

Boja i atributi boje

Boja se može definirati kao psihofizikalni fenomen induciran svjetlom ili osjećaj koji u mozgu izaziva svjetlost emitirana od nekog izvora ili reflektirana s površine nekog tijela. Doživljaj boje ovisan je o tri faktora:

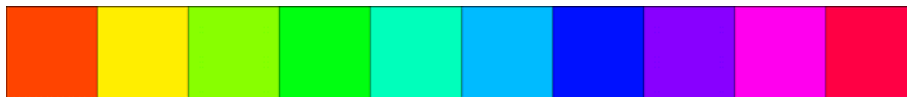
- spektralnom sastavu svjetla koje pada na promatrani predmet,
- molekularnoj strukturi materijala s kojeg se svjetlo reflektira ili koje ga propušta i
- čovjekovim osjetom boje, kroz oči i mozak.

Smisao za boje razmjerno se nedavno pojavio u povijesti ljudskog roda. Djeca i primitivni narodi razlikuju vrlo malo boja, ili ih barem teško imenuju. Stari narodi bili su vrlo siromašni u označavanju i imenovanju boja, no s razvojem industrije boja i tkanina, tiskarstva, kozmetike itd., razvijao se i taj smisao. Izvorno su boje nazivane prema predmetima za koje su bile karakteristične. Za prosječnog čovjeka i danas boja ima svojstvo predmeta: ljubičica je ljubičasta, naranča narančasta itd.

Boje se mogu definirati svojim uobičajenim imenima, ali i opisnim, literarnim izvedenicama, ali to ne govori ništa o njihovim izražajnim vrijednostima. Stoga postoje tri atributa koji uže definiraju svaku boju:

- ton boje ili tonalnost boje,
- zasićenost ili saturacija,
- svjetlina ili luminancija.

Ton boje označava vrstu boje, boju samu po sebi. Definira se kao kromatska kvaliteta boje, odnosno kvaliteta kojom se jedna boja razlikuje od druge. Da bi se objasnili pojmovi zasićenost i svjetlina, najprije je potrebno boje podijeliti u dvije osnovne skupine. U prvoj skupini nalaze se prave boje, kao što su crvena, narančasta, žuta, zelena, plava itd., koje se nazivaju kromatskim bojama, ili jednostavno bojama. Slika 1. prikazuje kromatske boje. U drugoj skupini nalaze se crna, siva i bijela, koje se nazivaju akromatskim bojama, ili jednostavno nebojama. One čine skalu koja seže od crne, preko sive, do bijele. Slika 2. prikazuje akromatske boje. Neke od kromatskih boja su tamnije ili svjetlije od drugih i moguće je uspoređivati svaki stupanj njihove svjetline sa svjetlinom sive akromatske boje. Ta se osobina naziva svjetlina ili luminancija. To je relativna količina svjetla (bilo koje valne dužine) koju boja prividno emitira. To je kvaliteta kojom se razlikuje svjetla boja od tamne boje. Slika 3. prikazuje svjetlinu boje. Ako se neka kromatska boja miješa s akromatskom bojom jednake svjetline, svjetlina boje ostaje ista. Nastala promjena u kvaliteti, odnosno čistoći boje, ovisi o relativnoj količini ovih dviju komponenata. Ta se osobina naziva zasićenost ili saturacija. To je stupanj do kojeg se boja čini čistom. Slika 4. prikazuje zasićenost boje.



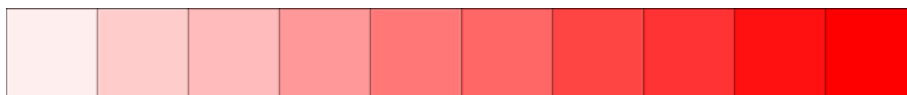
Slika 1. Kromatske boje



Slika 2. Akromatske boje



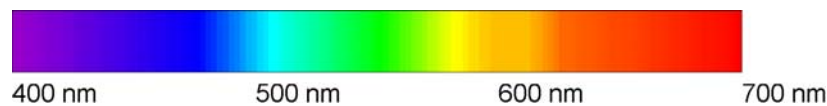
Slika 3. Svjetlina boje



Slika 4. Zasićenost boje

Spektar vidljivog svjetla

Svjetlo je elektromagnetsko zračenje koje se opaža vidnim osjetnim sustavom. To je energija zračenja, nastala atomskim promjenama u fizikalnoj strukturi materije, koja se rasprostire od svog izvora u svim smjerovima i širi u obliku valova. Slika 5. prikazuje vidljivi spektar elektromagnetskog zračenja. Ono na što se obično misli kada se kaže "svjetlo" jest bijelo svjetlo. Ono što se obično percipira kao bijelo svjetlo nije homogeno – to je mješavina svih valnih dužina vidljivog spektra od 400 nm do 700 nm u približno jednakim omjerima. Padne li takvo svjetlo na komad bijela papira, on će reflektirati sve valne dužine, pa će i svjetlo što se od njega reflektiralo izgledati bijelo. Ako neki predmet apsorbira sve valne dužine, a ni jednu ne reflektira, izgledati će crn. Apsorbira li neki predmet sve valne dužine, osim one koja predstavlja osjet crvene boje, te samo nju reflektira, takav će predmet izazvati u čovjekovim osjetilima osjet crvenog. Koje će valne dužine svjetla biti apsorbirane a koje reflektirane ovisi o molekularnoj strukturi materijala na koje svjetlo pada. Klasični spektar razlikuje sedam boja: crvenu, narančastu, žutu, zelenu, plavozelenu, plavu i ljubičastu. Slika 6. prikazuje klasičan spektar od sedam boja. Broj boja i njihovih nijansi u prirodi je neizmjeran, budući da veoma mala promjena valne dužine stvara novu i drukčiju boju.



Slika 5. Vidljivi spektar elektromagnetskog zračenja

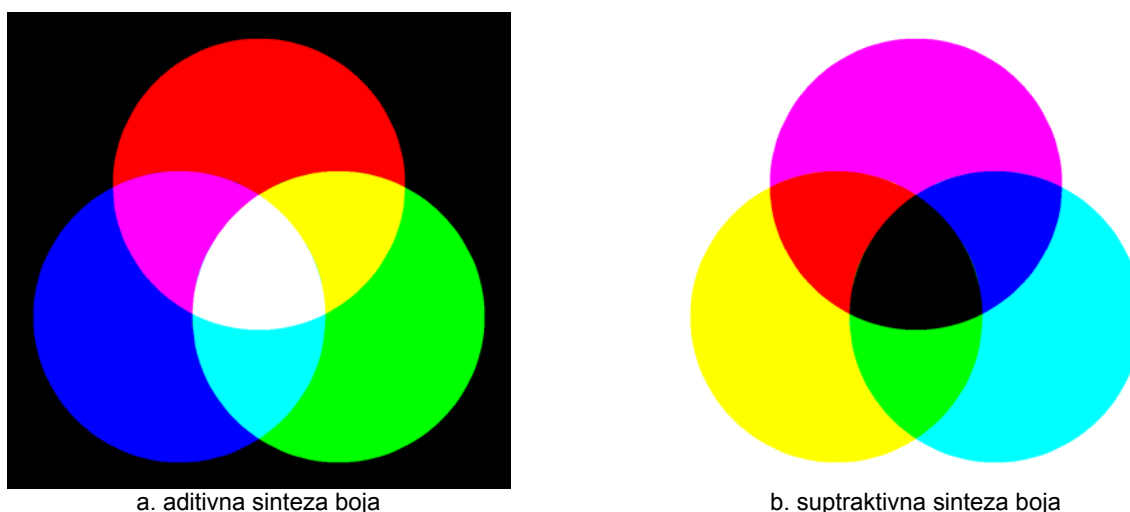


Slika 6. Klasični spektar od sedam boja

Nastanak boja

Ljudsko oko sastoji se od leće koja fokusira ulazne zrake svjetla, od promjenjivog otvora šarenice (irisa) koji se naziva zjenica (pupila) – pupilarni refleks, tj. stezanje ili opuštanje mišica koji određuje promjer otvora zjenice i na taj način određuje količinu primljenog svjetla, te od milijuna svjetlosno osjetljivih elemenata raspoređenih po unutarnjoj površini mrežnice (retine) i živčanog sustava koji prenosi impulse od tih receptora do mozga. Na mrežnici se nalaze dvije vrste fotoosjetljivih receptora: štapići i čunjići, koji zajednički pretvaraju svjetlosnu energiju u živčane impulse. U oku postoji oko 75 do 150 milijuna štapića i oko 5 do 8 milijuna čunjića. Štapići su razmješteni prema vanjskom rubu mrežnice i osjetljivi su osobito na niske svjetlosne razine, a neosjetljivi na boje i dosta su niske razlučivosti. Čunjići su koncentrirani na relativno malom, središnjem prostoru mrežnice, poznatom kao žuta pjega (lat. *fovea centralis*) i u stanju su razlikovati boje. Gledanje pomoću čunjića mnogo je jasnije i oštrije od gledanja štapićima, ali moguće je samo pri relativno visokim svjetlosnim razinama. Prema trikromatskoj teoriji gledanja postoje tri vrste čunjića koji sadrže pigmente čija glavna apsorpcija leži po prilici u području kratkih valnih dužina vidljivog spektra za plave boje, u području srednjih valnih dužina vidljivog spektra za žuto-zelene boje i u području dugačkih valnih dužina vidljivog spektra za žuto-crvene boje. Za svaki od ta tri tipa receptora moguće je konstruirati teorijske krivulje spektralne osjetljivosti. Te se krivulje preklapaju. Boja je percipirana podražajem na plave, zelene i crvene receptore. Smatra se da su ti receptori raspoređeni na mozaičan način. Nisu raspoređeni jednoliko na mrežnici. Postoji oko 3,5 milijuna čunjića za srednje i dugačke valne dužine vidljivog spektra i oni se nalaze u sredini mrežnice. Za kratke valne duljine vidljivog spektra postoji samo oko 1 milijun čunjića raspoređenih prema rubu mrežnice. Iz toga proizlazi da čovjek lakše fokusira crvene, žute i zelene objekte nego plave. Ako se podraže zeleni i crveni receptori, ali ne i plavi, doživjet će se osjet žutoga. Normalni promatrač može razlikovati svaku boju kao određenu mješavinu svih triju valnih dužina.

Crvena, zelena i plava boja nazivaju se osnovnim ili primarnim bojama jer se njih ne može dobiti miješanjem drugih boja. Te se boje nazivaju i aditivni primari, jer zbrajanje svjetlosnih snopova tih boja daje bijelu i sve ostale boje vidljivog spektra. Takvim se zbrajanjem različitih boja svjetla, u različitim omjerima, mogu dobiti sve ostale boje, u svim nijansama i svjetlinama. Takav se način nastanka boja naziva aditivnim. Tim načinom nastaju boje na ekranu televizora ili monitora. Međusobno miješanje snopova svjetala primarnih boja dovodi do pojave nekih novih boja svjetla. Crveni snop pomiješan sa zelenim snopom postaje žut. Crveni snop pomiješan s plavim snopom postaje magenta (grimizan). Zeleni snop pomiješan s plavim snopom postaje cijan (plavozeleni). Boje svjetla (žuta, magenta i cijan) nastale su kao rezultat miješanja aditivnih primara, a nazivaju se suptraktivnim primarima. Tim načinom nastaju boje u offset tisku, pisačima s mlazom tinte i drugim uređajima koji koriste suptraktivno miješanje boja. Slika 7. prikazuje aditivnu i suptraktivnu sintezu boja.



Slika 7. Aditivna i suptraktivna sinteza boja

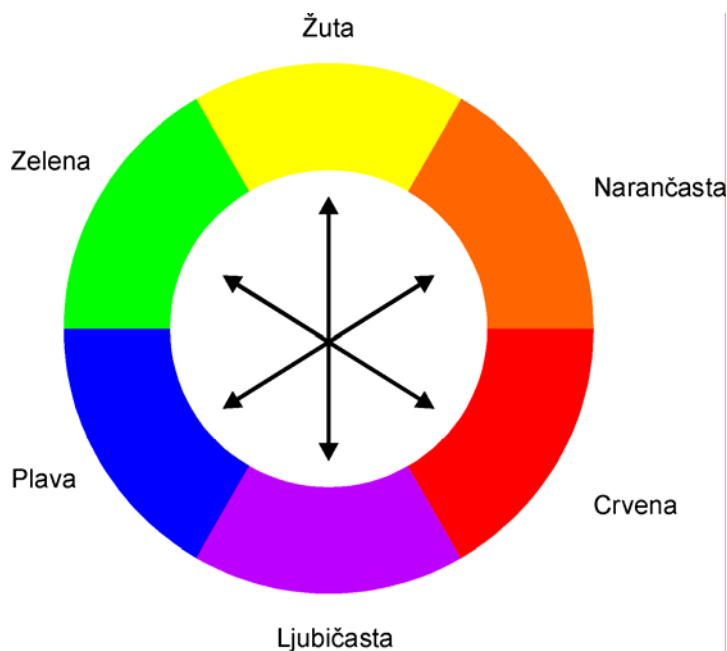
Komplementarne boje

Komplementarna boja je ona koja nastaje kad iz vidljivog spektra elektromagnetskog zračenja oduzmemo jednu od primarnih boja: bijelo - zeleno = magenta, bijelo - crveno = cijan, te bijelo - plavo = žuto. Komplementarna boja zelenoj je magenta, komplementarna crvenoj je cijan, a komplementarna plavoj je žuta. Dvije komplementarne boje svjetla, dodane jedna drugoj u određenim omjerima, izazivaju osjet bijelog, odnosno sivog. Biti komplementaran znači biti nadopunjujući, dopunski, upotpunjujući. Komplementarne su one boje koje se međusobno nadopunjuju. Ne zna se točno kome je najprije pala na um zamisao da sliku spektra savije u kružnicu i spoji joj krajeve te na taj način stvori kružnu paletu boja. Slika 8. prikazuje vrpču boja koja savijena u kružnicu tvori kružnu paletu boja. Suvremena kružna paleta boja, kakvom su se služili i služe svi teoretičari boje od Johana Wolfganga Goethea do Johannesesa Ittena, podijeljena je

na šest osnovnih boja: žutu, narančastu, crvenu, ljubičastu, plavu i zelenu. Slika 9. prikazuje suvremenu kružnu paletu sa 6 boja. Komplementarne su one boje koje se u kružnoj paleti boja nalaze jedna nasuprot drugoj. Tri su osnovna komplementarna para: žuta/ljubičasta, narančasta/plava i crvena/zelena. Slika 10. prikazuje 3 osnovna komplementarna para. Slika 11. prikazuje kružnu paletu sa 12 boja koja se koristi uz kružnu paletu sa 6 boja. Na kružnim paletama sa 6 ili 12 boja podjela boja je gruba. Ovakva podjela nije točna nego približna, tako da je žutoj komplementarna ljubičasta, narančastoj plava, a crvenoj zelena. Kada bi se kružnu paletu postavilo s puno više boja, komplementarne bi boje bile malo drugačije. Postojao bi određeni pomak u odnosu na ovdje navedene boje.



Slika 8. Vrpca boja



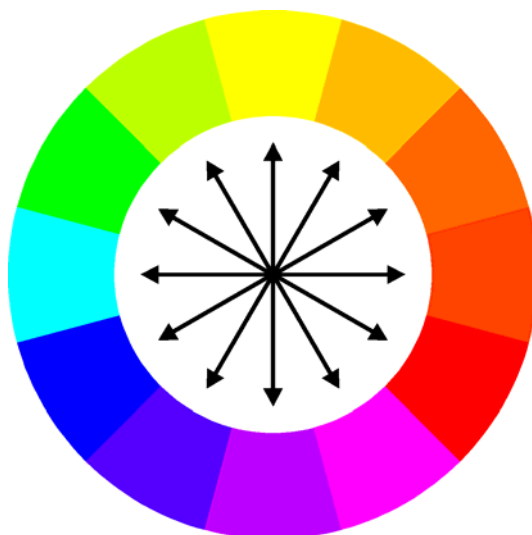
Slika 9. Kružna paleta boja (6 boja)



Slika 10. Tri osnovna komplementarna para

Godine 1801. Thomas Young, a poslije Herman von Helmholtz, ustanovili su kako je moguće prikazati bilo koju boju svjetla pomoću mješavine triju primarnih svjetlosnih izvora. Postoje različita pomagala za bolje razumijevanje i lakše snalaženje u sustavu pravila harmoničnog slaganja boja. Tu je u prvom redu kružna paleta boja kojom se služio još Johann Wolfgang von Goethe. Taj se prikaz boja oslanja više na miješanje pigmenata i bojila. Nedostatak mu je što se njime mogu prikazati samo spektralne boje. Da bi se to ispravilo, postoji još i devetodijelna, trokutasta paleta boja, na kojoj se mogu prikazati i tercijari – oker, maslinastozelena i crvenkastosmeđa. Nema boja koje su važnije ili manje važne – postoje samo one koje su uočljivije ili koje prema njihovu djelovanju na čovjekova osjetila čovjek svrstava među one koje lakše zapaža ili čak jednostavnije imenuje. Prema redoslijedu tvorbe boje se dijele na:

- primare, ili boje prvog reda,
- sekundare, ili boje drugog reda,
- tercijare, ili boje trećeg reda.



Slika 11. Kružna paleta boja (12 boja)

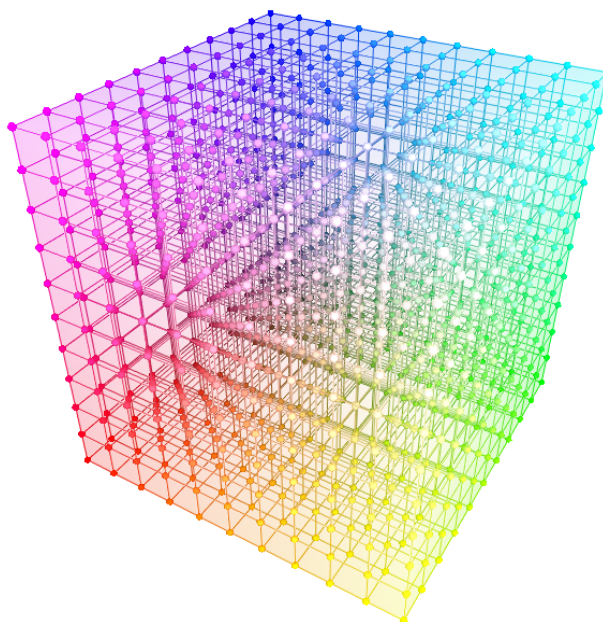
Prostor boja

Prostor boja ili model boja je način pomoću kojeg se definiraju, stvaraju i vizualiziraju boje. Boja je najčešće definirana pomoću 3 koordinate (parametra). Ti parametri određuju poziciju boje unutar prostora boja koji se koristi. Postoji mnogo prostora boja i svaki se koristi za različite namjene. Neki prostori boja su linearni, što znači da će određeni iznos promjene podražaja izazvati isti iznos promjene u percepciji te boje. Mnogi prostori boja nisu linearni. Neki prostori boja su intuitivni za korištenje, odnosno lako je pomoću parametra u njima izabrati boju. Drugi prostori boja nisu intuitivni, odnosno pomoću parametra je vrlo teško ili gotovo nemoguće u njima izabrati boju. Neki prostori boja vezani su uz uređaj na kojem su definirane boje i za njih se kaže da su ovisni o

uređaju (engl. *device dependent*). Kada se boje definirane u tim prostorima koriste na nekom drugom uređaju, više nisu iste kao na uređaju gdje su bile definirane.

RGB prostor boja

RGB prostor boja definiran je pomoću tri aditivna primara: crvene, zelene i plave boje. Svaka boja u tom prostoru boja nastaje zbrajanjem pojedinih komponenata te tri boje. RGB model predstavljen je pomoću kocke, gdje crvena boja predstavlja x-os, zelena boja y-os, a plava boja z-os. Slika 12. prikazuje model RGB prostora boja. Taj se prostor boja najčešće koristi u računalima. Svaka boja najčešće je predstavljena sa 8-bitima, odnosno vrijednostima od 0 do 255 (256 vrijednosti). To daje ukupno $256^3 = 16777216$ mogućih boja. U različitim računalnim programima za obradu slike najčešće se navodi podatak o 16 milijuna boja ili naziv engl. *true color*. Najčešće se taj prostor boja normira na vrijednosti od 0 do 1. RGB prostor boja jednostavan je za računalo, ali nije prikladan za čovjeka. Crvena, zelena i plava komponenta međusobno su korelirane tako da je čovjeku vrlo teško izborom tih komponenata definirati željenu boju u RGB prostoru boja. Stoga se najčešće koriste neki drugi prostori boja kao što su npr. HSV (HSI, HSB) ili HSL prostor boja.

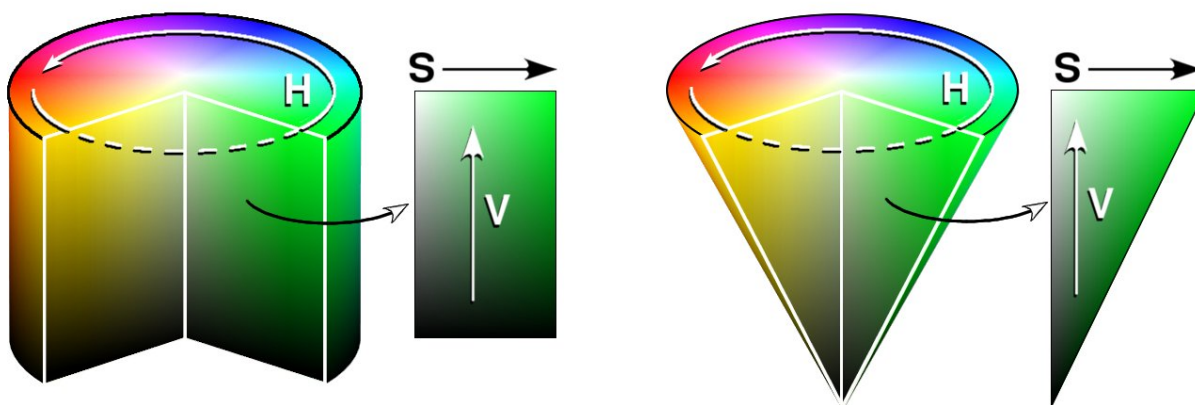


Slika 12. Model RGB prostora boja

HSV prostor boja

HSV prostor boja stvorio je A. R. Smith 1978. Taj prostor boja definiran je s tri koordinate: tonom boje (engl. *hue*), zasićenjem boje (engl. *saturation*) i svjetlinom boje (engl. *value*, *intensity*, *brightness*). Ton boje predstavljen je kutom od 0° do 360° . Zasićenost boje ima vrijednost od 0%

do 100%. Svjetlina boje ima vrijednost od 0% do 100%. HSV prostor boja predstavljen je pomoću valjaka. Često se taj prostor boja prikazuje kao stožac ili šesterostrana piramida, jer je percipirana promjena zasićenja boje od 0% do 100% manja za tamne boje (one koje imaju manju vrijednost svjetline) nego za svijetle boje (one koje imaju veću vrijednost svjetline). Da bi se nadoknadila ta razlika u percepciji, valjak se izobličuje u stožac. Slika 13. prikazuje model HSV prostora boja kao valjak i kao stožac. Pokazalo se da je u ovom prostoru boja čovjeku daleko lakše (intuitivnije) definirati i izabrati boju nego u RGB prostoru boja. Često se vrijednosti tona, zasićenja i svjetline boje normiraju na vrijednosti od 0 do 1.



Slika 13. Model HSV prostora boja predstavljen pomoću valjka i stošca