

Svetloba in barve

Svetloba kot del EM spektra

Vidno svetlobo lahko obravnavamo kot del elektromagnetnega sevanja, podobno kot radijske valove ali gama žarke.

Svetloba kot del EM spektra

1.000.000 nm IB-C, 3.000 nm IR-B, 1.400 nm IR-A sevanje, 760-830 nm, 360-400 nm UV-A žarki Vidna svetloba, 315 nm UV-B, 280 nm UV-C 100 nm

Svetloba kot del EM spektra

Vidna svetloba zajema področje od približno 340 do približno 830 nm.

Svetloba kot del EM spektra

Človeško oko svetlobo posamezne valovne dolžine zazna kot svetlobo določene barve.

Svetloba kot del EM spektra

400 -vijolična -436
436 -modra -495
495 -zelena -566
566 -rumena -589
589 -oranžna -627
627 -rdeča -700

Bela svetloba

In kje je ostala bela svetloba, ki jo daje sonce?

Bela svetloba

Svetloba, ki jo dojemamo kot belo, je v bistvu sestavljena iz vseh barv. Newtonov eksperiment, s katerim je dokazal, da je bela svetloba res sestavljena iz svetlob posameznih barv.

Bela svetloba

Iz bele sončeve svetlobe dobimo pri razklonu svetlobe na prizmi celoten barvni spekter.

Razklon svetlobe v naravi

Zelo lep primer razklona svetlobe v naravi je mavrica (dvojna mavrica).

Razklon svetlobe v naravi

Mavrica nastane, ko se svetloba lomi (razklanja) na vodnih kapljicah.

Svetloba, barve in človeške oči

Samo čepnice ločijo barve.

Čepnice

- 7.000.000 čepnic v povprečnem očesu.
- Manj občutljive na svetlobo

- Ločijo barve.
- Razporejene so predvsem okoli rumene pege.
- Z njimi gledamo, ko je svetlobe dovolj -fotopski vid.

Svetloba, barve in človeške oči

Vse barve v očeh ne vzbudijo enako močnih dražljajev. Največji dražljaj povzroči svetloba s 555 nm

Svetloba, barve in človeške oči

Tudi pri nočnem vidu (s paličnicami) je podobno. Tu smo najbolj občutljivi na svetlobo s 507 (498) nm.

Svetloba, barve in človeške oči

Pri svetlobi določene valovne dolžine torej vidimo bolje, kot pri drugih.

Svetloba, barve in človeške oči

- Svetlobe različnih barv je praktično neskončno (kot je valovnih dolžin med 340 in 830 nm)
- Človeške oči barve zaznavajo s čepnicami.
- Obstaja za vsako barvo svetlobe svoja vrsta čepnic?

Svetloba, barve in človeške oči

Oči ločijo samo tri osnovne barve: rdečo, zeleno in modro.

Svetloba, barve in človeške oči

Tri vrste čepnic so različno občutljive na tri osnovne barve.

Svetloba, barve in človeške oči

Občutljivosti posamezne vrste čepnice za "svojo" barvo so različne.

Svetloba, barve in človeške oči

Število posameznih vrst čepnic na mrežnici je različno. V centralnem delu je samo 7% "modrih", "zelenih" in "rdečih" pa so v razmerju 1:1,5. Čisto v sredini "modrih" sploh ni. Na celotni mrežnici pa jih je le 1%.

Svetloba, barve in človeške oči

Kako vidimo ostale barve: kot kombinacije treh osnovnih barv.

Rumena barva vzdraži zelene in rdeče čepnice. Zelena in rdeča svetloba skupaj dasta enak občutek kot rumena.

Svetloba, barve in človeške oči

In kako informacija o barvah pride v možgane?

Ni še točno znano, vendar se predvideva, da obstajajo tri živčne povezave:

- rumeno-modra
- rdeče-zelena
- povezava za svetlost.

Svetloba, barve in človeške oči

Poskus: nekaj časa glejte tole sliko, nato pa pogledajte tole.

Svetloba, barve in človeške oči

Poskus 2: podobno se nam zgodi tudi v tem primeru.

Možne težave: barvna slepota

V kolikor čepnice niso občutljive na vse tri osnovne barve, govorimo o barvni slepoti.

Če je normalen vid trikromatski, je okvarjeni vid lahko dvokromatski ali samo monokromatski.

Možne težave: barvna slepota

Barvno slep je približno vsak 12 moški (8%), barvno slepih žensk pa je bistveno manj (okoli 0,4%).

Vzrok barvne slepote je slaba občutljivost ali celo neobčutljivost določene vrste čepnic za ustrezno osnovno barvo oziroma občutljivost za "napačno" barvo.

Možne težave: barvna slepota

Najpogostejša je rdečezelena barvna slepota obe vrsti čepnic reagirata na enaki (podobni) osnovni barvi! (4 do 5% populacije). Poznamo pa tudi modro-rumeno.

Možne težave: barvna slepota

Pri rdeče (-zeleni) barvni slepoti človek loči samo dve "barvi": modro in rumeno. Tako ne more ločiti zelene in rdeče, saj oboje vidi kot rumeno. Zelenomodri in vijolični odtenki pa so sivi.

Možne težave: barvna slepota

Oseba z normalnim vidom vidi na sliki rumen kvadrat in rjav krog. Oseba z rdeče (-zeleno) barvno slepoto vidi samo rumen kvadrat.

Možne težave: barvna slepota

Normalen vid

Rdeča slepota (1% M, 0,02%Ž)

Zelena slepota (1-5% M, 0,01-0,4% Ž)

Modra slepota (0,0001% M, 0,001%Ž)

Barva predmetov

Predmeti okoli nas so barvni. Od česa je odvisna njihova barva?

Barva predmetov

Kaj določa barvo predmetov?

Svetloba, ki pada na predmet.

Barva predmetov

Lastnost površine, ki odbija samo določene barve svetlobe.

Barva predmetov

Naše oči, ki zaznavajo odbito svetlobo.

Barva predmetov

Če:

- ni prave barve v svetlobi, ki pada na predmet
- predmet ne odbija svetlobe, ki pada nanj

- naše oči ne zaznajo odbite svetlobe ...

Barva predmetov

... predmeta oziroma njegove barve ne vidimo.

Barva predmetov

Čeprav so predmeti pod različno svetlobo različnih barv, jih običajno vidimo enake. Naši možgani si zapomnijo videz znanih predmetov.

Barva predmetov

Kaj pa določa barvo neba?

Molekule kisika in dušika v zraku povzročijo razprševanje svetlobe predvsem krajših valovnih dolžin -modre.

Zato je nebo modro.

Modra svetloba se na primer vsaj 10-krat bolj razprši kot rdeča

Barva predmetov

Kaj pa določa barvo sonca na zahodu?

Ko sonce zahaja, je pot svetlobe skozi atmosfero precej daljša, kot ko je sonce nad nami. Zaradi tega se razprši precej več svetlobe, tako da ostane samo še rdeča, ki ima najdaljšo valovno dolžino.

Barva predmetov

In zakaj so oblaki beli?

Molekule vode in majhni ledeni delci v oblakih razpršijo vse valovne dolžine sončne svetlobe enako, zaradi česar imajo oblaki belo barvo.

Kako opisati barvo?

Določeno barvo lahko opišemo valovno dolžino ustrezne svetlobe.

Kako opisati barvo?

Barvo lahko podamo tudi s pomočjo kombinacije treh osnovnih barv. Tri osnovne barve morajo biti izbrane tako, da z mešanjem dveh od njih ni možno dobiti tretje. Običajno so izbrane tri barve na katere so občutljive naše oči: rdeča, zelena in modra.

Kako opisati barvo?

Delež osnovnih treh barv: rdeče (R)zelene (G) in modre (B) predstavimo z X (za rdečo), Y (za zeleno) in Z (za modro).

Poljubno barvo torej lahko zapišemo:

$$C = X \cdot R + Y \cdot G + Z$$

Kako opisati barvo?

Vsako barvo torej lahko podamo s kombinacijo treh števil X, Y in Z.

(1,0,0) (0,1,0) (0,0,1) (0,0,0) (1,1,1) (0.6,0.4,0.1)

Kako opisati barvo?

Prvi je ta princip uporabil Maxwell v svojem barvnem trikotniku.

Sledili so različni raziskovalci. Guild je izbral:

- rdečo 700 nm
- zeleno 546,1 nm
- modro 435,8 nm

Vendar s temi barvami ni možno predstaviti vseh barv, ki jih vidimo.

Kako opisati barvo?

Barvne deleže lahko tudi normiramo, tako, da je njihova vsota vedno 1.

$$X = x/x+y+z \quad Y = Y/X+Y+Z \quad Z = Z/ X+Y+Z$$

Ker pa je njihova vsota vedno 1, je dovolj da podamo samo dva: x in y:

$$X=0,10 \quad Y=0,80 \quad Z=0,60 \quad \text{oziroma} \quad x=0,0667 \quad y=0,5333$$

Kako opisati barvo?

Ker se z Guildovim in še nekaterimi drugimi barvnimi sistemi ni dalo opisati vseh vidnih barv, je CIE (mednarodna komisija za razsvetljavo) sprejela tri "idealne" osnovne barve, s katerimi je možno opisati celoten viden spekter.

Kako opisati barvo?

Določene so bile tudi občutljivosti "standardnega opazovalca" na te tri barve.

Kako opisati barvo?

Obstajajo pa tudi drugi načini: npr. Munsellov barvni sistem.

Munsellov sistem loči 5 osnovnih barv (hue): rdečo (R), rumeno (Y), zeleno (G), modro (B) in škrlatno (P), ter 5 mešanih barv: rumeno-rdečo (YR), zelenorumeno (GY) itd. Vsaka od teh 10 barv ima 10 podtonov, tako da je skupno število barv 100. Barve so označene s številko od 0 do 10 pred črko. Osnovne barve imajo številko 5: 5R-rdeča

Kako opisati barvo?

Obstajajo pa tudi drugi načini: npr. Munsellov barvni sistem.

Vsaka od barv ima definiranih 10 stopenj svetlosti (value) od 0, ki je najbolj temna, do 9, ki je najbolj svetla. Pri sivih tonih je 0 črna in 9 bela. Stopnja svetlosti se podaja za oznako barve: 5R 6/ -srednje svetla osnovna rdeča barva

Kako opisati barvo?

Obstajajo pa tudi drugi načini: npr. Munsellov barvni sistem.

Tretji podatek je nasičenost barve (croma), ki se podaja za svetlostjo.

5R 6/26 -najbolj nasičena, srednje svetla osnovna rdeča barva.

Vse barve (oziroma svetlosti) nimajo vseh stopenj nasičenosti (0 -28).

Temperatura barve

Barvo termičnih seval lahko opišemo tudi s pomočjo "Temperature barve"

Če (kovinski) predmet segrevamo, začne oddajati energijo v obliki vidne svetlobe. Najprej je temno rdeč, nato njegova barva prehaja preko oranžne in rumene v belo in na koncu v modro.

Torej lahko določene barve opišemo s temperaturo, ki jo ima predmet, ko žari v določeni barvi.

Temperatura barve

Barve termičnih seval, ki jih lahko opišemo s temperaturo barve, se nahajajo v CIE barvnem trikotniku na "Planckovem loku", ki poteka od rdečega mimo belega v modro področje.

Temperatura barve

S temperaturo barve se da opisati le določene barve in ne vseh.

Različni viri svetlobe (naravne ali umetne) imajo različno barvo svetlobe, ki jo (večinoma) lahko opišemo s temperaturo barve, ker je ta svetloba zelo blizu bele svetlobe.

Barve svetlobe lahko mešamo

Svetlobe različnih (osnovnih) barv lahko mešamo in dobimo druge barve.

Rdeča+Modra=Vijolična

Modra+Zelena=Turkizna

Rdeča+Zelena=Rumena

Rdeča+Zelena+Modra=Bela

Tako mešanje svetlobe imenujemo aditivno mešanje.

Barve svetlobe lahko mešamo

Aditivno mešanje uporabljamo npr. pri slikovnih zaslonih (televizija)

Kaj so to pigmenti

Pigmenti so snovi, ki odbijajo samo določeno barvo svetlobe (in jih običajno imenujemo kar barve).

Kako delujejo pigmenti

Barva odbite svetlobe definira barvni videz pigmenta.

Rdeč pigment odbija samo rdečo svetlobo. Vijoličen pigment pa odbija tako rdečo kot modro. Obe barvi svetlobe skupaj pa dasta vijolično.

Pigmente lahko mešamo

Mešamo lahko tudi pigmente (barvila) mešanje.

Rumena+Turkizna=Zelena

Turkizna+Vijolična=Modra

Vijolična+Rumena=Rdeča

Rumena+Turkizna+Vijolična = Črna

Kako deluje mešanje pigmentov

Turkizen pigment odbija zeleno in modro svetlobo, rumen pa zeleno in rdečo. Če jih zmešamo skupaj, mešanica odbija samo še zeleno svetlobo.

Pigmente lahko mešamo

Mešanje barvil uporabljamo npr. pri barvnem tisku.

Uporabljajo se tri sekundarne barve: rumena, turkizna in vijolična. Tiska pa se še s četrto: črno -štiri-barvni-tisk CYMK

Spektralna vsebina svetlobe

Tri osnovne barve dajo vtis bele svetlobe. Vendar je bela svetloba lahko bolj ali manj "bela", pač glede na deleže posameznih osnovnih barv.

Spektralna vsebina svetlobe

Bela svetloba je lahko bolj ali manj "bela", pač glede na deleže posameznih osnovnih barv.

Spektralna vsebina svetlobe

Na beli podlagi je razlike v "belini" nekoliko lažje opaziti.

Spektralna vsebina svetlobe

Spektralna vsebina svetlobe podaja valovne dolžine, ki so zastopane v določeni svetlobi. Spektralna vsebina svetlobe, ki jo oddaja ob razelektritvi vodik.

Spektralna vsebina svetlobe

Lahko pa taki "beli svetlobi" dodamo še druge barve.

Faktor primerljivosti barv

Spektralna vsebina svetlobe določa barvni videz predmetov. Svetloba z večjo vsebino rdeče poudari rdečo barvo predmetov. Pri manjši vsebnosti rdeče svetlobe so rdeče barve predmetov bolj medle.

Faktor primerljivosti barv

Kako torej opisati sposobnost svetlobe (vira) za verno podajanje barv predmeta?

Faktor primerljivosti barv

Odgovor je: faktor primerljivosti barve (Ra).

Angleško: Color Rendering Index

Nemško: Farbwiedergabeindex

Podaja se v procentih oziroma v številkah od 0 do 100. 100 pomeni, da se barve vidijo tako, kot pri sončni svetlobi. Manjši indeks pa pomeni, da so v barvnem izgledu prisotna odstopanja.

Faktor primerljivosti barv

Določitev Ra temelji na 8 izbranih testnih barvah. Za vsako barvo se najprej izračuna barvni premik ΔE_i v CIE barvnem trikotniku, nato pa faktor primerljivosti (Ri):

$$R_i = 100 - 4.6 \Delta E_i$$

Na podlagi Ri vseh osmih barv se nato izračuna še skupen faktor primerljivosti barve Ra:

$$R_a = \frac{1}{8} * \sum R_i$$

Faktor primerljivosti barv

$$R_i = 100 - 4.6 \Delta E_i$$

$$Ra = \frac{1}{8} * \sum Ri$$

Pri določevanju faktorja primerljivosti barve se na izbere barve predmeta ampak barve vzorcev, in se jih opazuje pri svetlobi vira ter referenčni (sončni) svetlobi

Barve in psiha

Barve vplivajo na počutje ljudi. Svetle, bolj žive barve pričarajo boljše vzdušje, kot temne, zamolke barve.

Barve in psiha

Tople barve: rumena, oranžna, rdeča, rjava, črna, ...

Tople barve učinkujejo bolj čustveno in pritegnejo pozornost

Barve in psiha

Hladne barve: zelena, modra, bela, ...

Hladne barve delujejo pomirjajoče in spominjajo na naravo.

Barve in psiha

Barve lahko delujejo stimulatивно ali pa ravno nasprotno.

Rdeča barva nam daje občutek moči, pripravljenosti za dejanja. V splošnem vzbuja pozornost. Z njo povezujemo moč, strast, dramatičnost, ...

Oranžna barva stimulira pozitivno. Vzpodbuja entuzijazem in gorečnost, družabnost in smisel za humor. Ljudje, ki nosijo oranžno se radi smejejo in zabavajo druge.

Rumena barva vzpodbuja odprtost duha in smisel za detajle. Pogosto jo nosijo intelektualci, razumniki in tisti, ki želijo imeti v družbi višji položaj. V tistih, ki jo nosijo, vzpodbuja optimistične občutke.

Zelena ustvarja atmosfero, ki je umirjena in uravnotežena. Harmonija in uravnoteženost sta odliki zelene. Nošenja zelene odseva konvencionalnost, varnost in čut za naravo.

Modra je nenasilna barva in poudarja vrline kot sta lojalnost in iskrenost. Kdor jo nosi poudarja željo po miru, tihoti in spokojnosti. Modra vzpodbuja zaupanje.

Roza je barva usmiljenja in sočutja. Ustvarja občutek mehкости, nežnosti, prijaznosti in ljubezni. Njena energija se ujema z željo po obvladovanju lastnega življenja in uresničevanja svojih sanj.

Za konec

- Bela svetloba je sestavljena iz velikega števila barv.
- Človeške oči ločijo tri osnovne barve: rdečo, zeleno in modro.
- Barvo lahko opišemo na več načinov, "belo" barvo pa najlaže s temperaturo barve.
- Barvni videz predmeta določajo: spektralna vsebina svetlobe, lastnost površine predmeta in oči opazovalca.

...in še:

Vprašanja?

