

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky

Vladimír Novák

O skládání barev. [II.]

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky, Vol. 31 (1902), No. 3, 233--248

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/122610>

Terms of use:

© Union of Czech Mathematicians and Physicists, 1902

Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of the Czech Republic provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This paper has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://project.dml.cz>

O skládání barev.

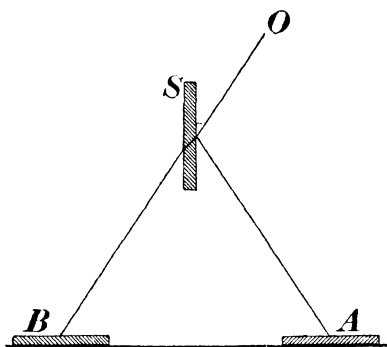
Napsal

Dr. Vladimír Novák,
docent české university v Praze.

(Dokončení.)

II.

V části předešlé poukázáno bylo k diagramům, z nichž lze snadno výsledky skládání barev přehlednouti. Diagramy založeny jsou na pravidle Newtonově, dle něhož hledá se ton a intenzita barvy výsledné jako hmota a střed hmotný daných bodů hmotných.



Obr. 6.

Ačkoliv pravidlo toto vede k výsledkům správným, není tím ještě přímo dokázáno. V druhé této části pojednám o důkazech.

Důkazy pravidla Newtonova můžeme rozdělití ve kvalitativné a kvantitativné.

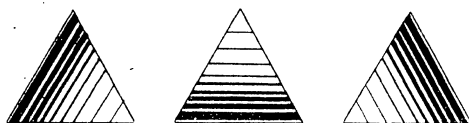
Při oněch posuzuje se správnost pravidla Newtonova z praktické možnosti složití různé barevné tony z barev jednoduchých nebo jednoduchým blízkých. Dalším důkazem jest stanovení barev doplňkových.

Uspořádání jednoduché metody skládání barev ukazuje obraz 6.

Oko v O (viz obr. 6.) umístěné vidí barevnou plochu B přímo skleněnou destičkou S , druhou plochu barevnou A pak na základě odrazu. Obě barvy se tak subjektivně skládají.

*W. Bezold**) zdokonalil tuto subjektivní metodu tím, že mohl skládati tři barevná světla a to současně v rozmanitých intenzitách.

Přístroj *Bezoldův* sestaven jest takto: V přímém, dutém hranolu (45 *cm* výšky) se základnou rovnostranného trojúhelníka (9 *cm* strana) postaveny jsou tři zrcadlíci destičky svírající s jednotlivými plochami hranolu úhel 45°. Roviny těchto zrcadel protínají se v úhlu 120°. Díváme-li se osou hranolu na ona tři



Obr. 7.

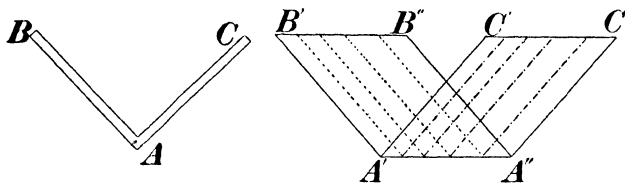
zrcádka, zrcadlí se v těchto stěny hranolu, učiníme-li v těchto stěnách otvory v podobě trojúhelníků, mohou při náležitém umístění těchto otvorů všechny tři obrazy otvorů splynout v jediný. Otvory v stěnách hranolu polepeny byly až na malý rúžek kopírovačím tenkým papírem a to ve způsobu obr. 7. vyznačeném.

Papír byl nalepen v prouzcích vždy užších, tak že vrstvy papíru k jedné straně trojhranného otvoru vždy přibývalo. Byl-li hranol ze všech tří stran stejnoměrně osvětlen světlem bílým, kladly se jednotlivé obrazy otvoru přes sebe a povstávalo pole

*) *W. Bezold*: Ueber Herstellung des Farbendreiecks durch wahre Farbmischung. *Wied. Ann.* **26**. p. 390. 1885.

stejněměrně šedě zbarvené. Vkládáním barevných skel před otvory v stěnách hranolu mohl *Bezold* skládati kterékoliv barvy a potvrzovati jak v detailech tak i velké obecnosti pravidlo Newtonovo.

Barvy spektrální (po dvou) možno skládati tímto jednoduchým zařízením Helmholtzovým. Proti štěrbině tvaru v obr. 8. naznačeného, jejíž části AB a AC svírají se směrem vodorovným úhel 45° , postavíme hranol, jehož lámavá hrana stojí svisle. Díváme-li se hranolem, uvidíme dvě spektra (viz obr. 8.): $A'A''B'B''$ povstale levou částí štěrbiny AB , a spektrum $A'A''C'C''$ povstale pravou částí štěrbiny AC .



Obr. 8.

Spektra tato částečně se kryjí i lze posouditi snadno, které dvě barvy v jaký ton barevný se mísí.

Vedle těchto kvalitativních zkoušek pravidla Newtonova, které uvedenými methodami nikterak nejsou vyčerpány,*) důležitější jsou ovšem měření, která podávají důkaz přesný.

První kvantitativní důkaz takový provedl *Maxwell*.

Maxwell zhotovil dva druhy kruhových výsečí, jedny o větším, druhé o menším poloměru. Výseče zbarvil různými barvami (barvivy) rumělkou, chromovou žlutí, pařížskou zelení, ultramarinem, mimo to použil výsečí černých a bílých. Při pokusech roztáčel pak kruhovou desku, na níž byly v prostřed dvě (neb tři) výseče menší, na obvodu dvě (neb tři) výseče větší.

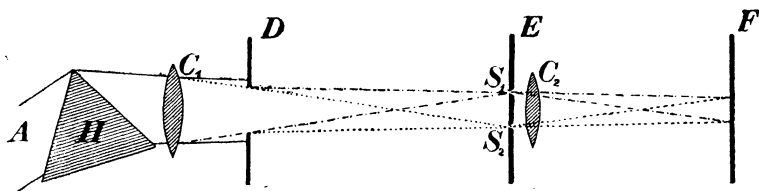
Viditelnou část jednotlivých výsečí bylo možno měniti.

Důkaz pravidla Newtonova proveden konstrukcí schemata pro tři barvy základní z dat pozorování nabytých. Postup byl asi tento: Zvoleny tři barvy základní na př. červená, zelená

*) Náleží sem ještě metody, kterých použili *Volkman*, *Holtzmann*, *Challis* a jiní.

a modrá. Intensitu barev skládaných, určíme poměrem oblouku sektoru k obvodu celého kruhu, který sektor při otáčení opisuje.

Při prvním pokusu sestavíme tři sektory, červený, zelený a modrý tak, aby při otáčení vznikalo totéž šedé zabarvení, které vzniká skládáním barvy černé a bílé na dvou sektorech ve středu desky otáčivé umístěných. Měněním viditelné části sektorů se snadno toho dosáhne. Změříme potom oblouky všech sektorů, dělíme je oblouky příslušných kruhů a určíme tak polohu jakož i mohutnost (intensitu) barvy bílé v schematu barev základních. Pak sestavíme na obvodové části desky otáčivé na př. výseč červenou a zelenou, v střední části menší výseče černou, bílou a žlutou. Změnou viditelné velikosti výsečí obdržíme při otáčení stejnoměrné zabarvení žlutošedé a určíme tak polohu a intensitu barvy žluté v našem diagramu. V diagramu tomto naznačena jest již tím poloha barev: červené, žluté, zelené



Obr. 9.

modré a bílé i lze teď skládáním kterýchkoli tří barev dosáhnouti barvy bílé a přesvědčiti se, že skutečně poloha bílé barvy spadá vždy do téhož bodu diagramu.

Měření Maxwellova potvrdila pravidlo Newtonovo, nebyla však provedena pro syté barvy spektrální.

Platnost pravidla Newtonova pro tyto živé barvy spektrální dokázal přesnými měřeními Helmholtz (r. 1855).

Quantitativná metoda jeho znázorněna jest obr. 9.

Hranolem H a čočkou C_1 utvoří se na stínítku E objektivní spektrum slunečního světla, vycházejícího v rovnoběžných paprscích od štěrbin A . Mezi stínítkem E a čočkou C_1 nalézá se diafragma D s obdélníkovým výřezem takových rozměrů,

aby nahoře zachycovalo paprsky červené, dole pak fialové, tak aby otvor diafragmatu D vyplněn byl pouze společnými paprsky celého svazku paprsků daného šířkou štěrbinu A . (Šířka štěrbinu jest ve výkresu úmyslně přehnána). Stínítko E opatřeno jest dvěma štěrbinami S_1 a S_2 , které lze nejen různě úžiti neb rozšiřovati, ale též vzájemně od sebe vzdalovati neb přibližovati. Za tímto stínítkem E nalezá se čočka C_2 , která promítá obraz otvoru D na stěnu F . Z bílého světla otvorem v D prošlého objeví se na stínítku F pouze ty složky, které se štěrbinami S_1 a S_2 propustí. Zakryjeme-li jednu štěrbinu, jeví obraz na F barvu jednoduchou, odkryjeme-li obě štěrbinu, objeví se na F barva směsi. (Paprsky jedné barvy jsou označeny čarou tečkovanou, druhé barvy čarou čárkovanou).

Lze tedy methodou Helmholtzovou skládati kterékoliv dvě barvy spektrální a to v různé intenzitě. Poměrná intenzita stanoví se poměrem šířky štěrbin S_1 a S_2 , barevný ton čarami Fraunhoferovými po případě škálou na stínítku E připevněnou.

Helmholtz zdokonalil tuto objektivní methodu proměnění v uspořádání subjektivní. Měření jeho potvrzena byla pozdějšími pracemi, které provedli r. 1881 *Frey* a *Kries* a r. 1887 *A. Koenig* a *Dieterici*.

Poněvadž se při předešlých methodách srovnávají též intenzity různých barev, je nutno uvést na tomto místě důležitý zjev, který se nazývá fenomenem *Purkyňovým*. Pozorujme dvě různé bary spektrální na př. odrážející se od bílé stěny. Intenzita osvětlení nechť jest stejná. Zvýšíme-li intenzitu obou osvětlených polí o totéž *objektivně* (na př. rozšířením štěrbinu, kterou povstává spektrum, jehož dvě barvy pozorujeme) očekával by každý, že intenzity obou barev budou *subjektivně* zase sobě rovny. Ukazuje se však vždy větší změna při té barvě, jejíž ton určen jest větší délkou vlny. Kdybychom tedy porovnávali světlo červené a modré a vycházejíce od rovné intenzity zvětšili objektivně intenzitu obou barev o totéž, bude červená barva jasnější, při zmenšení původní intenzity obou barev o totéž bude zase barva červená temnější než modrá. Fenomén Purkyňův nastává jen v určitých mezích intenzity světla.

III.

Skládání barev, t. j. *barevných světél* dlužno přísně lišiti od *míchání barev*, t. j. *barvív*. Abychom rozdíl ten náležitě vysvětlili, uvažujme, v čem spočívá barva předmětu. Pozorujme barevné roztoky v bílém světle. Rozpouštíme na př. v čisté vodě dvojchroman draselnatý v nádobce skleněné omezené rovnoběžnými rovinnými stěnami. Díváme-li se na roztok proti bílému světlu, pravíme, že jest žlutý. Jak povstává tato žlutá barva? Jednoduchý pokus nás o tom poučí. Utvořme spektrum bílého světla a položme do chodu paprsků nádobku s roztokem dvojchromanu. Ve spektru objeví se v modré části široký, tmavý pruh. Jest tedy roztok žlutý, poněvadž žluté paprsky nejlépe propouští. Barva roztoku vzniká *odečtením* určitých barev od světla bílého, *absorpceí*. Tato absorpce záleží ovšem na tloušťce vrstvy, kterou světlo prochází. Nalijeme-li téhož roztoku do dvou trojbokých hranolů, které jako dva klíny můžeme k sobě položit, shledáme ve spektru světla bílého roztokem procházejícího tím širší pruhy absorpční, čím širší jest vrstva kapaliny, kterou světlo jde. Tak má určitou barvu i čistá voda, naplníme-li jí dlouhou trubici, tak má barvu čiré sklo, díváme-li se proti bílému světlu, tak že světlo silnou vrstvou (po délce desky) musí procházeti. Některé barevné roztoky v silných vrstvách jsou téměř černy.

Podobný úkaz absorpce nastává i na povrchu těles pevných. Odrazem světla (mimo některé výjimky na př. na plochách kovového lesku) barva předmětu nevzniká, ale absorpceí ve vrstvách povrchových. Světlo vniká do částečně průhledných vrstev povrchu, některé paprsky světla bílého se těmito vrstvami absorbují, tak že ve světle od tělesa se vracejícím jsou vedle bílého světla přímo odraženého též paprsky některých druhů světelných, které úhrnem s oním světlem bílým udávají barvu tělesa. Z toho následuje, že většinou barva předmětů jest nesytou, jenom některá barviva, květiny atd. jeví velmi syté barvy, což značí, že povrch takových předmětů velmi málo světla bílého odráží.

Že skutečně barva předmětů vzniká absorpceí, toho důkazem jsou některá barviva, která lze vpraviti do tvaru tenkých vrstev.

Na př. krystalovaná rumělka, modré sklo kobaltové, měděnka a pod. Tenké vrstvy těchto barviv jsou průhledné.

Dopadá-li bílé světlo kolmo na desku skleněnou, odráží tato 4% světla svým povrchem, užijeme-li desek dvou, vrací se od těchto 7%, při velkém počtu desek vrací se téměř všechno světlo.

Bílé světlo ozařující rozmělněné sklo modré odráží se jen ve velmi nepatrné části od vrstvy povrchové, velká část vniká do vnitř a odráží se od vrstev vnitřních, vychází pak ven změněna absorpcí. Absorpce tato jest tím větší, čím hlouběji světlo proniklo. Při hrubším prášku barviva proniká světlo patrně hlouběji, neboť vniknuvši povrchovou vrstvou prášku, nenarazí hned na novou stěnu hraničnou jako u prášku menších rozměrů. Z toho následuje, že barviva jemnější rozetřená mají barvu světlejší než barviva hrubší.

Odrazu světla na plochách vnitřních zabráníme, nahradíme-li vzduch mezi jednotlivými prášky ústředím lámavějším na př. vodou nebo ještě lépe olejem. Proto prášková barviva smíchaná s vodou nebo olejem jeví se tmavšími než za sucha.

Tento výklad barvy předmětů vůbec a barviv zvláště postačí k porozumění míchání barviv. Pozorujme dva barevné roztoky v nádobkách se stěnami planparalelními, roztok dvojchromanu draselnatého a roztok síranu mědnato-ammonatého. Prvý propouští nejlépe paprsky žluté, druhý nejlépe paprsky modrofialové; vložíme-li je oba v cestu bílého světla, zmizí téměř celé spektrum, neboť odečetli jsme od světla bílého skoro všechny v něm obsažené paprsky. Kdybychom do první nádoby dali vody zbarvené modří methylenovou a do druhé vody zbarvené žlutí metanilovou, objeví se ve spektru barva zelená — oba roztoky pozorovány proti světlu jeví též barvu zelenou. Totéž se ukáže, když je smícháme. Tento případ jest v praxi malířské ode dávna dobře známý. Barviva žlutá a modrá nejsou barvami komplementárními jednoduše proto, že obě tato barviva propouštějí světlo zelené.

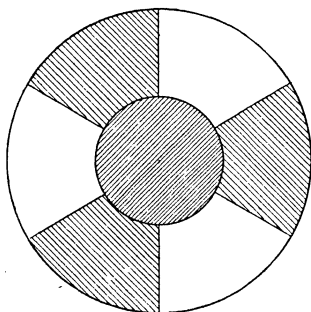
Tím si vysvětlíme snadno barvu směsi.

Jako zajímavý doklad správnosti tohoto vysvětlení uveden tu budiž případ, kdy barvivo žluté a modré smíseny dávají barvivo *červené*, tedy úplně různé od očekávané zeleni. Žlutou barvu obdržíme zředěným roztokem chrysanilinu, který nalijeme

do jedné nádobky; v druhé připravíme roztok modři anilinové ne příliš koncentrovaný. Prochází-li bílé světlo oběma roztoky, ukáže se barva ohnivě červená; obě barviva totiž propouštějí dosti mnoho paprsků červených. Pokus tento poprvé *H. W. Vogel**) provedený, způsobil značný údiv zvláště u malířů.

Z uvedeného patrný jest rozdíl mezi skládáním barevných světél a mícháním barev. Zvláště důrazně připomenut budiž rozdíl, který se jeví *sečítáním* při barevných světlech a *odčítáním* při míchání barev.

Rozdíl tento vynikne velmi dobře pozorováním tohoto pokusu. Na kotouč kruhový, rozdělený soustředným kruhem ve dvě části, nanese v obvodových sektorech dvě barvy vedle



Obr. 10.

sebe na př. chromovou žluť a kobaltovou modř, vnitřní kruh potřeme směsí obou barev (téže koncentrace) (viz obr. 10.). Roztočíme-li kotouč prudce, objeví se obvodová část šedobílou, kdežto střední část ukazuje barvu zelenou značně tmavší.

Míchání barviv má v praxi velikou důležitost. Na tomto místě uvedeny buďtež příklady barviv, která se hodí k reprodukci sytých barev spektrálních a barviv pro tři barvy základní, pro nepřímé metody fotografie v přirozených barvách. Vhodnost neb nevhodnost barviva, jehož chceme použítí, studuje se nejlépe spektroskopem. Ideálními barvivy byly by látky,

*) Viz *H. W. Vogel*: Ueber einige Farbenwahrnehmungen und über Photographie in natürlichen Farben. *Wied. Ann.* 28. pag. 130. 1886.

keré by absorbovaly všechny paprsky bílého světla vyjma jediný druh určité délky vlny. Takových barviv nemáme.

Barvu červenou, rubinovou má sklo barvené kysličníkem mědičnatým, roztok safraninu vedle barvy červené propouští část paprsků oranžových, roztok červení „magdala“ též některé paprsky fialové, eosin hojně paprsků žlutých. Barviva žlutá, žlutá skla a pod. propouštějí obyčejně část paprsků žlutočervených a zelených. Tak na př. auramin, žluť metanilová a pod. Modrých paprsků docílujeme filtrací bílého světla sklem kobaltovým.

Tři barvy základní snažili se sestrojiti v století osmnáctém: *Le Blond*, *Du Fay*, *T. Mayer*, *J. H. Lambert*, *D. R. Hay* a *J. D. Forbes*. Experimentatoři tito míchali různá barviva v určitém poměru jich hmot. *Mayer* použil rumělky, chromanu olovnatého a kobaltového skla, *Lambert* karminu, gummiguty a pruské modři.

Skel barevných nebo roztoků barevných v nádobkách s rovnoběžnými stěnami užíváme jako „filtrů“ světla bílého, abychom docílili osvětlení určitou barvou.

Nádoby pro barevné kapaliny musí míti stěny planparalelní. Dle *L. Lichtenberga* *) hotoviti lze nádoby takové ze dvou destiček zrcadlového skla, které položeny na sebe na tři místech provrtáme a opatříme v otvorech těchto šroubky s matičkami. Mezi desky vloží se kousek do podkovy zahnuté kaučukové trubice, která sevřením desek nahradí dno i stěny nádoby.

Pohodlnější jest užívání skleněných nebo želatinových filtrů, zvláště těchto, neboť filtry gelatinové můžeme zbarviti pohodlně v rozmanitých odstínech pouhou macerací.

V destilované teplé vodě rozpustí se 10% čisté želatiny, roztok se dobře sfiltruje a polévají se jím destičky zrcadlového skla asi 2 mm silného. Aby desky měly polohu vodorovnou, položí se na vrch nálevky, která jest postavena do široké sklenice; posunováním nálevky lze desku postavit vodorovně.

Na desku 10 cm² nalijeme asi 5 cm³ roztoku. Když deska oschla na místě, kde nepadá prach, může se průhledný film želatinový zbarviti v roztoku barviva.

*) *L. Lichtenberg* „Die indirekte Farbenphotographie in der Hand des Amateurs“. 1901.

Kdo nechce se přípravou desky meškati, necht' vloží fotografickou desku (nejlépe pro diapositivy určenou) do lázně fixační, vymyje z ní tak bromid stříbrnatý a řádně ji pak v tekoucí vodě vypere. Deska může se pak ihned barvit.

Barevných takových filtrů můžeme užití k subtraktivnímu skládání barev. Barvy komplementární ukážou se zatměním zorného pole, jakmile v chod bílých paprsků postavíme oba filtry za sebou.

*E. Nardorff**) sestrojil přístroj, který lze přidělati na projekční lampu a kterým se rozdělí bílé světlo na tři svazky paprsků, jež lze třemi čočkami promítnouti na stínítko, tak aby se částečně kryly. Vkládáme-li v cestu některého svazku paprsků barevný filtr, objeví se příslušné pole zbarvené a lze tímto způsobem, sečtením, míchati tři různé barvy, jichž všechny kombinace se najednou přehlížejí. Zvláště důležitými jsou barevné filtry při fotografii. Obyčejná deska fotografická jest citlivou pouze pro paprsky modré a fialové. Fotografujeme-li barevný předmět, není fotografie na obyčejné desce provedená, věrnou jeho reprodukcí, neboť místa červená, žlutá a zelená vyjdou v reprodukci příliš tmavá proti místům modře a fialově zbarveným.

Tato vada fotografie odstraněna byla zavedením *ortochromatických* desek fotografických, čehož zásluha náleží *H. W. Vogelovi*, jenž ukázal, jak lze desku učiniti citlivou pro určitý druh paprsků.

Vogel pokryl citlivou desku fotografickou barvivem, dokázal pak, že deska stane se citlivou pro ty paprsky, které barvivo to nejlépe absorbuje. Tak absorbuje na př. modř naftolová paprsky červené a hodí se za sensibilator pro ortochromatické desky pro fotografii předmětů červených. Podobně zcitlivuje desku fotografickou pro paprsky pomerančové cyanin, pro žluté eosin, pro zelené safranin, a zelenomodré fluorescein.

Desky ortochromatické prodávají se nyní právě jako obyčejné, nejčastěji značí název „ortochromatická deska“ desku citlivou pro paprsky žluté a zelené. Továrna *A. Lumière-a* vyrábí vedle obyčejných desek desky ortochromatické pro paprsky žluté a zelené, (desky tyto označeny jsou seríí *A*), a dále desky ortochromatické pro paprsky červené a žluté (serie *B*)

* *E. Nardorff* (Phys. Rev. 3. p. 306. 1896).

a konečně desky, které jsou citlivy pro paprsky červené, žluté a zelené (tak zv. desky panchromatické).

Desky citlivé téměř pro celé viditelné spektrum, tak zv. „Spektrum plates“ hotoví firma „Cadett a Neel“ v Ashteadu (Surrey) v Anglii.

Má-li býti docíleno správné fotografie na desku ortochromatickou, nutno před objektiv (nebo blízko před desku citlivou) položit barevný filtr odpovídající citlivosti desky.

V obr.11. reprodukovány jsou kopie tří negativů, které povstaly fotografií téhož předmětu na desku citlivou pro paprsky červené, žluté, zelené a modré („spectrum plate“) a to třemi filtry. První obrázek náleží negativu povstalému filtrem *červeným*, druhý negativu filtrem *zeleným*, třetí pak filtrem *fialovým*. Rozdíly barev zobrazených předmětů znázorněny jsou tu velmi dobře různým odstíněním, které (filtrací těch neb oněch paprsků povstalo. Zvláště dobře vyniká rozdíl ten mezi obrázkem prvním a druhým, rudá chrysanthema jest na obrázku prvním bílá, na druhém, kde zelený filtr červené paprsky absorboval, jest ovšem černou.

Na obrázku třetím jest žluté ovoce velmi tmavé, poněvadž modrofialový filtr žluté paprsky pohltil.

Při fotografii trojbarevné nutno voliti tři *základní* barvy, míti pak desky fotografické citlivé pro tyto zvolené barvy a barviti příslušné posi-



Obr. 11.

tivy při subtraktivním skládání barev v barvách doplňkových. Třetí tato podmínka vysvětlí se čtenáři ihned, uváží-li vzájemné vlastnosti negativu a pozitivu.

Pro filtry při fotografii trojbarevné doporučuje *C. Lichtenberg**) skla s barvenou vrstvou kollodia. Filtr červený (pomerančově) připraví se ze dvou desek skleněných. Jedna polije se 4% kolloidem, které obsahuje v jedné části čtyři části nasyceného alkoholického roztoku safraninu, druhá se polije kolloidem zbarveným aurancí. Filtr zelený skládá se ze dvou destiček a průhledného filmu mezi nimi umístěného. Jedna deska zbarví se kolloidem s aurancí, druhá kolloidem, jež obsahuje zeleň brillantovou, film prostřední zbarví se žlutí naftolovou. Modrého filtru *Lichtenberg* neuzívá, poněvadž třetí obrázek expouje na obyčejnou desku.

*A. Lumière***) dává přednost filtrům s barvenou želatinou. Tři barvy základní volí následovně:

Pro filtr pomerančově červený: půlprocentního roztoku
 tetrajodfluoresceinu 18 cm^3
 při 15° nasyceného roz-
 toku žlutí metanilové 20 cm^3
 „ „ zelený: půlprocentního roztoku modři methy-
 lenové (*N*) 5 cm^3
 půl procentního roztoku auraminu (*G*) 30 cm^3
 „ „ modrofialový: půlprocentního roztoku modři me-
 thylenové (*N*) 20 cm^3
 vody 20 cm^3 .

V roztocích těchto koupou se desky želatinou opatřené při 20° po 5 minut, pak se rychle opláchnou a ostaví k oschnutí. Dvě a dvě desky stejně barvené slepí se vrstvami želatiny k sobě pomocí kanadského balsamu v chloroformu rozpuštěného.

Že barva předmětu závisí na povaze zdroje světelného, bylo již v úvodu připomenuto. Barviva ukazují jiné barevné tony ve světle denním a v umělém světle bílém. Rozdíl tento je dobře znám tomu, kdo pozoroval scénu divadelní při osvětlení

*) l. c.

**) *A. Lumière* „Weiteres über farbige Photographie“ *Phot. Mittheil.* 38 pg. 247, 1901.

denním (na př. v aréně) a tutéž scénu při umělém osvětlení plynovým neb elektrickým.

Zajímavost jest, že při monochromatickém osvětlení pigmentu jakéhokoliv, když světlo bílé *naprosto* jest vyloučeno, přestává úplně dojem barvy a spatřujeme pouze odstíny barvy černé a bílé. Osvětíme-li červeným pigmentem potřenou desku pouze světlem červeným, zdá se nám bílou nebo šedou (dle intensity barviva na desce), připojíme-li k předešlému zdroji náhle světlo modré, uvidíme plochu v barvě *žluté* neb *žlutočervené*, ačkoliv žluté paprsky vůbec nejsou ve zdrojích svítících obsaženy.

Z příkladu tohoto ukazuje se, jak snadno vznikají dojmy barev subjektivních a jak mohou úhrnné dojmy při posuzování barviv zvláště při osvětlení umělém vésti k mylným závěrům.

IV.

V poslední této části stručně budiž uvedena *Young-Helmholtzova* theorie barev.

Až do dob Newtonových udržovala se mezi rozmanitými hypotesami o podstatě barev domněnka Aristotelova, který vykládal povstání barev směsí světla bílého a tmy. Domněnky této přídržovali se *Maurolykus*, *J. Fleischer*, *de Dominis*, *Funk*, *Nuguet* a také *Goethe*, jemuž nejpádnějším důkazem této theorie byl úkaz barvy kalných prostředí. Takovým kalným prostředím jest na př. mléko zředěné vodou, nebo voda, do které přilito bylo na př. alkalického roztoku nějaké látky, která se ve vodě nerozpouští. Dopadá-li sluneční světlo na takové ústředí, objeví se určitý ton barevný. *Goethe* vykládal si toto zabarvení zatemněním světla bílého.

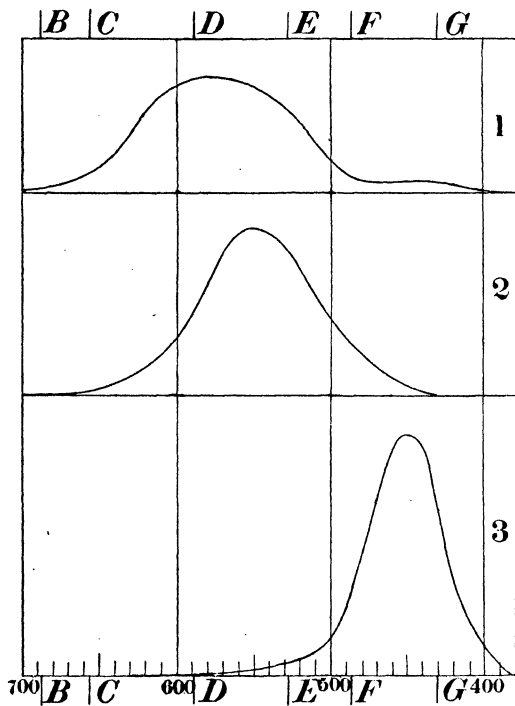
Goethe by byl jistě theorii svou tak tvrdošijně nehájil, kdyby byl sám opakoval pokusy Newtonovy o rozkladu světla bílého a skládání barev spektrálních, anebo kdyby je byl alespoň viděl.

Newton rozeznával ve spektru sedm barev hlavních, dle analogie škály diatonické, jak již uvedeno bylo. Myšlenka tato nalezla v dobách pozdějších dosti přívrženců, kteří ji hleděli stůj co stůj udržeti. Přesnější měření délek vln, charakterisujících určité barvy spektrální, ukázalo, že celé viditelné spektrum

neobsahuje úplný rozsah oktávy — rozsah jest asi o $\frac{1}{5}$ menší — tak že tím myšlénka srovnati barvy spektralné s tony hudebními platnosti pozbývá. Přes to učinil *Drobisch* r. 1852 pokus rozdělití spektrum viditelné na sedm barev, jichž délky vln byly by v jednoduchém vztahu s poměrnými čísly diatonické škály

$$1, \quad \frac{9}{8}, \quad \frac{6}{5}, \quad \frac{4}{3}, \quad \frac{3}{2}, \quad \frac{5}{3}, \quad \frac{16}{9}, \quad 2.$$

Uspokojivého výsledku dosáhl povýšením každého čísla na mocnitele $\frac{6}{7}$. O významu analogie akustické pro stupnici barev byla již dříve učiněna zmínka.



Obr. 12.

Theorie, kterou zbudoval *Young*, k níž se později *Helmholtz* připojil, založena jest na těchto předpokladech.

V sítnici oka lidského jest rozestřen trojí druh nervů; po-dráždění jednoho druhu vzbuzuje dojem světla červeného, po-dráždění druhého dojem světla zeleného a podráždění třetího dojem světla fialového. Není-li žádného podráždění, jsou-li všechny tři druhy nervů v klidu, povstává dojem temnoty, naopak bílým světlem dráždí se všechna nervová vlákna stejnoměrně.

Homogenní světlo dráždí tyto tři druhy vláken nervových různě dle toho, jaké jest délky vlny. Nakreslíme-li v příince horizontalní (viz obr. 12.) barvy spektrální a nanášíme-li ke každé délce vlny jako úsečce příslušnou intenzitu podráždění jako pořadnici, obdržíme pro ony tři druhy nervových vláken tři různé křivky vyznačené v obr. 12.

Světlem každé barvy podráždí se všechna vlákna nervová na místech sítnice, na která světlo dopadá, ale v nerovném stupni. Červené světlo podráždí nejvíce nervy prvního druhu [viz (1) v obr. 12.]. Žluté světlo (jednoduché) podráždí nervy prvního a druhého druhu silněji, nervy třetího druhu jen slabě. Zelené světlo podráždí silně nervy druhého druhu [viz (2) v obr. 12.], ostatní nervy jen slabě. Modré světlo jednoduché podráždí nervová vlákna druhého a třetího druhu, nervy prvního druhu jen slabě. Fialové světlo konečně podráždí nervová vlákna třetího druhu silně, ostatní jen slabě [viz (3) v obr. 12.].

Důvodem, proč předpokládáme citlivost tří druhů nervových právě pro ony tři výše uvedené barvy základní, jest značná různost mezi krajními barvami spektrálními a barvou bílou. Tuto různost vyjadřujeme velikou sytostí barvy červené a fialové, které i při malé intenzitě světla vzbuzují vjem zcela určitý. Tak na př. mnohé rudé a modrofialové květy, ačkoliv tmavé, vzbuzují v nás dojem barvy určité. Jiného důvodu pro volbu tří citlivostí výše popsanych není. Mají-li tři barvy červená, zelená a fialová *objektivně*, fysikálně důležitý význam barev základních, nenásleduje z toho ještě *nutně*, že by vjem zrakový povstával podrážděním *tří* různých druhů nervstva na sítnici.

U ptáků a plazů nalezeny mezi bezbarvými konečky nervovými na sítnici též sloupky s červeným a žlutozeleným barvivem, u ssavců a u člověka neshledáno však nic takového.

Částečnou slepotu (daltonismus) vysvětluje theorie Young-Helmholtzova nedostatkem citlivosti nervů pro určitou barvu,

oko jest *dichromatické* a v řídkých případech také *monochromatické*.

Záleží-li trojí druh nervů zrakových v trojí na sítnici rozestřené látce fotochemické, jejíž jeden druh rozkládá se hlavně světlem červeným, druhý druh zvláště světlem zeleným a třetí druh světlem fialovým, vykládáme oko dichromatické jako takové, jež na sítnici obsahuje fotochemické ony látky *změněné*, tak že jedna se přizpůsobila druhé. Oko, které nerozeznává barvy červené, obsahuje na sítnici látku, která se přizpůsobila onomu pigmentu zelenému, tak že fotochemický rozklad této látky příčinou jest vjemu barvy zelené.

Podrobněji o povaze změn v fotochemických látkách na sítnici jedná novější theorie *E. Heringova*, která předpokládá šest jednoduchých složek při dojmu zrakovém vůbec. Složky tyto jsou dojem barvy bílé, černé, žluté, modré, červené a zelené. Změny fotochemické na sítnici jsou dvojího druhu, změna *dissimilační*, rozklad látek na sítnici a změna *assimilační*, process výživy. Složkám vjemu barvy bílé, žluté a červené odpovídají změny dissimilační, složkám ostatním změny assimilační. Dvojí tyto změny udržují se tak rozmanitým světlem v rovnováze. Zatemníme-li oko úplně i na delší chvíli, zbývají určité dojmy zrakové, neutichají změny v látce na sítnici, kterými si vysvětlujeme dojem černá a bílá a máme dojem barvy šedé.

Do ostatních podrobností duchaplné této theorie nelze se na tomto místě pouštět.

Theorie geometrických konstrukcí.

Napsal

Jan Vojtěch v Praze.

(Pokračování.)

b) *Methoda translace*. Přenesme některé části obrazce hledaného buď rovnoběžně je pošinouce nebo jinak za tím cílem, aby nový obrazec obsahoval počet daných elementů dostatečný k přímému sestrojení.