

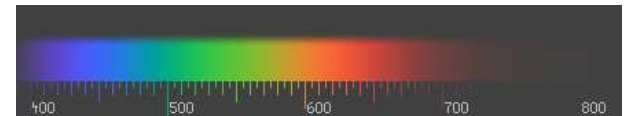
Računarska grafika

Boja



Fenomen boje

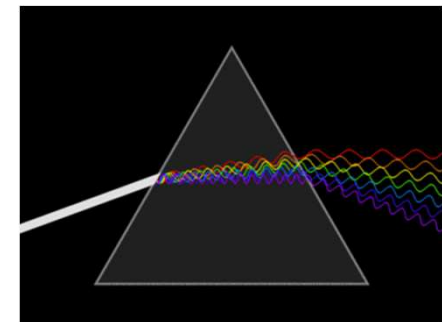
- Boja je određena talasnom dužinom svetla
 - koje se emituje iz nekog svetlosnog izvora, ili
 - koje se reflektuje od neke površine
- Sunce (ili sijalica) emituju belo svetlo
 - sadrži zračenje različitih talasnih dužina (deo vidljivog i nevidljivog spektra)
- Prelamanjem kroz prizmu od bele svetlosti se dobija spektar
 - zbog razlike u uglu prelamanja za pojedine talasne dužine svetla



<https://en.wikipedia.org/wiki/File:Spectrum441pxWithnm.png>



https://commons.wikimedia.org/wiki/File:PrismAndLight_gespiegelt.jpg



https://en.wikipedia.org/wiki/Light#/media/File:Light_dispersion_conceptual_waves350px.gif

Boja

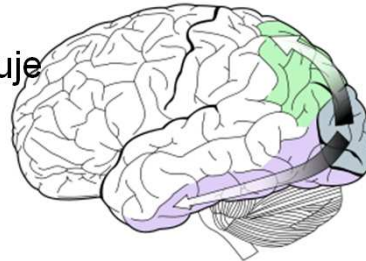
23.05.2024.

Boje duginog spektra

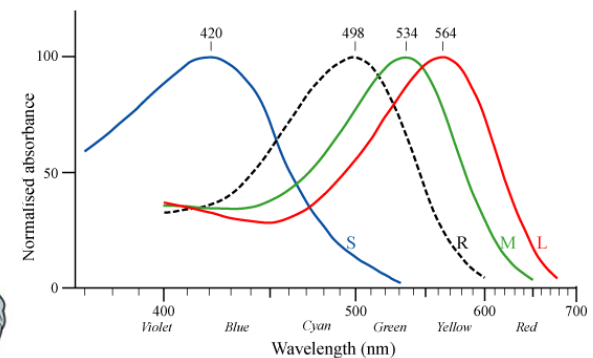
boja	talasna dužina	frekvencije
crvena	~ 625–740 nm	~ 480–405 THz
narandžasta	~ 590–625 nm	~ 510–480 THz
žuta	~ 565–590 nm	~ 530–510 THz
zelena	~ 500–565 nm	~ 600–530 THz
tirkiz	~ 485–500 nm	~ 620–600 THz
plava	~ 450–485 nm	~ 670–620 THz
ljubičasta	~ 380–450 nm	~ 790–670 THz

Opažanje boje

- Informacija o boji - preko nervnih receptora u mrežnjači oka – čepića (*cone*)
 - čepići: SW (plavo), MW (zeleno) LW (crveno)
 - fotosenzitivni pigmenti rodopsin i fotopsin
- Čulo vida – raspoznavanje vizuelnih info:
 - primarni centar vida – plavo
 - prima informaciju i prosleđuje
 - dorsalni tok – zeleno
 - raspoznavanje objekata
 - ventralni tok – ljubičasto
 - raspoznavanje boja



https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ventral-dorsal_streams.svg

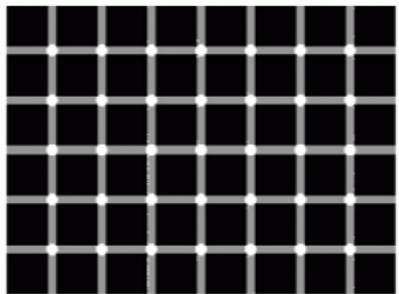


<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cone-response.png>

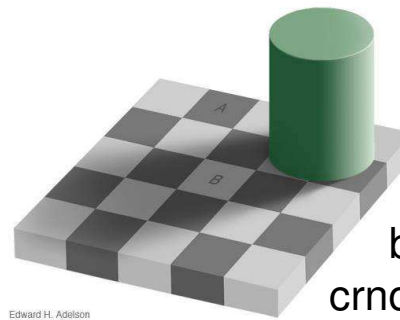
- Čovek – trihromat, raspoznaje 3 boje: crvenu, zelenu, plavu i kombinacije
- Većina životinja – dihromati, neke životinje su čak tetrahromati
- Daltonizam – slepilo za boje, ne raspoznaju se boje, ili samo neke od njih

Optičke varke

- Čovekova percepcija boje i oblika kombinuje iskustvene efekte





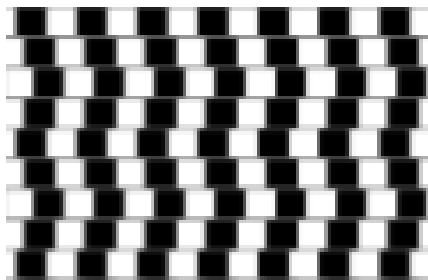
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Grid_illusion.svg



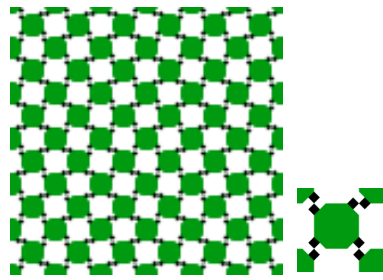
Edward H. Adelson

Edward H. Adelson.
<http://persci.mit.edu/gallery/checkershadow>

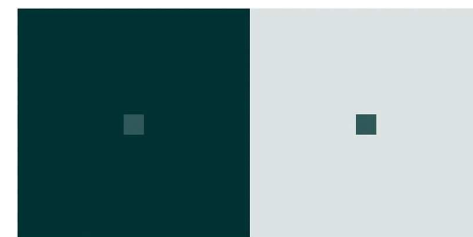
belo polje u senci: 
crno polje van senke: 



https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Caf%C3%A9_wall.svg



<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Optical-illusion-checkerboard-twisted-cord.svg>



Created by Gil Dekel. Published in <http://www.poeticmind.co.uk/research/organising-information-colours-design-tips>

Boja

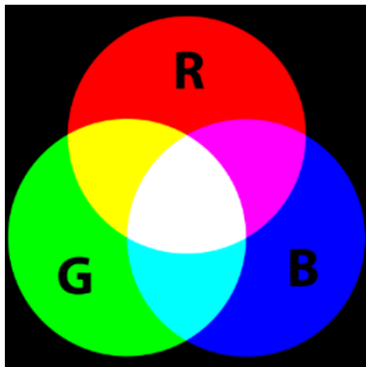
23.05.2024.

Modeli boja

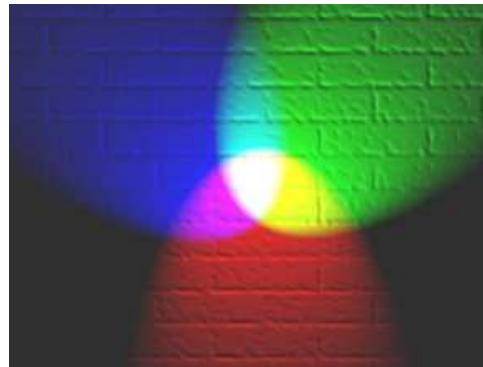
- RGB (Red-Green-Blue) – zračeno svetlo iz izvora
- CMYK (Cyan-Magenta-Yellow+black) – reflektovano svetlo
- HSV/HSB (Hue-Saturation-Value/Brightness)
- HSL/HLS (Hue-Saturation-Lightness/Luminance)
- HSI (Hue-Saturation-Intensity)
- Modeli boja u TV standardima
 - YIQ (NTSC – Severna Amerika, Japan)
 - YUV (PAL – Australija, Evropa bez Francuske)
 - YDbDr (SECAM – Francuska)
- YPbPr (skalirana verzija YUV)
- YCbCr (digitalna verzija YPbPr, koristi se u MPEG i JPEG std.)
- xvYCC (internacionalni video kolor std. IEC)

RGB model (1)

- RGB (*Red-Green-Blue*) - crvena, zelena i plava boja
 - R, G i B boje - emitovana svetla iz svetlosnog izvora
 - aditivni model – primarne R, G i B boje se mešaju dodavanjem na crnu (0,0,0)
 - nepostojanje ni jednog svetla – crno, max jačina sva tri svetla – belo (1,1,1)



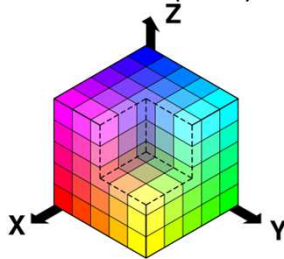
<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:AdditiveColor.svg>



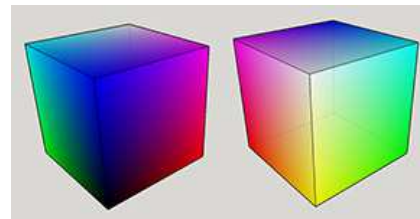
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:RGB_illumination.jpg

RGB model (2)

- Model boja se predstavlja kao kocka u Dekartovom pravouglom sistemu
- Svaka od komponenta boje se menja od 0 do 1 po jednoj osi:
 - crvena (red): $R \rightarrow X$, zelena (green): $G \rightarrow Y$, plava (blue): $B \rightarrow Z$



https://commons.wikimedia.org/wiki/File:RGBCube_b.svg

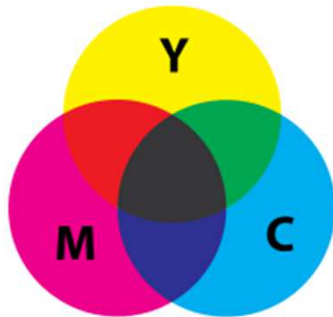


<http://stackoverflow.com/questions/39118528/rgb-to-hsl-conversion>

- Na temenima kocke koja leže u koordinatnim ravnima:
 - tirkiz (cyan): $C \rightarrow YoZ$, ciklama (magenta): $M \rightarrow XoZ$, žuta (yellow): $Y \rightarrow XoY$
- Na dijagonali kocke $(0,0,0)$ - $(1,1,1)$
 - skala sivog, od crne $(0,0,0)$ do bele $(1,1,1)$

CMY(K) model

- CMY (*Cyan-Magenta-Yellow*) – tirkiz, ciklama-ljubičasta, žuta
 - C, M i Y boje – pigmenti na beloј podlozi
 - pigmenti apsorbujū određene talasne dužine belog svetla
 - subtraktivni model – C, M i Y boje se mešaju oduzimanjem (od bele)
 - nepostojanje ni jednog pigmenta – belo, postojanje sva tri pigmenta – sivo
 - mešanjem neidealnih pigmenata primarnih boja ne može da se dobije crna
 - crna se posebno dodaje za štampu - CMYK model (CMY + black)



<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SubtractiveColor.svg>

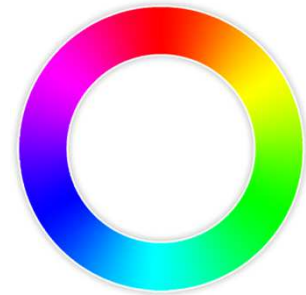
Pigment	Apsorbujē	Reflektujē
C	R	G,B
M	G	R,B
Y	B	R,G
K	R,G,B	-

Boja

23.05.2024.

Pojmovi – atributi boje (1)

- *Hue* (H) – ton
 - atribut vizuelnog osećaja po kojem je neka oblast slična nekoj od 6 osnovnih boja (crvenoj, žutoj, zelenoj, tirkiznoj, plavoj, ciklama-ljubičastoj) ili nekoj boji na prelazu dve susedne
 - ton je određen talasnom dužinom svetla, osim u slučaju ciklama-ljubičaste



<http://www.colorsontheweb.com/Color-Theory/The-Color-Wheel>

- *Saturation* (S) – zasićenost
 - atribut vizuelnog osećaja čistoće boje (zasićena=čista, živahna)
 - subjektivan osećaj prisustva pigmenta boje



S = [0-100]%
V = 100%



S = [0-100]%
V = 50%

Pojmovi – atributi boje (2)

- *Saturation (S)* – zasićenost boje



- *Value/Brightness (V/B)* – vrednost/sjaj

- atribut vizuelnog osećaja po kojem neka oblast izgleda da emituje više ili manje svetlosti
- subjektivan osećaj jačine osvetljaja



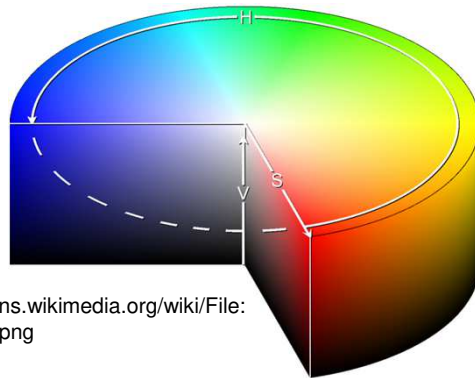
- *Lightness/Luminance (L)* – osvetljenost

- kao vrednost/sjaj, samo je raspon od crne (neosvetljeno) do bele (preosvetljeno)
- na sredini skale (L=50%) je boja sa maksimalnim sjajem (V=100%)

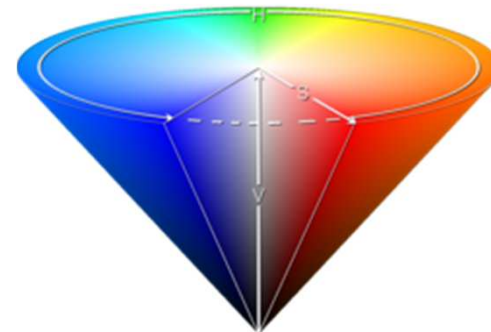


HSV model (1)

- HSV/HSB (*Hue-Saturation-Value/Brightness*)
 - H-ton (0-360°), S-zasićenje (0-100%), V-vrednost/B-sjaj (0-100%)
 - S: 0% - nema boje (skala sivog, u zavisnosti od sjaja), 100% - zasićena boja
 - V/B: 0% - crno, 100% - skala od belog do čiste boje, u zavisnosti od zasićenja
 - Alvy Ray Smith, 1978.g.



https://commons.wikimedia.org/wiki/File:HSV_cylinder.png

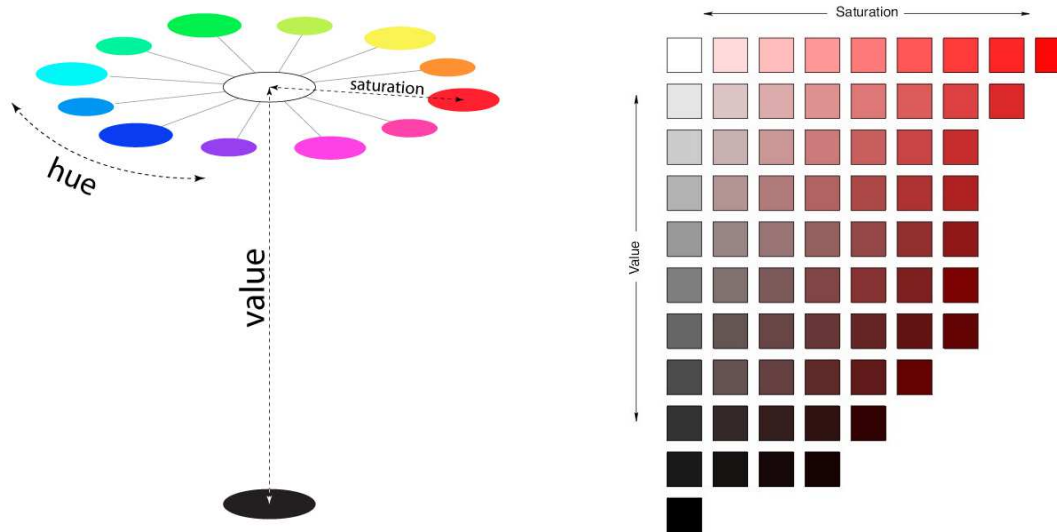


https://en.wikipedia.org/wiki/File:HSV_cone.png

- Koverzije RGB \Leftrightarrow HSV:
 - http://en.wikipedia.org/wiki/HSV_color_space#Transformation_between_HSV_and_RGB

HSV model (2)

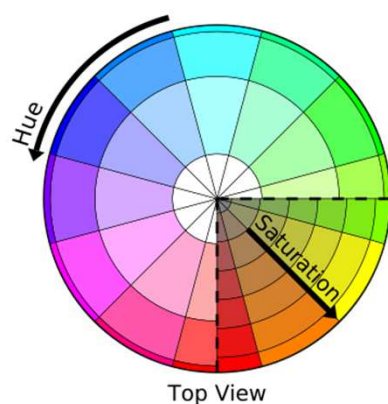
- HSV - cilindrični koordinatni sistem (ϕ -ton, r-zasićenje, z-vrednost)
 - ako se koristi ceo cilindar => kontroverza:
crna boja na dnu omotača ispada potpuno zasićena
 - zato se koristi samo kupa, model se naziva HCV – Hue, Chroma, Value



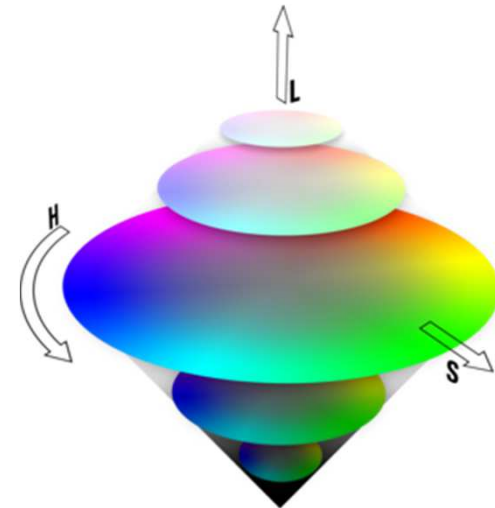
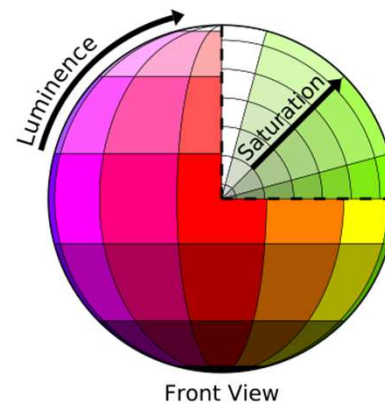
Preuzeto sa: <http://learn.leighcotnoir.com/artspeak/elements-color/hue-value-saturation/>

HSL model

- HSL/HLS (*Hue-Saturation-Lightness/Luminance/Luminosity*)
 - H-ton, S-zasićenje, L-osvetljenost
 - vertikalna osa: skala sivog od crne do bele
 - kontroverza: i crna i bela ispadaju potpuno zasićene boje
 - zato se koristi predstava sa dve kupe sa zajedničkom osnovom na $L=1/2$



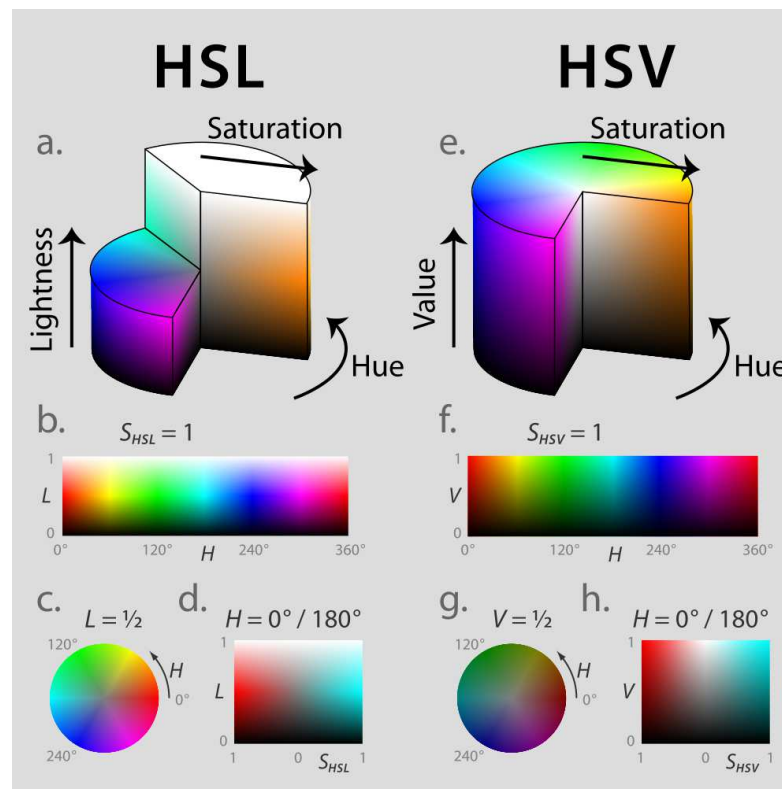
<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:HSLSphere.svg>



https://en.wikipedia.org/wiki/File:Color_cones.png

- Koverzije RGB \Leftrightarrow HSL:
 - [http://en.wikipedia.org/wiki/HSL_color_space#Converting from RGB](http://en.wikipedia.org/wiki/HSL_color_space#Converting_from_RGB)

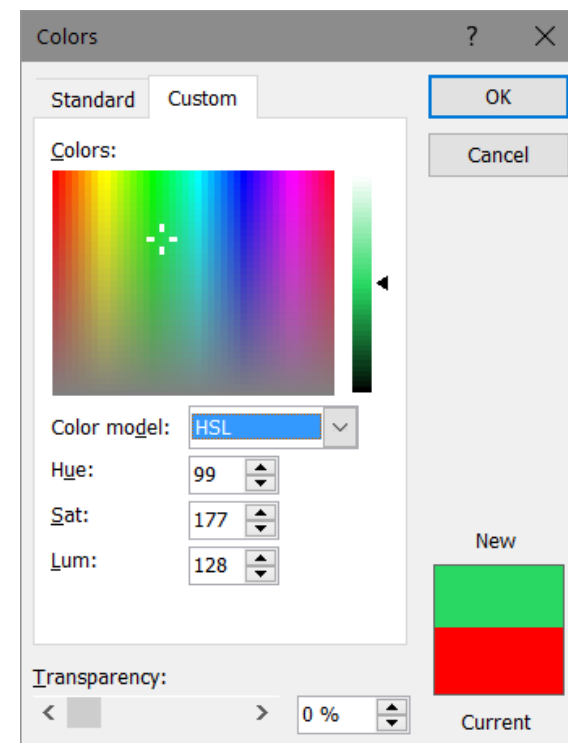
Poređenje HSL i HSV



https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hsl-hsv_models.svg

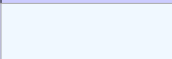









Izbor boje u aplikacijama

- HSV/HSB i HSL modeli
 - prirodni za izbor boje
- Dijalog u Power Point
 - Custom tab
 - izbor: RGB ili HSL model
 - HSL model:
 - u Colors pravougaoniku se bira H-S
 - vertikalnim klizačem se bira L



Lista boja

- http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_colors

Name	Sample	Hex triplet	RGB			HSV		
Alice blue		#F0F8FF	240	248	255	208°	6%	100%
Alizarin Crimson		#E32636	227	38	54	355°	83%	89%
Amaranth		#E52B50	229	43	80	345°	78%	64%
Amber		#FFBF00	255	191	0	45°	100%	100%
Amethyst		#9966CC	153	102	204	270°	50%	80%
Apricot		#FBCEB1	251	206	177	30°	25%	87%
Aqua		#00FFFF	0	255	255	180°	100%	100%
Aquamarine		#7FFFD4	127	255	212	160°	50%	100%
Asparagus		#7BA05B	123	160	91	92°	43%	63%
Azure		#007FFF	0	127	255	210°	100%	100%