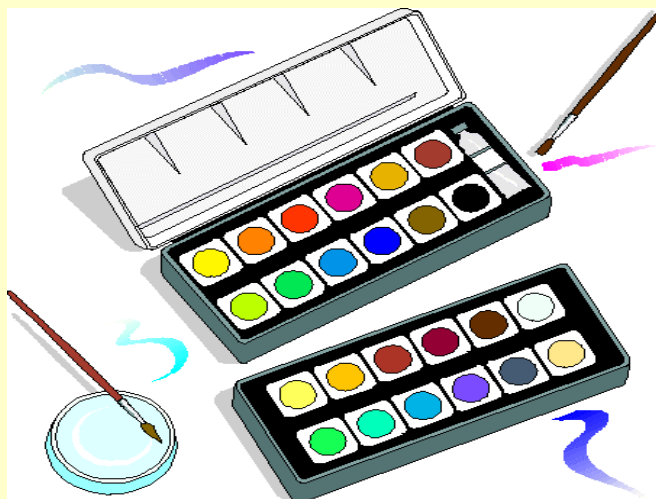


# Лекц: Компьютер график дахь өнгөний онол

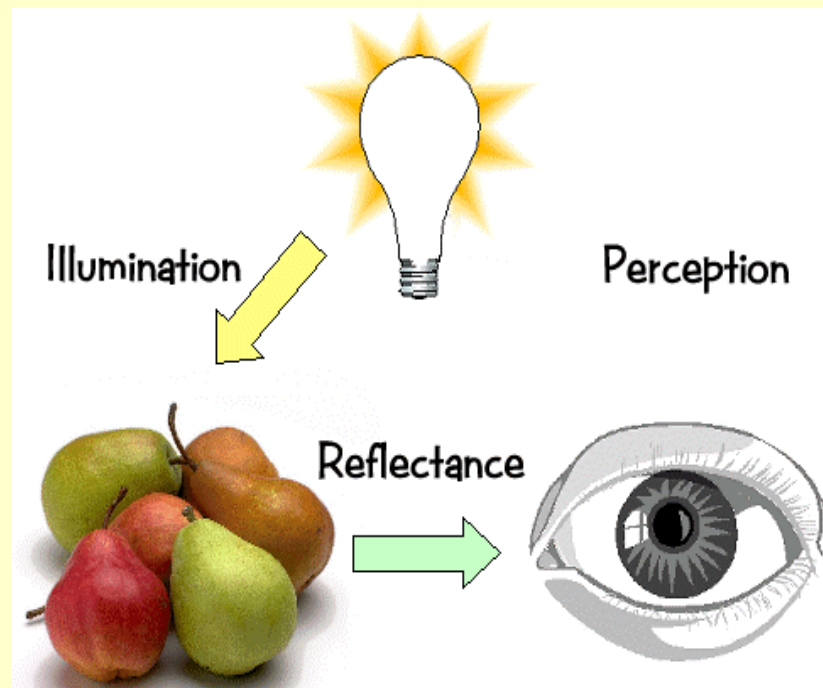
Өнгө гэж юу вэ?



# Өнгө гэж юу вэ?

---

Өнгө гэдэг нь хүний нүдэнд харагдаж буй мэдрэмж бөгөөд гэрлийн спектр нь хүний нүдэн дэх мэдрэгч эстэй харилцан үйлчлэлцсэнээр өнгө үүсдэг.



# ӨНГӨ ГЭЖ ЮУ ВЭ?

---

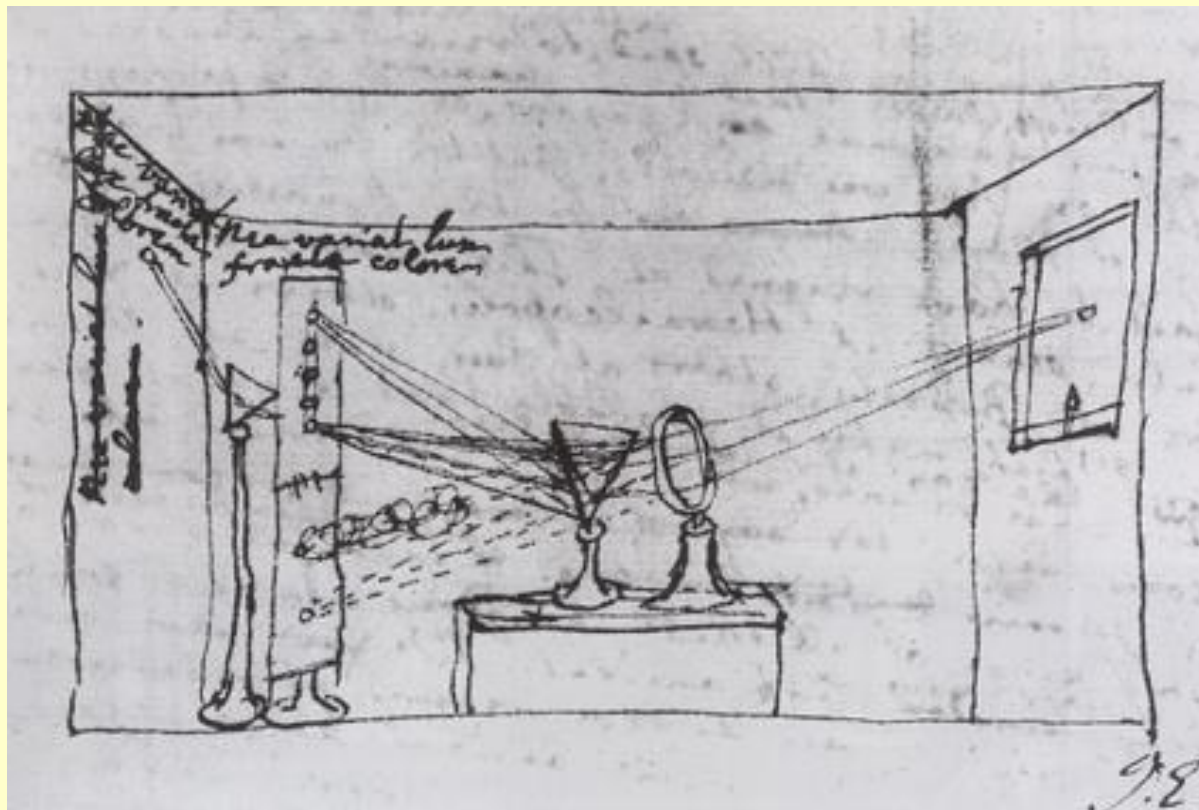
Өөрөөр хэлбэл гэрэл тусаж буй объектийн физик шинж чанараас хамаарч зарим өнгө шингэж, зарим өнгө ойж байдаг. Ингээд ойсон өнгө нь тухайн биетийн өнгө болон харагддаг.

Жишээ нь: Ургамал ногоон өнгөтэй харагддаг. Учир нь ургамал ногоон өнгийг ойлгодог



# Гэрлийн үндсэн бүрэлдэхүүн хэсгүүд

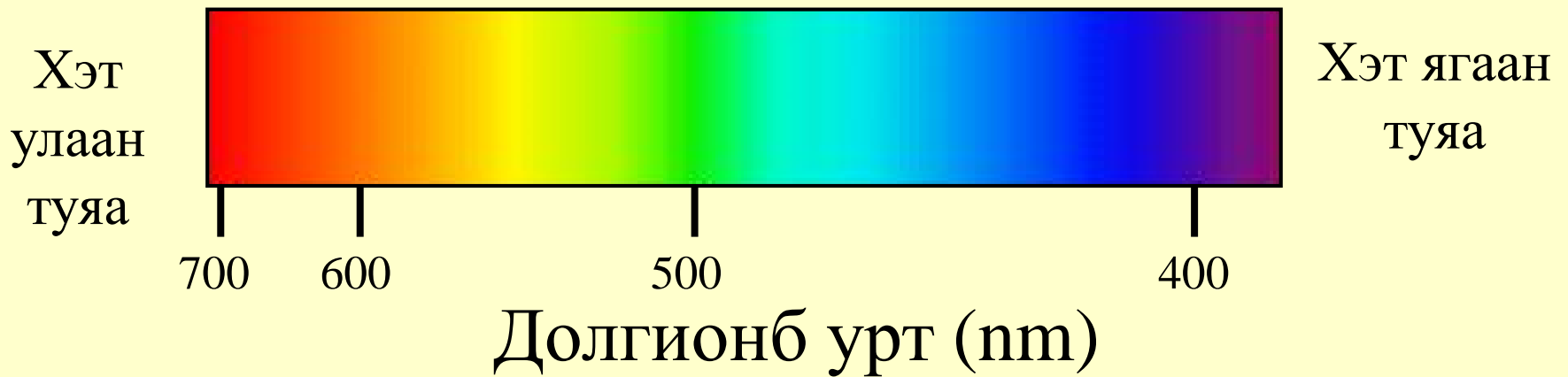
---



- Ньютон, нарны гэрлийг солонго(призмтэй) болгон хувааж болохыг харуулжээ.
- Гэрлийн үр дүн нь хоёр дахь призмаар хуваагдах боломжгүй.

# Долгионы урт спектр Wavelength Spectrum

---



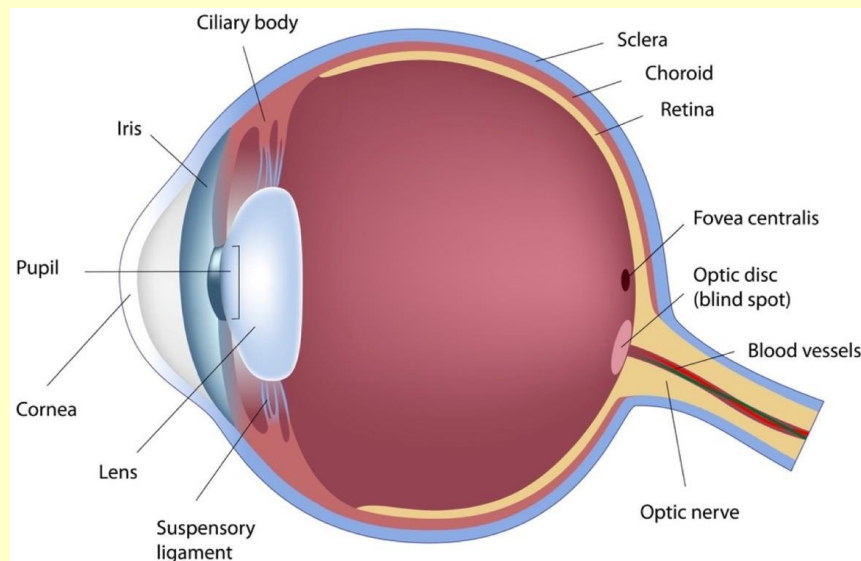
Бид 400-700 нм-ийн долгионы урттай цахилгаан соронзон  
энергийг харагдахуйц гэрэл гэж үздэг.

# Хүний нүдний бүтэц

---

Нүдний гэрэл  
мэдрэмтгий хэсгийг  
нүдний торлог гэж  
нэрлэдэг.

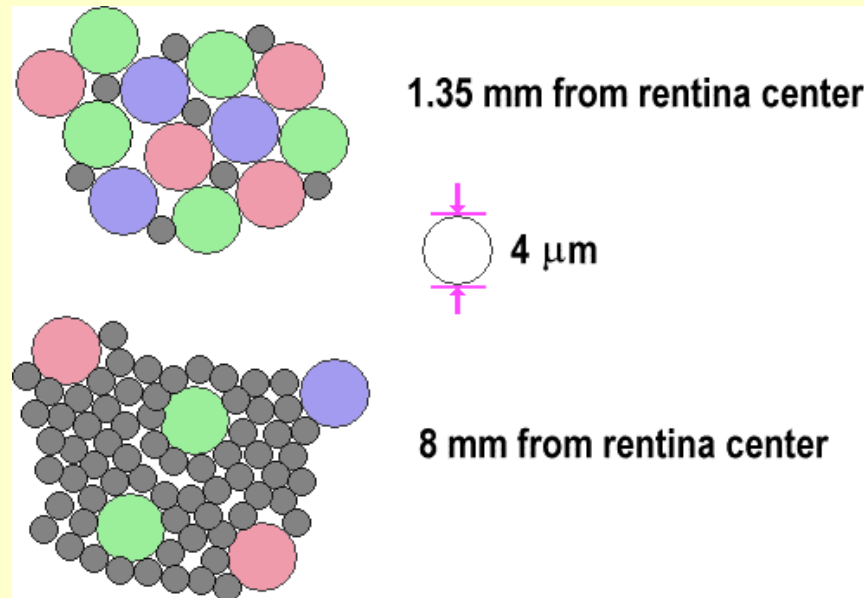
Нүдний торлог  
бүрхэвч нь rod ба cone  
гэж нэрлэгддэг хоёр  
төрлийн эсээс  
бүрддэг. Зөвхөн cones  
өнгө ойлголтыг  
хариуцдаг.



# Fovea

---

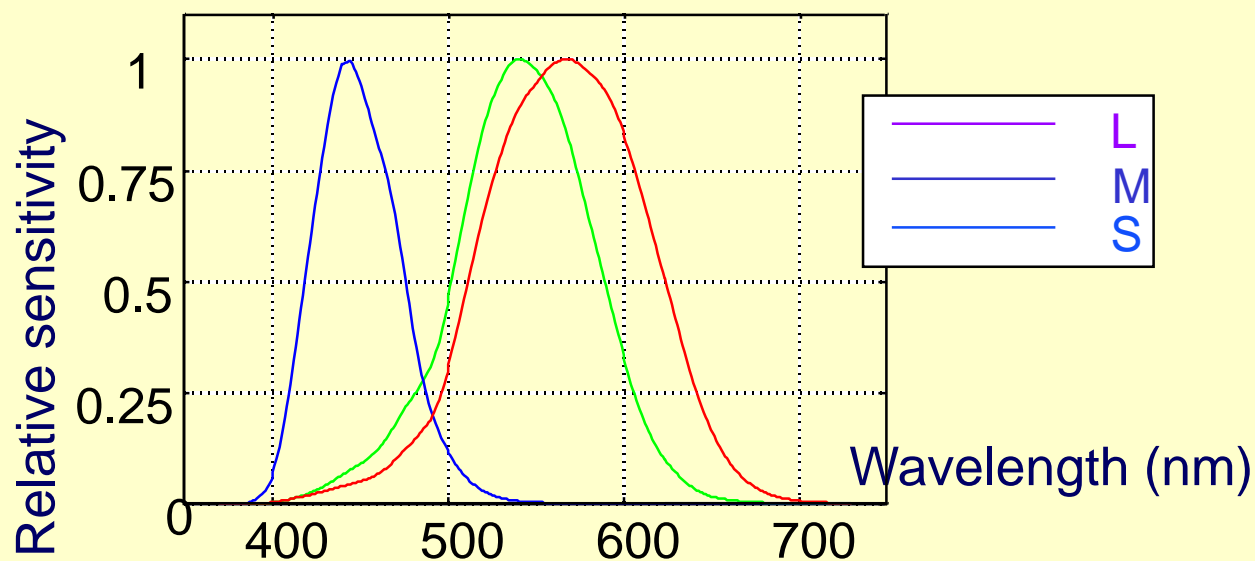
Cone-ууд нь фовеа гэж нэрлэгддэг нүдний бүсэд хамгийн их нягтралтай байдаг.



# Cones

---

S, M, L гэж нэрлэгддэг гурван төрлийн конус байдаг бөгөөд тэдгээр нь ойролцоогоор цэнхэр, ногоон, улаан мэдрэгчтэй дүйцдэг. Тэдний хамгийн өндөр мэдрэмж нь "дундаж" ажиглагчийн хувьд ойролцоогоор 430нм, 560нм, 610нм-т байрладаг.





# Retinal Photoreceptor Cells: Rods and Cones

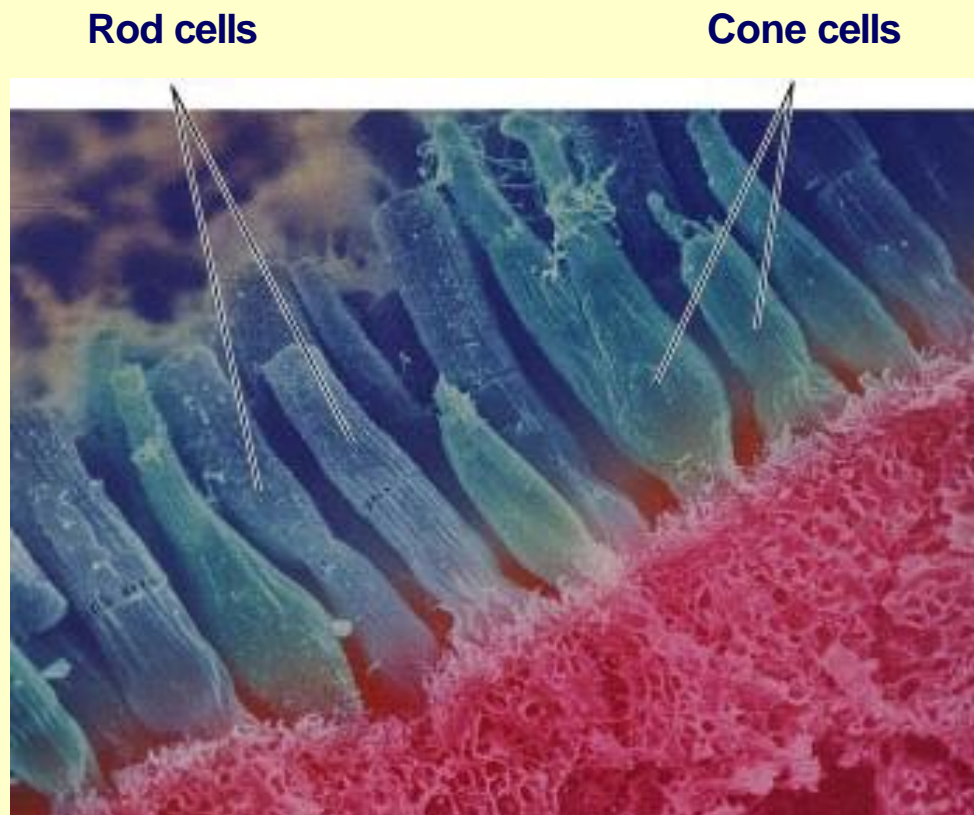
Нүдний торлог бүрхэвчийн хүлээн авагч (Photoreceptor) эсүүд

Rod нь маш бүдэг гэрлийн анхдагч хүлээн авагч (“scotopic” нөхцөл), Жнь: сарны гэрэл

- Нүдэнд ойролцоогоор 120 сая rods байдаг
- Зөвхөн өнгөгүй, хар саарал өнгийг хардаг

Cones нь ердийн гэрлийн анхдагч хүлээн авагч (“photopic”)

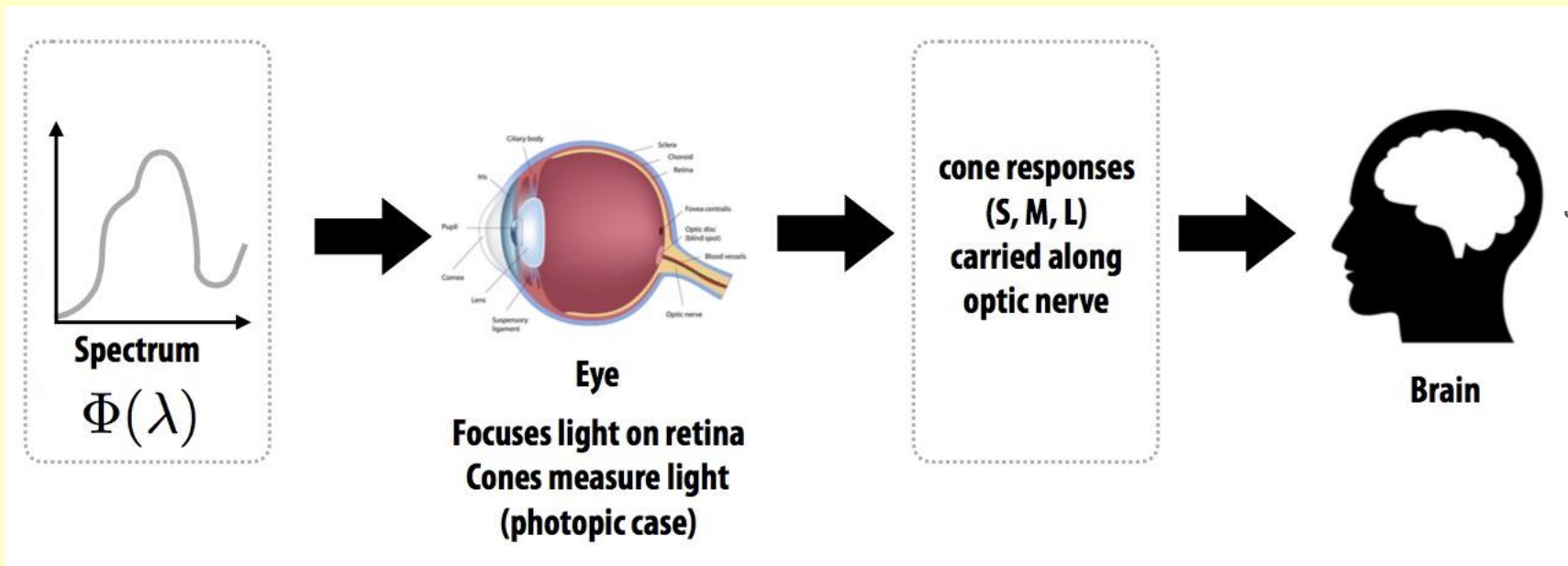
- Нүдэнд ~6-7 сая cones
- Мэдрэмжийн хувьд ялгаатай 3 төрлийн cones
- Өнгөний мэдрэмжийг бий болгоно.



<http://ebooks.bfwpub.com/life.php> Figure 45.18

# Хүний харааны систем

- Хүний нүд гэрлийн долгионыг хэмждэггүй ба уураг тархи гэрлийн долгионы уртын хэмжээг хүлээн авдаггүй.
- Нүд 3 хариу утгуудыг хэмждэг = (S, M, L).
  - S, M, cones хариу функцүүдийн эсрэг ирж буй спектрийг нэгтгэсэн үр дүн



# Өнгөний ангилал

---

Өнгийг ерөнхийд нь ахромат ба хромат гэж ангилдаг.

- Хромат бүлэгт спектрийн бүх өнгө орох бөгөөд улаан, шар, ногоон, цэнхэр, ягаан болон нэг өнгөөс нөгөө өнгөнд шилжихэд үүсэх бүх завсрын өнгүүд орно. Хромат өнгө нь тоо томшгүй олон бөгөөд хүний нүд ойролцоогоор 300 орчимыг нь л ялгадаг.

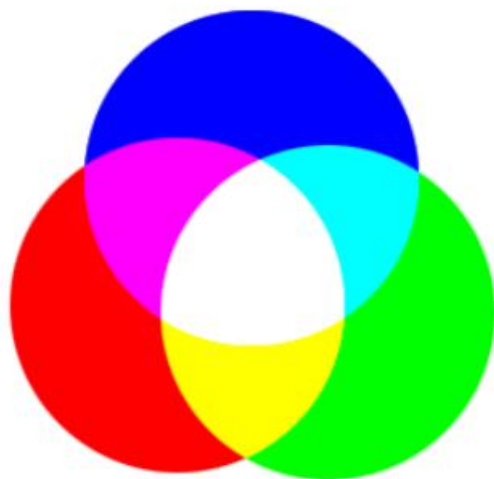
- Ахромат бүлэгт хар, цагаан, саарал гэх өнгүүд орох бөгөөд саарал өнгө нь хар, цагааныг хэдэн хувьтай хольхоос хамаарч олон янз бүр үүснэ.

# Өнгөний ангилал

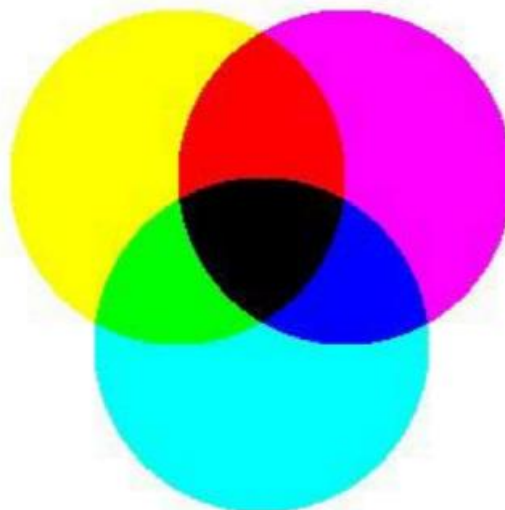
---

Хромат өнгийг мөн ямар технологит хэрэглэж  
байгаагаар нь RGB, CMYK гэж 2 ангилдаг

RGB(**r**ed, **g**reen, **b**lue)

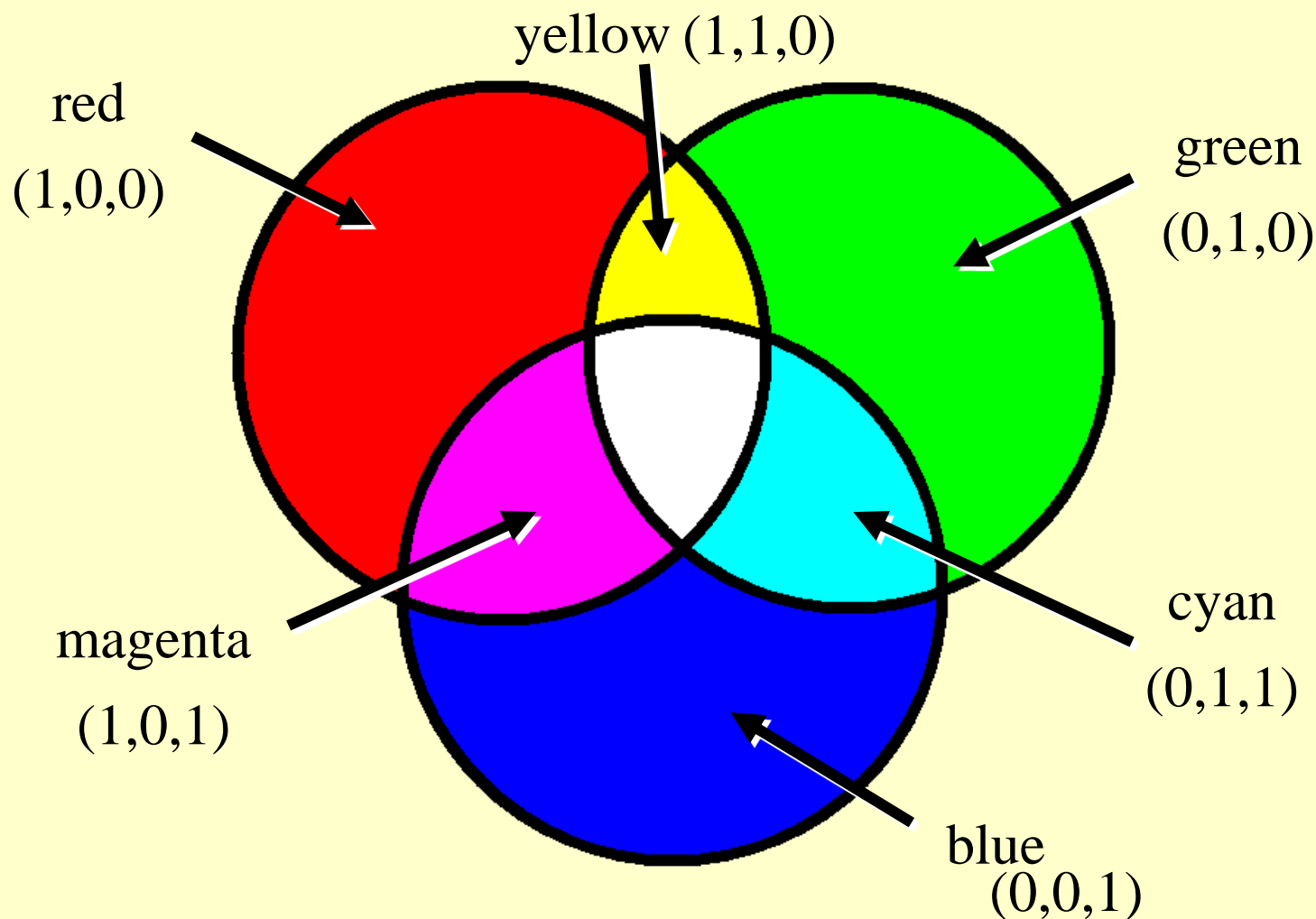


CMYK(**c**yan, **m**agenta, **y**ellow, black)



# RGB буюу аддитив өнгө

---

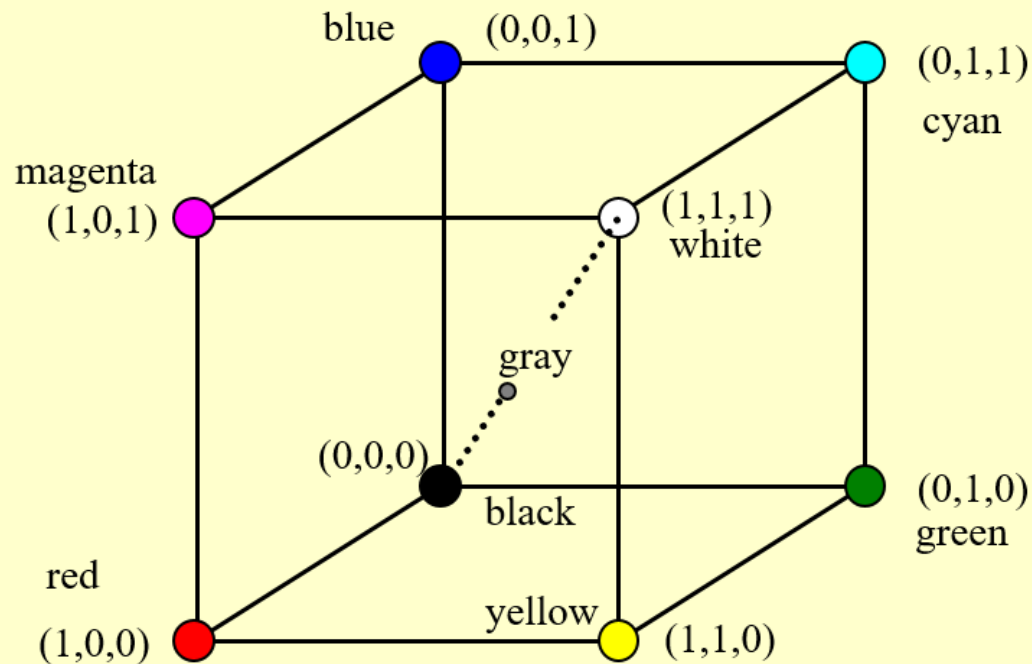


# RGB буюу аддитив өнгө

- Ертөнц дээр 16.7 сая өнгө байдаг бөгөөд эдгээр нь үндсэн задардаггүй 3 өнгөнөөс(RGB) үүсдэг. Мөн хүний нүдний торлог бүрхэвчийн 3 төрлийн лонхонцор (cones) нь улаан, ногоон, хөх өнгийг бусад өнгөнөөс илүү харж хүртэх чадвартай байдаг байна.
- Телевизор, видео камер, компьютерийн дэлгэц, сканер бүгд RGB өнгөний төлөвт тулгуурлан бүтээгдсэн бөгөөд өнгө тус бүрийн электрон хоолойг эхлээд босоо шугамын дагуу, дараа нь хөндлөн тусгаж давхцуулахад дэлгэцэнд бүх өнгийг гарган дүрслэх боломж бүрддэг байна.

# Color Cube: (r,g,b)

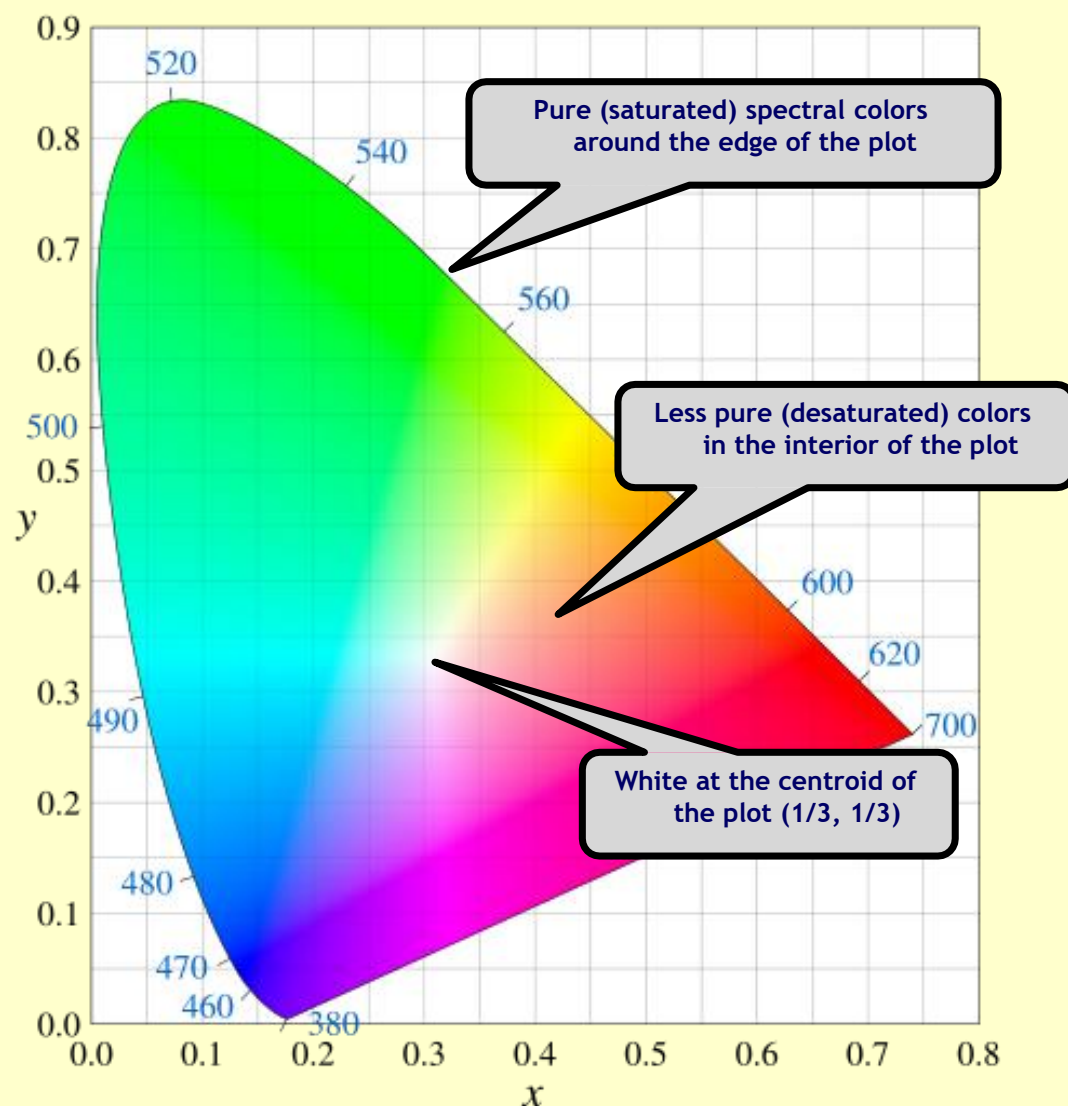
---



Өнгийн байрлалыг тодорхой болгохын тулд туршилт явуулж үүний үр дүнд улаан, ногоон, хөх өнгөнд харгалзах XYZ тэнхлэгт тулгуурлан өнгөшилтийн диаграмм буюу орон зайн 3 хэмжээст диаграммыг зохиосон.

# Гэрэлтүүлэг, өнгөт чанарыг ялгах

- Ингээд өнгийг огторгуйд дүрслэхэд цэг бүхэн RGB координаттай болно гэсэн үг.
- 3 хэмжээст огторгуйг хүнд ойлгомжтой болгохын тулд нэг л проекцийг нь таслан авч ганц хавтгайд дэлгэн үзүүллээ.





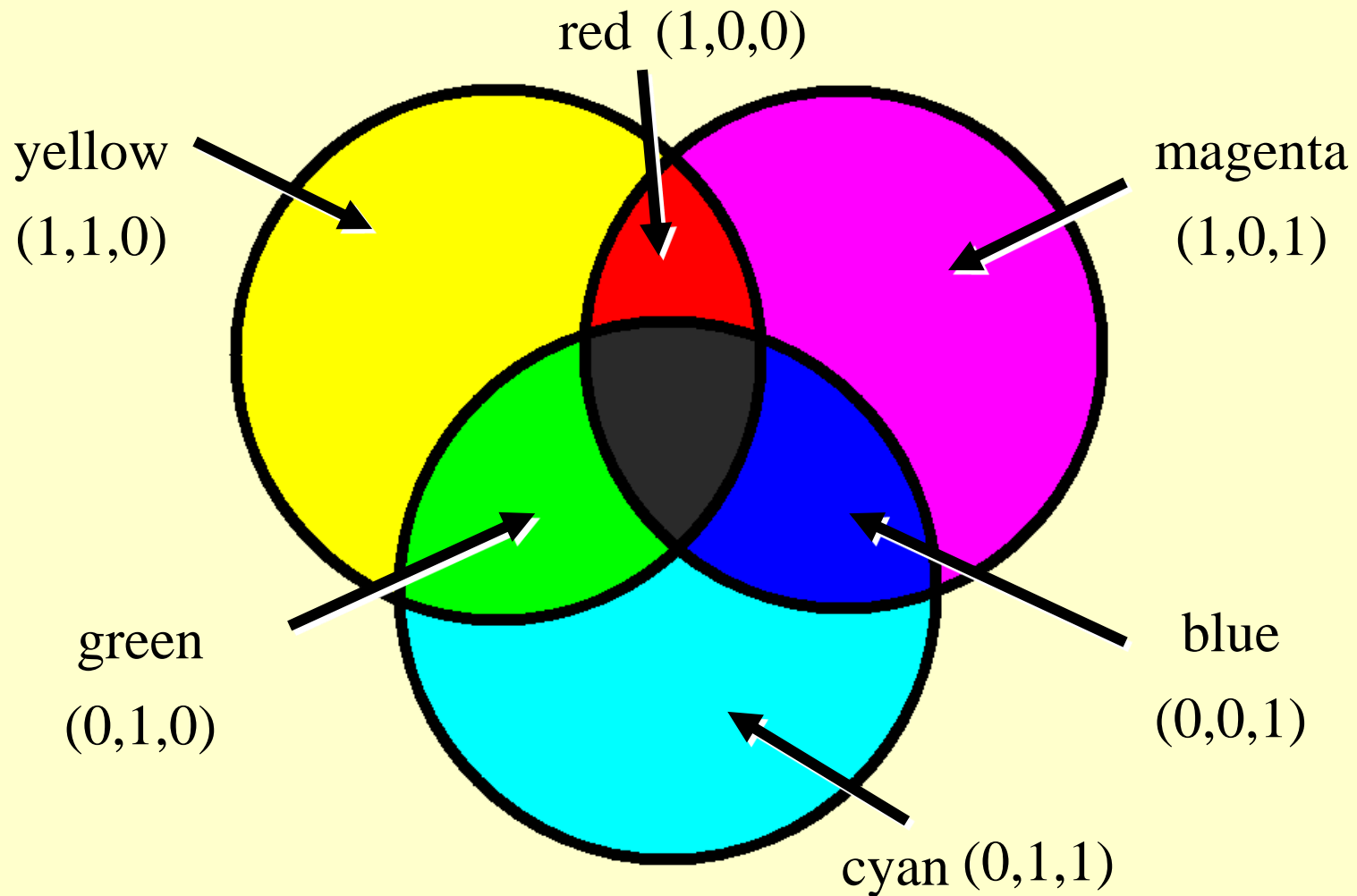
- 
- RGB зургийг хар цагаанаар хэвлэхийн тулд саарал зураг руу хөрвүүлэх тохиолдол маш их гардаг.
  - RGB өнгийг саарал өнгө (gray scale) рүү хөрвүүлэхэд ашиглах томъёо:  
$$\text{Gray scale intensity} = 0.299R + 0.587G + 0.114B$$
  - RGB өнгийг саарал өнгө (gray scale) рүү хөрвүүлэх өөр нэг түгээмэл хувилбар бол энгийн дундаж үзүүлэлт юм :  
$$\text{Gray scale intensity} = 0.333R + 0.333G + 0.333B$$

# СМҮК буюу субрактив өнгө

- RGB өнгөний задралаас ягаан, цэнхэр, шар(СМҮ) гэсэн 3 өнгө үүсдэг. Эдгээр 3 өнгийг холиход онолын хувьд хар өнгө үүснэ. Гэвч СМҮК нь хэвлэлийн технологид ашиглагддаг учир онолын хувьд үүссэн хар өнгө нь өөр туяатай байдаг учир тас харыг үүсгэхийн тулд түлхүүр өнгө маягаар тусгайлан хар(black буюу key) өнгө нэмнэ. Ингээд СМҮК өнгө бий болсон.
- Цэнхэр, ягаан, шар өнгө нь хасах праймер гэж нэрлэгддэг. Эдгээр праймерыг цагаан гэрлээс хасч хүссэн өнгө гаргадаг.

# Хасах үндсэн өнгө

---



# Өнгө хөрвүүлэлт

---

- RGB ба CMY өнгөнүүдийг хооронд нь хөрвүүлэхэд хялбар байдаг. RGB-ээс CMY рүү хөрвүүлэлт хийхийн тулд цагаан өнгөнөөс RGB өнгө хасна:

$$C = 1.0 - R$$

$$M = 1.0 - G$$

$$Y = 1.0 - B$$

$$\begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

- Эсэргээрээ CMY-ээс RGB рүү хөрвүүлэхэд:

$$R = 1.0 - C$$

$$G = 1.0 - M$$

$$B = 1.0 - Y$$

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix}$$

# Өнгө хөрвүүлэлт

---

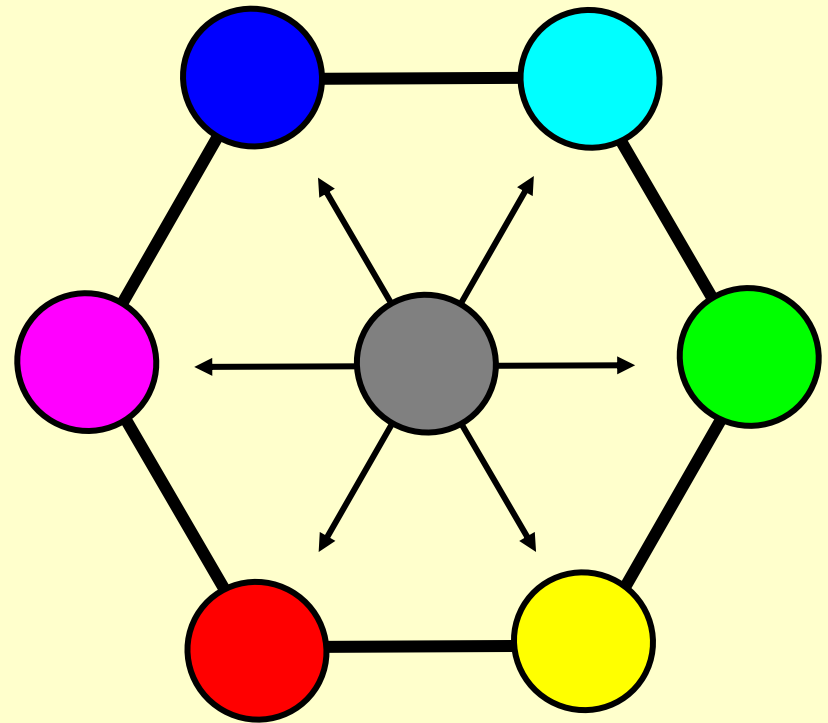
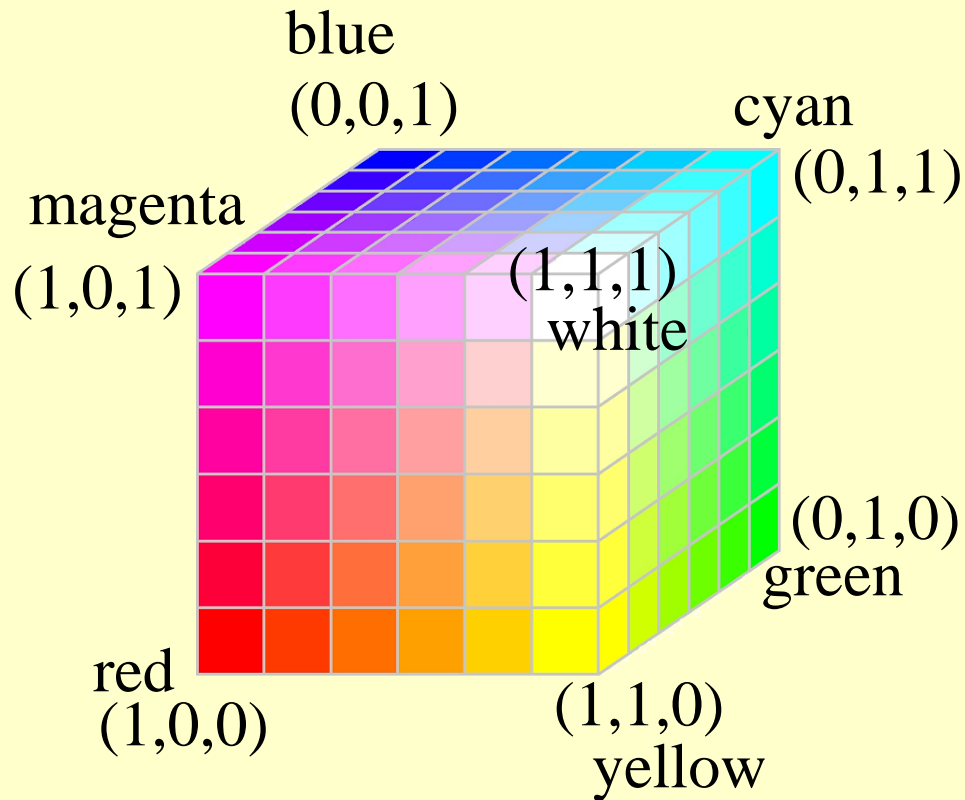
- Гурван өнгө — цэнхэр, ягаан, шар өнгийг нэмэх үйлдлийг өнгөний процесс гэж нэрлэнэ. Өөр нэг өнгөний загвар бол CMYK.
- Black (K) нь хэвлэх явцад нэмж оруулдаг өнгө. Учир нь бусад гурван өнгөний хослолоор үүсэх өнгө нь бүдэг байдаг бөгөөд илүү тод хар өнгийг үүсгэх зорилготой. Тод хар өнгө нь контраст сайжруулдаг. Бас хар өнгө нь өнгөтөөс илүү хямд гэдэгтэй холбоотой.

# Өнгө хөрвүүлэлт

---

- CMY өнгөнөөс CMYK өнгө рүү хөрвүүлэх:
- $K = \min(C, M, Y)$
- $C = C - K$
- $M = M - K$
- $Y = Y - K$
- CMYK-ээс CMY руу хөрвүүлэхийн тулд C, M, Y компонентууд дээр хар компонент нэмэхэд хангалттай.

# Complementary Colors Add to Gray

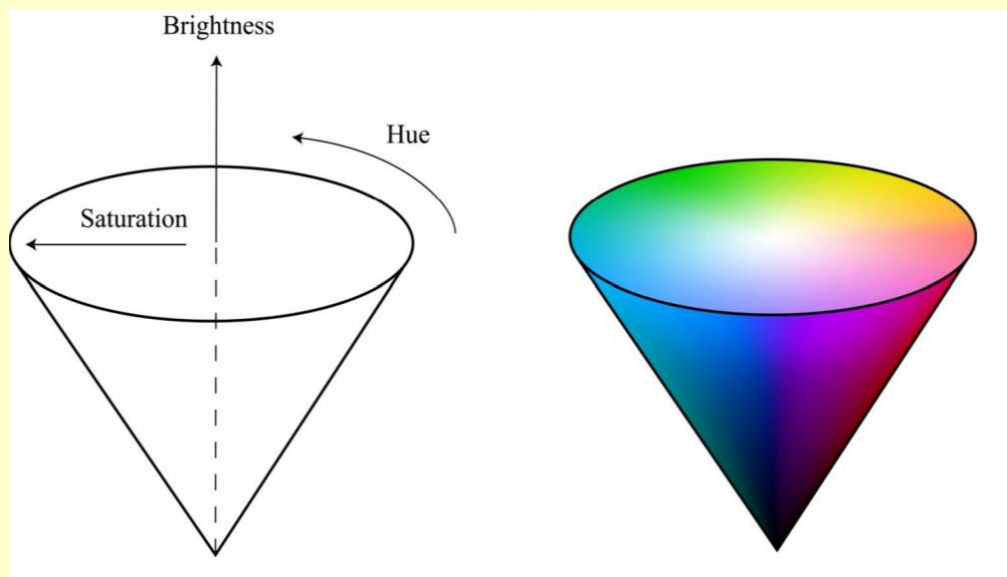


# HSB Өнгө

---

Өнгийг дээрх ухагдахуунуудаар бас тодорхойлж болно.

- hue-өнгө(өнцөг)
- saturation-ханалт
- brightness-тодролт





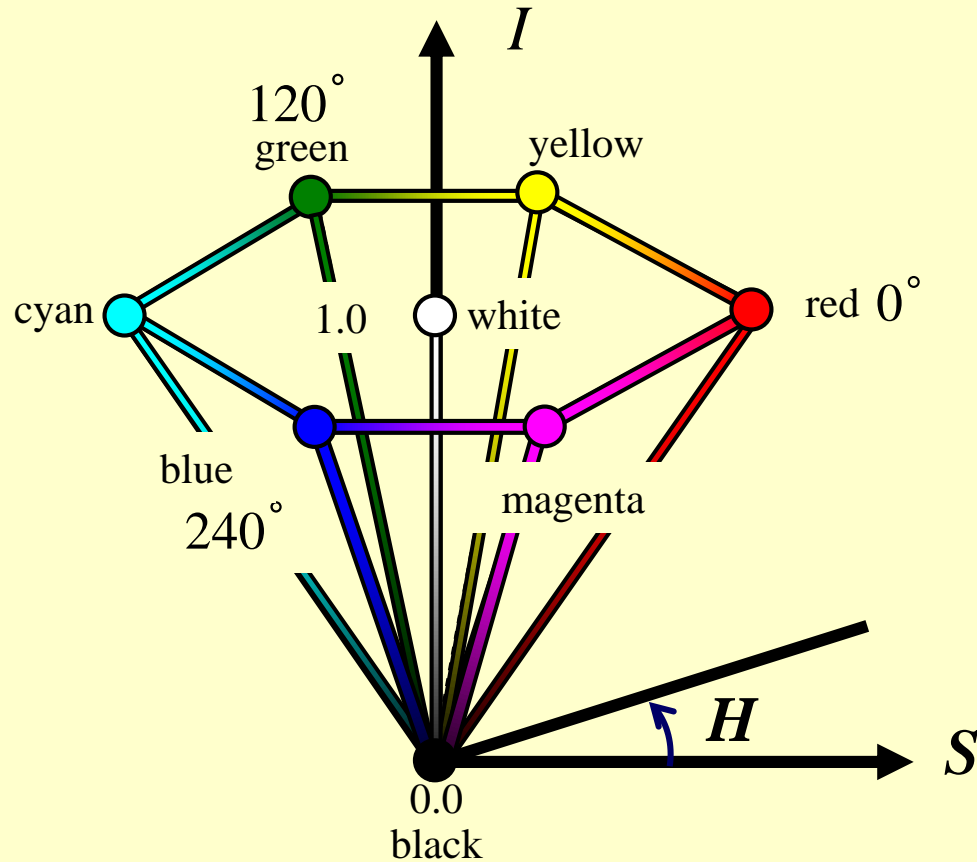
# HSI Өнгө

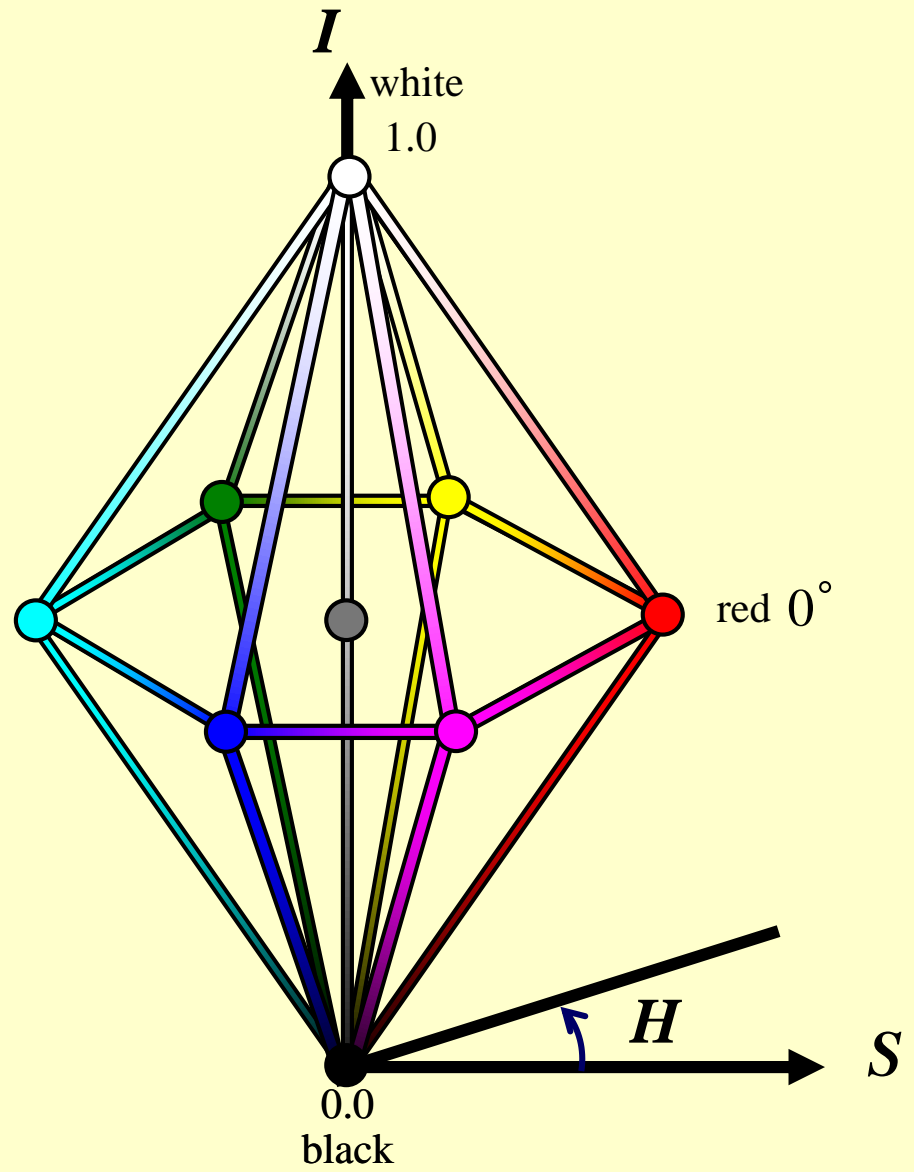
---

- hue, saturation болон intensity нь өнгийг тодорхойлох шинж чанар болсоноор тэдгээрийг хооронд нь хамааруулах өнгөний загвар шаардлагатай бөгөөд HSI юм.
- HSI өнгөт орон зайг ашиглах үед өнгийг үүсгэх хөх өнгө болон ногоон өнгөний хувийг мэдэх шаардлаггүй. Та хүссэн өнгөө авахын тулд ердөө л hue тохируулна. To change a deep red to pink, adjust the saturation. Гүн улаан өнгийг ягаан болгож өөрчлөхийн тулд saturation тохируулна. Харанхуй эсвэл цайвар болгохын тулд intensity өөрчилнө.
- Олон програмууд HSI өнгөт загварыг ашигладаг.

# *HSI Color Spaces (Cones)*

---





# *HSI*

---

- Дараах томъёо RGB-ээс HSI рүү хэрвүүлнэ:

$$I = \frac{1}{3}(R + G + B)$$

$$S = 1 - \frac{3}{R + G + B} [\min(R, G, B)]$$

$$H = \cos^{-1} \left[ \frac{\frac{1}{2} [(R - G) + (R - B)]}{\sqrt{(R - G)^2 + (R - B)(G - B)}} \right]$$

# HSI

---

- HSI-ээс RGB рүү хөрвүүлэлт, процесс нь H аль өнгөний секторт байгаагаас хамаарна. RG секторын хувьд ( $0^{\circ} < H < 120^{\circ}$ ):

$$b = \frac{1}{3}(1 - S)$$

$$r = \frac{1}{3} \left[ 1 + \frac{S \cos(H)}{\cos(60^{\circ} - H)} \right]$$

$$g = 1 - (r + b)$$

- BG секторын хувьд ( $120^{\circ} < H < 240^{\circ}$ ):

$$H = H - 120^{\circ}$$

$$g = \frac{1}{3} \left[ 1 + \frac{S \cos(H)}{\cos(60^{\circ} - H)} \right]$$

$$r = \frac{1}{3}(1 - S)$$

$$b = 1 - (r + g)$$

# *HSI*

---

- *BR сектор* ( $240^0 < H < 360^0$ ):

$$H = H - 240^0$$

$$g = \frac{I}{3} \left[ 1 + \frac{S \cos(H)}{\cos(60^0 - H)} \right]$$

$$r = \frac{I}{3} (1 - S)$$

$$b = I - (r + g)$$

- R, g, b утгууд нь R, G, B-ийн хэвийн утгууд юм.

# YCbCr

---

- YCbCr нь өнгөний мэдээллээс гэрэлтүүлэг тусгаарлах өнгөний орон зай юм. Гэрэлтүүлэг Y-д кодлогдох ба хөхрөлт ба улайлтыг C<sub>b</sub>C<sub>r</sub>-д кодлоно. RGB-ээс YCbCr рүү хөрвүүлэлт маш хялбар байдаг.

$$Y = 0.29900R + 0.58700G + 0.11400B$$

$$C_b = -0.16874R - 0.33126G + 0.50000B$$

$$C_r = 0.50000R - 0.41869G - 0.08131B$$

- The values  $r$ ,  $g$ , and  $b$  are normalized values of  $R$ ,  $G$ , and  $B$ .

# $YC_bC_r$

---

- and to convert back to  $RGB$

$$R = 1.00000Y + 1.40200C_r$$

$$G = 1.00000Y - 0.34414C_b - 0.71414C_r$$

$$B = 1.00000Y + 1.77200C_b$$

There are several ways to convert to/from  $YC_bC_r$ . This is the CCIR (International Radi Consultive Committee) recommendation 601-1 and is the typical method used in JPEG compression.