

Kazalo:	1
1. Uvod	2
2. Osnove zaznavanja barv	3
3. Metamerizem	5
3.1 Viri metamerizma	6
3.2 Vrste metamerizma	7
3.3 Metamerizem in industrija	8
4. Pogoji in metode merjenja	9
4.1 Praktični primer	10
5. Problematika pojava v grafiki	11
5.1 Reševanje problematike metamerizma	12
6. Zaključek	14
7. Viri	15

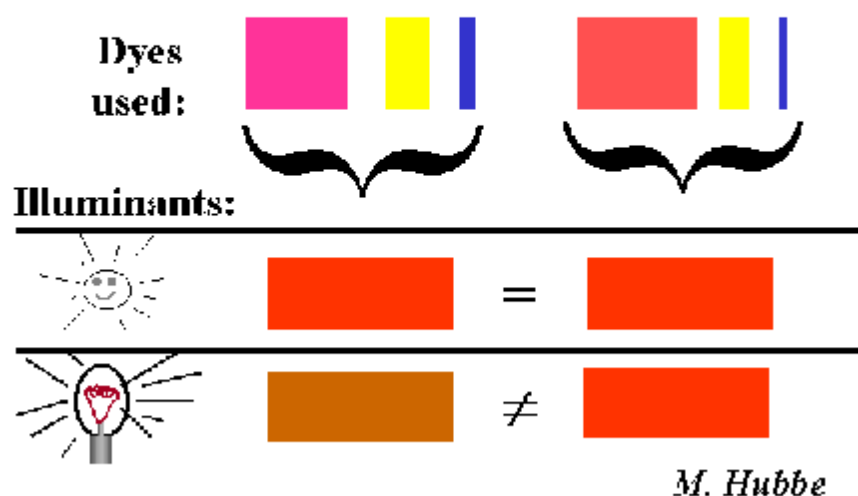
1.Uvod

Metamerizem je pojav, ki ga uporabljajo vsi tehnološki procesi oz. postopki za barvno reprodukcijo. Od barvne fotografije, barvnega tiska, barvne televizije, ... Odtisnjena barvna slika ali slika na televizijskem zaslonu mora v določenih okoliščinah pri gledanju povzročiti enako barvno valenco, kot ko zazna oko, če gleda predlogo, originalno sliko ali motiv.

Materialni barvi, ki sta pri dnevni svetlobi rumena in rdeča, sta pri osvetlitvi s kratkovalovno modro svetlobo pogojno enaki ali metameri: obe sta črni. Tudi pri osvetlitvi z rdečo svetlobo sta enaki – rdeči.

Torej dve barvi, ki sta sicer v resnici različni pod določenim virom svetlobe lahko izgledata enaki. Poznamo več vrst metamerizma naprimer geometrični metamerizem. Pogost primer je pri avtomobilski industriji, natnačneje pri avtomobilih z bisernim odtenokm barv. Vemo, da ko sonce osvetli površino avtomobila barva izgleda povsem drugače kot pa v kakšni drugačni svetlobi.

Metamerism: “Does it match the standard under *all* illuminants?”



Slika 1: metamerizem

2. Osnove zaznavanja barv

Vid je ena najpomembnejših človeških funkcij. Z njim zaznavamo ali ocenjujemo obliko, velikost, razdaljo, gibanje, bravo, ton in svetlost. Vid deluje le v navzočnosti svetlobe. V tem smislu je potemtakem svetloba dražljaj, ki aktivira človeško oko tako, da posreduje možganom vidne zaznave, torej tudi občutek barve, tonov in svetlosti. Dojemanje barv je posledica fizikalnih, fizioloških in psiholoških učinkov svetlobe.

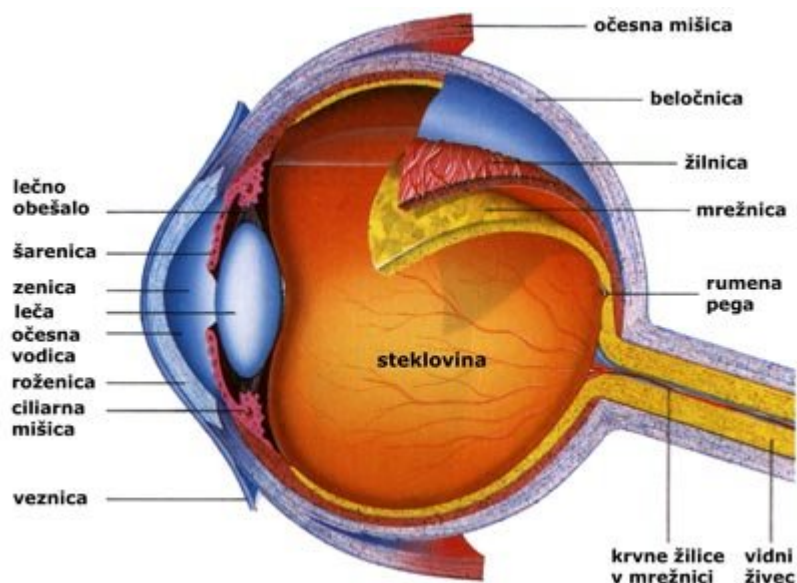
Izraz barva in ton se vedno nanašata na določeno vizualno izkušnjo ali vtis in nista fizikalna lastnost. Pri zaznavanju barv je nujna navzočnost svetlobe, če so predmeti slabo osvetljeni zaznamo le tone. Občutek barve ali tona nastane tedaj, kadar pridejo ustrezni signali v možgane, oko je namreč le čutilo za zaznavanje svetlobe.

Svetloba, ki pride v oko in povzroči neposredno zaznavanje barv ali tonov, je barvni dražljaj. Posledica tega v očesu pa je barvna valenca. Toda niti barvni dražljaj, niti barvna valenca ne predstavljata barve ali tona, kot ju dojamemo v možganih. Zato uporabljamo še izraz barvni vtis, ki pomeni dojemanje kakšne barve ali definira končni občutek.

Barvni dražljaj je svetloba, ki ima določeno jakost in spektralno sestavo. Ta pride v oko in povzroči zaznavanje barv ali tonov.

Barvna valenca je posledica zaznavanja barvnih dražljajev v očesu ali sprememba, ki jo v očesu povzroči barvni dražljaj, pravimo, da je valenca informacija o barvne dražljaju.

Barvni vtis je barva ali ton, kot jo dojamemo v določenih razmerah opazovanja in ko v očesu nastaneta druga poleg druge najmanj dve barvni valenci.



Slika 2: shematski prikaz sestave očesa

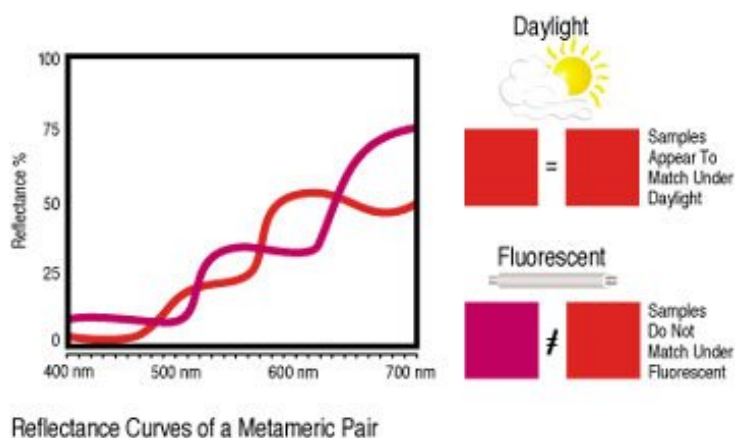
Barvna valenca nastane na retini očesa zaradi barvnega dražljaja. Retina je tanka, prozorna plast živcev, ki prepletajo fotoreceptorje: paličke in čepke. Barvni dražljaj povzroči v retini nastanek kemijskih reakcij, ki so osnova za nastanek električnih signalov paličkah in čepkih, le ti signali predstavljajo informacijo, ki potem potuje v vidni center možganov, ki informacijo spremeni v ustrezen barvni vtis.

Barvna valenca nastane le s pomočjo čepkov pri dobri osvetlitvi. V očesu imamo tri vrste čepkov: kratkovalovni, srednjevalovni in dolgovalovni. Ločijo se po spektralni občutljivosti in se imenujejo tudi barvni receptorji. Barvni receptorji ne ločijo monokromatskih in polikromatskih barvnih dražljajev, če prihajajo v oko hkrati ali v zelo kratkih časovnih presledkih in z istega mesta. Zato povzročajo nastanek enakih barvnih valenc, če je njihovo razmerje primerno izbrano. Barvnim dražljajem, ki kljub različni spektralni sestavi povzročajo nastanek enakih barvnih valenc, pravimo pogojno enaki ali metameri. In to vodi v metamerizem.

3. Metamerizem

Metamerizem je fenomen, ko dva barvna vzorca z različno močno spektralno sestavo izgledata enake barve medtem ko jih primerjamo med sabo oziroma gledamo drugega ob drugem. Spektralna sestava opisuje razmerje vse svetlobe, ki jo barvni vzorec odda, posreduje ali odbije v vseh vidnih valovnih dolžinah. Človeško oko ima tri vrste barvnih sprejemnikov (čepkov), kar pomeni, da so vse barve zreducirane v tri čutne količine, imenovane triobmočne vrednosti (Tristimulus Values).

Metamerizem se pojavi, zaradi tega, ker se vsak tip čepkov odzove na energijo, nabrano od širokega dometa valovnih dolžin tako, da različne kombinacije svetlobe okrog vseh valovnih dolžin lahko proizvedejo ekvivalenten sprejemni odziv in enake triobmočne vrednosti ali barvno občutljivost. Dvema barvnima dražljajema, ki imata različno spektralno sestavo in se vizualno ujemata, pravimo metamera.



Slika 3: primer metamerizma

3.1 Viri metamerizma

Metamerizem je zelo pogost, posebej pri skoraj nevtralnih (sivi in beli toni) ali črnih barvah. Ko barve postajajo svetlejše ali bolj nasičene, razpon možnih metametričnih ujemanj (različnih kombinacij svetlobnih valovnih dolžin) postane manjši, še posebej na barvah različnih površin.

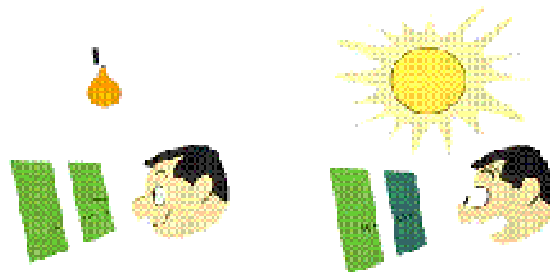
Metametrična ujemanja med dvema svetlobnima viroma določajo osnove trikromatične barvne metrike. Za vsak dan svetlobni dražljaj, nepozoren na njegovo refleksijsko krivuljo, vedno obstaja enaka zmes treh primarnih svetlob, ki ko bodo dane skupaj, ali dane k dražljaju, se bodo povsem ujemale z dražljajem.

Osnove za skoraj vse komercialne barvne reproduksijske procese, ki so na razpolago kot je fotografija, televizija, tisk, digitalne slike ipd., so osnovane na metamerističnih barvnih ujemanjih.

Ustvarjanje metamerizma z uporabljanjem odbojnih materialov je bolj oteženo. Podoba barvne površine produkta je omejena z refleksijsko krivuljo materiala in spektralno refleksijsko krivuljo svetlobnega vira, ki nanjo sveti. Kot rezultat, so barve na površinah odvisne od svetlobnega vira, ki jih osvetljuje.

*Triobmočne vrednosti (CIE Tristimulus Values)

Številčni deleži treh komponent, ki so potrebne v tribarvni aditivni mešanici, da bi se upodobila želena barva: v sistemu CIE jih označujejo X, Y in Z. Triobmočne vrednosti o barvi ne povedo ničesar, če nista znana svetloba in standardizirani opazovalec, na katera se nanašajo. Če podatki tega ne navajajo, se avtomatično smatra, da vrednosti X, Y, Z veljajo za standardiziranega opazovalca z vidnim poljem 2 stopinji in za svetlobo C.



Slika 4: primer metamerizma 2

3.2 Vrste metamerizma

Pojem **Illuminant metamerism** je včasih uporabljen za opis situacij, kjer se dva materialna vzorca ujemata ko jih gledamo pri eni vrsti svetlobe, ne pa tudi pri ostalih. Večina vrst fluorescenčne svetlobe proizvede nepravilen ali slab spektralni oddajni radij, kljub temu, da se metametrično ujema pri razbeljenem (žarečem) belem svetlobnem viru s skoraj ploščatim oddajnim radijem. Barve materialov, ki se ujemajo pod enim svetlobnim virom, se pri drugem ne.

Normalno lastnosti materialov kot je prosojnost ali površinske teksture niso obravnavani v barvnem ujemanju. Toda **Geometric metamerism** se lahko dogodi, ko se dva vzorca ujemata pod enim kotom gledanja, ne pa pod kakšnim drugim. Pogost primer je barvna varianta, ki se pojavlja pri bisernih odtenkih barv avtomobilov.

Observer metamerism se lahko zgodi pri razlikah v barvnem videnju pri različnih opazovalcih. Najbolj znani primer je pri ljudeh, ki so barvno slepi. Toda lahko se pojavi tudi med ljudmi brez kakršnihkoli napak vida. V vseh primerih, razmerje dolgih valovnih dolžin, čutnih čepkov s srednje dolgimi valovnimi dolžinami in čutnimi čepki v mrežnici, se profil občutljivosti na svetlobo, v vsaki vrsti čepka, in količina rumenenja v lečah in rumeni pegi razlikuje od človeka do človeka. To spremeni, kako relativna je pomembnost različnih valovnih dolžin v spektralni sestavi od vsakega opazovalca pri barvnem zaznavanju. Kot rezultat, dve spektralno nepodobni svetlobi ali površini lahko podata ujemajočo barvo za enega opazovalca, medtem ko se kakemu drugemu opazovalcu zdita popolnoma različni.

Končno, **field-size metamerism** se dogodi zaradi relativnih razmerij med tremi vrstami čepkov v mrežnici, ko varirajo od centra do vizualnega polja oboda tako, da barve, ki se ujemajo, ko jih vidimo majhne, se v centru obsega barvne površine zdijo različne kot pa potem ko jih vidimo še kot nekoliko večje. V mnogih industrijskih aplikacijah, na velikih površinah, se barvna ujemanja uporabljajo za definicijo barvne tolerance.

Razlika v dveh spektralnih kompozicijah dveh metameričnih dražljajev je pogosto nakazana kot **stopinja metamerizma**. Občutljivost metamerizma na kakršnokoli spremembo v spektru elementov je odvisna od stopinje metamerizma. Dva dražljaja z visokimi stopinjami

metamerizma sta lahko zelo občutljiva na kakršnokoli spremembo v razsvetljenosti, materialni kompoziciji, opazovalcu, kotu iz katerega gledamo itd.,...

Beseda **metamerizem** je pogosto uporabljena nepravilno, v smislu pokazati metametrično napako, namesto ujemanja, ali pa kot opis situacije, v kateri sta dve barvi zelo metametrični, in to zato ker je metamerizem z lahkoto oslabljen s kakršnokoli majhno spremembo stanja, kot je naprimer sprememba v razsvetljenosti.

* Illuminant (vrsta svetlobe) - Spektralni sestav svetlobnega toka (svetlobne energije), ki osvetljuje objekte.

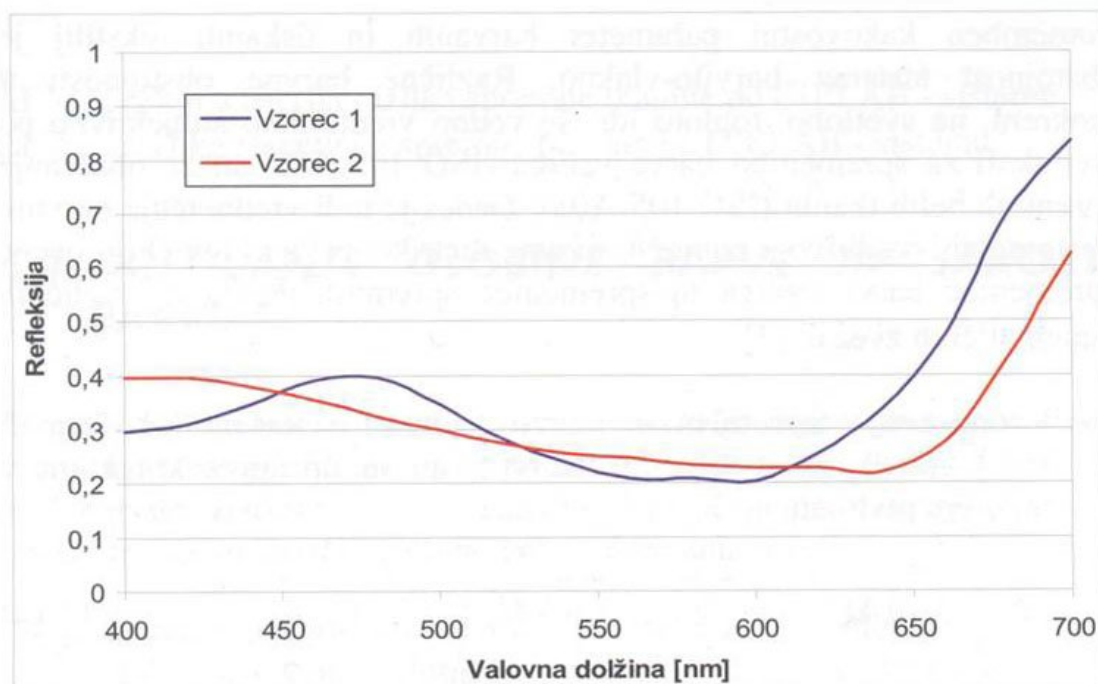
3.3 Metamerizem in industrija

Uporaba materialov, ki so metametrično barvno ujemajoči, raje kot pa materialov, ki se spektralno barvno ujemajo, je znaten problem v industriji, kjer sta barvno ujemanje in barvna toleranca pomembna. Klasičen primer je v avtomobilski industriji: notranja oprema je iz tkanin, plastike in poslikav, ki naj bi bila proizvedena z zagotovilom o dobrem barvnem ujemanju pod standardnim virom svetlobe (kot je na primer sonce), toda ujemanja lahko izginejo pri drugih oblikah različnih svetlobnih virov, kot je fluorescenčna svetloba. Podobni problemi se lahko pojavijo v tekstilstvu, v izdelavi iz različnih tipov barv ali z uporabo različnih tipov tkanin, ali pa celo v kvaliteti barvnega tiska, pri uporabi različnih tipov črnih. Papirji proizvedeni z osvetljevanjem so posebej občutljivi na barvne spremembe, naprimer pri sevanju kratkih svetlobnih valovnih dolžin, kar lahko povzroči, da so nekateri papirji vidni fluorescenčno.

Barvna ujemanja, narejena v barvni industriji so pogosto namenjena, da dosežejo spektralno barvno ujemanje, kot tudi metametrično ujemanje. Spektralno barvno ujemanje poskuša dati dvema barvama enake spektralne odbojne karakteristike, narejene tako, da imajo dobro metameristično ujemanje z nizko stopinjo metamerizma in na tak način zmanjšajo rezultatsko občutljivo barvno ujemanje na spremembe v razsvetljenosti, ali razlikah med opazovalci.

4. Pogoji in metode merjenja

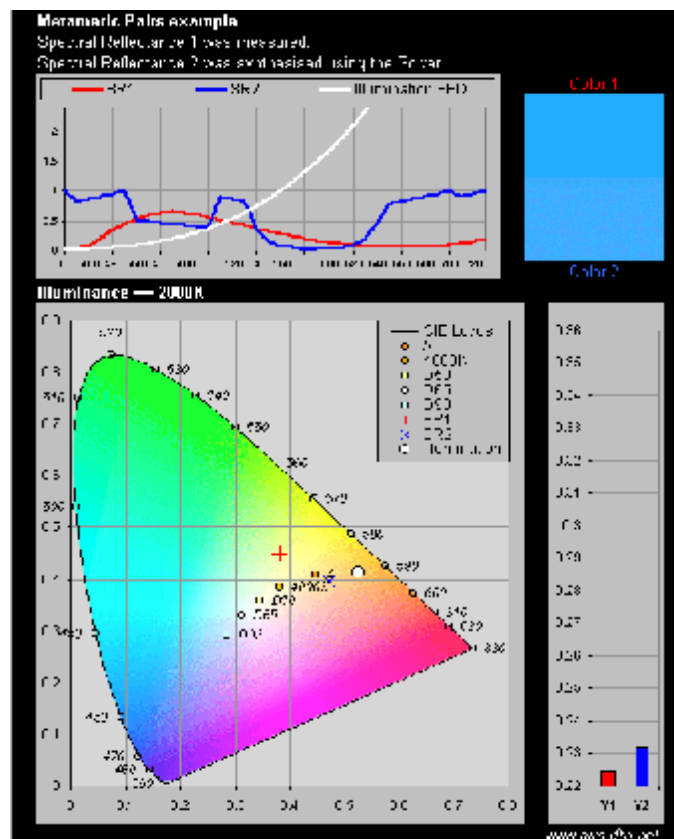
Vrednotenje metamerije je možno le z uporabo različnih standardiziranih svetlob. Dva vzorca, ki imata različen potek refleksijskih krivulj sta metamerna oziroma pogojno enaka pri določeni vrsti svetlobe takrat, ko imata enake X, Y in Z vrednosti. S spremembo svetlobe se površina pod refleksijskima krivuljama spremeni, kar povzroča spremembo X, Y in Z vrednosti in s tem tudi barve vzorcev. Na sliki 4 je prikazan primer refleksijskih krivulj dveh modrih barv, ki sta enaki pri dnevni svetlobi D65, pri osvetlitvi s svetlobo A pa ima vzorec 1 izrazito vijoličast odtenek. Ljudje pa ne zaznavamo obliko krivulj, ampak celotno površino pod krivuljo. Zato lahko pri določeni osvetlitvi kljub različnemu poteku refleksijskih krivulj zaznamo barvi enako. Zaradi tega sta barvi pogojno enaki (pri določeni svetlobi) ali metamerni.



Slika 4: Refleksijski krivulji metamernih vzorcev

4.1 Praktični primer

Barva keramičnega objekta vsebuje barvni komponenti A & B. Samo po sebi umevno je, da mora biti plastični pripomoček narejen v isti barvi kot keramični objekt. Barvni komponenti A & B sta barvili, ki sta odporni na visoko temperaturo, pogosto višjo od 1200 stopinj Celzija. Za plastični pripomoček morata biti uporabljeni drugačni barvili kot A & B, če želimo doseči zelo podobno barvo, kot jo ima keramični objekt. Naloga tiskarja je, da izbere barvili za mešanico barve v taki meri, da ima plastični pripomoček podobno barvo v primerjavi s keramičnim objektom. Izkušen tiskar je sposoben pobarvati plastični pripomoček, tako da je kupec zadovoljen in bo prejel barvno kopijo, ki se ujema s keramičnim objektom pod normalnimi pogoji svetlobnih okoliščin.



Slika 5: Primerjava 2 barvnih vzorcev

5. Problematika pojava v grafiki

Metamerična napaka

Termin metamerična napaka se uporablja da z njim opišemo situacijo, ko primerjamo 2 ujemajoča se barvna vzorca opazovana pod samo enim svetlobnim virom. Večina tipov fluorescentnih luči namreč proizvaja nepravilno ali pomanjkljivo oddajno krivuljo, čeprav se metamerično ujemajo pod žarečim "belim" svetlobnim vzorcem s skoraj ravno oz. enakomerno oddajno krivuljo.

Običajno materialne lastnosti kot so prosojnost, sijaj ali površinska zgradba niso upoštevane v barvnem ujemanju. Do geometrijske metamerične napake lahko pride, ko se dva vzorca ki sta prikazana pod različnima kotoma ujemata. Primer je barvna variacija, ki se pojavi v barvno spreminjajočih koncih.

Med opazovalci lahko pride do metamerične napake zaradi različnih dojemanj barvnega odtenka. Šolski primer metamerične napake je barvna slepota, ki pa ni pogosta med "običajnimi" opazovalci. Sorazmerje med čepki v mrežnici ki so občutljivi na dolgo valovno dolžino, čepki občutljivimi na srednjo valovno dolžino, profilom svetlobne občutljivosti v vsakem tipu stožca, količino rumenosti v leči in pegastim pigmentom v očesu se med posamezniki razlikuje. To spremeni zaznavanje različnih valovnih dolžin spektralno močne razširjenosti vsakega ki opazuje. Na primer dve spektralno različni svetlobi dosežeta barvno ujemanje za enega opazovalca, hkrati pa lahko pri drugem opazovalcu tega ujemanja ne dosežeta.

Širina polja metamerične napake nastane, ker sorazmerja treh tipov čepkov v mrežnici variirajo od centra vidnega polja do oboda vidnega polja. ujemajoče se barve, ki jih vidimo kot zelo majhne, centralno fiksirane površine se lahko pojavijo drugače, kadar so prikazane kot velike barvne površine. Razlika v spektralni postavitvi dveh metameričnih stimulacij (poživitev, spodbud) je pogosto predstavljena kot stopnja metamerizma. Dve stimulaciji (eng: stimuli) z visoko stopnjo metamerizma sta občutljivi na vsako spremembo vira svetlobe, snovne postavitve, opazovalca, polja gledanja,...

Beseda metamerizem je pogosto uporabljena nepravilno, tako da prikaže metamerično napako namesto zadetka, oziroma da opiše situacijo v kateri sta dve barvi visoko metamerični in od

tod je metamerični zadetek zlahka degradiran (zmanjššan, 'ponižan') že zaradi majhne spremembe v pogojih npr. spremembi vira svetlobe.

5.1 Reševanje problematike metamerizma

- Leta 2001 je Epson svoje profesionalne široke tiskalnike opremil s suspenzijskimi (ang. "pigment") barvili, za razliko od navadnih (ang. "dye"), ki so jih uporabljali (in jih še vedno uporabljajo) konkurenti. Razlog za ta prehod je (bila) slaba trajnost odtisov tiskalnikov z navadnimi barvili, tudi starejših Epsonovih. Suspenzijska barvila so veliko trajnejša (navadna tako trajnost dosežejo le na posebnih papirjih), a imajo tudi slabosti - največji sta, da so izdelki veliko manj svetleči od tistih, ki jih natisnejo navadna barvila, in z njimi je načeloma teže natisniti tako širok barvni spekter (ang. "gamut"), kot ga zmorejo navadna barvila. Epson je to dvoje z vsako generacijo novih barvil vztrajno izboljševal. Razvoj gre naprej in zadnji Epsonov odgovor na tem področju so barvila UltraChrome K3, ki odpravljajo obe zgornji težavi, pa tudi nekaj drugih. Precej zmanjššan je t. i. metamerizem (ang. "metamerism") oz. učinek, da sta izdelka (npr. dveh različnih tiskalnikov) na eni vrsti svetlobe (npr. pod neonkami) videti enaka, na drugi (npr. na dnevni svetlobi) pa kar precej različna.

Izboljšana je tudi kratkoročna barvna stabilnost, ki je ključna pri izdelavi testnih (proof) odtisov. Odtis je že po nekaj minutah dovolj barvno stabilen (in se ne spreminja več), da ga je mogoče pokazati stranki. Ključna novost pa je več odtenkov črne barve, ki jih premorejo tiskalniki s temi barvili. Na voljo so črna (foto ali mat), siva in svetlo siva, pri čemer ima prva siva 50 % "črnine" prave črne, druga pa le 17 %. S takim sivinskim razponom je omogočen predvsem zelo kakovosten sivinski tisk, ki ga uporabljajo profesionalni fotografi, pa tudi njihovi amaterski posnemovalci. Vsi brizgalniki pri sivinskem tisku za mehke prehode uporabljajo tudi barve (CMY), vendar jih Epson zaradi pravih sivinskih odtenkov uporablja veliko manj, zato njegovi izdelki niso rožnati ali zelenkasti, kot se rado dogaja.

- UltraChrome K3 so "nadgradnja" črnil UltraChrome. Novost je, da se barvila K3 izredno hitro stabilizirajo in so že po pol ure natanko taka, kot bodo obstala tudi vnaprej. To je pomembno predvsem pri izdelavi testnih odtisov. Tu je pomemben tudi veliko boljši metamerizem oz. izgled izdelka pod različnimi tipi svetlobe. Izdelki natisnjeni z barvili K3

naj bi bili videti enako, ne glede na to ali so osvetljeni s halogensko ali dnevno svetlobo. Sivinski tisk je podprt z gonilnikom in zahtevnim uporabnikom omogoča natančno nastavljanje sivinskih tonov. Sivinski izdelki ne kažejo sicer precej običajne "mavrice" oz. barvnih odtenkov, predvsem pa so izredno kontrastni. Gonilnikom pomaga tudi priložena programska oprema.

Ali pojav metamerizma pomeni problem?

Odkvisno. V mnogo pogledih je ta fenomen pomemben za barvno reprodukcijo, vendar se lahko barvni toni skrijejo pred našimi pričakovanji in tu nastane problem.

- testni in natisnjeni vzorci se razlikujejo pod različnimi osvetljavami
- barvni stolpci, izbrani za normalno printanje se pod različno svetlobo ne ujemajo. Dober primer tega je prenos prikazanih podob/slik in osvetlitve z nenavadnimi odtenki svetlobe v razstavnih sobah.
- primerjava inkjet tiska in fotografskega tiska – to sta dve vrsti tiska, pri katerih uporabljamo različne tehnike tiskanja in se pod določeno svetlobo ne ujemata.
- končni produkt se ne ujema s produktom v vseh svetlobnih pogojih.

Možne rešitve problema so:

- 1) treba je biti pozoren – to ni ravno rešitev, je pa vedno prvi korak na poti k naslednjemu.
- 2) pigmente je treba izbirati previdno. Biti moramo pozorni na pigmentirana črnila za inkjet tiskalnike.
- 3) osvetlitev moramo kontrolirati – prav tako za tisk v nastajanju kot tudi za končni izgled, če je le mogoče.

6. Zaključek

Na metmerističnih barvnih uejmanjih so osnovani vsi barvno reprodukcijski procesi. Od barvne do črno – bele reprodukcije. Primer so naprimer fotografija, še posebej digitalna fotografija, barvna televizija, tisk, ... Z vedno hitrejšim razvojem digitalne tehnolgije in s tem posledično vedno cenejšo in lažje dosegljivo tehnologijo, se danes ljudje pravzaprav vsak dan srečujemo z njo. Večina ljudi, tudi tisti, ki se s fotografijo ukvarjajo zgolj ljubiteljsko oziroma z njo samo zabeležijo spomine, si danes kupi digitalne fotoaparate, s katerimi ustvarjajo fotografije. A tu se proces fotografije ne ustavi. Fotografije nato prenesejo na računalnik, kjer jih potem še dodatno oblikujejo, popravljajo, retuširajo. In tu se srečajo tudi z metamerizmom. Praktično se torej lahko z metamerizmom srečavamo vsak dan doma ali pa nekje v naravi, itd.

7. Viri

7.1 Viri literature

- [http://en.wikipedia.org/wiki/Metamerism_\(color\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Metamerism_(color))
- Tehnologija grafičnih procesov

7.2 Viri slik

- <http://www.gecolorxpress.com/extranet/user/images/start/Metamerism.jpg>
- http://www.optika-pirc.com/?menu_item=sl_zgradba
- <http://www4.ncsu.edu/~hubbe/Defnitns/DefnitnGIFs/Slide30.GIF>
- http://www.ivl.disco.unimib.it/Activities/MultispectralPageWord_files/image003.gif