

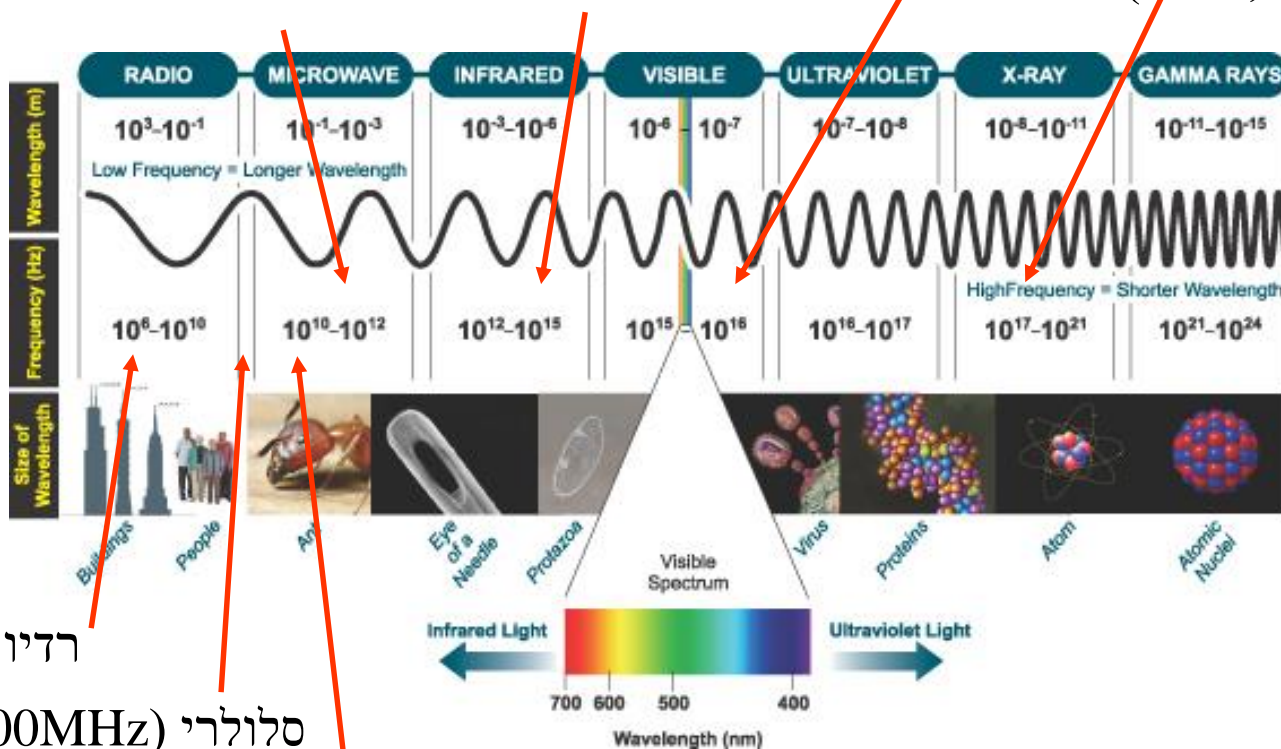
מה זה צבע



הספקטרום האלקטרומגנטי

גלים אלקטרומגנטיים מאופיינים על ידי אורך גל ותדירות.

רשתות תקשורת (5cm, <10GHz) ראיית לילה (10μm, 30THz) שיזוף (1PHz) צילום רנטגן (3nm, ~100PHz)



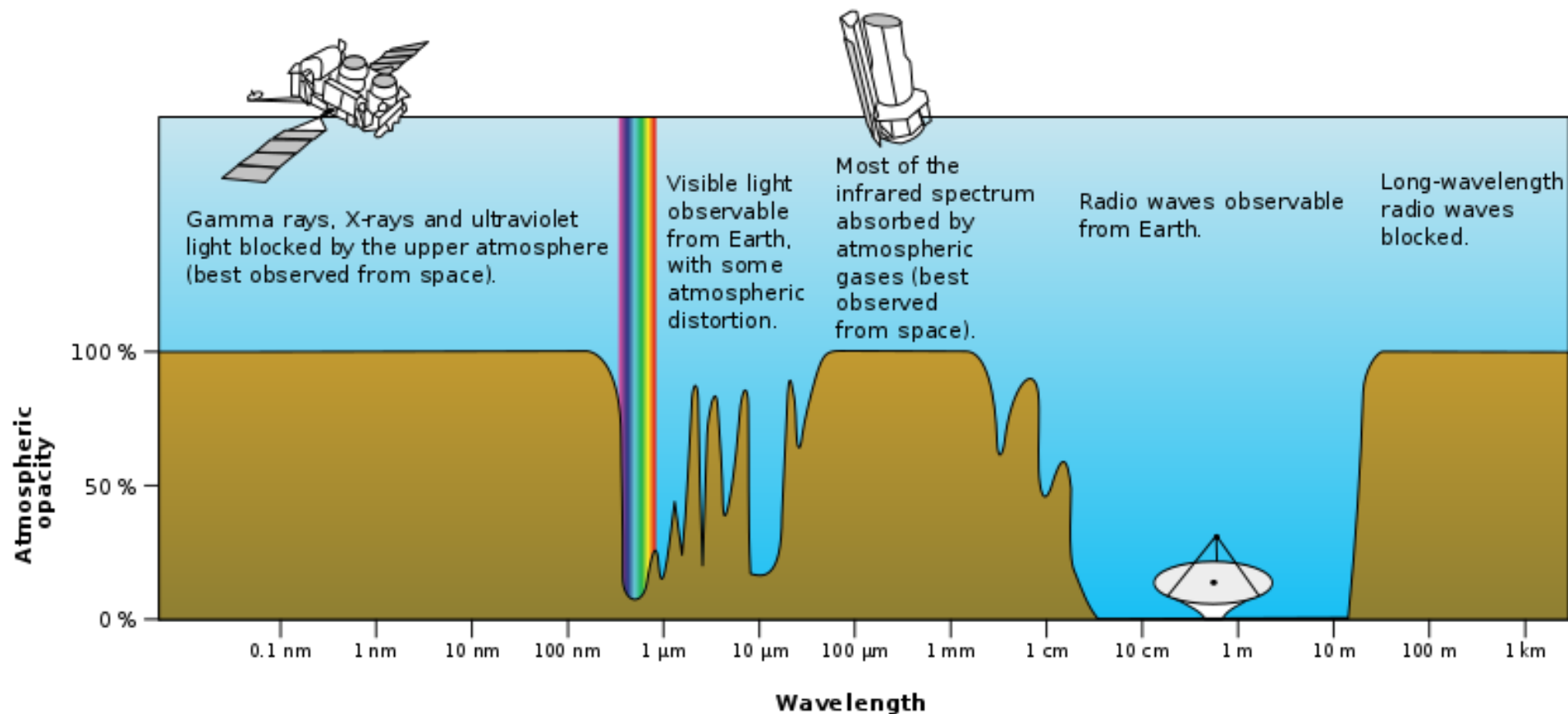
רדיו (3m, 100MHz)

סלולרי (30cm, 900MHz)

מיקרוגל (10cm, 2.5GHz)



תחומי השקיפות האטמוספרית





הקשר בין צבע לטמפרטורה (קרינת גוף שחור)

$$u(\nu, T) = \frac{8\pi\nu^2}{c^3} \frac{h\nu}{e^{h\nu/k_B T} - 1}$$

צפיפות האנרגיה ביחידת תדר (ליחידת נפח)

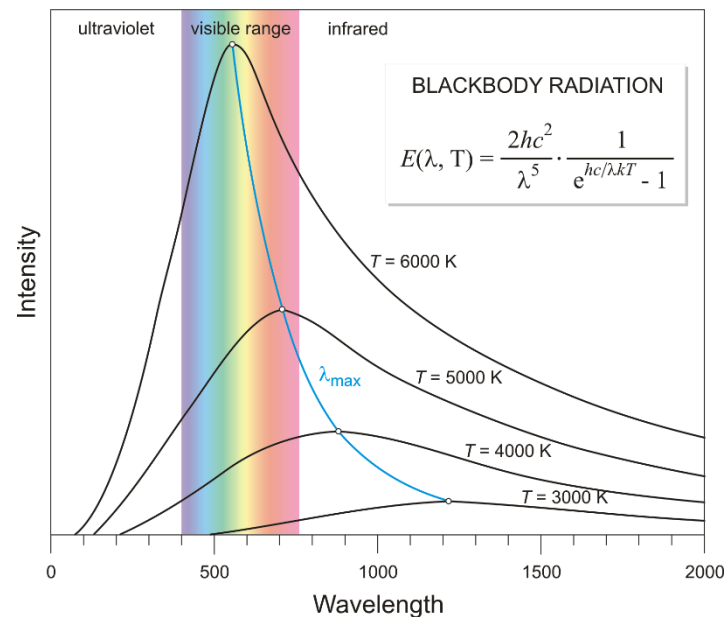
$$I(\nu, T) = \frac{2h\nu^3}{c^2} \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{k_B T}} - 1}$$

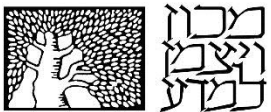
שטף האנרגיה ליחידת תדר

$$I(\nu, T) = T^3 I(\nu/T)$$

$$\nu_{max} = T \cdot 58.8 \text{GHz/K}$$

$$\lambda_{max} = \frac{2.9 \times 10^{-3} [mK]}{T}$$



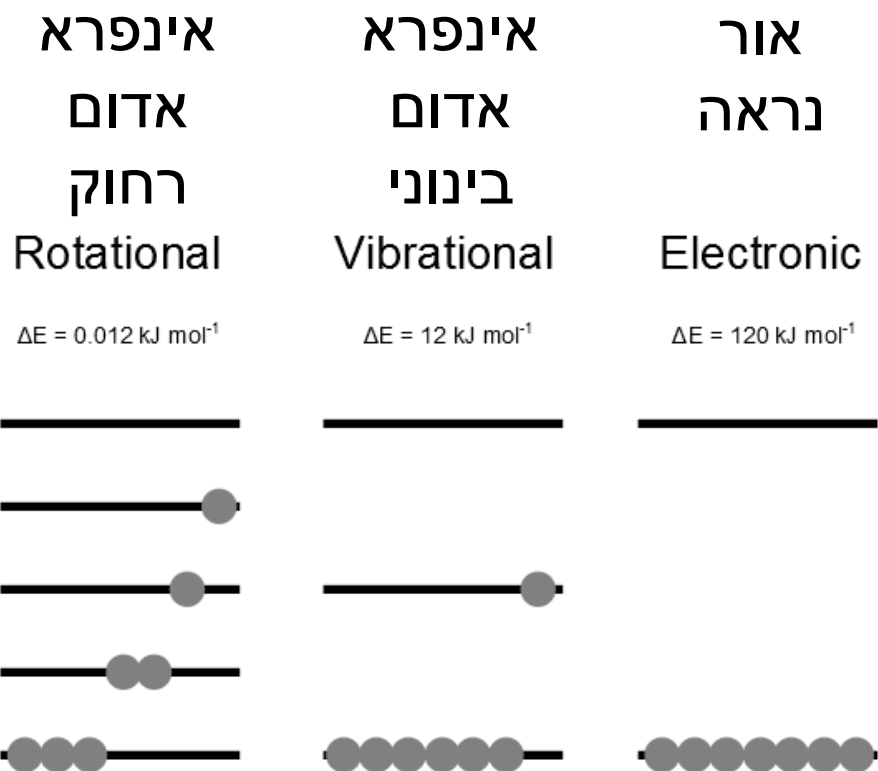


הקשר בין צבע לטמפרטורה

לפי חוק פלנק, אור מגיע ב"חבילות" של אנרגיה

$$E = nh\nu$$

אנרגיות שונות מתאימות לעירור של תהליכים פיזיקליים שונים במולקולות



כדי להבחין באור ("לראות") צריך שהמערכת לא תהיה מעוררת באופן תרמי

$$p_i = \frac{e^{-\epsilon_i/kT}}{\sum_{j=1}^M e^{-\epsilon_j/kT}}$$

כלומר האנרגיה צריכה להיות משמעותית גדולה מ- kT



מסקנת ביניים

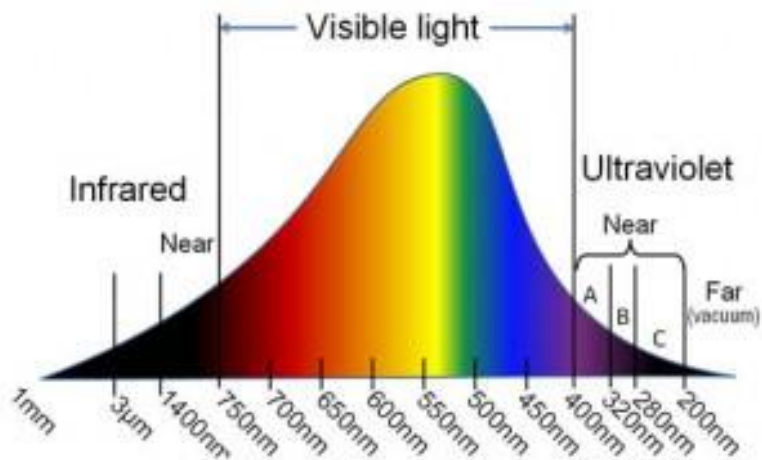
ראייה אפשרית רק באורכי גל שבהם:

1. יש שקיפות אטמוספרית
2. יש מקורות אור
3. יש מעברים שהאנרגיה שלהם גדולה משמעותית מ- kT

רק התחום שבין האינפרא-אדום הקרוב לאולטרא-סגול הקרוב עומד בכל התנאים!



אור נראה

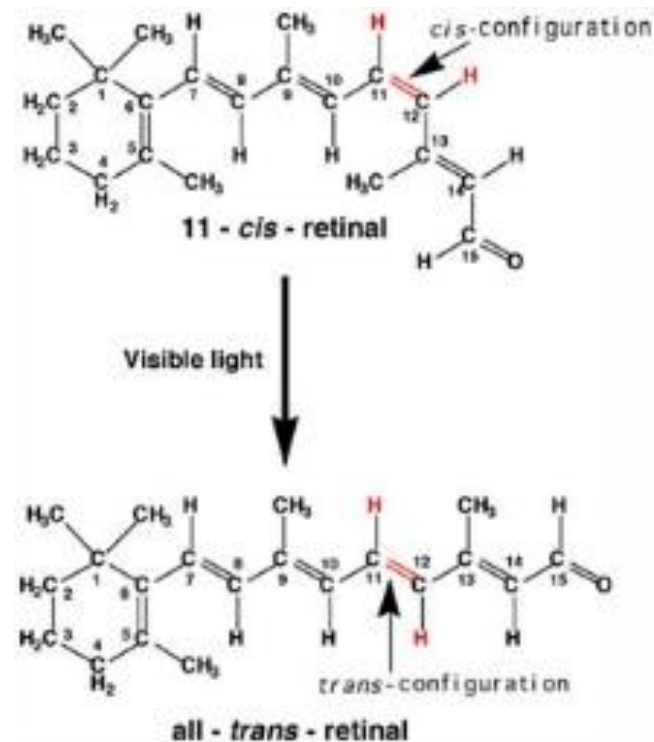
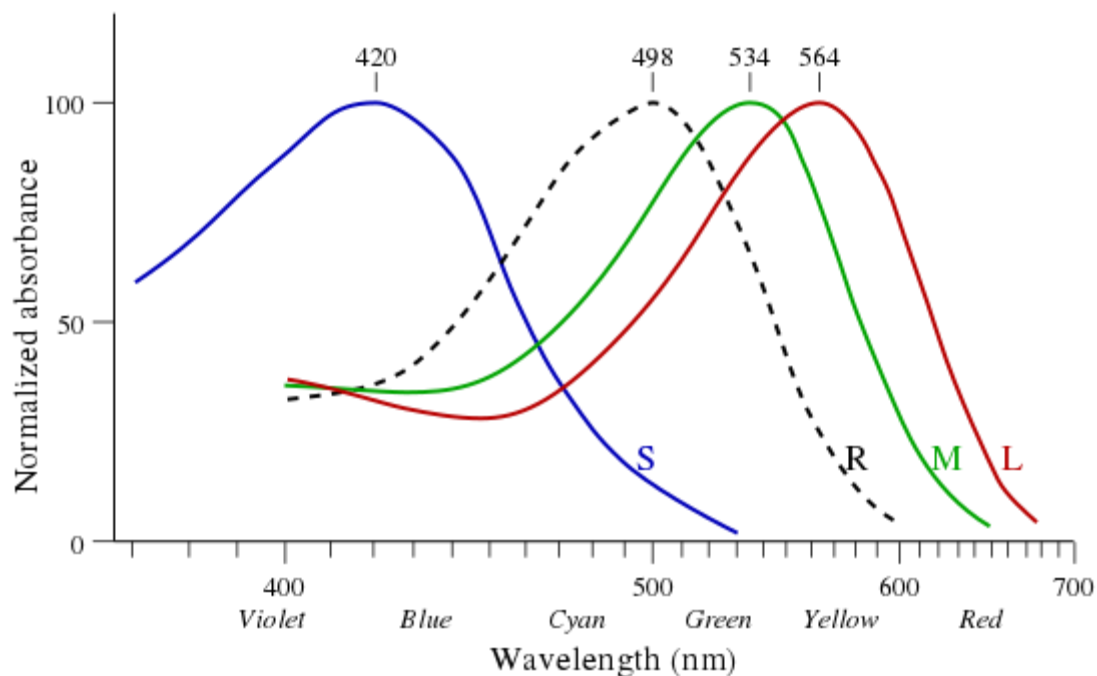


Color	Wavelength	Frequency	Photon energy
violet	380–450 nm	668–789 THz	2.75–3.26 eV
blue	450–495 nm	606–668 THz	2.50–2.75 eV
green	495–570 nm	526–606 THz	2.17–2.50 eV
yellow	570–590 nm	508–526 THz	2.10–2.17 eV
orange	590–620 nm	484–508 THz	2.00–2.10 eV
red	620–750 nm	400–484 THz	1.65–2.00 eV



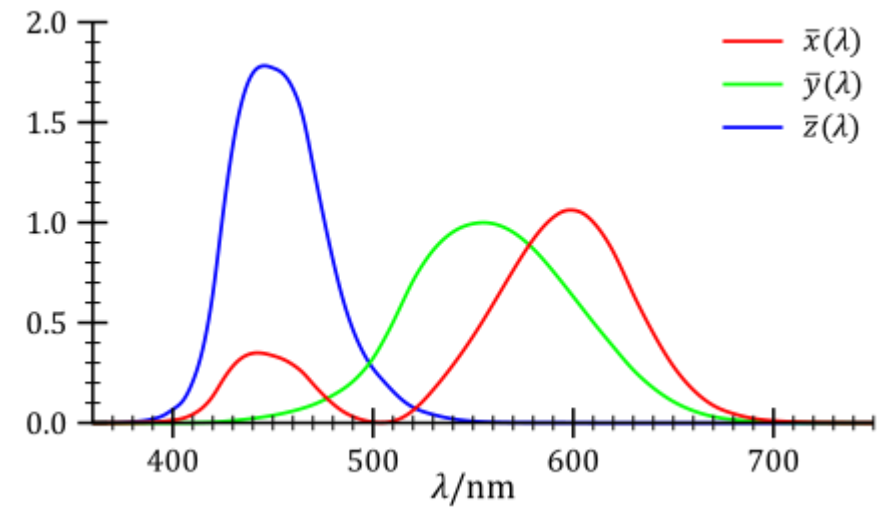
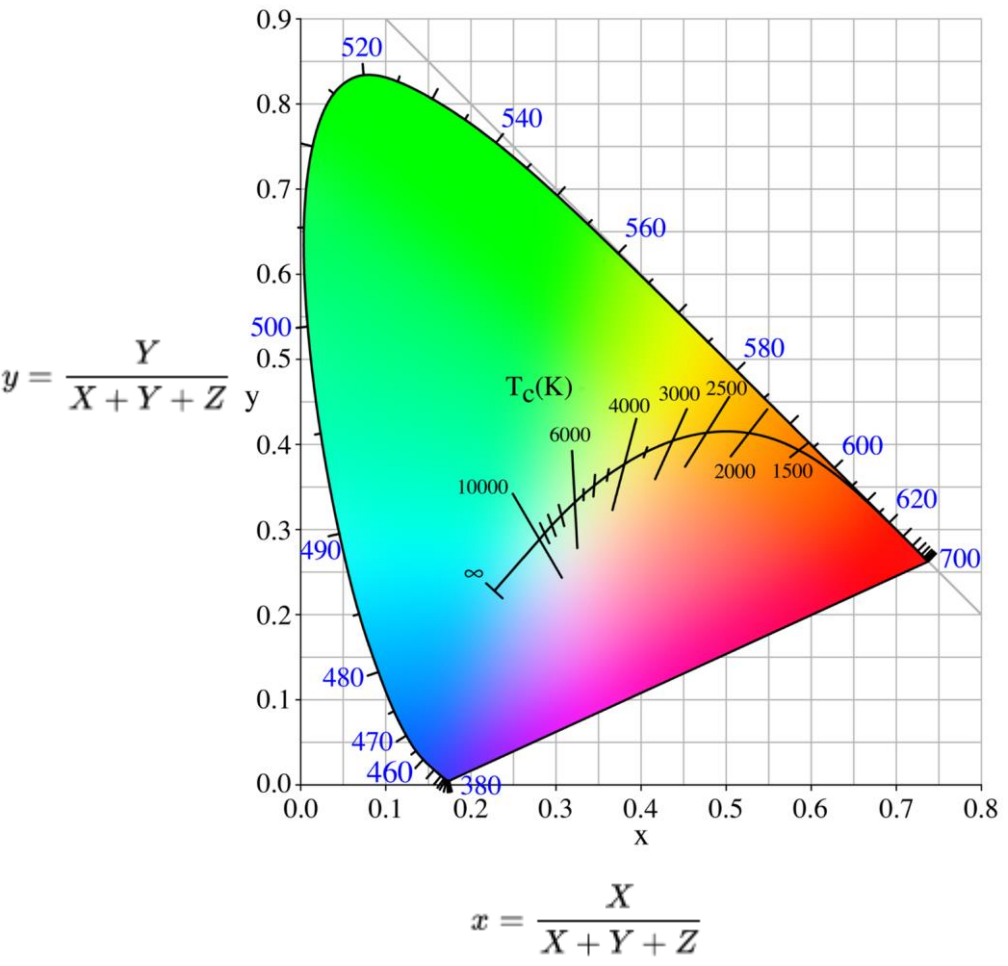
ראייה אנושית

הראייה שלנו מבוססת על שלושה סוגים של חיישני אור, שכל אחד מהם מגיב לקשת צבעים אחרת במקצת.





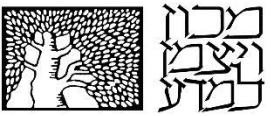
דיאגרמת CIE



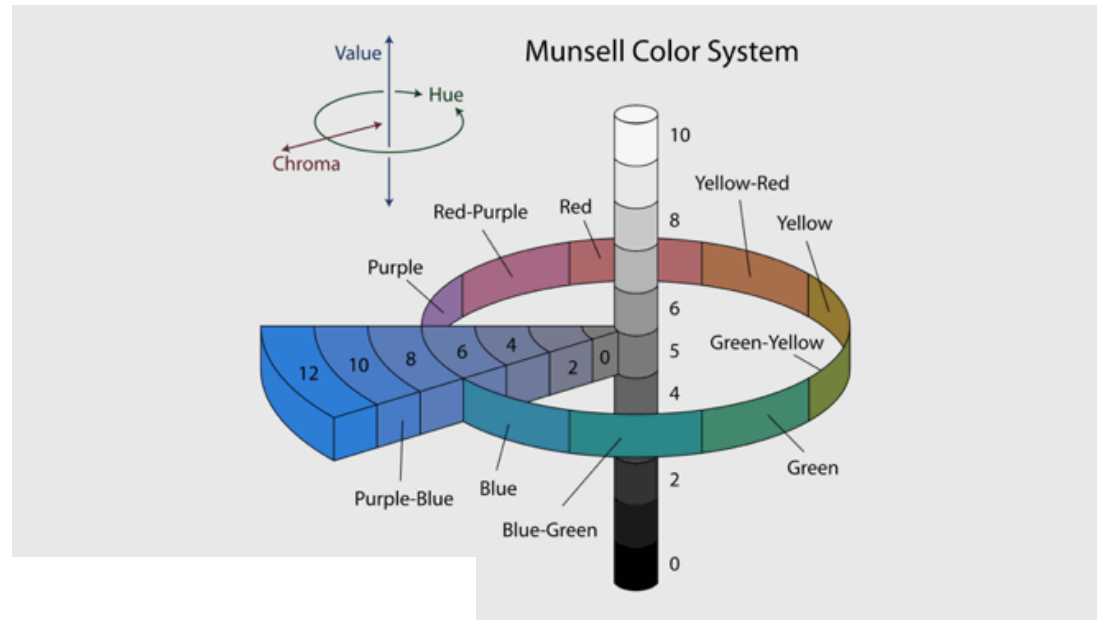
$$X = \int_{\lambda} L_{e,\Omega,\lambda}(\lambda) \bar{x}(\lambda) d\lambda,$$

$$Y = \int_{\lambda} L_{e,\Omega,\lambda}(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda,$$

$$Z = \int_{\lambda} L_{e,\Omega,\lambda}(\lambda) \bar{z}(\lambda) d\lambda.$$



הגדרות אחרות לצבע



Hue, saturation, and lightness of colors

