasie do spółki przystąpił August Girmes, przedstawiciel spółki „John Girmes and Co” z Oedt nad Renem. Nazwisko Girmes w świecie włókienniczym nierozzerwalnie łączy się z rozwojem przemysłowej produkcji aksamitów i pozostałych pluszy. Fabryka rozwijała się znakomicie, nawet mimo „wielkiego kryzysu gospodarczego” w początkach lat 30-tych XX wieku. W roku 1935 dokupiono jeszcze niciarnię od towarzystwa „La Cotonniere”, którą zmodernizowano w roku 1936 pod kierunkiem prof. Pawła Prindisza już jako Przędzalnię Średnioprędną.

Asortyment produkcji w latach 30-tych to głównie genua-cordy, zamsze, aksamity, plusze odzieżowe i dekoracyjne, plusze meblowe drukowane, plusze samochodowe, kolejowe, kapy żakardowe a nawet dywany.

Po trudnym okresie wojny nastąpił okres dalszego rozwoju fabryki, szczególnie w zakresie inwestycji. W roku 1961 oddano do użytku nowy obiekt przy ul. Długosza o unikalnej jak na owe czasy konstrukcji strunobetonowej dachu i charakterystycznym jego kształcie w postaci wielkich szedów. Powierzchnia zabudowy to ponad 26 000 m². W budynku zlokalizowana zastała przędzalnia cienkoprzędna, wyposażona w najnowocześniejsze w tym czasie przędzarki obrączkowe firmy PLATTS, oraz tkalnia, w której uruchomiono najnowsze krosna pluszowe firmy VAN DE WIELE i krosna SAUER do produkcji genua-cordów i zamszów.

Duży potencjał wytwórczy wyrobów

tkanych spowodował konieczność modernizacji wykończalni. Budowa nowych obiektów i modernizacja istniejących doprowadziły do powstania wykończalni o powierzchni całkowitej ponad 25 000 m². Wykończalnia została wyposażona w nowoczesne suszarki ramowe firmy Famatex, agregaty drapiąco – strzyżące Mario Crosta, linię do wykończania aksamitów Leo Sistig, drukarkę filmowo – rotacyjną Zimmer, polrotory firm Turbo i Mortamet i w wiele innych specjalistycznych maszyn.

W latach 1969 – 72 w ramach ogólnoresortowego porządkowania nazw przedsiębiorstw w branży, nastąpiła zmiana nazwy fabryki, najpierw na Kaliskie Zakłady Pluszu „RUNOTEX” a następnie na Fabrykę WYROBÓW Runowych „RUNOTEX”.

Rok 1973 był dla fabryki okresem bardzo trudnym z powodu konieczności przeprowadzenia robót wzmacniających konstrukcję kablobetonową dachu hali produkcyjnej przędzalni cienkoprzędnej i tkalni. Została ustawiona siatka słupów podpierających konstrukcję dachu. Wiązało się to z ograniczeniem powierzchni produkcyjnej. Podjęto decyzję o likwidacji produkcji gnuarcordów i zamiszów. Park maszynowy w postaci krosien Sauer, maszyn wykończalniczych: krajarek wielonożowych, szczotkarek, postrzygarek, przekazano zakładom „Harmona” (później Rena-Cord) w Łodzi.

W latach 70-tych rozpoczęto wzbogacanie struktury asortymentowej ze szczególnym naciskiem na produkcję tkanin – sztucznych futer wielopoziomowych wysokowłosowych. Okres ten to również początek dziennej futerkowej. Zastosowana unikalna technologia „sliver knitting” (dzianie z taśmy na dziewiarkach firmy WILDMAN) dała szerokie możliwości produkcji sztucznych futerek, dzianin zabawkarskich, dekoracyjnych i innych.

Technologia ta do dziś przynosi wiele korzyści również w produkcji wyrobów zdrowotnych z runem wełnianym (pościel, poduszki, koce).

W latach 1985 – 86 nastąpiła gruntowna modernizacja przędzalni średnio-przędnej. W wyremontowanych halach po-

wstała nowoczesna na owe czasy bezwzręczonowa przędzalnia bawełny wyposażona w przędzarki OE czeskie BD 200 RCE.

Dalsze losy fabryki, związane z czasami transformacji w początkach lat 90 – tych były związane z koniecznością dostosowania się do potrzeb rynkowych. Zlikwidowana została przędzalnia cienkoprzędna, bowiem koszty wytwarzania klasycznych przędz bawełnianych stały się poważną barierą w działalności finansowej fabryki.

Fabryka brała udział w programie Narodowych Funduszy Inwestycyjnych już jako spółka akcyjna powstała w ramach powszechnej prywatyzacji.

Od roku 2000 rozpoczyna się najnowsza historia fabryki. Spółka staje się własnością prywatnych właścicieli i następuje długofalowy proces restrukturyzacji fabryki. Następuje koncentracja parku maszynowego na terenach przy ul. Długosza, a zbędne powierzchnie zagospodarowano przez zbycie oraz wynajem.

Aktualny asortyment produkcji to pluszowe i płaskie tkaniny meblowe, w tym żakardowe, dla transportu publicznego (pociągi, autobusy, metro), tkaniny odzieżowe szczególnie bardzo szlachetny aksamit bawełniany, tkaniny dekoracyjne, tkaniny techniczne z przeznaczeniem na wałki malarskie i mopy, dzianiny futerkowe na zabawki, sztuczne futra, dekorację itp.

Powróćmy jednak do technologii i techniki wytwarzania pluszy. O dzianinach była mowa wcześniej. Technika „sliver knitting” (dziania z taśmy) polega na tym, że w każde oczko dzianiny powstającej na szydełkarce cylindrycznej, wplata się jest pęczek włókien podawanych ze specjalnego zgrzebla. Cały proces jest prowadzony z kolorowych włókien uformowanych uprzednio w taśmę czesankową. Zatem nie ma tu procesu barwienia dzianin. Powstaje dość luźna struktura wyrobu, który musi być odpowiednio wykończony, ze szczególnym uwzględnieniem właściwego zamocowania włosa. Proces wykończenia polega na podklejeniu dzianiny, co daje konieczne zamocowanie runa oraz na obróbce wierzchniej strony wyrobu, nadającej odpowiednie upo-

rządkowanie włosa.

Wykończenie dzianin futerkowych jest w głównej mierze wykończeniem mechanicznym, składającym się z odpowiednio prowadzonych procesów drapania, strzyżenia, nabłyszczania, baranizowania, dostosowywaniu do różnych surowców i asortymentów.

Tkaniny pluszowe powstają jako plusze wątkowe i plusze osnowowe. Plusze wątkowe, bawełniane genua-cordy w fabryce już nie są produkowane. Produkcja tego asortymentu polegała głównie na wydobyciu prążka poprzez odpowiednie rozcięcie wątków runowych, a następnie nadanie prążkom właściwego kształtu i wyglądu. Efekt ten osiągnęto przez szczotkowanie wzdłużne i poprzeczne oraz strzyżenie. Wszystkie te operacje były prowadzone wielokrotnie zarówno dla tkanin surowych jak i wybarwionych.

Plusze osnowowe to obecna domena FWR „Runotex”. Powstają one w procesie tkania z trzech układów: osnowy zasadniczej, wątku i osnowy runowej. Na krośnie pluszowym dwuprzęsmykowym powstają dwie tkaniny połączone ze sobą osnową runową. Po rozcięciu na krośnie otrzymuje się dwie tkaniny w układzie „face to face”, czyli lustrzanego odbicia. Nie ma to może większego znaczenia przy wyrobach gładkich, ale już np. przy tkaninach żakardowych jest to bardzo ważny problem przy opracowywaniu wzorów.

Jak w każdym pluszu istotę wyrobu stanowi runo, czyli przecięta przędza z osnowy runowej. Cała sztuka wykończenia takich tkanin polega na odpowiedniej obróbce tego runa tak, aby otrzymać jednorodną powierzchnię i uzyskać właściwy wygląd. Generalnie wykończenie pluszy to obróbka mechaniczna z wieloma procesami drapania, strzyżenia, nabłyszczania, podklejania i ewentualnie drukowania. Plusze kolorowo tkane posiadają krótszy proces technologiczny, natomiast plusze barwione znacznie wydłużony.

Barwiony plusz to w głównej mierze aksamit bawełniany. Jest wielką sztuką prowadzenie procesu barwienia i wykończenia

tak, żeby bardzo bardzo delikatny aksamit, o bardzo krótkim runie, w końcowym efekcie wyglądał jako bardzo szlachetna, miękka w dotyku, lejąca się tkanina z włosem ułożonym prostopadle do podszewki.

Barwienie z reguły prowadzi się na barwiarkach zwrotnych, barwnikami reaktywnymi i bezpośrednimi światłotrwale. W historii fabryki wspomnieć należy o barwieniu aksamitu barwnikami lodowymi. Bawełna jak wiadomo bardzo dobrze reaguje na alkalia, a proces naftolowania, prowadzony w tym środowisku, wpływał bardzo korzystnie na wygląd runa. Ponadto czerwienie naftolowe, bardzo żywe i czyste, znajdowały wielu zwolenników. Jest to już jednak historia. Procesy suszenia i apretowania aksamitów bawełnianych wymagają specjalistycznego parku maszynowego. W trakcie przejścia przez linię produkcyjną aksamit jest poddawany naprzemiennie wielu operacjom drapania, podsuszania, intensywnemu klepaniu i stabilizacji na ramie.

Plusze to unikalne wyroby włókiennicze, przy produkcji których o efekcie końcowym decydują nie tylko surowce i park maszynowy, ale również doświadczenie zawodowe.

I jeszcze jedno trzeba dodać: **„Plusze mają duszę!”**.

Seweryn Kapała
mgr inż. Włókiennik.
Pracownik firmy od 1969 r.

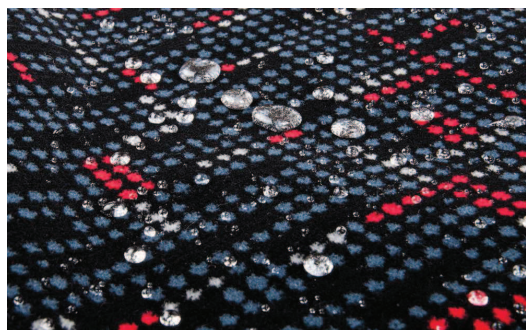
Kalisz 17.05.2016 r.



Fot. 1. Zmieniliśmy swój wizerunek



Fot. 2. Dżianina futerkowa



Fot. 3. Tkanina brudoodporna stosowana w środkach transportu



Fot. 4. Szydełkarka cylindryczna do wytwarzania dzianin z okrywą futerkową



Fot. 5. Krosna pluszowe



Fot. 6. Tkanina meblowa

Bal Kolorystów 2016 r.

Izabela Oleksiewicz

W sobotę 30.01.2016 r. w *Restaurant Fabrykant* przy ulicy Siedleckiej w Łodzi odbył się coroczny Bal Kolorystów. Uroczystość rozpoczęła się o godz. 19.00 i zgodnie z tradycją otworzył ją Prezes Stowarzyszenia Polskich Chemików Kolorystów dr inż. Bogumił Gajdzicki. W przemówieniu powitał wszystkich zgromadzonych gości i wniósł toast lampką szampana. Tegoroczny bal zgromadził na parkiecie 128 członków i sympatyków Stowarzyszenia. Zabawę tańczącą prowadził didżej, u którego można było zamówić piosenkę z dedykacją. Zabawa była okazją do przećwiczenia różnych form tańca. Tylko niewielka część uczestników balu postanowiła uatrakcyjnić swój wygląd, decydując się na kolorowe dodatki w postaci peruk, korowych kapeluszy i różnego rodzaju gadżetów.

Uzupełnieniem dobrej zabawy były suto zastawione stoły i różnorodność podawanych potraw. Kucharze zadbali, aby każdy uczestnik, nawet najbardziej wybredny, zaspokoił swój głód. Tradycją naszych spotkań karnawałowych jest „wiejski stół”. Stanowi on wspaniałą atrakcję kulinarną. Uginał się pod ciężarem wyłożonych kielbas, szynki, baleronów i boczków. Na wozie znajdowała się dębowa beczułka z tradycyjnym polskim napojem, który znalazł uznanie degustujących go amatorów. Kącik wiejski cieszył się dużym zainteresowaniem wszystkich smakoszy swojskiego, tradycyjnego polskiego jadła.

Ogromne podziękowania dla organizatorów za wspaniałe przygotowaną zabawę, która oprócz przyjemnej rozrywki dostarcza nam również okazji do spotkań towarzyskich, na które żyjąc w ciągłym pośpiechu, brakuje wciąż czasu.



Fot. 1. Toast powitalny prezesa SPChK



Fot. 2. Wiejski stół pełen obfitości...



Fot. 3. Jak zabawa, to zabawa...

