

Boris Sluban

Barvna konstantnost in metamerija

boris.sluban@um.si

Uvodne pripombe

- Vsa predstavljena snov je znana že dolgo in že desetletja objavljena v številnih učbenikih in jezikih, v tem delu ni mojih izvirnih prispevkov (razen nekaj fotografij s potovanj).
- Pri izboru snovi in sestavljanju te predstavitve sem se v glavnem opiral na naslednje vire, ki jih (seveda tiste, ki so dosegljivi) toplo priporočam za poglobljeno branje:
 - R.S. Berns: Principles of Color Technology, Wiley, 2000
 - R. McDonald: Colour Physics for Industry, Second Edition, Society of Dyers and Colourists, Bradford, 1997
 - A. Berger-Schunn: Practical Color Measurement, Wiley, 1994
 - Pedagoški materiali, ki mi jih je posredoval Dr. Robert Hirschler
 - Predstavitveni materiali proizvajalcev opreme za tehnologijo barve

ZAZNAVNI VIDIK BARVE

- V vsakodnevnem pogovoru ima beseda »**barva**«
lahko različne pomene: kot npr.:
zaznava, snov, razpoloženje,...
- V današnjem predavanju nas zanima izključno:
barva kot čutna zaznava
- enostavna definicija barve :
barva je subjektiven občutek,
ki ga v možganih povzroči (sproži)
tista svetloba, ki vstopi v človeško oko

Young-Helmholtzova teorija „barvnega vida“

("trikromatska teorija")

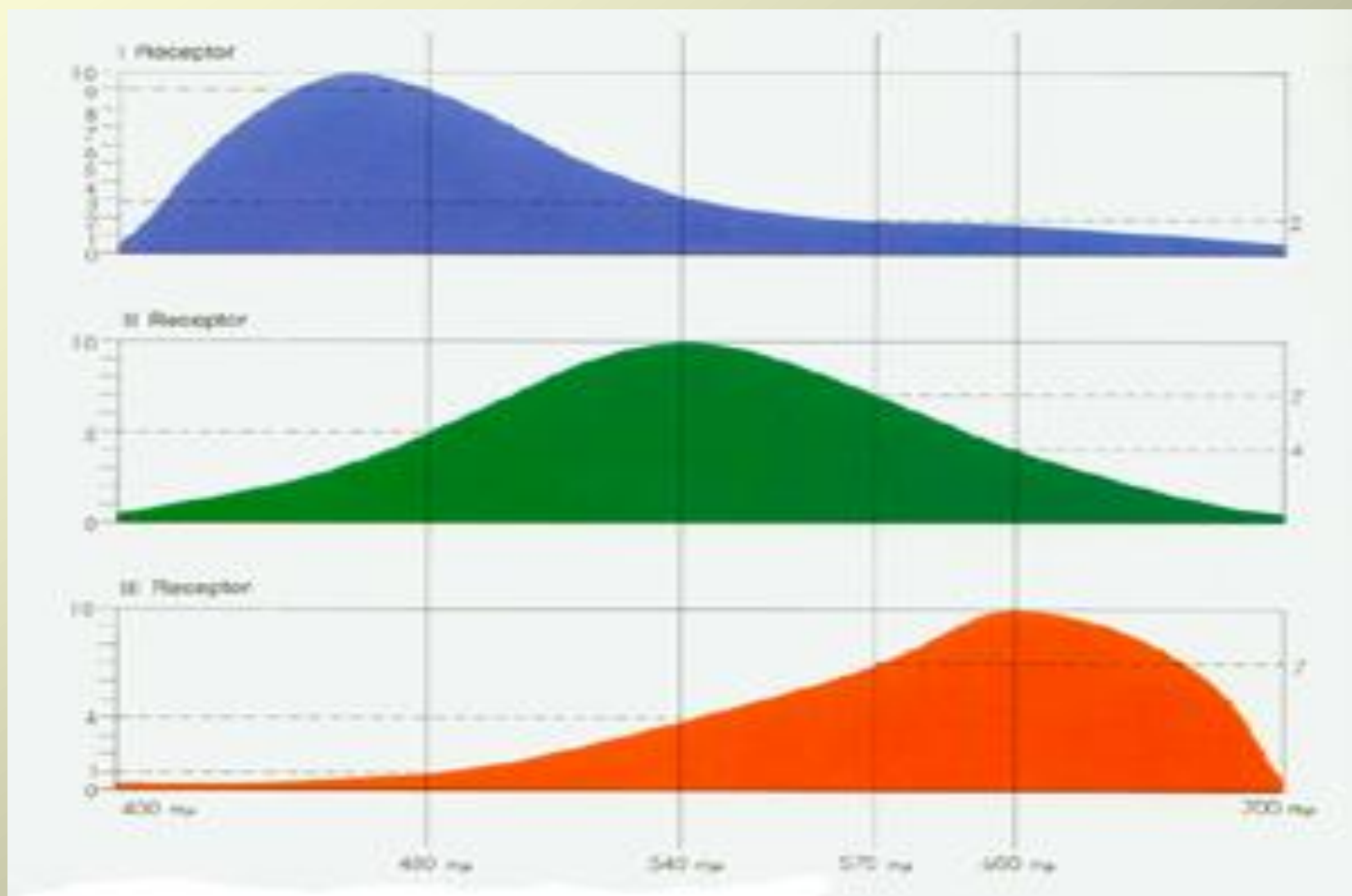
Trikromija (Young 1802, Helmholtz 1866):

Barva je določena s trojko signalov z receptorjev **L**, **M**, **S**.

Teorija opisuje fiziološki proces na mrežnici:

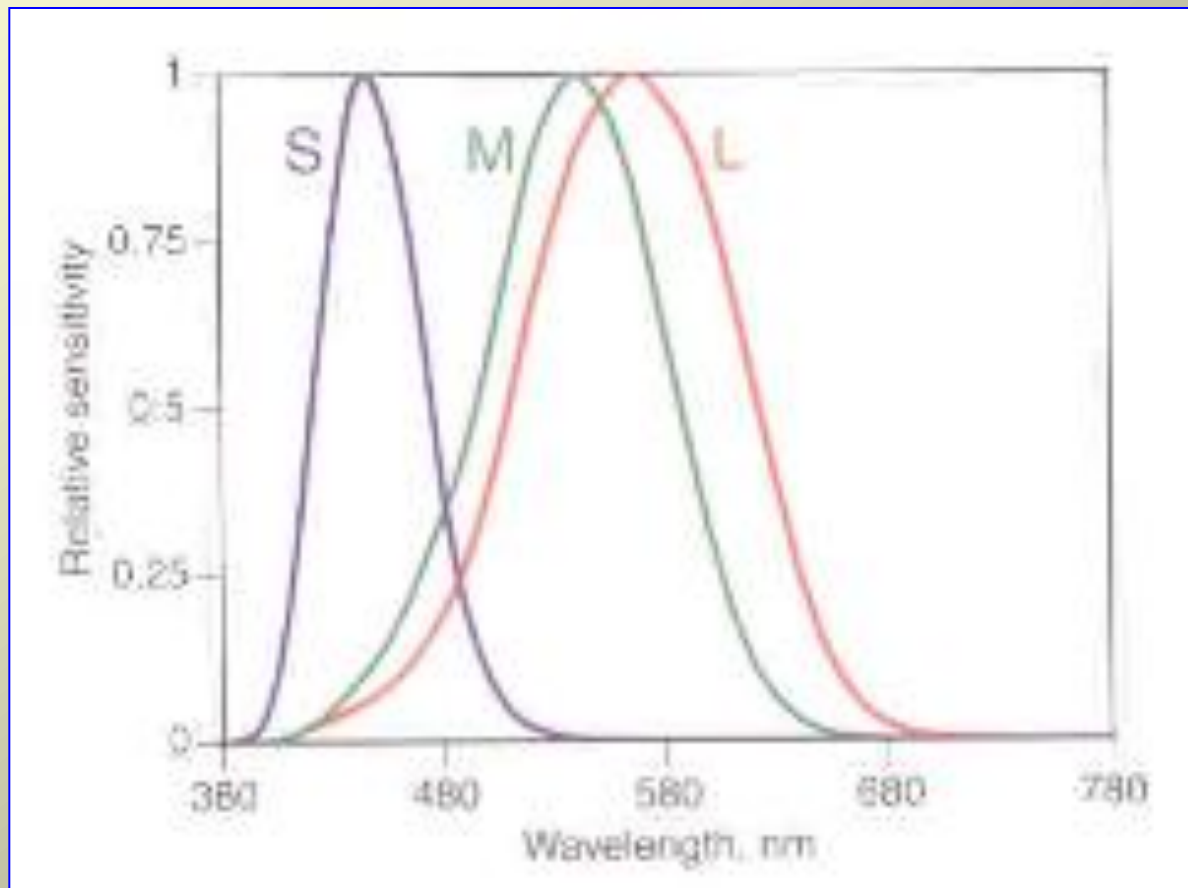
- stimulus/dražljaj (svetloba, ki vpada na mrežnico) aktivira tri vrste receptorjev: **L**, **M** in **S**,
- vsak od njih integrira (sešteva) energijo svetlobe po vseh valovnih dolžinah svojega področja občutljivosti,
- dobimo trojko signalov z receptorjev **L**, **M**, **S**
("cone signals").

Občutljivosti receptorjev **L**, **M**, **S** v mrežnici



Relativna spektralna občutljivost receptorjev

L, **M**, **S**



Prilagajanje količini svetlobe (light adaptation)

so spremembe v delovanju vidnega sistema, ki približno izravnavajo/kompenzirajo spremembe v količini svetlobe (prilagajanje ni neomejeno, možno samo v nekih mejah)

Prilagajanje barvi svetlobe (chromatic adaptation)

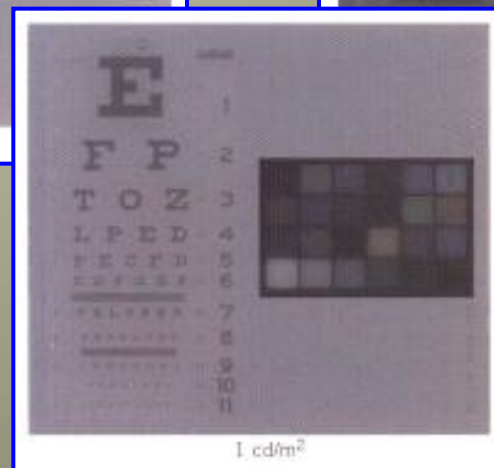
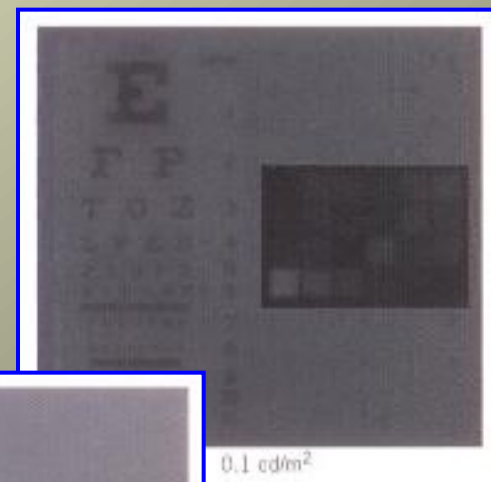
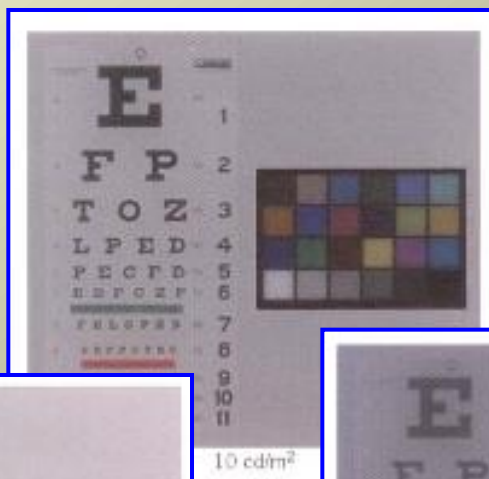
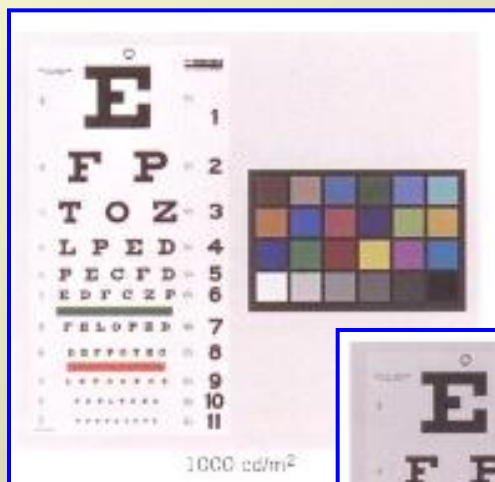
so spremembe v delovanju vidnega sistema, ki skušajo nadomestiti (kompenzirati, izravnati) spremembe v spektralni sestavi svetlobe (spremembe v barvi svetlobe).

Barvna stalnost (colour constancy)

je splošna tendenca vidnega sistema, da bi barva opazovanega predmeta ostala nespremenjena tudi potem, ko se spremenita količina svetlobe in njena spektralna sestava (njena barva).

Primer prilagajanja količini svetlobe

Ko postopoma zmanjšujemo količino (običajne bele) svetlobe, postajajo barve predmetov vedno bolj temne in manj izrazite (manj kromatične), obrisi predmetov pa manj ostri.



Prilagajanje količini svetlobe (light adaptation)

so spremembe v delovanju vidnega sistema, ki približno izravnavajo/kompenzirajo spremembe v količini svetlobe (prilagajanje ni neomejeno, možno samo v nekih mejah.)

Prilagajanje barvi svetlobe (chromatic adaptation)

so spremembe v delovanju vidnega sistema, ki skušajo nadomestiti (kompenzirati, izravnati) spremembe v spektralni sestavi svetlobe (spremembe v barvi svetlobe).

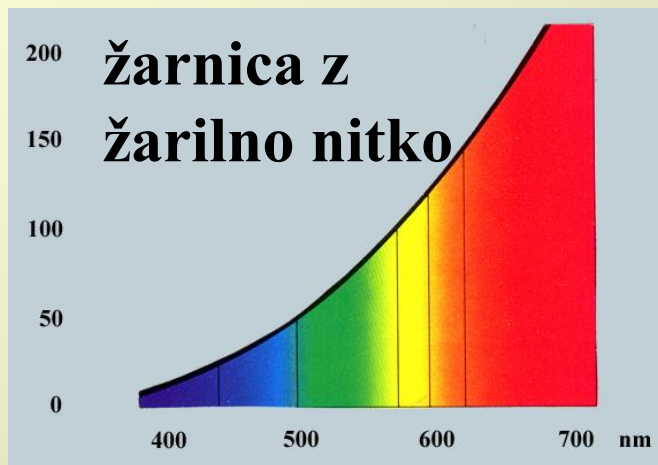
Barvna stalnost (colour constancy)

je splošna tendenca vidnega sistema, da bi barva opazovanega predmeta ostala nespremenjena tudi potem, ko se spremenita količina svetlobe in njena spektralna sestava (njena barva).

Barvna konstantnost/nekonstantnost je **lastnost enega posameznega dražljaja**, npr. obarvanega predmeta ali npr. barvaste svetlobe z LCD ...

Primer barvne **ne**konstantnosti

ko „preklopimo“ od svetlobe žarnice z žarilno nitko ...



... k simulaciji dnevne svetlobe (z bliskavico)...

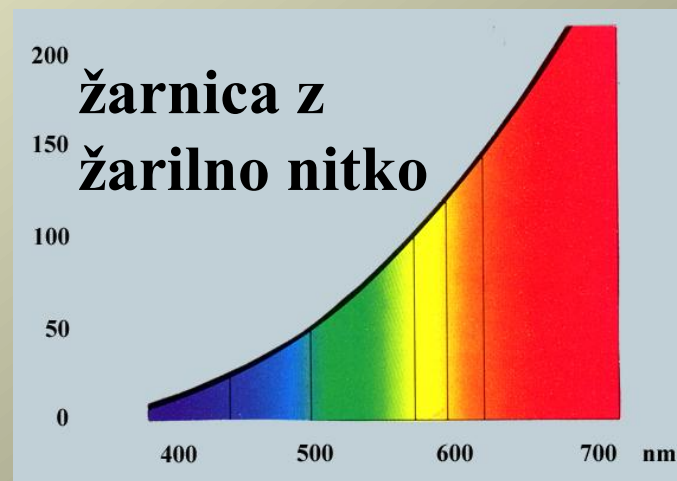
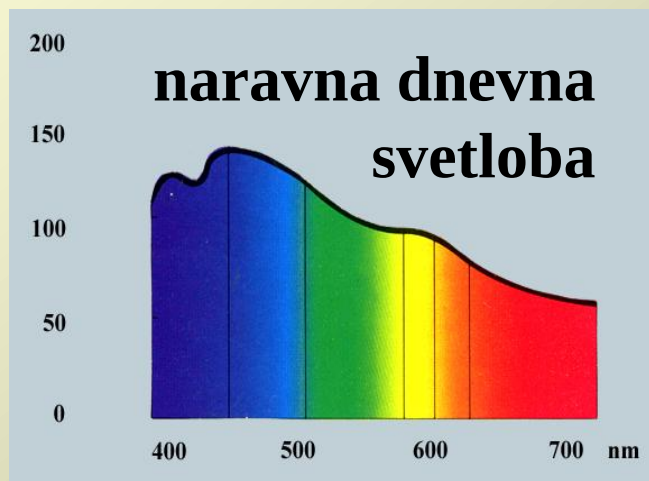
se barva
(videz barve) brisač
zelo spremeni
(precejšnja
barvna **ne**konstantnost)



Primer barvne konstantnosti

Fenomen „vselej bele krede“:

ko „preklopimo“ od (npr.) dnevne svetlobe ...



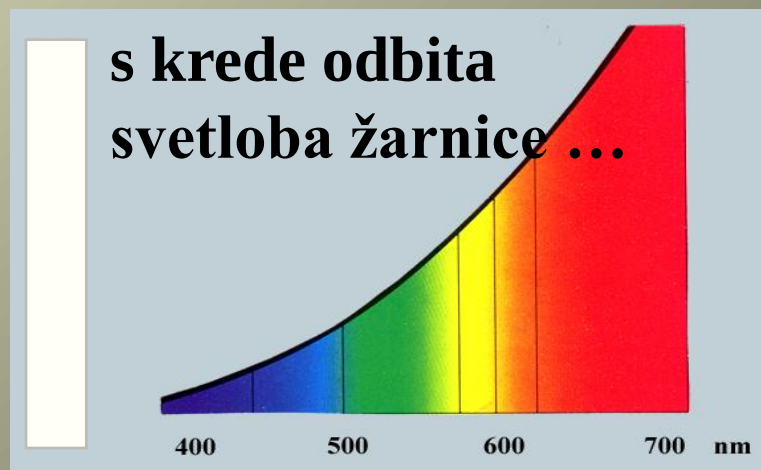
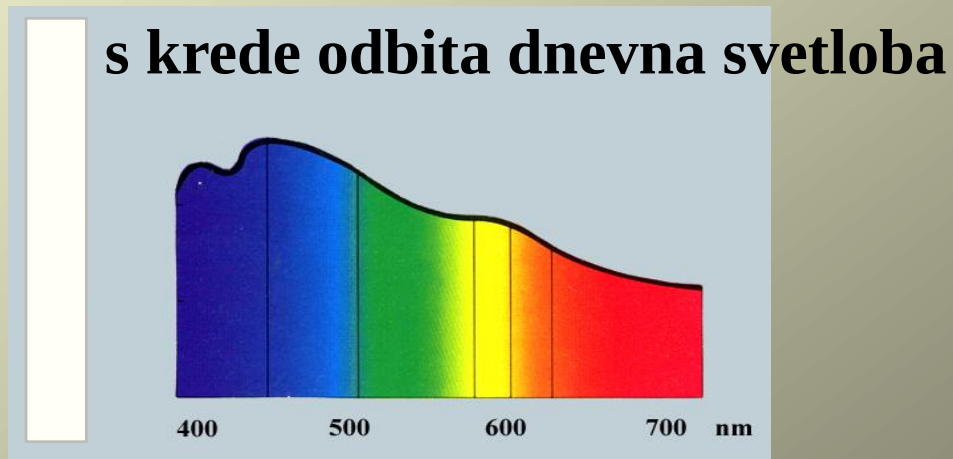
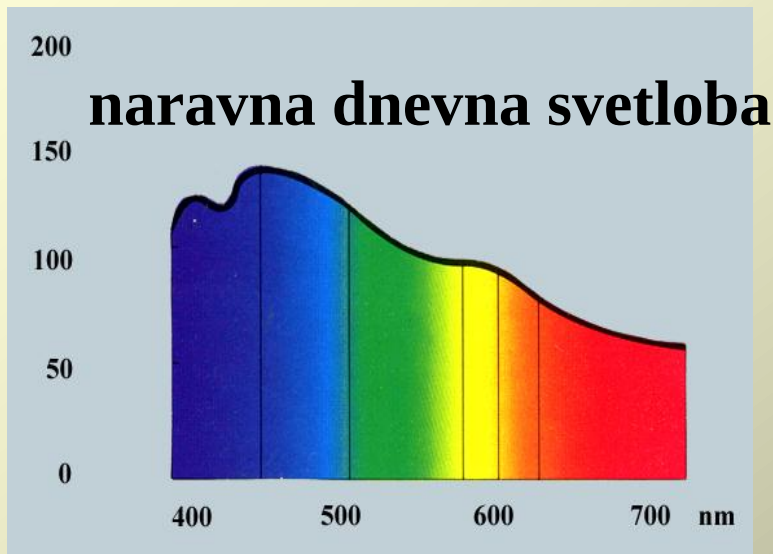
... k svetlobi žarnice z žarilno nitko,

bela kreda še vedno zgleda bele barve !

(drugače je seveda, če jo osvetlimo z barvasto svetlobo)

Primer barvne konstantnosti

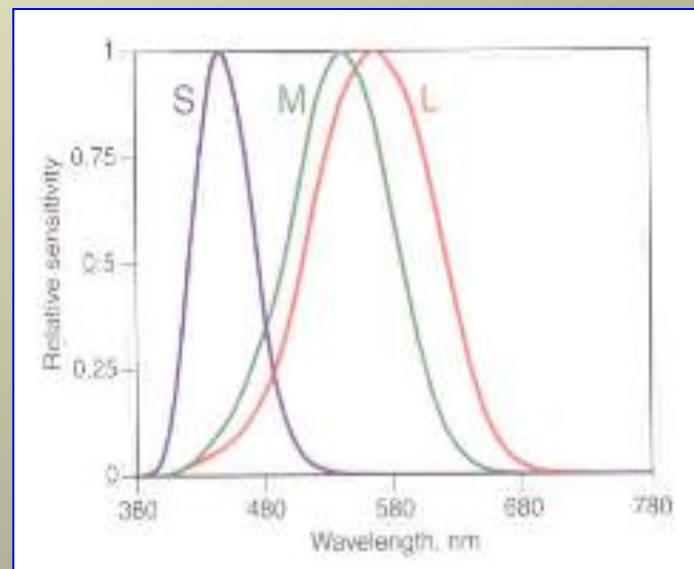
(vedno bela kreda)



BARVNA KONSTANTNOST IN BARVNA ADAPTACIJA

Enostavna “razlaga” fenomena “vedno bele krede”

- Naš vidni sistem nekako podzavestno / samodejno primerja
 - svetlobo, odbito s predmeta, in
 - svetlobo, ki jo izseva svetlobni vir
- Če sta spektralni porazdelitvi
 - moči svetlobe, izsevane iz svetlobnega vira, in
 - moči svetlobe, odbite s predmeta,**zelo podobni**, potem naš vidni sistem barvo predmeta oceni kot nevtravno – belo ili neko sivo



BARVNA KONSTANTNOST IN BARVNA ADAPTACIJA – nadaljevanje 1

Pomembno vprašanje:

- če ima obravnavana barva pri referenčni svetlobi (npr. D65) koordinate

$(X, Y, Z)_{sv.1}$ ali $(L^*, a^*, b^*)_{sv.1}$ (ali kakšno drugo trojko),

- katera je potem barvna specifikacija t. i. **pripadajoče barve**

$(X_C, Y_C, Z_C)_{sv.2}$ ali $(L^*_C, a^*_C, b^*_C)_{sv.2}$,

ki izbranemu opazovalcu pri drugačni vrsti svetlobe (npr. A) izgleda enako?

Dogovor: **“Pripadajoči” barvi** (corresponding colours)

sta barvna dražljaja, ki dajeta videz iste barve, če ju gledamo pri različnih pogojih barvne adaptacije

BARVNA KONSTANTNOST IN BARVNA ADAPTACIJA – nadaljevanje 2

Običajno se vrednosti L^* , a^* , b^* pri spremembi vrste svetlobe ne spremenijo veliko, ampak vseeno:

- enaki trojki CIELAB koordinat barve predmeta pri različnih svetlobah

$$(L^*, a^*, b^*)_{\text{sv.1}} = (L^*, a^*, b^*)_{\text{sv.2}}$$

še pomenita, da je predmet barvno konstanten

- pa tudi občutno različni trojki koordinat barve predmeta pri različnih svetlobah

$$(L^*, a^*, b^*)_{\text{sv.1}} \neq (L^*, a^*, b^*)_{\text{sv.2}}$$

še ne pomenita, da predmet ni barvno konstanten

CHROMATIC ADAPTATION TRANSFORM (CAT)

Določanje “**pripadajočih**” barv
(corresponding colours)

- dokaj dobro ujemanje z vizualnimi ocenami je izkazala t.i.

Bradford Chromatic Adaptation Transform (1985)

- nadgradnje in izboljšave gornje CAT, npr:

CIECAT02 (2002)

CHROMATIC ADAPTATION TRANSFORM (CAT)

– nadaljevanje 1

Določanje “**pripadajočih**” barv (corresponding colours):

Splošni opis odnosov pri določanju “pripadajoče” barve

- recimo, da predmet pri spremembi vrste svetlobe s “Svetlobe 1” na “Svetlobo 2” spremeni svojo barvo s specifikacije $(X, Y, Z)_{sv.1}$ na specifikacijo $(X, Y, Z)_{sv.2}$,
- medtem ko “izhodni” barvi s specifikacijo

$$(X, Y, Z)_{sv.1}$$

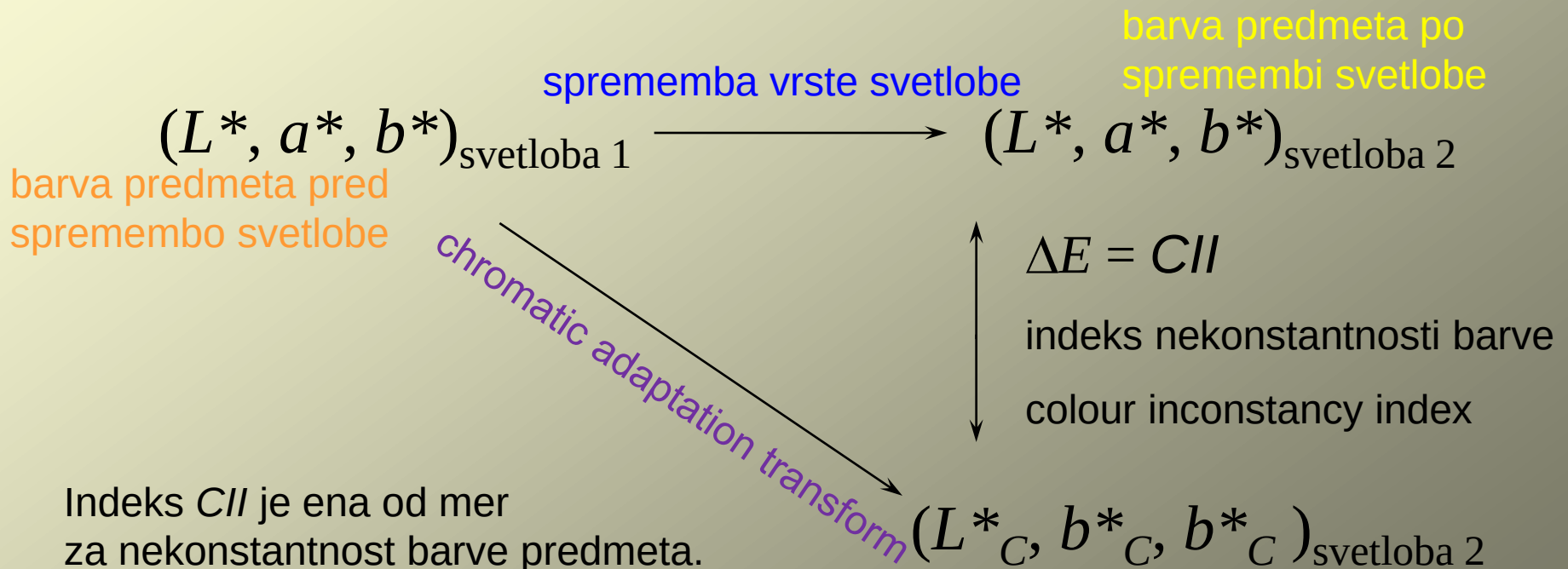
po spremembi svetlobe, torej pri “Svetlobi 2”, pripada “pripadajoča” barva (corresponding colour) s specifikacijo

$$(X_C, Y_C, Z_C)_{sv.2}$$

CHROMATIC ADAPTATION TRANSFORM (CAT), INDEKS NEKONSTANTNOSTI BARVE (CII)

Indeks nekonstantnosti barve (colour inconstancy index):

predmeta (za prehod od “Svetlobe 1” k “Svetlobi 2”) je **barvna razlika** ΔE med barvama $(L^*, a^*, b^*)_{\text{svetloba 1}}$ in $(L^*_C, a^*_C, b^*_C)_{\text{svetloba 2}}$



Indeks CII je ena od mer
za nekonstantnost barve predmeta.

Problem: pri drugačni izbiri (vsaj ene od obeh)
svetlob se spremeni tudi vrednost indeksa CII

Pripombe o CAT in barvni nekonstantnosti

- opozorimo, da “**chromatic adaptation transform**” (CAT)
 - ne napove barve predmeta po spremembi svetlobe,
(to je seveda mogoče narediti kar iz refleksijske krivulje)
 - ampak **napove “pripadajočo” barvo (specifikacijo)**

$$(L^*_C, b^*_C, b^*_C)_{\text{svetloba 2}},$$

**ki bi jo po spremembi svetlobe predmet imel,
če bi bil popolnoma barvno konstanten.**

- da bi predmet bil barvno konstanten pri več različnih vrstah svetlobe, bi moral imeti refleksijsko krivuljo zelo nenavadne oblike, ki pa je ni mogoče proizvesti z običajnimi barvili

Kaj pravzaprav napove CAT ?

Ko preklopimo od npr., svetlobe žarnice z žarilno nitko ...



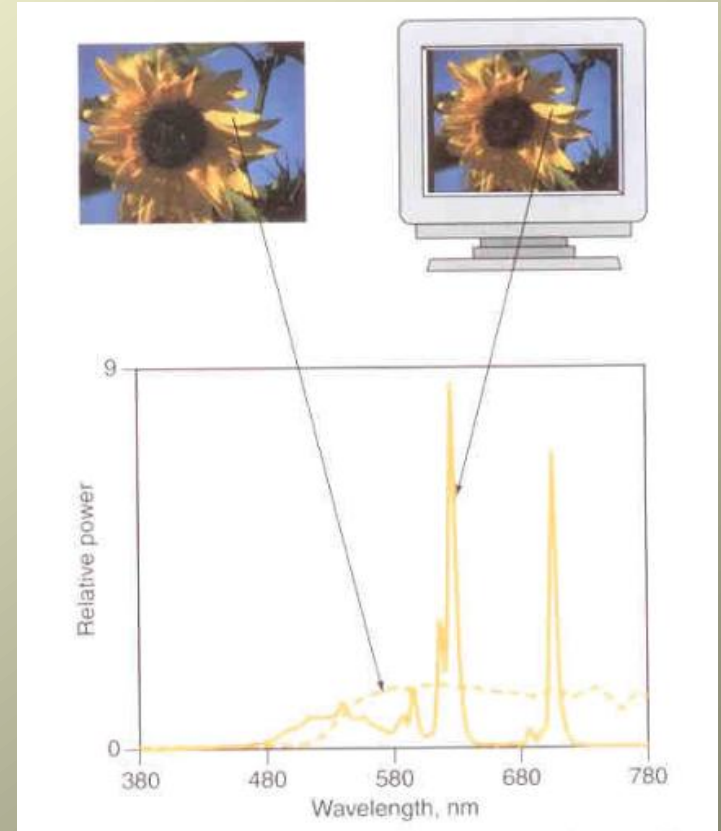
... k, npr. simulaciji dnevne svetlobe (z bliskavico)

CAT pri gornji spremembi svetlobe **ne napove** specifikacije **vijoličaste** barve brisače na spodnji sliki, ampak **napove** specifikacijo „**pripadajoče**“ barve, ki



METAMERIJA

Komentar. Človekovo oko, ki celoten spekter v oko vpadle svetlobe prevede v tri signale **L**, **M**, **S** (cone signals), omogoča, da dva dražljaja z različnima spektralnima sestavama v čepkih sprožita popolnoma enaki trojki signalov, vidni sistem pa zato v obeh primerih zazna isto barvo.



Metamerija je pojav, da **dva** dražljaja z **različnima spektralnima** sestavama (npr. z različnima refleksijskima krivuljama) izbranemu opazovalcu v izbranih pogojih opazovanja zgledata iste barve.

METAMERIJA – nadaljevanje 1

Pripomba. Če spremenimo vrsto svetlobe in/ali opazovalca, je mogoče, da se barva dveh vzorcev, ki sta prej zgledala enake barve, več ne bo ujemala (kar je pogosto moteče).

Pripomba:

- Metamerija je lastnost para dveh dražljajev, npr. dveh obarvanih predmetov ali npr. dveh obarvanih svetlob
- in to je drugače kot konstantnost ali nekonstantnost barve, kar je lastnost enega predmeta oz. dražljaja.

METAMERIJA – nadaljevanje 2

Metamerni par vzorcev sta dva takšna predmeta, ki imata

- različni refleksijski krivulji $R_1 = R_1(\lambda)$ in $R_2 = R_2(\lambda)$,
- ampak enake barvne koordinate

$$(L^*, a^*, b^*)_{\text{vzorec 1}} = (L^*, a^*, b^*)_{\text{vzorec 2}}$$

pri izbranih pogojih opazovanja

(vrsta svetlobe, vrsta opazovalca, geometrija opazovanja)

- in zato takrat opazovalcu zgledata iste barve.

Dogovor: Metamerna vzorca izkazujeta metamerijo,
če po spremembi pogojev opazovanja več ne zgledata iste barve.

METAMERIJA – nadaljevanje 3

Metamerija

je

najpomembnejši posamezni vidik

človekovega barvnega vida

Metamerija je hkrati blagoslov in prekletstvo

Zakaj je metamerija lahko „blagoslov“?

Rekli smo že:

Ujemanje barve dveh svetlob (ali barve dveh predmetov) je ravno zaradi metamerije mogoče doseči tudi brez ujemanja njunih spektralnih lastnosti

(npr. tudi brez tega, da bi se njuni refleksijski krivulji $R_1 = R_1(\lambda)$ in $R_2 = R_2(\lambda)$ ujemali pri vseh valovnih dolžinah λ z vidnega spektra).

Zato je ravno zaradi metamerije mogoče proizvesti/doseči ujemanje (izgleda) barve z uporabo popolnoma različnih materialov in barvil.

Primer, ko je metamerija zelo koristna:

Večina sistemov za reprodukcijo barve

(vključno s televizijo, fotografijo, filmom in tiskom)

se opira

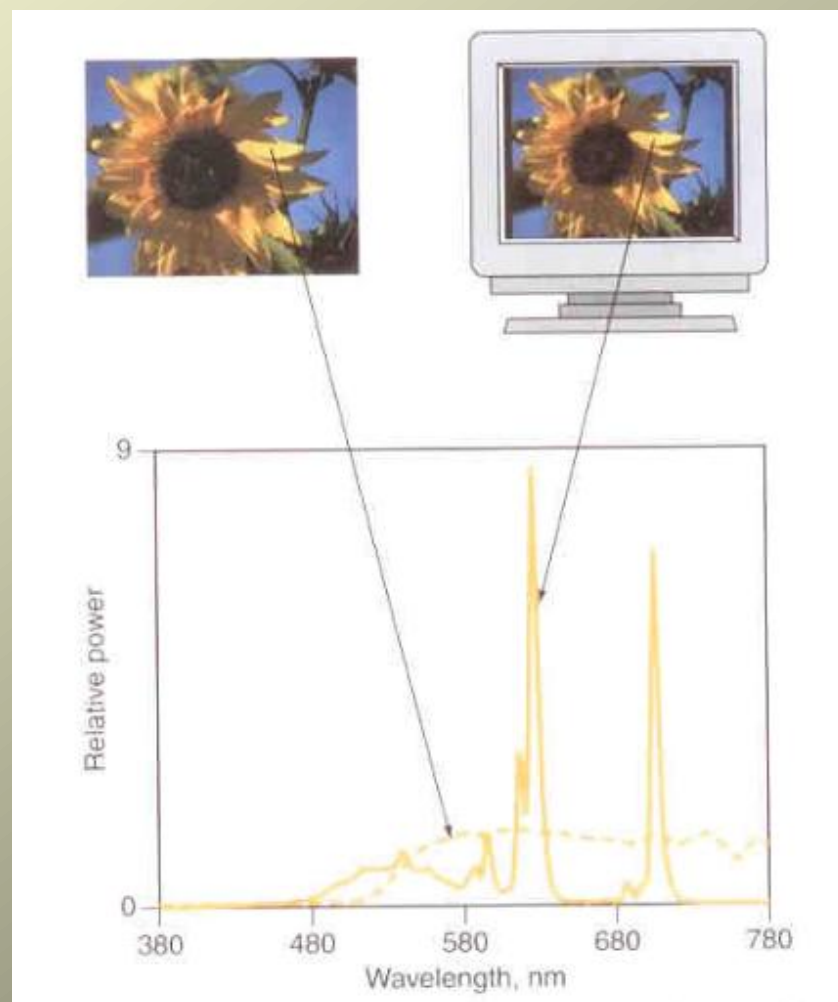
na tri ali štiri

osnovne barve

in z njimi

predstavlja ves

naš obarvan svet.



Zakaj je metamerija lahko tudi „prekletstvo“?

Zato ker:

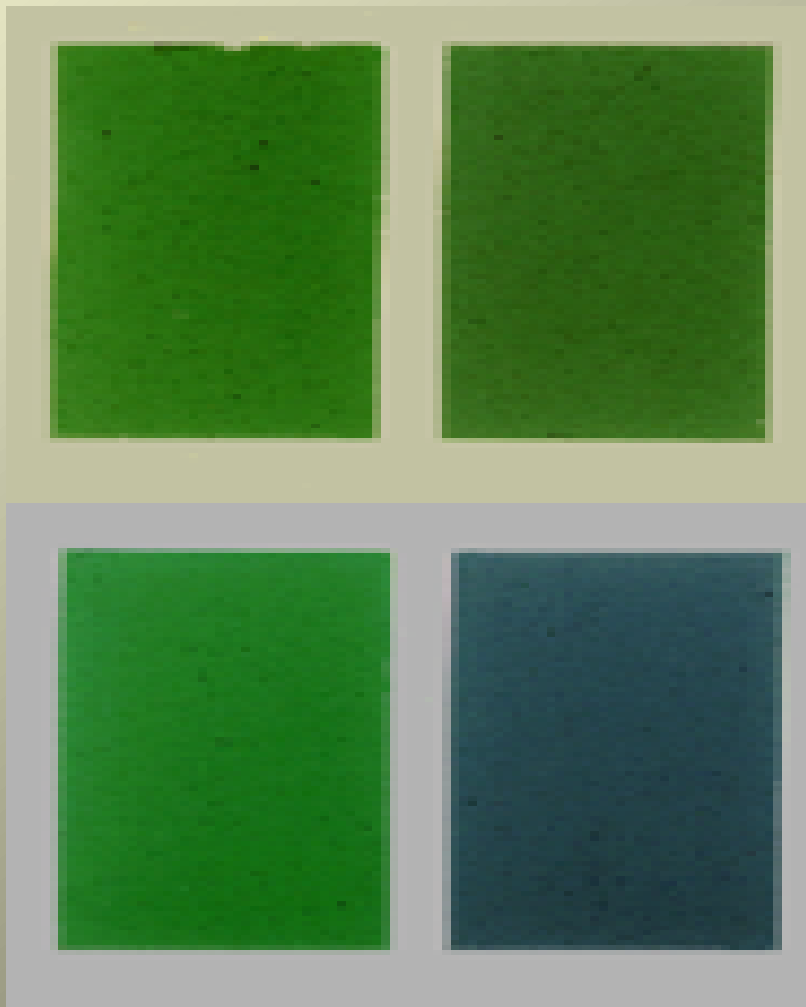
sprememba
vira svetlobe

in/ali

sprememba
opazovalca

lahko povzroči(ta),

da se barvi predmetov
več ne ujemata



Primer, ko je metamerija zelo škodljiva:

ko „preklopimo“
od (npr.) dnevne
svetlobe ...

... k svetlobi žarnice z
volframovo nitko



Par
št. 4

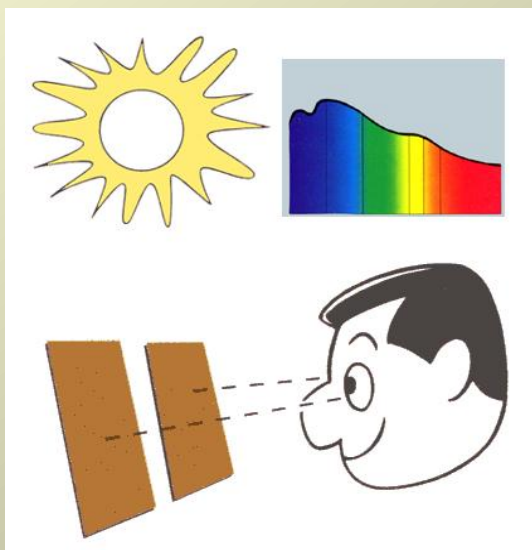


se barvi vzorcev več (niti približno) ne ujemata,
t.i. „barvna razlika“ med vzorcema se je celo povečala
(poleg tega sta se zaradi barvne nekonstantnosti in vpliva okolice
zelo spremenila tudi barvna tona vzorcev)

Vrste metamerije – primer 1 (illuminant metamerism)

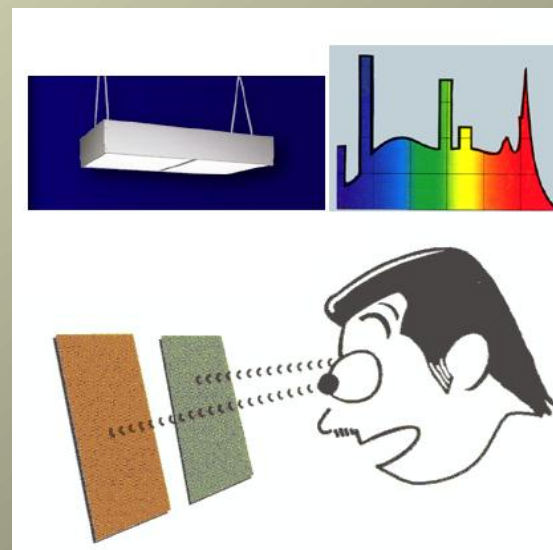
- **Metamerija zaradi spremembe svetlobe**
po spremembi spektralnega sestava
svetlobe vzorca več ne zgledata iste barve

„referenčna“ svetloba



$$\Delta E_{D65} = 0$$

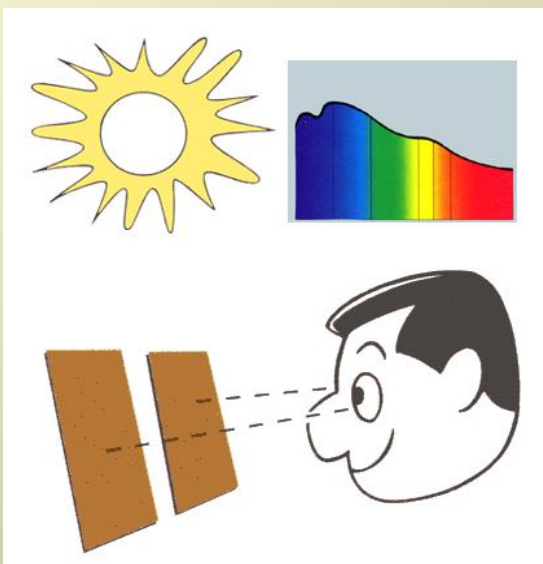
alternativna svetloba



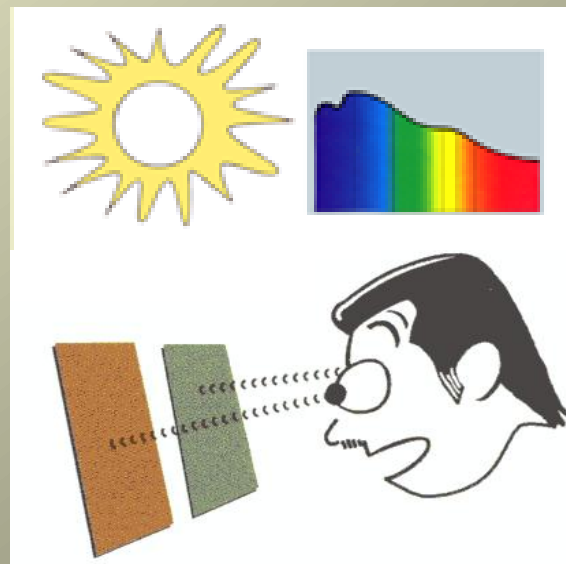
$$\Delta E_{ALT} = \mathbf{MI} \text{ (indeks metamerije)}$$

Vrste metamerije – primer 2 (observer metamerism):

- **Metamerija zaradi spremembe opazovalca**
po spremembi opazovalca
vzorca več ne zgledata iste barve



$$\Delta E_{\text{opazovalec 1}} = 0$$



$$\Delta E_{\text{opazovalec 2}} \gg 0$$

V praksi je metamerija zaradi spremembe opazovalca manj pomembna od metamerije zaradi spremembe vrste svetlobe.

Vrste metamerije – primer 3 (geometric metamerism)

- **Metamerija zaradi spremembe geometrije opazovanja**

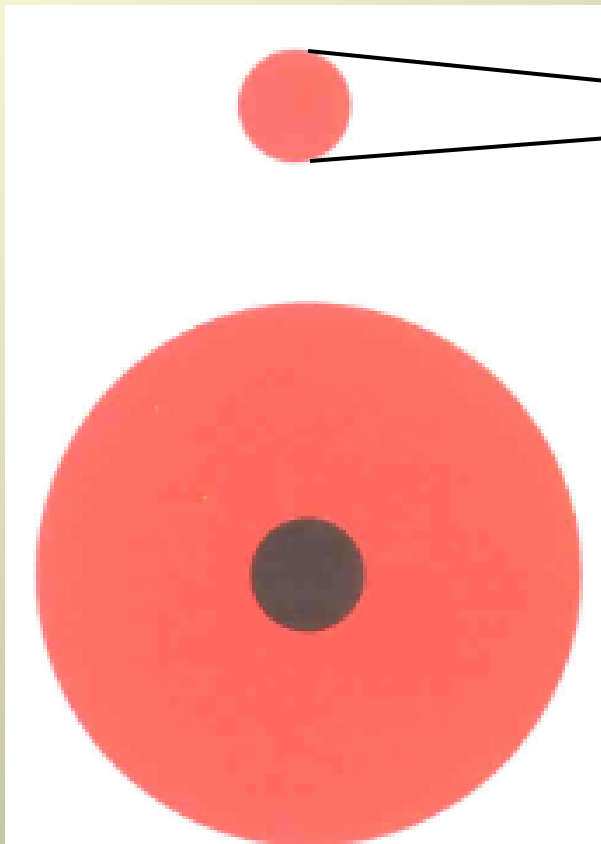
po spremembi geometrije opazovanja
vzorca več ne zgledata iste barve

Primer:

- po spremembi kota, pod katerim opazujemo dva vzorca, ki sta pobarvana z različnima metalnima ali „biserovinastima” (pearlescent) premazoma, se barvi vzorcev več ne ujemata.

Vrste metamerije – primer 4 (field-size metamerism):

- Metamerija zaradi spremembe zornega kota opazovanja



po spremembi zornega kota opazovanja vzorca več ne zgledata iste barve

METAMERIJA ZARADI SPREMEMBE SVETLOBE

Metamerija zaradi spremembe svetlobe je posledica dveh stvari:

- predmeti v splošnem niso barvno konstantni, ampak pri spremembi svetlobe ponavadi bolj ali manj spremenijo svojo barvo
- dva (različna) metamerna vzorca pri spremembi vrste svetlobe pogosto svoje barve ne spremenita v isto smer, niti je ne spremenita enako močno

Komentar

- Edini način, da se pri reprodukciji barve izognemo metameriji, je, da k izbrani predlogi/standardu/(target colour) proizvedemo vzorec/predmet s popolnoma enako refleksijsko krivuljo. Barva takih dveh vzorcev se ujema pri vseh vrstah in kombinacijah svetlobe in opazovalca

METAMERIJA zaradi spremembe svetlobe – nadaljevanje 1

Spektralno (ali brezpogojno) ujemanje barve

je pojav, da imata dva vzorca v vidnem območju enaki refleksijski ali transmisijski krivulji. Barva takih dveh vzorcev se ujema pri vseh vrstah in kombinacijah svetlobe in opazovalca.

Metamerno (ali pogojno) ujemanje barve

je pojav, da dva vzorca, ki imata v vidnem območju različni refleksijski ali transmisijski krivulji, posameznemu opazovalcu pri posamezni vrsti svetlobe zgledata enake barve

Komentar

Spektralnega ujemanja barve proizvoda s predloženim standardom pogosto ni mogoče doseči (tudi zaradi različnosti materialov in barvil). Zato se moramo v praksi pogosto sprijazniti tudi z metamernim ujemanjem barve (metameric match, conditional match) in njegovimi neprijetnimi učinki pri spremembi pogojev opazovanja.

METAMERIJA zaradi spremembe svetlobe – nadaljevanje 2

- Rekli smo že, da je morebitna metamerija velik problem, ko se skupaj pojavljajo predmeti iz različnih materialov, pobarvani z različnimi barvili, in se morajo po barvi ujemati pri več različnih vrstah svetlobe in opazovalcev.
- Zato se barvarji/koloristi izogibajo metamernemu ujemanju barve. Če pa se metameriji že ne morejo izogniti, želijo, da je ta čim manjša.
- Da bi metamerijo lahko objektivno ocenjevali, pa potrebujemo neko mero za stopnjo metamerije.

METAMERIJA zaradi spremembe svetlobe – nadaljevanje 3

indeks metamerije

je mera za stopnjo metamerije dveh vzorcev, z njim torej ocenjujemo stopnjo metamerije

Pripomba. V primerih fotografije, televizije in tiska je ujemanje barve reprodukcije in barve originala skoraj vedno zelo metamerno. Ker pa TV slike ali fotografije običajno nikoli ne gledamo skupaj/istočasno z originalom, v takem primeru metamerija ni posebno moteča.

INDEKSI METAMERIJE

Pogoste okoliščine uporabe indeksa metamerije:

- Ko skušamo barvo danega standarda reproducirati/proizvesti na drugačnem substratu in (običajno tudi) z drugačnimi barvili, želimo med več morebitnimi različnimi recepturami (za to barvo) izbrati tisto kombinacijo barvil, ki bo (na danem substratom in z danimi barvili) dala recepturo z najnižjo še dosegljivo metamerijo.
- V opisanih okoliščinah različne recepture (oz. njihovo metamerijo nasproti standardu) med seboj primerjamo glede na njihove indekse metamerije.

Pripomba.

V uporabi je več vrst indeksov metamerije, tukaj bomo predstavili samo t.i. specialni indeks metamerije

SPECIALNI INDEKS METAMERIJE (change in illuminant)

Definicija specialnega indeksa metamerije

Če sta oba vzorca (testni in standardni) pri **REF**erenčnih pogojih (npr. svetloba D65, 10° standard observer) enake barve :

$$(L^*, a^*, b^*)_{TEST, REF} = (L^*, a^*, b^*)_{STD, REF} ,$$

potem je

specialni indeks metamerije = barvna razlika ΔE med barvama

$$(L^*, a^*, b^*)_{TEST, ALT} \text{ in } (L^*, a^*, b^*)_{STD, ALT}$$

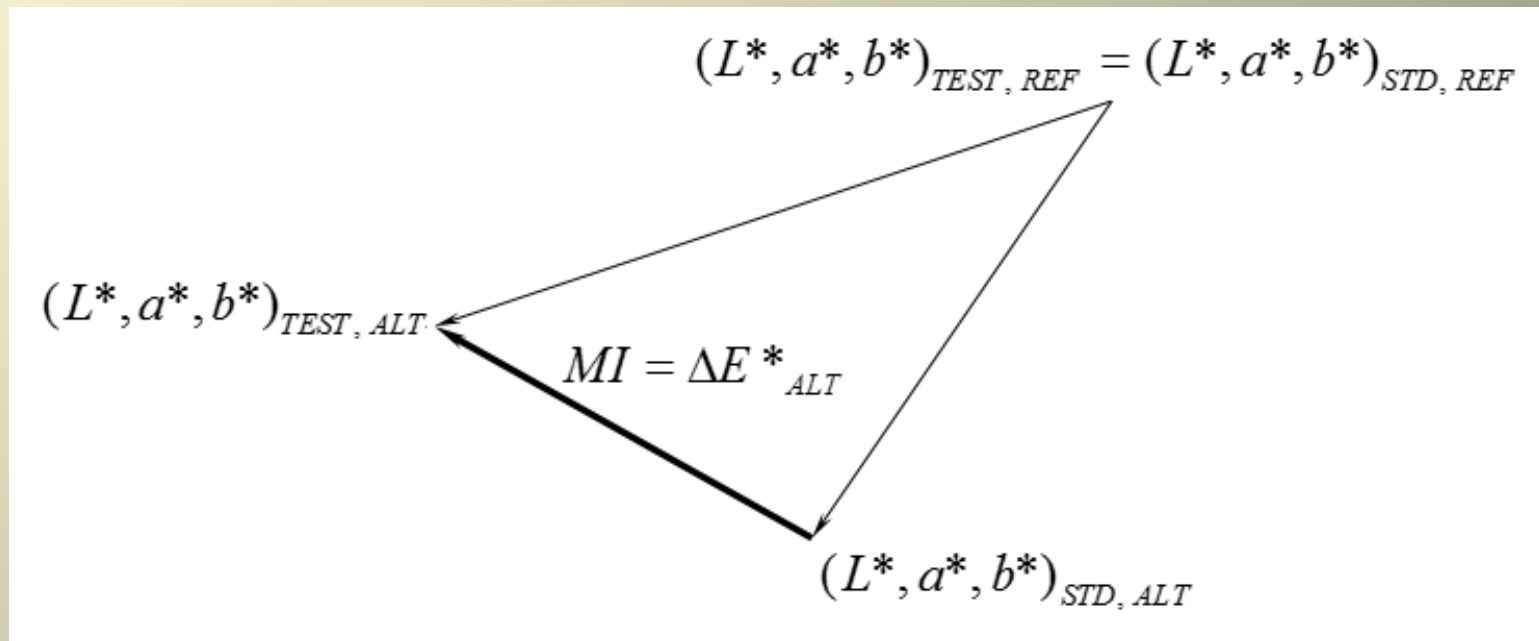
obeh vzorcev pri spremenjenih, **ALT**ernativnih pogojih opazovanja:
(npr. svetloba A, 10° standard observer)

$$MI = \Delta E_{ALT} = \sqrt{(\Delta L^*)_{ALT}^2 + (\Delta a^*)_{ALT}^2 + (\Delta b^*)_{ALT}^2}$$

$$= \sqrt{(L_{TEST, ALT}^* - L_{STD, ALT}^*)^2 + (a_{TEST, ALT}^* - a_{STD, ALT}^*)^2 + (b_{TEST, ALT}^* - b_{STD, ALT}^*)^2}$$

SPECIALNI INDEKS METAMERIJE – nadaljevanje 1

- pri REFerenčnih pogojih morata biti barvi obeh vzorcev enaki, tako da je: $\Delta E^*_{REF} = 0$,
- potem je **specialni indeks metamerije**: $MI = \Delta E^*_{ALT}$



Za ta prikaz smo zaradi enostavnejše razlage vzeli barvno razliko ΔE CIELAB, v praksi raje uporabimo kakšno vizualno bolj enakomerno varianto, npr. CMC(l:c), CIE94, ...

SPECIALNI INDEKS METAMERIJE – nadaljevanje 3

Komentar

- V praksi običajno ne moremo doseči pravkar omenjenega pogoja idealne metamerije, da bi pri **REF**erenčnih pogojih bili barvi obeh vzorcev popolnoma enaki
(na različnih materialih in z različnimi barvili je namreč izredno težko doseči $\Delta E^*_{REF} = 0$).
- Najpogostejše je med obema vzorcema tudi pri **REF**erenčnih pogojih neka majhna barvna razlika
 ΔE^*_{REF} , ki je različna od 0,
zato takrat pogosto ni lahko ugotoviti:
 - ali sta vzorca dejansko metamerna,
 - ali pa gre predvsem za slabo ujemanje barve pri referenčnih pogojih (poor colour match)

PARAMERIJA

Paramerija (paramerism)

Paramerija je pojav, ko dva vzorca (ki imata različni refleksijski krivulji) pri izbrani vrsti svetlobe in opazovalca povzročita zaznavo približno enake barve;

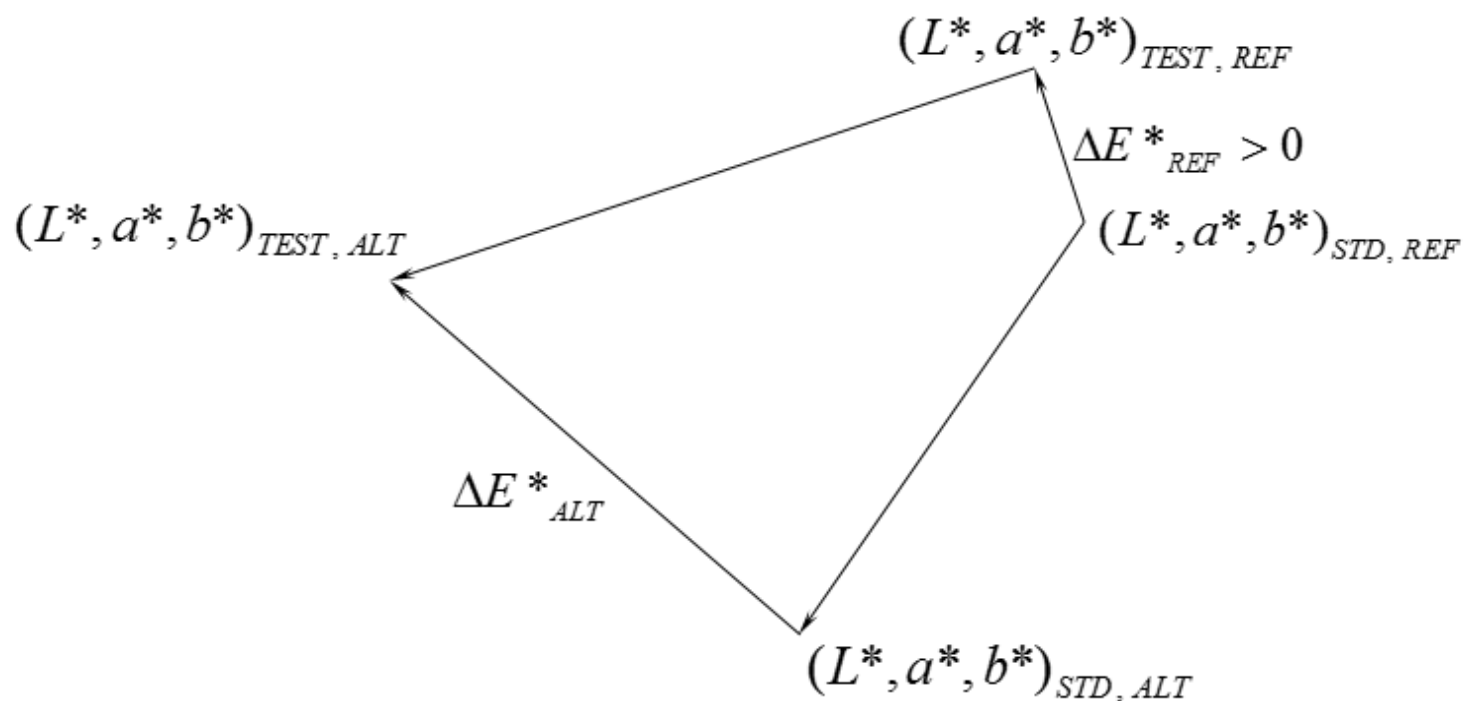
se pravi:

barvna razlika ΔE^*_{REF} je sicer majhna,

vendar različna od 0: $\Delta E^*_{REF} \neq 0$.

PARAMERIJA – nadaljevanje 1 (ilustracija)

barvna razlika ΔE^*_{REF} je sicer majhna,
vendar različna od nič: $\Delta E^*_{REF} \neq 0$.



PARAMERIJA – nadaljevanje 2

Če želimo za paramerna vzorca ugotoviti:

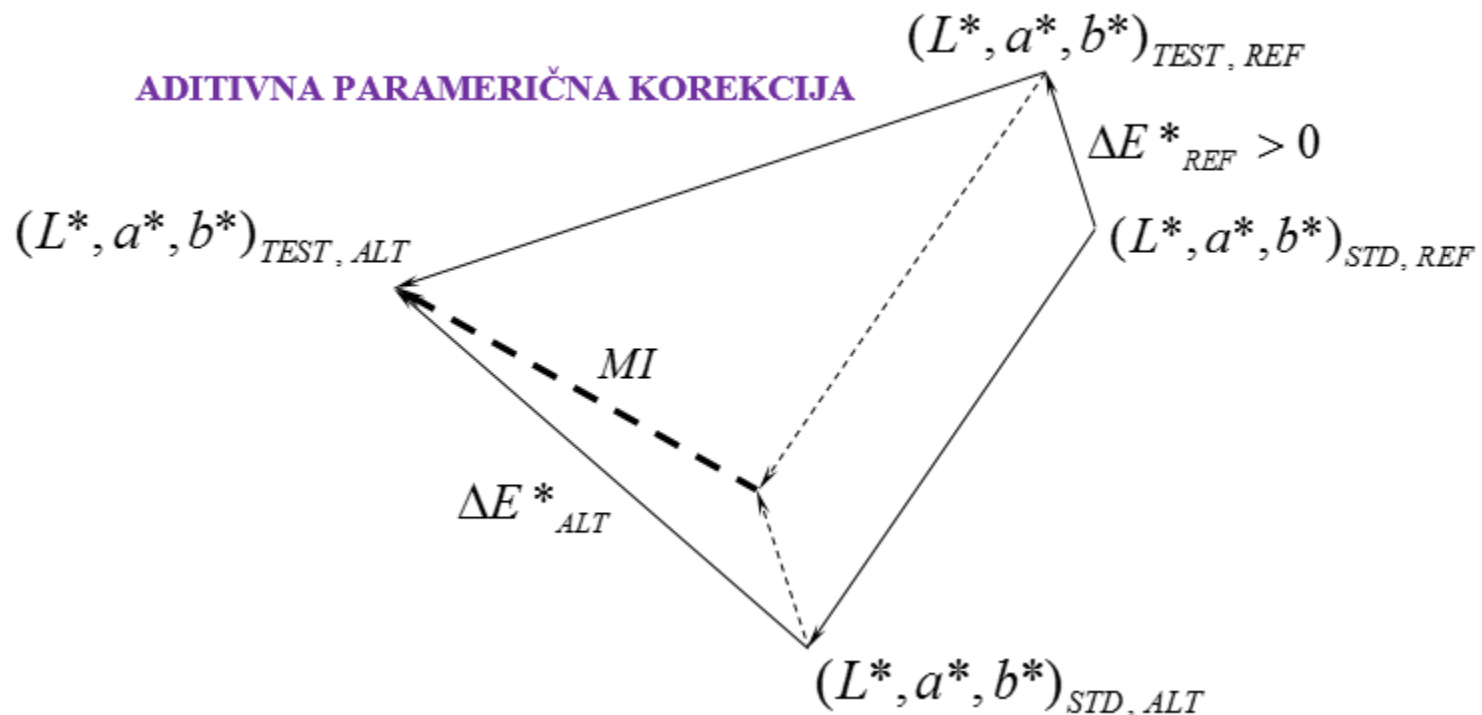
- ali sta vzorca (oz. koliko sta) dejansko metamerna,
- ali pa je barvna razlika ΔE^*_{ALT} predvsem posledica slabega ujemanja barve pri referenčnih pogojih (poor colour match),

moramo:

- najprej izvesti t.i. **paramerično korekcijo**
(...to pomeni: **navidezno/virtualno doseči** $\Delta E^*_{REF} = 0$),
- in šele potem uporabiti (specialni) indeks metamerije **MI** .

INDEKS METAMERIJE ZA PARAMERNA VZORCA

- Najprej izvedemo t.i. **paramerično korekcijo**
(...to pomeni: **navidezno/virtualno dosežemo** $\Delta E^*_{REF} = 0$)
- in šele potem uporabimo (specialni) indeks metamerije **MI** .



INDEKS METAMERIJE ZA PARAMERNA VZORCA

Preprosta ocena metamerije dveh paramernih vzorcev:

$$MI = \sqrt{(\Delta L_{ALT}^* - \Delta L_{REF}^*)^2 + (\Delta a_{ALT}^* - \Delta a_{REF}^*)^2 + (\Delta b_{ALT}^* - \Delta b_{REF}^*)^2}$$

$$MI = \left\{ \begin{aligned} & \left[(L_{Test,ALT}^* - L_{Std,ALT}^*) - (L_{Test,REF}^* - L_{Std,REF}^*) \right]^2 + \\ & + \left[(a_{Test,ALT}^* - a_{Std,ALT}^*) - (a_{Test,REF}^* - a_{Std,REF}^*) \right]^2 + \\ & + \left[(b_{Test,ALT}^* - b_{Std,ALT}^*) - (b_{Test,REF}^* - b_{Std,REF}^*) \right]^2 \end{aligned} \right\}^{1/2}$$

Če sta vzorca metamerna v strogem smislu: $\Delta E_{REF}^* = 0$, potem je:

$$\Delta L_{REF}^* = 0 , \quad \Delta a_{REF}^* = 0 , \quad \Delta b_{REF}^* = 0 ,$$

zato se takrat gornja formula poenostavi v že znano formulo za specialni indeks metamerije MI (na diapozitivu 38).

Pripombe o specialnem indeksu metamerije za spremembo vrste svetlobe

Če spremenimo alternativno svetlobo, se v splošnem spremeni tudi vrednost specialnega indeksa metamerije:

- naj bosta dana vzorca metamerna pri referenčni svetlobi:

$$\Delta E^*_{REF} = 0 ,$$

- pri prvi od dveh alternativnih svetlob naj imata vzorca specialni indeks metamerije $MI_{ALT1} = \Delta E^*_{ALT1}$,
- pri drugi od teh dveh alternativnih svetlob naj imata vzorca specialni indeks metamerije $MI_{ALT2} = \Delta E^*_{ALT2}$.

Iz vrednosti specialnega indeksa metamerije

$MI_{ALT1} = \Delta E^*_{ALT1}$ pri eni vrsti alternativne svetlobe
ne moremo sklepati na vrednost

$MI_{ALT2} = \Delta E^*_{ALT2}$ pri drugi vrsti alternativne svetlobe. 46

Pripombe o specialnem indeksu metamerije za spremembo vrste svetlobe – nadaljevanje

Moteči lastnosti specialnega indeksa metamerije, da ima metamerni par za različne alternativne svetlobe v splošnem različne vrednosti specialnega indeksa metamerije se skušajo izogniti (jo obiti) s t.i.

splošnimi (ali spektralnimi) indeksi metamerije.

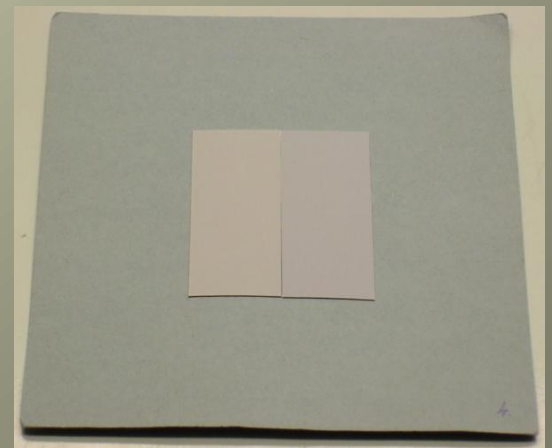
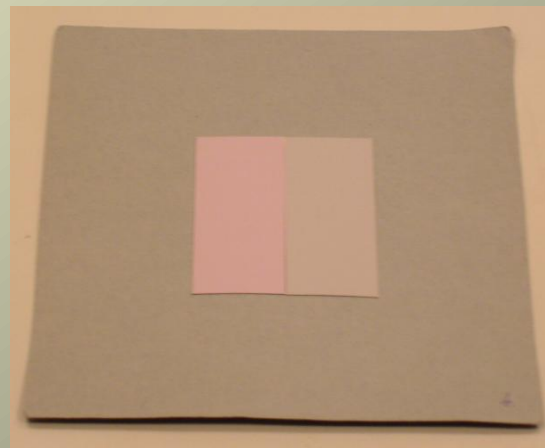
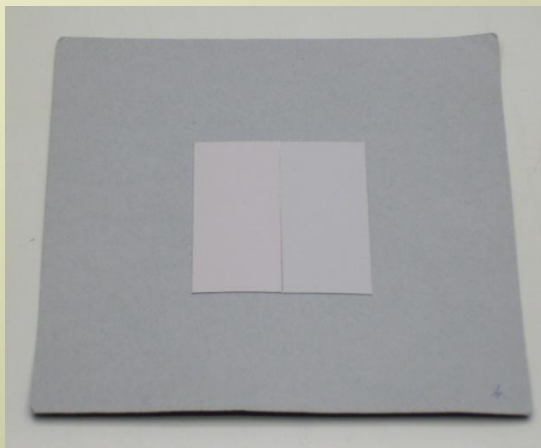
Za razliko od specialnega indeksa metamerije, ki se izraža v enotah barvne razlike, splošni/spektralni indeksi metamerije nimajo neposredne povezave z barvnimi razlikami.

Vendar pa vsaj nekateri od splošnih indeksov metamerije izkazujejo dobro soodvisnost/ korelacijo z maksimumom tistih barvnih razlik med danima metamernima vzorcema, ki so ugotovljene pri več različnih vrstah alternativnih svetlob.

Skupni učinki **nekonstantnosti barve** in **metamerije**



Skupni učinki **nekonstantnosti barve**, **metamerije** in **okolice**



NEKONSTANTNOST BARVE in METAMERIJA



Paramerni par vzorcev; metamerija zaradi spremembe svetlobe



videz pri dnevni
svetlobi



videz pri večerni
svetlobi



videz pri fluorescentni
svetlobi

... se vam zahvaljujeta za pozornost.