



JANA DANNHOFFEROVÁ

VELKÁ KNIHA BAREV

KOMPLETNÍ PŘÍVODCE
PRO GRAFIKY, FOTOGRAFY
A DESIGNÉRY

computer
press

Jana Dannhoferová

Velká kniha barev
Kompletní průvodce pro grafiky, fotografy
a designéry

Computer Press
Brno
2012

Velká kniha barev

Kompletní průvodce pro grafiky, fotografy a designéry

Jana Dannhoferová

Obálka: Martin Sodomka

Odpovědný redaktor: Michal Janko

Technický redaktor: Jiří Matoušek

Objednávky knih:

<http://knihy.cpress.cz>

www.albatrosmedia.cz

eshop@albatrosmedia.cz

bezplatná linka 800 555 513

ISBN 978-80-251-3785-7

Vydalo nakladatelství Computer Press v Brně roku 2012 ve společnosti Albatros Media a. s.
se sídlem Na Pankráci 30, Praha 4. Číslo publikace 16 556.

© Albatros Media a. s. Všechna práva vyhrazena. Žádná část této publikace nesmí být kopírována
a rozmnožována za účelem rozšiřování v jakékoli formě či jakýmkoli způsobem bez písemného
souhlasu vydavatele.

1. vydání

 **ALBATROS** MEDIA a.s.

Obsah

Úvod	9
Co v knize najdete	9
Komu je kniha určena	9
Konvence užitá v knize	9
Vzkaz čtenářům	10
Typografické konvence použité v knize	11
 KAPITOLA 1	
Působení barev	13
Fyzikální působení barev	15
Spektrum elektromagnetického záření	15
Spektrum viditelného světla	20
Achromatické světlo a barva povrchu	20
Vztah mezi barevným světlem a barevným povrchem	22
Fyziologické působení barev	23
Stavba a činnost zrakového ústrojí	24
Teorie barevného vidění	29
Akomodace oka	31
Adaptace oka	32
Purkyňův jev	33
Vnímání barev v zorném poli	34
Poruchy barvocitu	36
Testování poruch barevného vidění	39
Psychologické působení barev	42
Jak se léčí barvami	42
Symbolika barev	44
Barvy a diagnostika osobnosti	50
Barvy a synestezie	52
Podobnost barev a tvarů	54
Bezpečnostní význam barev	55
Optické klamy založené na působení barev	56
Následný kontrast	57
Současný kontrast	59
Iradiace	63

KAPITOLA 2

Teorie barev	65
Základní atributy barev	66
Barevný tón	66
Světlost	69
Uspořádání barev podle světlosti	70
Uspořádání barev podle sytosti	73
Světlostní a sytostní proměny barevných tónů	76
Barvy chromatické a achromatické	79
Vybrané názvosloví barev	86
Principy míchání barev	88
Aditivní míchání barevných světél	89
Subtraktivní míchání barevných pigmentů	91
Míchání dvou barev v pruhu	93
Míchání tří barev v trojúhelníku	96
Míchání čtyř barev ve čtverci	96
Kontrasty barev	97
Kontrast barevných tónů	100
Světlostní kontrast	102
Sytostní (kvalitativní) kontrast	111
Teplotní kontrast	113
Kontrast barev aktivních a pasivních	117
Komplementární kontrast a barvy doplňkové	118
Simultánní kontrast	127
Kvantitativní kontrast	130
Plošné a prostorové uspořádání barev	131
Newtonův kruh barevných světél	132
Goethův šestidílný kruh barev	133
Rungeho barevná koule	135
Munsellův barevný prostor	137
Ostwaldův barevný dvojkužel	139
Ittenův dvanáctidílný barevný kruh	143
Měření a matematické vyjádření barev	145
Mezinárodní komise pro osvětlování (CIE)	146
Trichromatická měrná soustava	146
Chromatický diagram CIE 1931	147

KAPITOLA 3

Soulad barev	149
Soulad a nesoulad barev	149
Nesoulad aneb když spolu barvy neladí	150
Soulad versus harmonie	150
Původ barevného souladu	151
Pomůcky pro určování barevného souladu	152
Barevný trojúhelník	152
12dílný barevný kruh	155
24dílný barevný kruh	161
Principy návrhu barevných sestav	163
Dyády	163
Triády	164
Tetrády	166
Hexády	168
Odvozování variant	168
Barevné sestavy	169
Achromatická sestava	171
Achromatická sestava s barevnou dominantou	179
Monochromatická sestava	181
Analogická sestava malých barevných rozdílů	184
Analogická sestava středních barevných rozdílů	186
Trojitá sestava (triáda)	189
Komplementární sestava	191
Rozdělená komplementární sestava	193
Sestava dvojitého komplementu	193
Polychromatická sestava	195
Disharmonická sestava	195
Hledání barevného souladu	213
Vytváření abstraktních barevných sestav	213
Zákony plošného vyvážení barev	214
Zákony barevné perspektivy	219
Kompozice barev a estetické kategorie	221
Proměnlivé výrazy barev	223
Nejdůležitější pravidla pro používání a kombinování barev	226

KAPITOLA 4

Barvy v počítačové grafice 229**Reprezentace barev v počítači 231**

Přímé vyjádření barev v počítači 231

Barevné palety 233

Barevné prostory 235

Gamut 236

Barevný prostor RGB 238

Barevné prostory odvozené od RGB 240

Barevný prostor CMY 241

Barevné prostory HSV a HLS 242

Barevný prostor Lab 247

Srovnání barevných prostorů 249

Barvy na perifériích počítače 251

Barvy na obrazovkách a monitorech 251

Z monitoru na tiskárnu 252

Tisk barevného obrazu 253

Standardizované vzorníky barev 254

Obor zvaný Color management 256

Barvy v typografii 257

Barvy a design webových stránek 259

Barvy v HTML kódu 259

Pojmenování webových barev 262

Paleta bezpečných webových barev 264

Barvy a zásady přístupného webu 267

Barevné sestavy určené pro webové stránky 273

Pravidla používání barev na webových stránkách 281

KAPITOLA 5

Barvy v uměleckých oborech 283**Barvy ve fotografii 283**

Počátky barevné fotografie 284

Principy barevné digitální fotografie 286

Pixely a megapixely 287

Barevná teplota 289

Vyvážení bílé barvy 290

Fotografické filtry pro korekci barev 295

Barevná skladba fotografického obrazu 304

Barvy ve výtvarném umění	311
Odvozování barevných odstínů	311
Členění barevných pigmentů podle původu	313
Barvy v interiérovém designu	314
Optické působení barev v interiéru	314
Světlé a tmavé barvy v interiéru	315
Syté a méně syté barvy v interiéru	316
Teplé a studené barvy v interiéru	317
Rady pro optické zvětšení a zmenšení prostoru	319
Jednobarevný interiér	320
Výběr barevných variant	321
Barvy v různých typech interiéru	323
Barvy, které nám sluší	326
Barevná typologie	326
Jarní typ	327
Letní typ	328
Podzimní typ	329
Zimní typ	330
Barvy v odívání	330
Přílohy	332
Přehled praktických návodů pro práci s barvami	332
Anglicko-český slovník základních pojmů	334
Odstíny základních barev	335
Názvy barev	341
Literatura	346
Elektronické zdroje	348
Rejstřík	350

Úvod

Cílem knihy, kterou právě držíte v ruce, je přinést bohatý a přehledný materiál o teorii barev a jejich uplatnění v praxi. V knize jsou shrnuty poznatky o barvách, které souvisí s různými vědeckými obory i uměleckými disciplínami. Přestože se v knize objevují odborné pasáže textu (např. z fyziky, lékařství, psychologie), je psána srozumitelnou formou tak, aby jim porozuměl i čtenář, který se příslušným oborům profesně nevěnuje.

Co v knize najdete

Přestože je téma teorie a praxe barev velmi obsáhlé, najdete v následujících kapitolách to nejdůležitější. První kapitola se věnuje tomu, jak barvy vznikají, jak je vnímáme a jak na nás působí. Druhá kapitola popisuje základní atributy barev a jejich vzájemné protiklady, principy míchání barev, jejich uspořádání a měření. Třetí kapitola přináší důležité informace o barevném souladu a užitečné rady, pravidla a pomůcky pro kombinování barev. Protože se řada lidí neobejde ve své profesi bez počítače, zaměřuje se čtvrtá kapitola na reprezentaci barev v počítači a na jeho perifériích (zejména na monitoru a tiskárně). (Cílem této knihy však není popisovat poměrně obsáhlou a pro laika obtížnou oblast správy barev v počítači, která by vydala na samostatnou knihu.) Ačkoliv z klasické teorie barev vychází všechny umělecké obory, seznámí vás pátá kapitola s tím, jak k barvám přistupují některé z nich. Největší prostor je věnován barvám ve fotografii, dále pak ve výtvarném umění, interiérovém designu, odívání či stylistice. Kniha čerpá z různých zdrojů, které jsou sepsány v jejím závěru. Mimo jiné zde naleznete také anglicko-český slovník základních pojmů nebo seznam často používaných názvů barev.

Komu je kniha určena

Kniha je určena všem čtenářům, kteří se laicky či profesně zajímají o barvy a kteří rádi získají v této oblasti nové informace. Přestože je vhodné se při výběru barev řídit spíše vlastními pocity než pravidly, zaměřuje se kniha zejména na čtenáře, kteří pracují s barvami, ale nemají vrozený cit pro jejich kombinování. Užitečné rady naleznou v knize i ti z vás, kteří jsou esteticky zdatní a vztahům mezi barvami rozumí. Vždyť kompozice barev je ze všech estetických kategorií tou nejsložitější a špatnou kombinací barev se dá hodně pokazit.

Konvence užitě v knize

Nadpisy kapitol jsou v knize členěny do tří úrovní. Běžný výkladový text je psán obyčejným písmem, cizí slova, názvy kapitol či publikací, na které je v textu odkaz, jsou zvýrazněny kurzivou, důležité pojmy tučným řezem písma a zvýraznění položek seznamu tučnou kurzivou.

Kromě základního textu zde naleznete také poznámky, zajímavé tipy, odkazy a důležitá upozornění. Tyto speciální odstavce jsou v textu indikovány grafickými ikonami Poznámka, Tip, Odkaz a Důležité. Každá tabulka a obrázek jsou opatřeny samostatným titulkem, který stručně charakterizuje jejich obsah. Určité téma lze vyhledat buď podle obsahu v úvodu knihy nebo vyhledáním hesla v rejstříku, který je umístěn v závěru.

Praktické návody, jejichž přehled naleznete v závěru knihy, jsou umístěny u kapitol, které jsou jim tematicky nejbližší. Většina návodů je zaměřena na pracovní postupy v grafických editorech počítače. Pokud je v praktických návodech potřeba najednou stisknout kombinaci kláves, jsou klávesy uvedeny v pořadí jejich stisku a mezi nimi je vložen znak + (plus). Klávesové zkratky jsou platné pro operační systémy Windows. V případě, že používáte operační systém Macintosh, stačí nahradit klávesu Ctrl klávesou ⌘.

Vzkaz čtenářům

Nebojte se barev! Život bez nich by byl nudný a jednotvárný. Ale myslete také na to, že příliš mnoho barev pohromadě vyvolává chaos. Pamatujte na to, že barvy a jejich kombinace mají na nás obrovský vliv. Upoutávají naši pozornost, předávají poselství a vyvolávají v nás určité emoce, ať už pozitivní, nebo negativní. Poznatky o vztazích mezi barvami popsané v této knize můžete cíleně využít k tomu, abyste navodili pocit uklidnění, okouzlení, ohromení nebo naopak podráždění, znepokojení či naštvání.

Mějte oči otevřené a pozorujte barvy, které se nacházejí ve vašem okolí. Vždyť inspirace pro kombinace barev k vám mohou přijít odkudkoli. A nezapomeňte, že klíčem k úspěchu je experimentování s barvami.

Doufám, že se vám tato kniha stane užitečným pomocníkem při výběru a kombinování barev a že odpoví na všechny vaše dotazy. Přeji vám mnoho úspěchů při objevování jedinečných odstínů barev a při vytváření okouzlujících barevných sestav.

Červenec 2012

Jana Dannhoferová
jana.dannhoferova@gmail.com

Na tomto místě bych ráda poděkovala mé rodině za velkou trpělivost a podporu, kterou mi poskytl během psaní této knihy.

Typografické konvence použité v knize



Poznámka: Doplnující informace a poznatky.



Tip: Stručná praktická rada či postup zvyšující efektivitu práce.



Odkaz: Odkaz na jinou kapitolu nebo stranu knihy.



Praktické postupy a ukázky.



Důležité: Důležité informace a upozornění.

Ucelené doplňující informace o jednom konkrétním fenoménu.

Působení barev

V této kapitole:

- Fyzikální působení barev
- Fyziologické působení barev
- Psychologické působení barev
- Optické klamy založené na působení barev

Předpokladem toho, abychom mohli vnímat barvy, které nás obklopují, je dostatek světla. Na světlo reagují naše zrakové orgány – vysílají impulsy do mozku a teprve tam vzniká konečný barevný vjem.

Vnímání barev ovlivňuje celá řada faktorů. To je důvod, proč různé vědní disciplíny nahlízejí na tento proces zcela odlišným způsobem. Důsledkem je mnohdy nejednotná terminologie, ale také obtížné vymezení samotného pojmu barva, který nelze definovat bez bližší charakteristiky.

Vnímání barvy v různých oborech

Na barvu je v různých oborech lidské činnosti pohlíženo odlišně. Ve fyzice je barva objektivně měřitelnou veličinou, která závisí na spektrálním složení dopadajícího a odraženého světla. Pro Isaaca Newtona byla barva čistě vlastností světelných paprsků.



Poznámka: Fyzikální a fyziologické působení barev nejlépe vystihuje výrok Isaaca Newtona: „Ve fyzice žádné barvy neexistují, ve fyzice existuje pouze spektrum. Barvy existují pouze v našich očích a v našem mozku.“

V psychologii není barva ani tak vlastností světla, ani vlastností objektu, ale vyjádřením zrakového vjemu vyvolaného světelným paprskem určité vlnové délky. V tomto procesu hrají důležitou

roli charakteristiky lidského oka jako zrakového orgánu, ale zprostředkovaně také lidské myšlení a získané zkušenosti.



Poznámka: Podle M. Dohnala je barva atributem vizuálního vjemu daného kombinací chromatických a achromatických složek.

V umění a výtvarné výchově má barva naopak čistě subjektivní charakter. Je považována za nedílnou součást vizuální a estetické podoby uměleckého díla. Například ve fotografii představuje barva důležitý prostředek pro vyjádření pocitů a myšlenek autora a práce s barvou je shrnuta do samostatného skladebného postupu tvorby obrazu.

Dříve než se pustíme do zkoumání specifických vlastností barev, je nutné objasnit základní fyzikální, fyziologická a psychologická hlediska uplatňovaná při posuzování barevnosti. Zdravý člověk barvy určitým způsobem vnímá a naopak barvy na člověka nějak působí.

- **Fyzikální působení barev** – spočívá ve viditelné části elektromagnetického spektra, které zahrnuje různé druhy světelných paprsků, ale také například v různé míře odrazivosti ploch (například světlé plochy světlo více odrážejí a tmavé plochy jej více pohlcují).
- **Fyziologické působení barev** – je založeno na účincích světla na lidský organismus, zejména na lidský zrak a mozek, ale také na další anatomické funkce (například kontrasty barev mohou vyvolat následné (negativní) paobrazy, barvy rovněž ovlivňují náš vegetativní systém).
- **Psychologické působení barev** – vychází z účinků barev na naši psychiku, zahrnuje také různé asociace, symboliku, syntézu či stimulace, které v nás barvy vyvolávají (například teplé barvy jsou více aktivní a působí vzrušivě, kdežto studené barvy nás většinou uklidňují).
- **Vizuální působení barev** – je dáno tím, jak se barvy projevují v ploše či prostoru (například teplé barvy mají tendenci v obraze vystupovat do popředí, chladné barvy naopak ustupovat do pozadí).

Někdy se mluví také o asociativním působení barev (například červenou barvu si většinou spojujeme s krví, žlutou se sluncem, zelenou s přírodou, modrou s vodou, růžová působí sladce, bílá čistě atd.). Asociativní působení barev je speciálním případem psychologického působení barev.



Důležité: To, jak barvy vnímáme a jak nás ovlivňují, je dáno právě jejich fyzikálním, fyziologickým a psychologickým působením.

Fyzikální působení barev

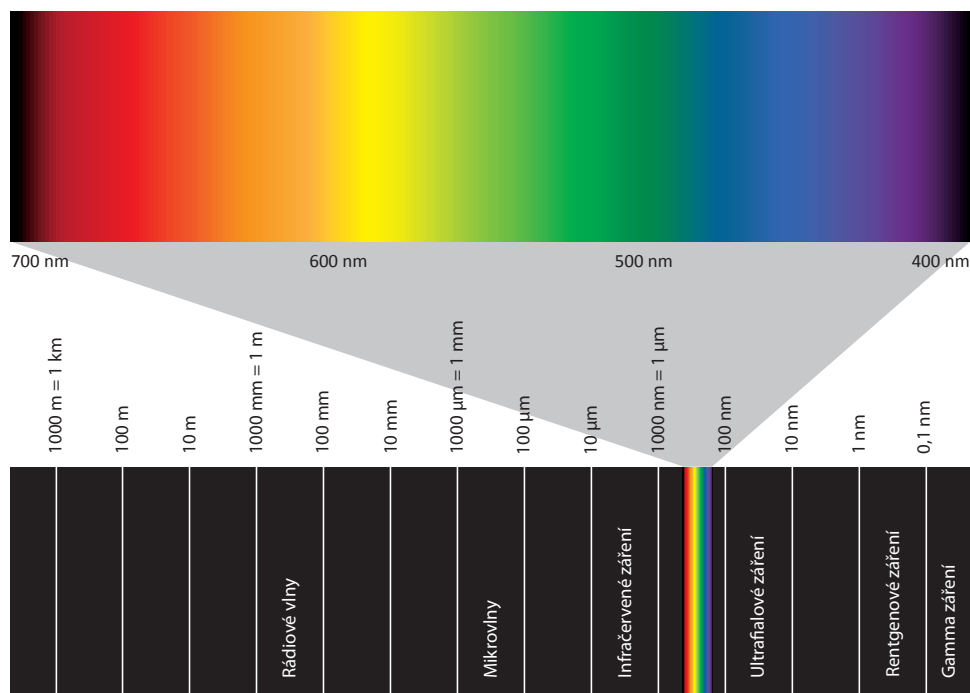
Světelný zdroj (například slunce nebo žárovka) vysílá světelnou energii do svého okolí. Světlo dopadá na povrch objektů, kde je v závislosti na vlnové délce část světelných paprsků pohlcena a část paprsků je odražena zpět do okolí. Kombinaci světelných paprsků přítomných v odraženém světle pak vnímáme jako barvu objektu.



Důležité: Ve fyzice není barevné vidění nic jiného než určitý způsob vizualizace světelné energie. Každá barva závisí na spektrálním složení dopadajícího světla, ale také na tom, kterou část spektra předmět odráží.

Spektrum elektromagnetického záření

Elektromagnetické záření se šíří rychlostí přibližně 300 000 km za sekundu. Skládá se ze dvou neoddělitelných složek: elektrické a magnetické energie. Elektromagnetické záření různých vlnových délek tvoří spektrum, ve kterém je možné rozlišit různé druhy záření (například rádiové vlny, mikrovlny, infračervené, ultrafialové záření, rentgenové záření, gama záření).



Obrázek 1.1 Elektromagnetické spektrum

Žádné z uvedených druhů záření, jejichž podrobnější charakteristiku naleznete v následující tabulce, však není možné zaznamenat lidským okem.

Tabulka 1.1 Druhy elektromagnetického záření

Druh záření	Vlnová délka	Zdroj a způsob využití
Rádiové vlny	1 km až 1 dm	Jsou vyzařovány anténami. Využívají se pro rádiové a televizní vysílání či mobilní telekomunikaci.
Mikrovlny	1 dm až 0,1 mm	Využívají se například v mikrovlnné troubě k ohřevu potravin, ale také pro bezdrátovou komunikaci u počítačových Wi-Fi sítí.
Infračervené záření	0,1 mm až 740 nm	Infračervené záření, které je vyzařováno rozžhavenými tělesy, jsme schopni vnímat pouze kůží jako teplo. Vidět jej můžeme jen pomocí speciálních přístrojů (například brýlí pro noční vidění).
Ultrafialové záření	380 nm až 10 nm	Zdrojem ultrafialového záření (nebo též UV záření) jsou objekty zahřáté na velmi vysokou teplotu. Typickým příkladem je slunce, před jehož paprsky nás přirozeně chrání ozónová vrstva. Tento typ záření je často využíván také ve finančním sektoru. Ochranné prvky na bankovkách se totiž díky němu stanou viditelné.
Rentgenové záření	10 nm až 1 pm	Rentgenové záření má schopnost pronikat různými materiály. Je známé především z lékařství, kde se využívá například k diagnostice zlomenin.
Gama záření	Menší než 1 pm	Gama (jaderné) záření dosahuje velmi krátkých vlnových délek. Je produktem rozpadu radioaktivních látek, vyznačuje se velkou pronikavostí a věnuje se mu obor jaderná fyzika.



Důležité: Mezi jednotlivými druhy elektromagnetického záření neexistuje ostrá hranice. Jejich přechody se mohou i částečně překrývat, proto je vymezení přesné hranice jejich intervalu v rámci elektromagnetického spektra velmi obtížné.

Některé měrné jednotky používané pro vyjádření různých vlnových délek elektromagnetického záření nejsou mezi laiky běžně používané. Proto je vhodné zmínit také základní převodní principy mezi nimi. Zkratka **nm** označuje nanometry, zkratka **pm** označuje pikometry.

Tabulka 1.2 Převody základních jednotek délky

1 milimetr (1 mm) = (10^{-3}) tisícina metru
1 mikrometr (1 μm) = (10^{-6}) milióntina metru
1 nanometr (1 nm) = (10^{-9}) miliardtina metru
1 pikometr (1 pm) = (10^{-12}) biliontina metru

Infračervené záření ve fotografii

Infračervené záření je pro člověka neviditelné. Většinou jej vnímáme pouze jako teplo produkované tepelnými zdroji (například sluncem). Často se označuje zkratkou **IR** (*Infra Red*).

Ve fotografii nachází uplatnění infračervené světlo, které je velmi blízké oblasti viditelného spektra (tzv. *Near Infra Red*, označované zkratkou **NIR**). Za normálních okolností je takové světlo ve fotografii nežádoucí. Můžete jej však kreativně využít pro vytvoření netradičních snímků.

Speciální infračervené filtry totiž umožňují propustit blízké infračervené paprsky, které pak mohou zaznamenat snímače běžných digitálních fotoaparátů. Klasická fotografie zase využívá speciální infračervené filmy, které mají zvýšenou citlivost na červenou barvu za hranicí viditelného spektra.



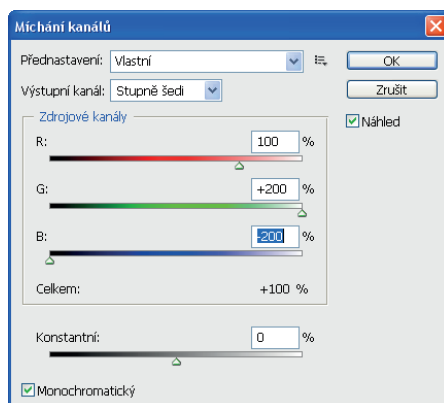
Infračervený efekt vytvořený v grafickém editoru

Následující návod vám poradí, jak vytvořit infračervený efekt v grafickém editoru. Nejlépe bude efekt vypadat na snímcích zelené krajiny s chomáčky bílých mraků na modré obloze.

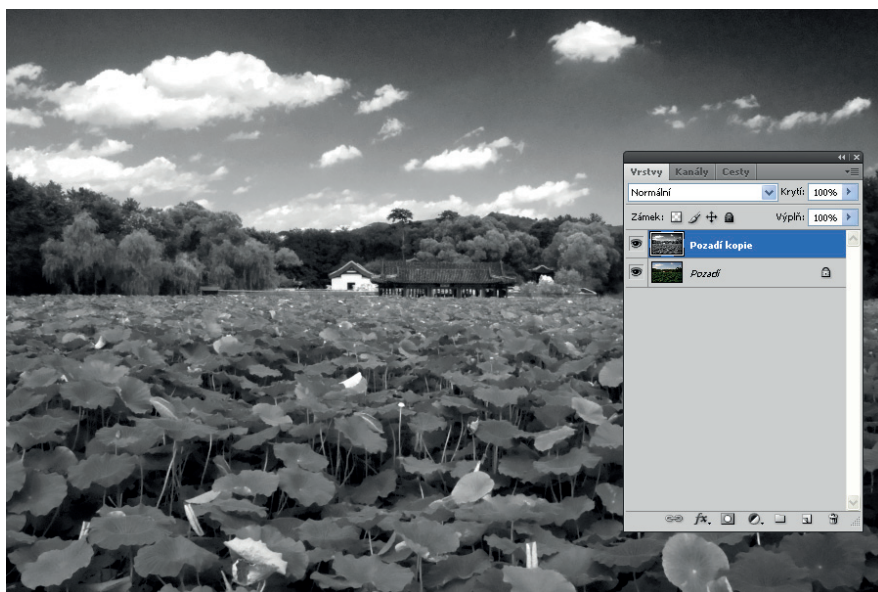


Obrázek 1.2 Originální barevný obrázek

1. V programu Adobe Photoshop otevřete barevný obrázek. Dříve než se pustíte do úprav, vytvořte kopii vrstvy s obrázkem. Zvolte příkaz z nabídky **Vrstva → Duplikovat vrstvu** a otevřené dialogové okno potvrďte.
2. Infračervený efekt vytvoříte například pomocí nástroje **Míchání kanálů**. Zvolte příkaz z nabídky **Obraz → Přizpůsobení → Míchání kanálů**.
3. Otevře se dialogové okno Míchání kanálů, ve kterém zaškrtněte políčko **Monochromatický**, kterým převeďte obrázek do odstínů šedé.
4. Ve skupinovém rámečku **Zdrojové kanály** přetáhněte posuvník **G** (pro zelený kanál) na hodnotu +200 a posuvník **B** (pro modrý kanál) na hodnotu -200. Posuvník **R** (pro červený kanál) ponechte na hodnotě 100 a dialogové okno potvrďte. Pokud zvolíte jiné hodnoty červeného, zeleného a modrého kanálu, dbejte na to, abyste v součtu dostali celkem 100 %.



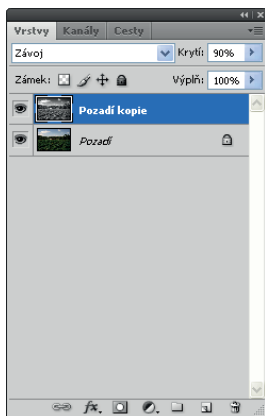
Obrázek 1.3 Dialogové okno Míchání kanálů



Obrázek 1.4 Černobílý obrázek s infračerveným efektem

Uvedeným postupem získáte černobílou fotografii s infračerveným efektem. Můžete ji ponechat buď v tomto stavu nebo pokračovat dalšími úpravami a vytvořit barevný infračervený efekt, který je založen na režimu prolnutí obou vrstev.

1. Stiskněte klávesu F7 nebo zvolte příkaz z nabídky **Okna → Vrstvy**.
2. Nyní upravte režim krytí vrstvy **Pozadí kopie**. V horní části panelu vyberte v rozbalovacím seznamu možnost **Zesvětlit** nebo **Závoj**, a případně ještě snižte hodnotu **Krytí**.



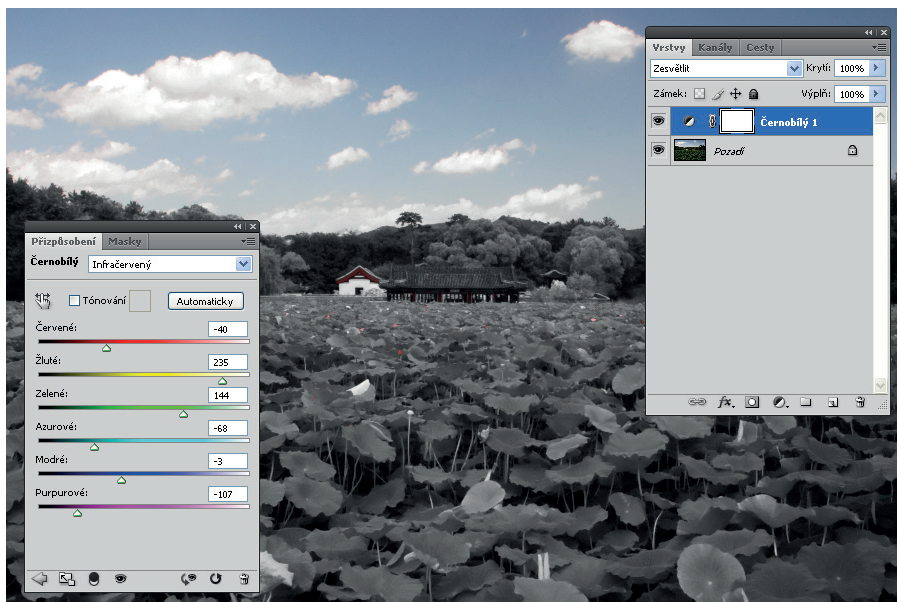
Obrázek 1.5 Panel Vrstvy



Obrázek 1.6 Upravený obrázek s režimem krytí Závaj



Poznámka: Poslední verze programu Adobe Photoshop disponují, oproti jiným grafickým editorům, vrstvou úprav Černobílý (**Vrstva → Nová vrstva úprav → Černobílý**), kterou můžete rovněž použít pro napodobení infračerveného efektu. V horní části panelu Přizpůsobení vyberte možnost **Infračervený** a upravte režim krytí horní vrstvy na **Zesvětlit**.



Obrázek 1.7 Použití vrstvy úprav Černobílý

Spektrum viditelného světla

V pásmu mezi infračerveným a ultrafialovým zářením se nachází relativně malá oblast (vlnových délek přibližně 380 až 740 nm), uvnitř které světelné paprsky vyvolávají v lidském oku světelný vjem. V závislosti na vlnové délce jej vnímáme jako barvu.

Z fyzikálního hlediska je barva chápána jako světelný paprsek určité vlnové délky. Dominantní vlnové délky tedy paprsků určují barevné tóny, které vytvářejí plynulou škálu základních barev. Paprsky s největší vlnovou délkou (kolem 720 nm) lidské oko interpretuje jako červenou barvu, paprsky středních vlnových délek (okolo 550 nm) jako zelenou a paprsky krátkých vlnových délek (kolem 400 nm) jako modrou až fialovou barvu.

Tabulka 1.3 Vlnové délky pro vybrané barvy (v nm)

Barva	Vlnová délka
Červená	625–740 nm
Oranžová	590–625 nm
Žlutá	565–590 nm
Zelená	500–565 nm
Azurová	485–500 nm
Modrá	440–485 nm
Fialová	380–440 nm

Vlnové délky světelných paprsků se obtížně určují a jsou uvedeny pouze přibližně. V barevném spektru totiž plynule přechází jedna barva v druhou. Vzhledem k tomu, že jednotlivé barevné tóny mezi sebou ve spektru plynule přecházejí, je spektrum často označováno jako spojité.



Poznámka: Uvedený výčet spektrálních barev bývá navíc doplněn **barvami purpurovými** (nachovými). Ty se ve spektru přímo nenachází, ale jsou výsledkem spojení červených a fialových světél. Umístíme-li tyto barvy mezi barvu červenou a fialovou, propojí se oba konce viditelného spektra barev a vznikne uzavřený kruh. V barevném spektru se nenachází barva černá a bílá.

Achromatické světlo a barva povrchu

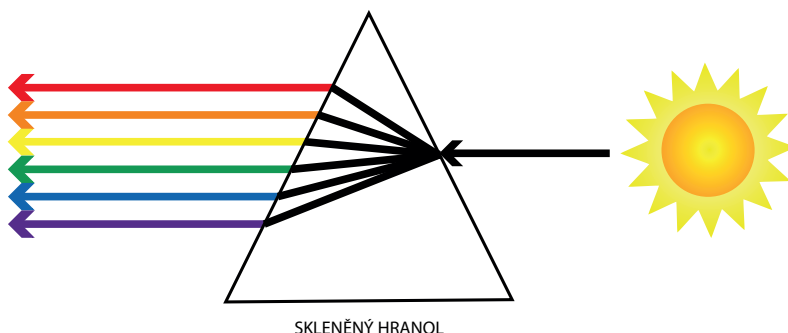
Zdroje viditelného světla mohou být buď **přírozené** (např. slunce, hvězdy, oheň), nebo **umělé** (např. žárovka, zářivka). Světelné zdroje většinou vysílají do prostoru paprsky všech vlnových délek, které se skládají ve výsledné bílé světlo (tzv. **achromatické světlo**). Achromatický zdroj světla se jeví jako bílý a jediným jeho atributem je intenzita.

Pokud bílé světlo dopadne na povrch nějakého předmětu, jsou paprsky některých vlnových délek povrchem předmětu pohlceny a jiné paprsky odraženy. Pohlcenými světelnými paprsky nemá smysl se zabývat, neboť takové paprsky lidské oko vůbec nezaznamená. Proto je vždy

důležité barevné složení odraženého světla. Kombinace vlnových délek odražených světelných paprsků totiž vnímáme jako barvu předmětu.



Poznámka: Spektrum je sada různých barevných tónů obsažených v bílém světle, které lze pozorovat při rozložení bílého světla optickým hranolem (např. **spektroskopem**). Spektroskop je pomůcka pro pozorování barevných složek světla.



Obrázek 1.8 Rozklad bílého světla skleněným hranolem

Vztahy mezi světelným paprskem a povrchem materiálu

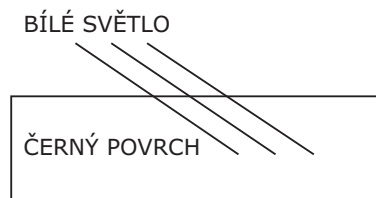
Základní vztahy mezi povrchy materiálů a světelnými paprsky jsou následující:

- Světelný paprsek prochází průhledným materiálem.
- Světelný paprsek je pohlcen povrchem materiálu.
- Světelný paprsek se odrazí od povrchu materiálu a změní svůj směr.

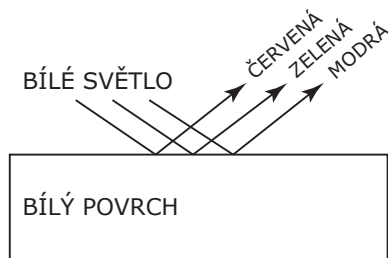
Z pohledu barevného vnímání je nejzajímavější poslední případ, kdy dochází nejen ke změně směru odraženého paprsku, ale také ke změně jeho barevného složení. To je ovlivněno původním barevným složením paprsku, ale i barvou povrchu materiálu. Povrch předmětu je většinou vnímán jako bílý, odrazí-li se více jak 80 % světelných paprsků. Černé povrchy většinou odrážejí méně jak 3 % paprsků.

Tabulka 1.4 Světlo odražené od červeného povrchu

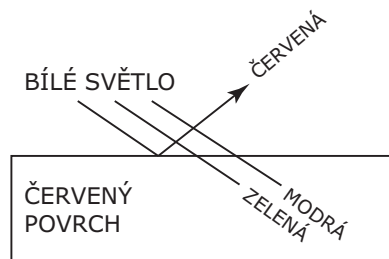
Barva povrchu	Způsob odrazu světelných paprsků
Bílý povrch	Odráží všechny světelné paprsky bílého světla.
Černý povrch	Pohlcuje všechny světelné paprsky.
Červený povrch	Pohlcuje modré a zelené paprsky bílého světla a červené paprsky odráží.
Modrý povrch	Pohlcuje červené a zelené paprsky bílého světla a modré paprsky odráží.
Zelený povrch	Pohlcuje červené a modré paprsky bílého světla a zelené paprsky odráží.



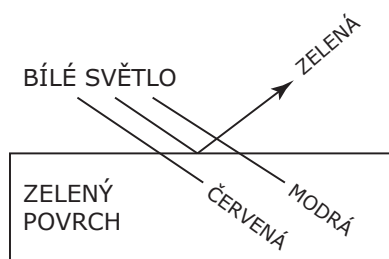
Obrázek 1.9 Bílé světlo a černý povrch



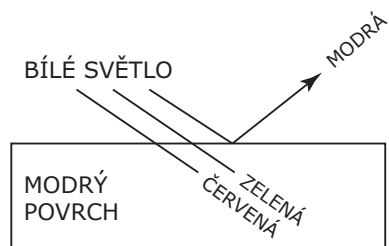
Obrázek 1.10 Bílé světlo a bílý povrch



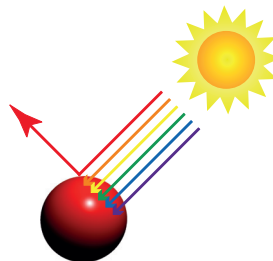
Obrázek 1.11 Bílé světlo a červený povrch



Obrázek 1.12 Bílé světlo a zelený povrch



Obrázek 1.13 Bílé světlo a modrý povrch



Obrázek 1.14 Světlo odražené od červeného povrchu

Z toho plyne, že například červený povrch se jeví jako červený pouze tehdy, odráží-li po dopadu bílého světla pouze (červené) paprsky dlouhých vlnových délek a pohlcuje paprsky krátkých a středních vlnových délek. To však nastane pouze v případě, kdy dopadající světlo opravdu červené paprsky obsahuje.

Vztah mezi barevným světlem a barevným povrchem

Světlo, které dopadá na povrch objektu, není vždy achromatické. To znamená, že i světlo může mít svou barvu. Chceme-li zkoumat vztahy mezi barvou světla, které dopadá na různě barevné povrchy, je potřeba nejprve zmínit dva základní principy, podle kterých vznikají různé odstíny barev. Míchání barevných pigmentů tak, jak jej známe z výtvarné výchovy, se totiž řídí jinými pravidly než míchání barevných světél.

- V prvním případě teoreticky získáváme barevné odstíny mícháním žlutého, červeného a modrého pigmentu, které dohromady dávají špinavou černou barvu.
- Ve druhém případě jsou základem pro míchání barev červené, zelené a modré světlo, jež dávají dohromady barvu bílou.



Odkaz: Více se o míchání barevných světél a barevných pigmentů dozvíte v kapitole *Principy míchání barev* na straně 88.

Co se stane, pokud se barevné (chromatické) světlo setká s barevným povrchem? Jak už bylo uvedeno, barva předmětu je dána nejen barvou dopadajícího světla, ale také schopností povrchu odrazit jen některé vlnové délky paprsků. Nedochází přitom k míšení barev ani podle zásad výtvarné výchovy, ani podle světelných pravidel.

Tak například bílý předmět osvětlený modrým světlem bude zabarven domodra. Oranžový předmět osvětlený modrým světlem bude vypadat jako šedý. Proč? Protože modrá a oranžová jsou dvě komplementární (doplňkové) barvy a jejich účinky se vzájemně ruší.



Odkaz: Vlastnosti komplementárních barev jsou popsány v kapitole *Komplementární kontrast a barvy doplňkové* na straně 118.

Posvítíme-li na červenou plochu modrým světlem, nezískáme (podle pravidel míchání barevných pigmentů ani podle pravidel míchání barevných světél) plochu purpurovou, ale plochu tmavou. Červená plocha totiž odráží pouze červené paprsky a modré paprsky pohlcuje. Pokud na červenou plochu dopadá modré světlo, které červené paprsky neobsahuje, tak v tomto případě nemá plocha co odrazit.



Důležité: Nezapomeňte, že barevné dojmy nezávisí jen na barvě předmětů, ale také na barvě a intenzitě osvětlení.

Oproti tomu purpurová plocha se jeví jako purpurová proto, že do oka odráží jak červené, tak modré světlo. Pokud na ni posvítíme modrým světlem, bude se jevit jako modrá a při osvětlení červeným světlem jako červená. Naopak, pokud na modrou plochu posvítíme purpurovým světlem, zůstane plocha stále modrá, protože se z purpurového světla odráží jen modré paprsky a červené paprsky budou pohlceny.

Fyziologické působení barev



Důležité: Světelné paprsky z oblasti viditelného spektra vyvolávají po dopadu na sítnici oka v mozku subjektivní barevný vjem. Z fyziologického hlediska je barva chápána jako vyjádření zra-
kového vjemu.

Fyziologické působení barev je postaveno především na činnosti zrakového ústrojí. Lidské oko zachycuje přicházející světelné paprsky, které skrze čočku dopadají na sítnici oka. Zde je světelná energie přeměňována na slabé elektrické impulsy, které jsou vedeny do zrakových center v mozku. Výsledný barevný vjem vzniká právě ve spolupráci s mozkem, který přicházející podněty analyzuje, zpracovává a přiřazuje jim význam ve formě barvy.



Poznámka: Uvádí se, že 80 až 90 % informací získává člověk ze svého okolí právě prostřednictvím zrakového ústrojí.

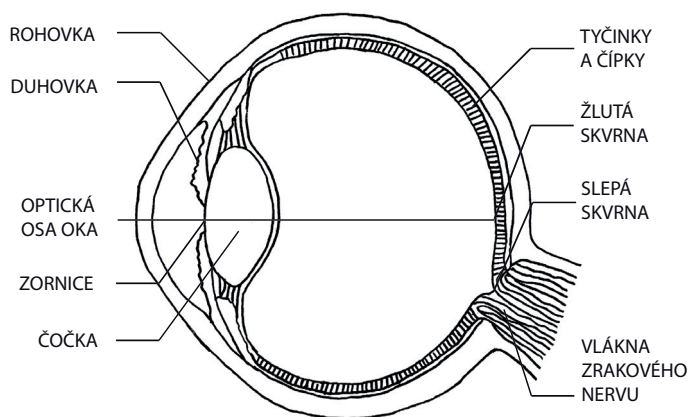
Stavba a činnost zrakového ústrojí

Řada pravidel pro práci s barvami vychází přímo z fyziologického působení barev. Proto je vhodné se s činností zrakového ústrojí blíže seznámit.

Všechny části lidského oka jsou průhledné, aby nedocházelo k rozptylu procházejícího světla. Oční koule měří v průměru 24 mm a její pohyb zajišťuje šestice svalů. Důležitou úlohu plní oční víčka. Uzavírají přístup světla do oka, ale hlavně chrání citlivou rohovku, udržují ji v čistotě a zvlhčují ji slznou tekutinou. Díky tomu je rohovka stále lesklá a dokonale průhledná. Oční koule je rozdělena do několika vrstev.



Odkaz: Pravidla pro používání a kombinování barev naleznete v kapitole *Nejdůležitější pravidla pro používání a kombinování barev* na straně 227.



Obrázek 1.15 Lidské oko

Rohovka

Vnější okrouhlou část obalu oční koule tvoří rohovka (*cornea*). Tato tuhá tkáň, která patří k nejcitlivějším částem lidského těla, chrání oko a zajišťuje počáteční zaostření světelných paprsků. Rohovka přechází v bílou oční stěnu (tzv. **bělimu**).

Duhovka

Ve střední vrstvě oka (za rohovkou) se nachází duhovka (*iris*), která ovlivňuje množství přichozího světla. Obsahuje pigment, většinou modré, šedé, zelené či hnědé barvy, jehož úkolem je pohlcovat nadbytečné světelné paprsky a zajistit, aby světlo pronikalo do oka pouze zornicí.



Poznámka: Stejnou funkci jako duhovka plní ve fotografickém přístroji clona.

Zornice

Kruhovitý otvor uprostřed duhovky se nazývá zornice (*pupila*). Zornice je tmavá, ale nikoli vlivem pigmentu. Je to otvor do vnitřní části oka. Pomocí svalů se může otevírat a uzavírat v rozsahu 2 až 6 mm a tím regulovat množství vstupujících světelných paprsků. Hlavním úkolem zornice je zabránit nadměrnému osvětlení sítnice.

Čočka

Za duhovkou se nachází čočka (*lens*). Je to pružná část oka, která láme světelné paprsky tak, aby se sbíhaly na sítnici. Je připojena k očním svalům, které mohou měnit její geometrii (zakřivení) a tím upravovat ohniskovou vzdálenost světelných paprsků. Díky tomu se na sítnici vždy promítne zaostřený obraz, nezávisle na vzdálenosti pozorovaného předmětu. Zaostřováním na vzdálené předměty dochází ke zploštění čočky, zaostřování na blízké předměty naopak vede k jejímu ztluštění.



Poznámka: U dětí má čočka nazelenalé zbarvení, a oslabuje proto vidění červených barev. Ve stáří se čočka zbarvuje dožluta. Pohlcuje jen modré paprsky a oko se stává méně citlivé na odstíny modrých barev.

Pokud se ohnisko světelných paprsků nenachází přímo na sítnici, obraz není správně zaostřený. Tato vada oka je většinou označována jako **krátkozrakost** (ohnisko se nachází před sítnicí) nebo **dalekozrakost** (ohnisko se nachází za sítnicí).



Poznámka: Čočku lidského oka lze společně s rohovkou přirovnat k objektivu fotografického přístroje.

Sklivec

Sklivec (*vitreous humor*) je průhledná, bezbarvá a rosolovitá hmota vyplňující oční dutinu mezi čočkou a sítnicí.

Sítnice

Při správném nastavení čočky se zaostřený obraz promítá na sítnici. Sítnice (*retina*) je vnitřní blána oka citlivá na světlo, která pokrývá zhruba dvě třetiny vnitřního povrchu oka. Obsahuje nerovnoměrně rozmístěné buňky citlivé na světlo (tzv. **fotoreceptory**), které přeměňují světelnou energii na slabé elektrické vzruchy. Ty jsou pak vedené zrakovými nervy do mozku.

Na sítnici lidského oka je soustředěno více jak 127 milionů fotoreceptorů, které mohou být dvojího druhu. Podle tvaru se rozdělují na tyčinky (*rods*) a čípky (*cones*).



Poznámka: Řada autorů se liší v uváděném počtu tyčinek a čípků. Na sítnici oka se nachází zhruba 120 milionů tyčinek a asi 7 milionů čípků.

Zajímavé je, že obraz je na sítnici oka promítán obráceně (vzhůru nohama). I přesto vidíme předměty v jejich správné poloze. Obrácený obraz je převrácen do přirozené polohy až ve zrakových centrech mozku.



Tip: Obraz, který vidíme, je na sítnici oka promítán obráceně, vzhůru nohama. Že je to opravdu možné, si můžete sami vyzkoušet na jednoduchém jevu zvaném *camera obscura* (temná komora), který je základem všech fotografických přístrojů.

Pokud dokonale zatemníte jakoukoli místnost a v oblasti okna vytvoříte malý otvor, kterým budou do místnosti pronikat světelné paprsky, uvidíte na protější zdi „živý“ obraz prostředí před otvorem, ovšem obrácený vzhůru nohama.



Poznámka: Oční sítnice nočních živočichů (např. netopýrů) je vybavena pouze tyčinkami, u některých denních živočichů zase jenom čípků.

Tyčinky

Jasové fotoreceptory, označované jako tyčinky (*rods*), se nacházejí na okraji sítnice. Jsou asi $10 \times$ citlivější než čípky a reagují i na malé změny při nízké intenzitě osvětlení. Zajišťují černobílé periferní vidění, vidění za šera, ve tmě či v noci.

Tyčinky mohou rozlišovat pouze různé stupně šedých odstínů. To je důvod, proč ve tmě nejsme schopni vnímat barvy. Přesto je tyčinek v lidském oku daleko více než čípků. Jejich počet se odhaduje zhruba na 120 milionů.

Čípky

Zhruba 7 milionů čípků (*cones*) se nachází ve středu sítnice, na malé ploše v okolí optické osy oka. (Tato oblast se označuje jako žlutá skvrna.) Nejsou tak citlivé jako tyčinky a reagují až na větší změny v intenzitě osvětlení. Zato však mají schopnost zprostředkovat barevné vidění. Každý čípek totiž obsahuje jeden ze tří fotopigmentů citlivých na světlo určité vlnové délky.

- **Modrý fotopigment** je nejvíce citlivý v oblasti krátkých vlnových délek okolo 450 nm ve viditelné části elektromagnetického spektra.
- **Zelený fotopigment** je nejcitlivější na světelné paprsky, které dosahují vlnové délky okolo 550 nm.
- **Červený fotopigment** je nejvíce citlivý v oblasti dlouhých vln okolo 650 nm.



Poznámka: Barevné fotopigmenty jsou na sítnici zastoupeny v různých poměrech (zhruba 64 % čípků obsahuje červený fotopigment, 32 % čípků zelený fotopigment a pouze 2 % čípků modrý fotopigment).

Jsou-li drážděny jen čípký citlivé na červenou, vzniká vjem červené barvy. Stejným způsobem vzniká vjem zelené či modré barvy. Jestliže jsou světlem drážděny současně čípký citlivé na červenou a zelenou, vzniká pocit oranžové, žluté či žlutozelené barvy podle toho, v jakém poměru jsou zastoupeny světelné paprsky. Dráždí-li světlo stejnoměrně všechny tři druhy čípků, vyvolává vjem bílé barvy. Vjem černé barvy vzniká ve tmě, když fotoreceptory sítnice nejsou podrážděny žádným světelným podnětem.

Integrační schopnost sítnice

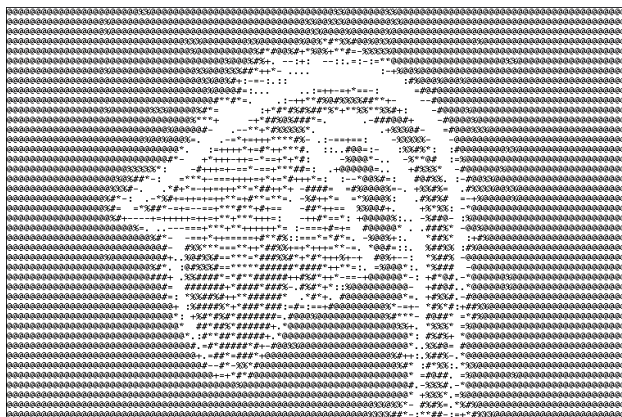
Sítnice má takzvanou integrační schopnost. Znamená to, že samostatné tečky či znaky a jejich hustotu dokáže lidské oko vnímat jako jednotlivý obraz.

Integrační schopnost sítnice je často využívána v počítačové grafice. Různé metody zpracování obrazu (např. rozptylování, polotování) jsou založeny na tom, že lidské oko dokáže z několika málo odstínů a hustoty rozptýlení barevných bodů vytvořit iluzi bohaté barevné škály.

Integrační schopnost sítnice se uplatňuje také v umění zvaném ASCII Art, které využívá text jako výtvarné médium. Tento druh umění je charakteristický obrazy, které se skládají ze znaků sady ASCII. ASCII Art je tak možné vytvořit v jakémkoli textovém editoru použitím neproporcionálního fontu (každé písmeno má stejnou šířku).



Obrázek 1.16 Originální barevný obrázek



Obrázek 1.17 Černobílý obrázek poskládaný ze znaků sady ASCII

Žlutá skvrna

V průsečíku optické osy oka a sítnice se nachází žlutá skvrna (*macula lutea*) o průměru zhruba 3 až 5 mm. V této oblasti sítnice, kde vidíme obraz nejostřeji, se nachází nejvíce čípků. Například ptáci vidí daleko lépe než lidé, protože mají v oblasti žluté skvrny přibližně 4× více fotoreceptorů. Centrální část žluté skvrny je označena jako *fovea centralis* a v samotném jejím centru je *fovea*. Tyto termíny označují místa, kde postupně přibývá čípků a ubývá tyčinek a zároveň roste ostrost vidění. Úplný střed žluté skvrny neobsahuje vůbec žádné tyčinky.



Poznámka: Zajímavostí je samotný název žluté skvrny, která není ve skutečnosti vůbec žlutá. Jako žlutá se jeví u mrtvého člověka.

Z hlediska vnímání barev je zajímavé, že střed žluté skvrny neobsahuje téměř žádné čípky s modrým fotopigmentem. To je důvod, proč je lidské oko málo citlivé na modré odstíny barev. Nejcitlivější je naopak na zelené odstíny barev. Tento jev se zřejmě vyvinul v pravěku, kdy lidé potřebovali vidět jak při denním světle, tak v zeleném šeru pralesa.



Tip: Nepoužívejte kombinace modrých odstínů u malých či tenkých objektů.

Slepá skvrna

Místo, kde zhruba 1 milion nervových vláken z fotoreceptorů ústí do zrakového nervu, je označováno jako slepá skvrna (*papile nervi optici*). Zrakový nerv vystupuje z oční koule a je veden do zrakových center v mozku. V této oblasti se nenachází žádné tyčinky ani čípky, a slepá skvrna tedy není citlivá na světlo.



Poznámka: Do lidského oka nedopadají jen paprsky viditelné části elektromagnetického spektra, ale záření menších či větších vlnových délek, které tuto oblast obklopují.

Krátké vlny ultrafialového záření absorbují z větší části buď rohovka, nebo čočka. Delší vlny infračerveného záření mohou dopadnout skrz čočku až na sítnici oka a při větší intenzitě může dojít i k jejímu poškození. Zornice totiž nedokáže na tyto paprsky dostatečně rychle zareagovat.

Teorie barevného vidění

Existuje hned několik teorií barevného vidění lidským zrakovým orgánem. V praxi se nejvíc používá klasická Youngova-Helmholtzova teorie, můžeme se setkat také s Heringovou teorií opozičních barev.

Trichromatická teorie barevného vidění

Trichromatická teorie barevného vidění (nebo též teorie trojbarevného vidění) vysvětluje zpracování barevného vjemu nervovou soustavou. Teorie je založena na práci Thomase Younga, Hermanna von Helmholtze, Michaila Vasilijeviče Lomonosova či Jamese Clerka Maxwella.



Důležité: Trichromatická teorie barevného vidění je postavena čistě na fyziologických základech.

Vychází z předpokladu, že schopnost člověka rozlišovat barvy je dána existencí tří druhů čípků na sítnici oka. Každý z fotoreceptorů obsahuje pigment citlivý na světelné paprsky různých vlnových délek.

- Paprsky dlouhých vlnových délek dráždí čípky, které vyvolávají vjem červené barvy.
- Paprsky středních vlnových délek dráždí čípky, které vyvolávají vjem zelené barvy.
- Paprsky krátkých vlnových délek dráždí čípky, které vyvolávají vjem modré barvy.

Prvotní signály z fotoreceptorů jsou vedeny do zrakových center v mozku, kde se podle jejich poměru vytváří výsledný barevný vjem.

Uvedená teorie je sice správná, ale nevysvětluje některé optické jevy, jako například kontrast barev nebo některé barevné optické klamy. Výsledný barevný vjem totiž bývá ovlivněn nejen fyzikálními a fyziologickými faktory, ale také psychologickými jevy.



Poznámka: Ačkoli je možné z fyzikálního hlediska každou barvu velmi přesně popsat, člověk může subjektivně vnímat barvy v závislosti na svém psychickém stavu. Proto jsou faktory ovlivňující vnímání barev někdy souhrnně označovány jako psychofyzikální.

Teorie opozičních barev

Teorie opozičních barev je založena na práci Ewalda Heringa a vychází ze skutečnosti, že lidé nejsou schopni vnímat některé barevné kombinace současně (např. načervenalá zeleň nebo

nažloutlá modř). Naopak některé jiné kombinace mohou vnímat zcela běžně (např. načervenalá modř či nazelenalá modř). Ewald Hering došel k závěru, že musí existovat opoziční barevné signály, které jsou vzájemně v protikladu:

- červená – zelená,
- žlutá – modrá.

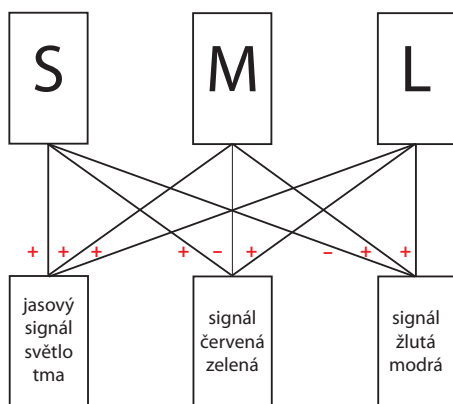
Informace o barvě nejsou podle této teorie do mozku přenášeny zvlášť po jednotlivých barevných složkách (červené, zelené či modré) tak, jak je na sítnici zachytí tři druhy čípků podle účinného fotopigmentu. Nejdříve jsou zpracovány v neuronech sítnice a teprve pak jsou transformovány do opozičních barevných signálů. Z původních tří barevných signálů tak vznikají tři zcela odlišné signály.

Tabulka 1.5 Barevné signály v teorii opozičních barev

Signály opozičních barev	Způsob vzniku signálu	Zkrácený zápis
červená – zelená	Signál vznikne odečtením signálu pro střední a krátké vlnové délky spektra od signálu dlouhé vlnové délky.	$L - M + S$
žlutá – modrá	Signál vznikne odečtením signálu krátké vlnové délky od signálů dlouhé a střední vlnové délky spektra.	$L + M - S$
bílá – černá (achromatický jasový signál)	Signál vznikne součtem všech tří signálů.	$L + M + S$



Poznámka: Písmeno S (z angl. slova *Short*) označuje signály krátkých vlnových délek, písmeno M (z angl. slova *Medium*) označuje signály středních vlnových délek a písmeno L (z angl. slova *Long*) označuje signály dlouhých vlnových délek spektra.



Obrázek 1.18 Opoziční barevné signály



Důležité: Oko zaostřuje obraz podle oblastí s výraznou změnou jasu. Jelikož je jasová složka tvořena zejména červeným a zeleným kanálem, hrany a tvary nejsou v odstínech modré barvy dobře rozlišitelné.

Akomodace oka

Jednoduchá spojná čočka z vypouklého leštěného skla je schopna ohýbat přicházející světelné paprsky, které se soustřeďují do jednoho bodu. Tohoto bodu lze, například u slunečních paprsků, využít pro zapálení materiálů, proto bývá označován pojmem ohnisko.

K ohybu světelných paprsků dochází také v lidském oku. Pro správné zaostření obrazu je vždy důležité, aby se ohnisko nacházelo přesně na sítnici oka. Ohýbání světelných paprsků zajišťuje v lidském oku čočka, jejíž vzdálenost od sítnice je vesměs konstantní.

Aby byl pozorovaný obraz na sítnici vždy dobře zaostřený, musí čočka podle potřeby měnit své zakřivení pomocí svalů a tím zmenšovat či zvětšovat ohniskovou vzdálenost optické soustavy oka. Schopnost oka zaostřit na různě vzdálené předměty tak, aby se na sítnici zobrazovaly vždy ostře, se označuje jako **akomodace oka**.

Zakřivení čočky je malé při pozorování vzdálených předmětů a velké při pozorování blízkých předmětů. Oko se rychleji unaví při pozorování blízkých předmětů než předmětů, které jsou umístěné v dálce. Nejhorší situace však nastává, pokud je oko nuceno střídavě přeostrřovat na blízké a vzdálené předměty. Dochází k námaze očních svalů a oko se velmi rychle unaví.



Tip: Vhodná vzdálenost pro zaostřování předmětů (tzv. **konvenční zraková vzdálenost**), při které nedochází k větší únavě zraku, je okolo 25 cm.

K akomodaci oka dochází také při pozorování barev. Plocha určité barvy je zaostřena v závislosti na vlnové délce světelného paprsku, který je nositelem barevné informace. Pozorujeme-li střídavě dvě barvy vzdálené ve spektru, opět dochází k námaze očních svalů vlivem střídavého přeostrřování a rychlé únavě oka.



Důležité: Z toho plyne, že barvy, které jsou ve spektru umístěny blízko sebe (například červená a oranžová, žlutá a zelená), vnímá oko pohromadě bez výraznějšího přeostrřování. Naopak barvy, které jsou ve spektru od sebe vzdálené, vnímá oko obtížněji, neboť musí častěji přeostrřovat.

Příkladem dvou barev, které se nacházejí na opačných stranách viditelné části spektra, je červená a modrá. Čtení modrého textu na červeném pozadí, případně červeného textu na modrém pozadí, je pro lidské oko velmi nepříjemné. Přesvědčit se o tom můžete pozorováním následujícího obrázku.

**Jak dlouho vydrží váš zrak ostřit
na červenou a modrou barvu?**

**Jak dlouho vydrží váš zrak ostřit
na červenou a modrou barvu?**

Obrázek 1.19 Kombinace barev vzdálených ve spektru



Tip: Důležité informace nikdy nezobrazujte sytými barvami z opačných krajů viditelného spektra. Oko musí na barvy vzdálené ve spektru často přeostrřovat, což vede k námaze očních svalů a únavě oka.

Adaptace oka

V procesu rozeznávání barev hraje důležitou roli osvětlení a s ním související schopnost adaptace lidského oka. Zornice uprostřed duhovky má schopnost měnit svůj průměr a tím podle potřeby ovlivňovat množství přicházejících světelných paprsků.

Přechodem z denního světla do temné místnosti se oko musí vyrovnat s velkým rozdílem světelných podmínek. Zornice oka na tuto změnu reaguje rozšířením. Naopak vyjdeme-li z temné místnosti na denní světlo, zornice náhle zmenší svůj průměr tak, aby vyrovnala nadměrné množství dopadajících světelných paprsků. Schopnost oka přizpůsobit se různým hladinám v intenzitě osvětlení se označuje jako **adaptace**. Rozeznáváme dva druhy adaptace:

- adaptace oka na světlo,
- adaptace oka na tmu.



Důležité: Obecně platí, že zatímco adaptace na tmu může trvat i několik desítek minut, adaptace na světlo většinou trvá jen několik sekund. Adaptační doba je tím delší, čím větší je rozdíl v hladinách intenzity osvětlení.

Podstatou celého mechanismu je reakce oka na změnu v intenzitě osvětlení:

- změnou průměru zornice,
- změnou průměru vjemové plochy sítnice,
- fotochemickým dějem, jehož důsledkem je změna citlivosti fotoreceptorů sítnice na světlo.

Průměr zornice se mění zhruba v rozsahu od 2 do 6 mm a změna trvá přibližně 360 až 380 ms, při náhlých změnách v intenzitě osvětlení i 100 ms. Je-li adaptace oka častá a výrazná, dochází k námaze a únavě zraku a zprostředkovaně také k námaze celé nervové soustavy.

Jak již bylo uvedeno, čípky obsahují tři druhy fotopigmentů, zatímco tyčinky pouze jeden (označovaný jako *rhodopsin*). Adaptace lidského oka je založena na rozkladu rhodopsinu světlem a jeho syntéze vlivem tmy.



Tip: Je-li potřeba dosáhnout rychlé adaptace oka na šero či tmu (například v kinech nebo foto-laboratořích), užívá se červené osvětlení, neboť pigment rhodopsin bledne nejpomaleji vlivem červeného světla.

Zajímavý důsledek jasové adaptace oka je možné pozorovat na následujícím obrázku. Uprostřed bílého a černého čtverce je vždy stejná sada obdélníků, které jsou vyplněny různými odstíny šedé barvy. Zatímco na černém podkladě jsme schopni vnímat rozdíl jasů, na bílém podkladě si rozdílů v jasech téměř nevšimneme.



Obrázek 1.20 Jasová adaptace

Purkyňův jev

S intenzitou osvětlení a vnímáním barev velmi úzce souvisí i takzvaný Purkyňův jev, pojmenovaný podle známého českého vědce Jana Evangelisty Purkyně (1787–1869).



Důležité: Citlivost oka k jednotlivým barvám spektra je různá a závisí i na intenzitě osvětlení. Změna intenzity osvětlení způsobuje změnu sytosti barev.

Za šera většinou nejsme schopni dobře rozlišovat barvy, protože takto velmi malou intenzitou osvětlení zaznamenají na sítnici oka pouze tyčinky, které zprostředkovávají jen černobílé vidění. Se zvyšováním intenzity osvětlení se lidské oko postupně stává citlivým i na pestré barvy.

Jan Evangelista Purkyně pozoroval barvy v ranním šeru a první barvou, kterou při nízké hladině osvětlení upozoroval, byla modrá. Ta se za šera jevila ze všech sytých barev jako nejsvětlejší. Až po delší chvíli se při vyšší intenzitě osvětlení objevila barva žlutá a červená. Tyto barvy se přitom jevily světlejší než modrá až při plném osvětlení.

Z Purkyňova jevu vyplývá především světlostní rozlišení sytých barev v plném denním světle, kdy ze všech sytých barev se jako nejsvětlejší jeví právě žlutá barva, o něco méně světlé jsou oranžová, červená a zelená a tmavší pak modrá a fialová. Z uvedeného vyplývá, že žlutá a červená barva nejlépe vynikne ve světle, kdežto zelená či modrá barva v polostínu.

Důležité: Modrá barva vyvolává dojem nižší intenzity osvětlení, žlutá, oranžová a červená barva vyvolávají dojem vyšší intenzity osvětlení.

S vyšší intenzitou osvětlení se barvy vychylují směrem k teplé žluté, s poklesem intenzity osvětlení se vychylují směrem ke studené modré. Při extrémním osvětlení (přesvětlení) klesá schopnost rozlišení barev, stejně jako za šera či v noci.

Vnímání barev v zorném poli

Zorné pole je definováno jako část prostoru, kterou vidíme jedním okem, při upřeném pozorování jednoho předmětu. Rozsah zorného pole je individuální a u různých lidí se může lišit (například vlivem anatomického tvaru obličeje). Lze jej číselně vyjádřit zorným úhlem, který svírají okrajové paprsky pozorovaného objektu procházející středem oční čočky.

Důležité: Platí, že čím je zorný úhel větší, tím více detailů pozorovaného objektu jsme schopni vidět.

Člověk vidí obraz oběma očima (tzv. *binokulárně*). Přestože se zorná pole obou očí neshodují, vzájemně se v mozku doplňují a překrývají. Ve výsledku se pak slévají do tzv. binokulárního zorného pole, které má oválovitý tvar. Na následujícím obrázku je vidět, jak je binokulární zorné pole rozděleno na tři zóny vidění:

- **zóna středového vidění** – úhel 1,5 až 2 stupně ve směru od optické osy oka,
- **zóna mimostředového vidění** – úhel přibližně 30 stupňů kolem optické osy oka (celkem tedy 60 stupňů),
- **zóna periferního vidění** – úhel přibližně 50 stupňů ve směru od optické osy oka.

Poznámka: Vyšetření velikosti zorného úhlu oka se nazývá **perimetrie**.