



# COMPUTER GRAPHICS

---

## ЗАСОБИ ПРОГРАМУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАФІКИ

# ЦВЕТ В КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКЕ

## Что есть цвет?

Цвет - это одно из свойств объектов материального мира, воспринимаемое как осознанное зрительное ощущение.

Тот или иной цвет «присваивается»  
человеком объектам в процессе их  
зрительного восприятия.

# ЦВЕТ В КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКЕ

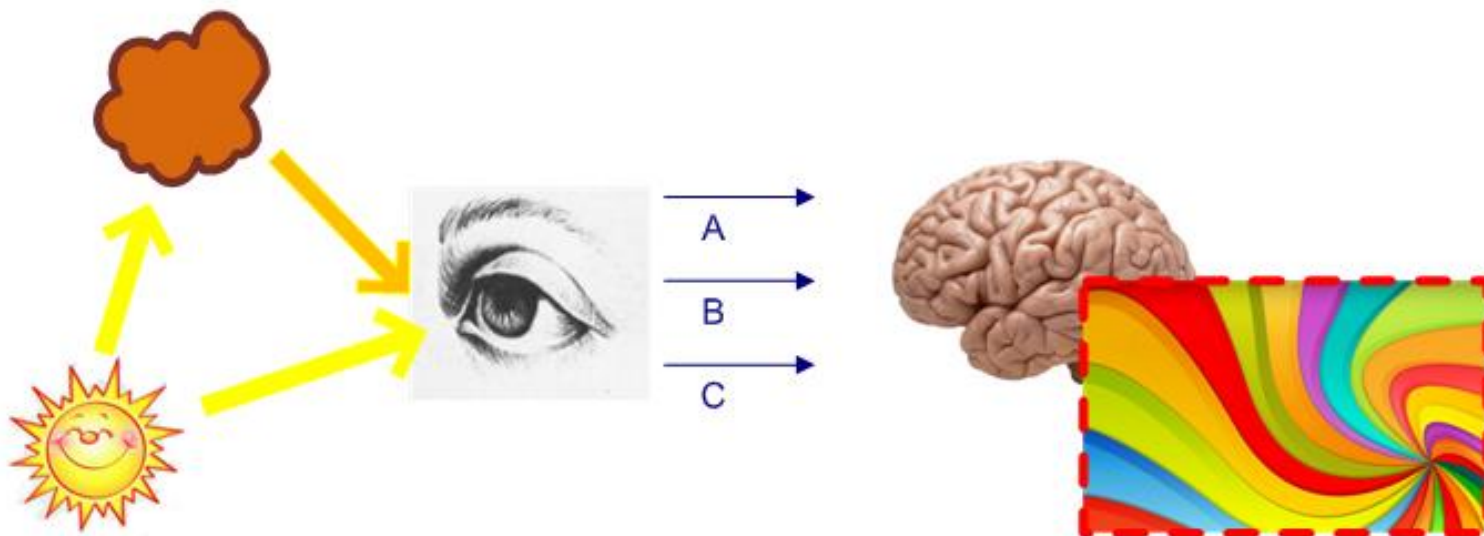
## Что есть цвет?

Эрвин Шредингер

"Цвет есть свойство спектрального состава излучений, общее всем излучениям, визуально не различимым для человека."

# ЦВЕТ В КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКЕ

ФИЗИКА  $\Rightarrow$  БИОЛОГИЯ  $\Rightarrow$  ПСИХОЛОГИЯ



# ЦВЕТ В КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКЕ

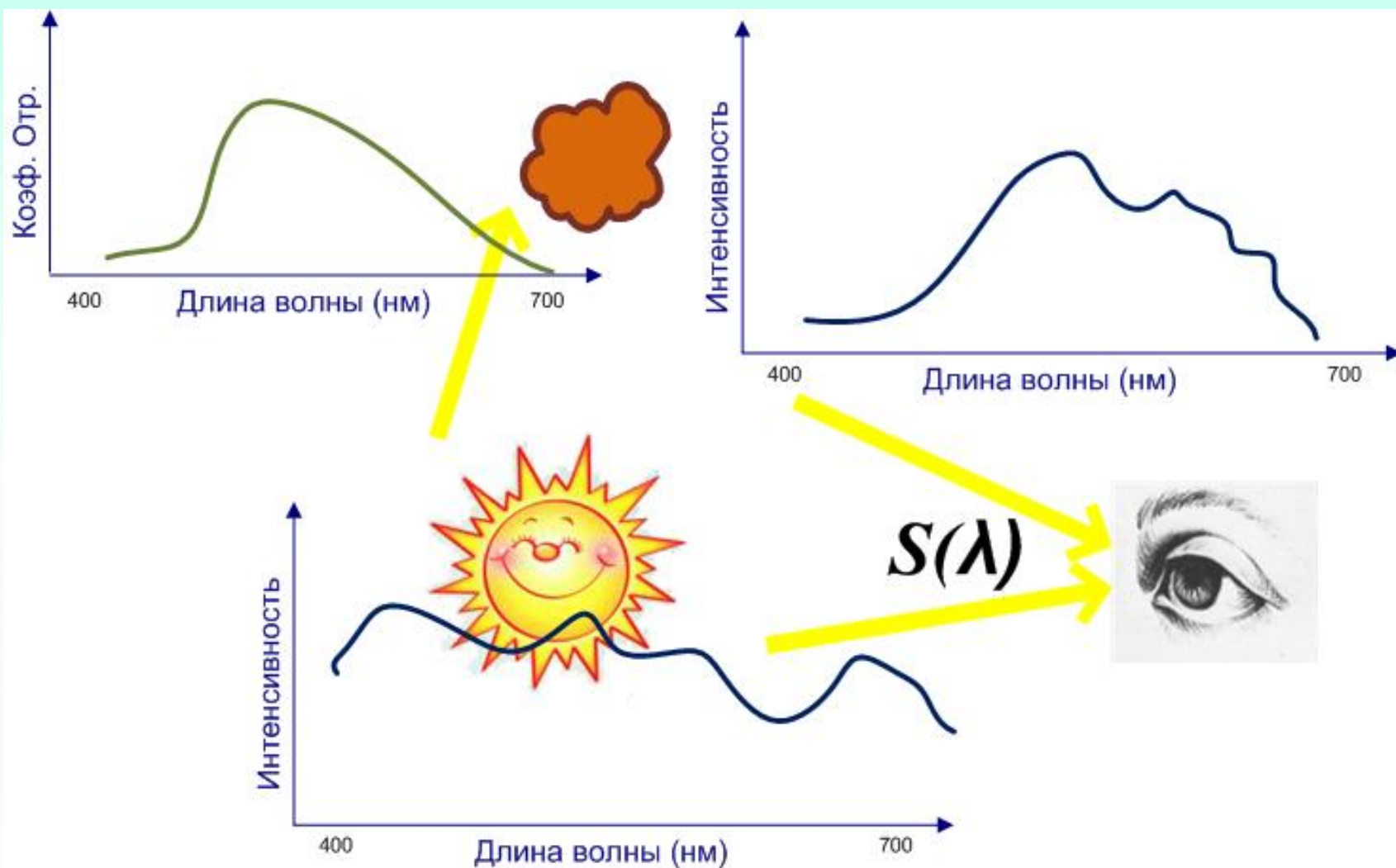
Цвет несамосветящихся объектов:

- «эффект цветовой константности человеческого восприятия светового излучения»,
- «эффект принадлежности цвета»,
- «явление константности цвета».

МЕТАМЕРНОСТЬ / ИЗОМЕРНОСТЬ

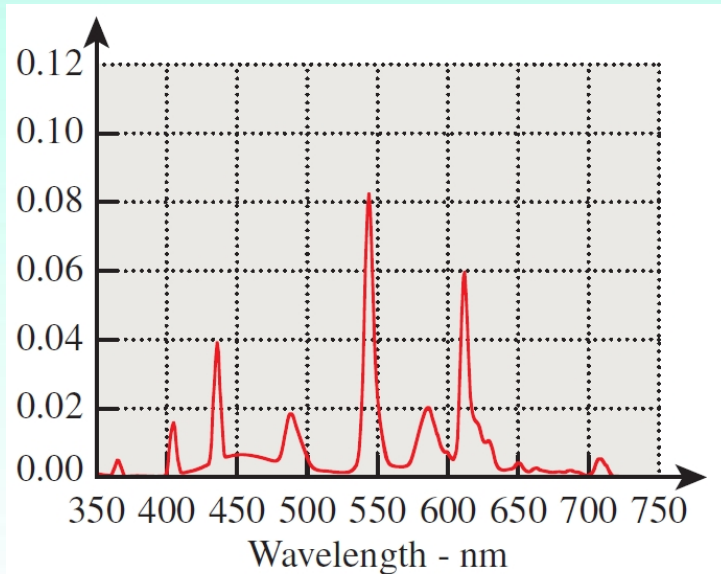
# ЦВЕТ В КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКЕ

## ФИЗИКА



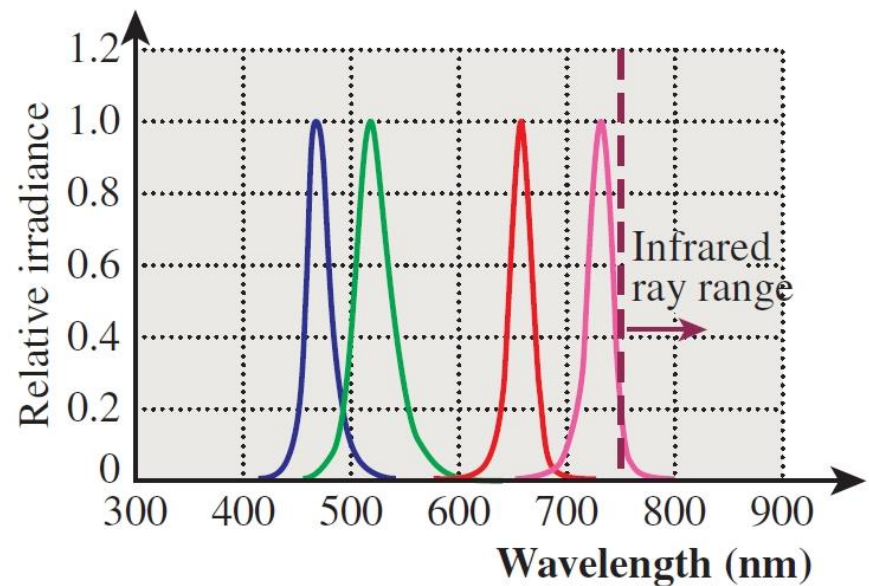
# ЦВЕТ В КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКЕ

## ФИЗИКА



Спектр  
люминисцентной  
лампы

## Спектр светодиодов

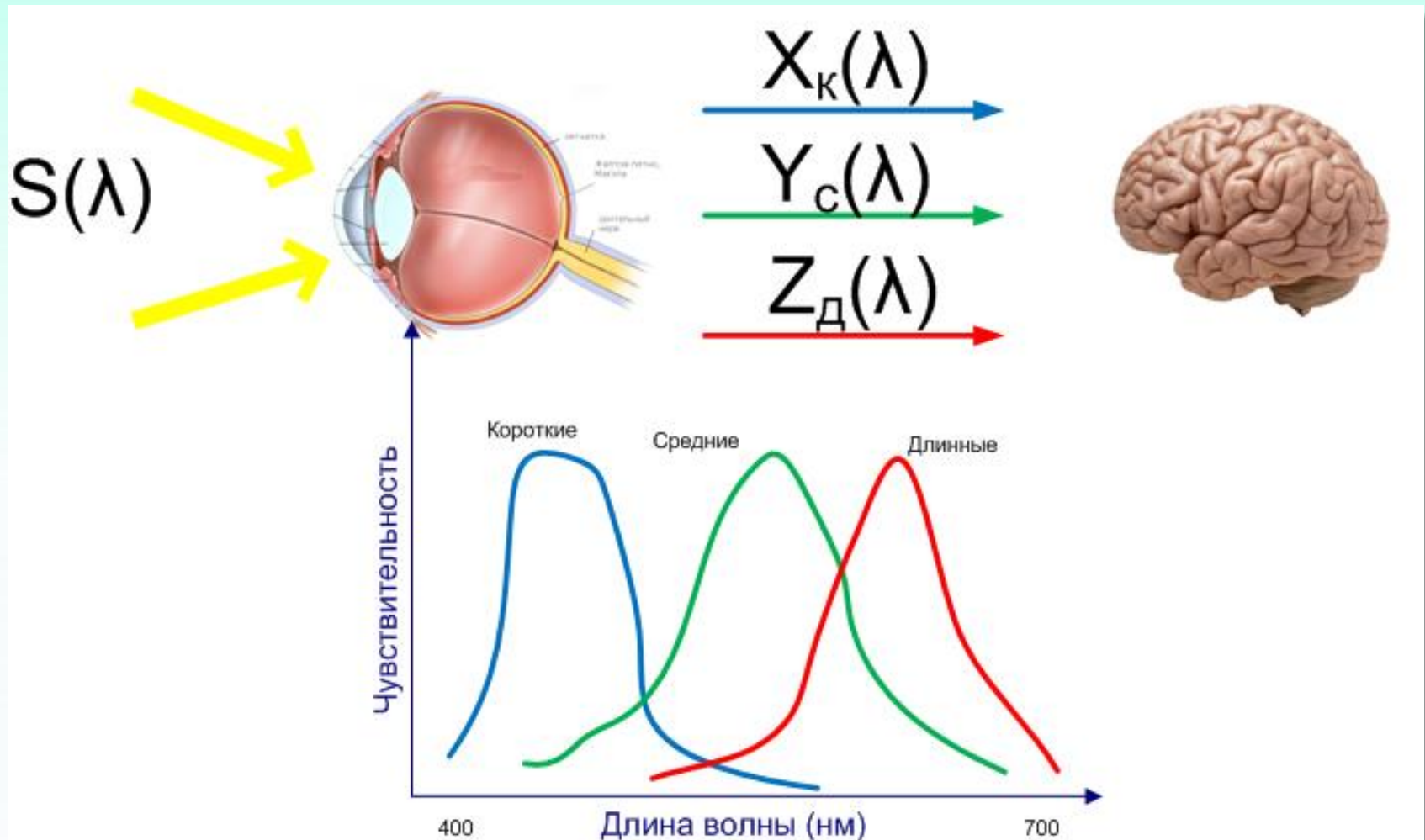


Spectral distributions of LEDs

- |                |                 |
|----------------|-----------------|
| Blue (470 nm)  | Red (660 nm)    |
| Green (525 nm) | FarRed (735 nm) |

# ЦВЕТ В КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКЕ

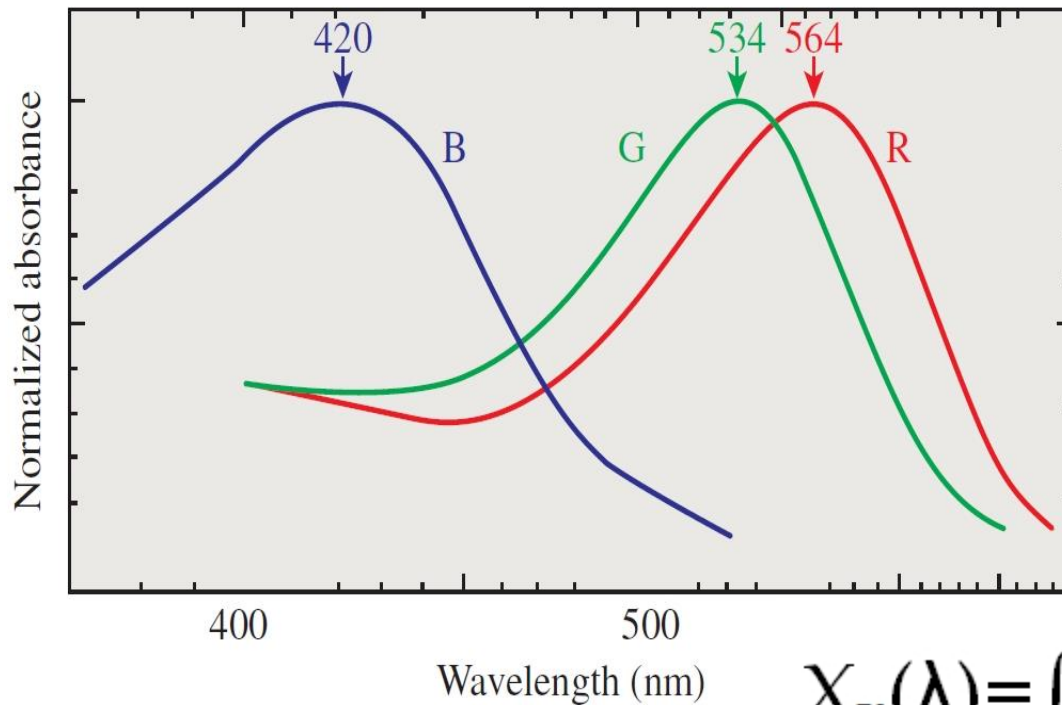
## БИОЛОГИЯ





# ЦВЕТ В КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКЕ

## БИОЛОГИЯ



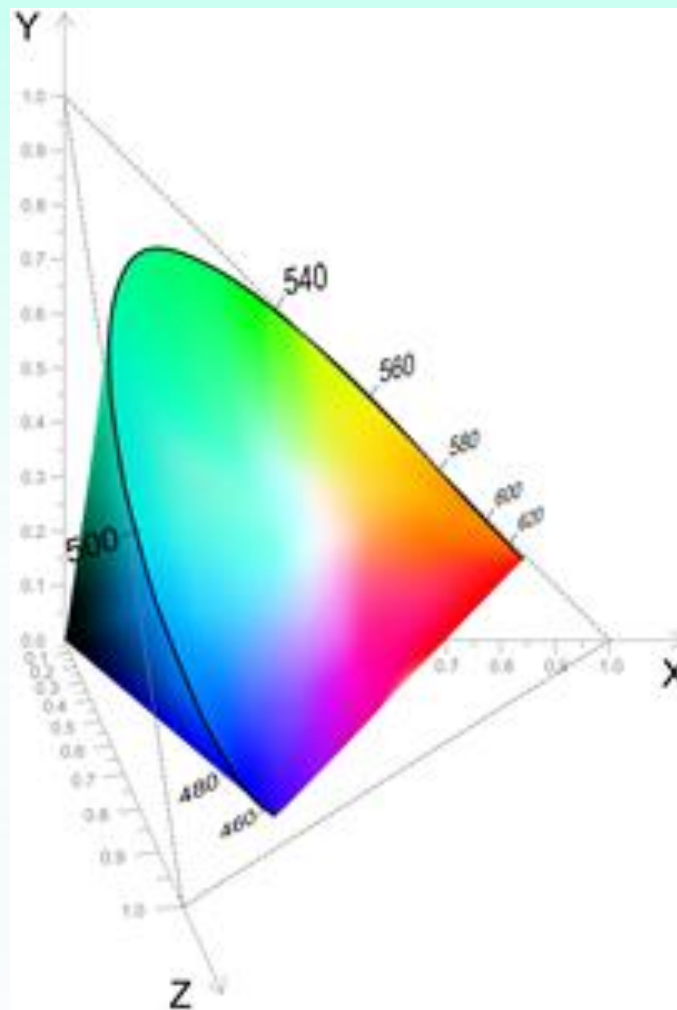
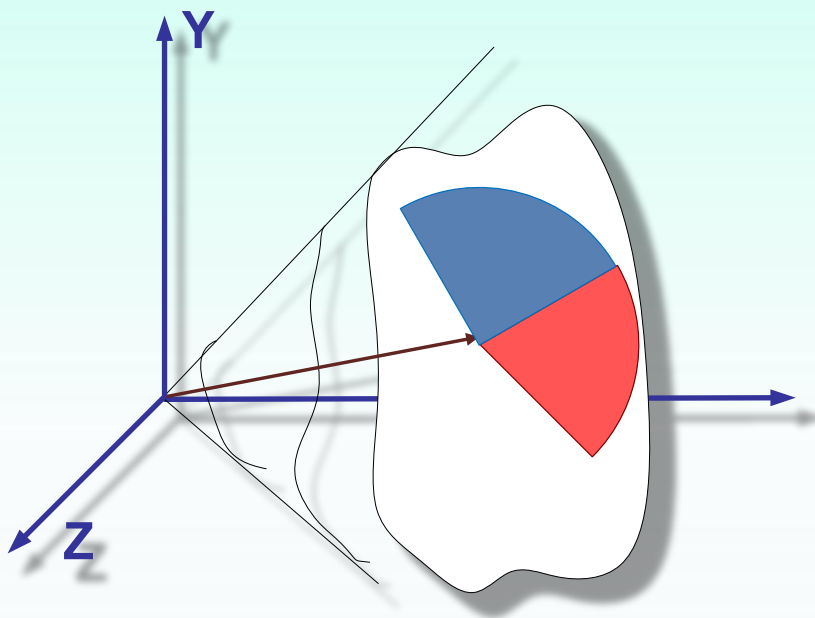
$$X_K(\lambda) = \int_{400}^{700} S(\lambda) * A_K(\lambda) d\lambda$$

$$\underline{Y_c}(\lambda) = \int_{400}^{700} S(\lambda) * A_c(\lambda) d\lambda$$

$$\underline{Z_{\text{д}}}(\lambda) = \int_{400}^{700} S(\lambda) * A_{\text{д}}(\lambda) d\lambda$$

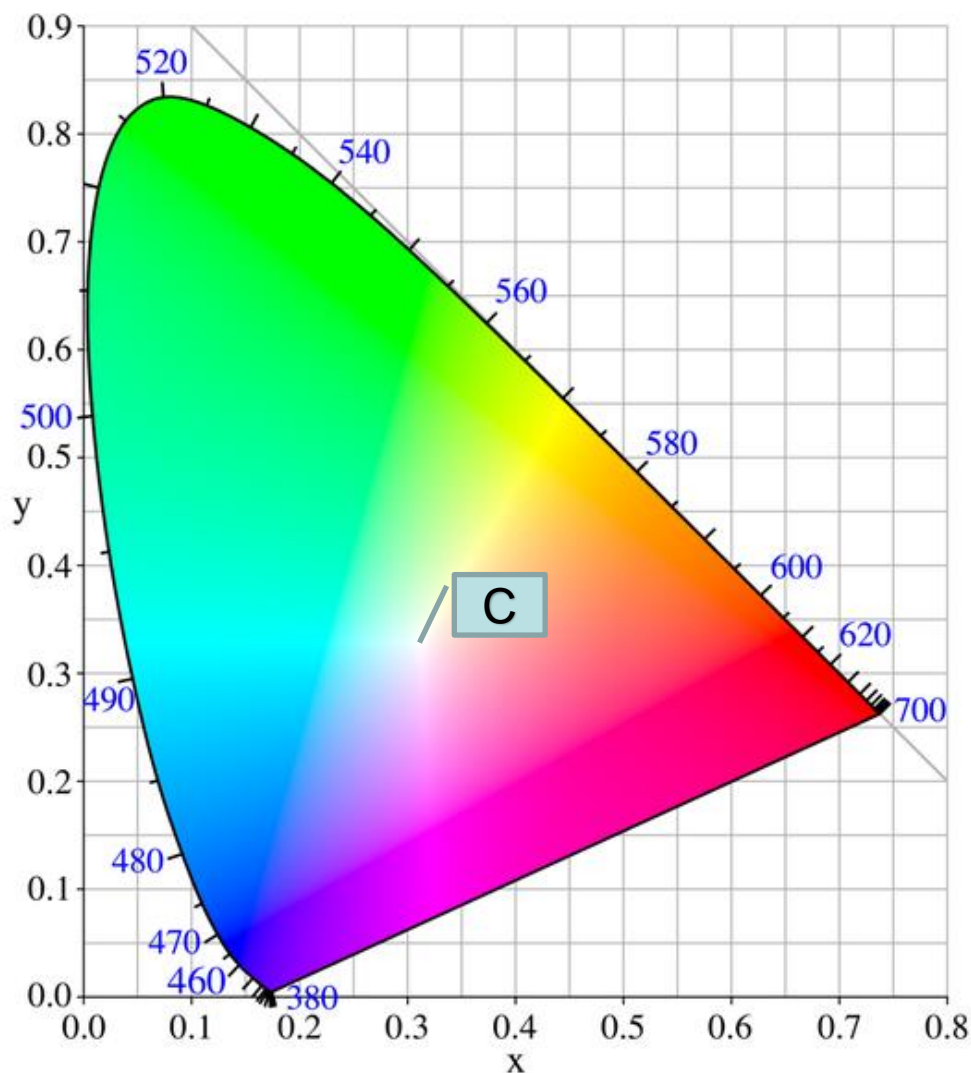
# ЦВЕТ В КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКЕ

## ЦВЕТ => суть ВЕКТОР В 3D



# ЦВЕТ В КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКЕ

## ЦВЕТОВОЙ ГРАФИК СIE 1931



$$x = \frac{X}{X + Y + Z}$$

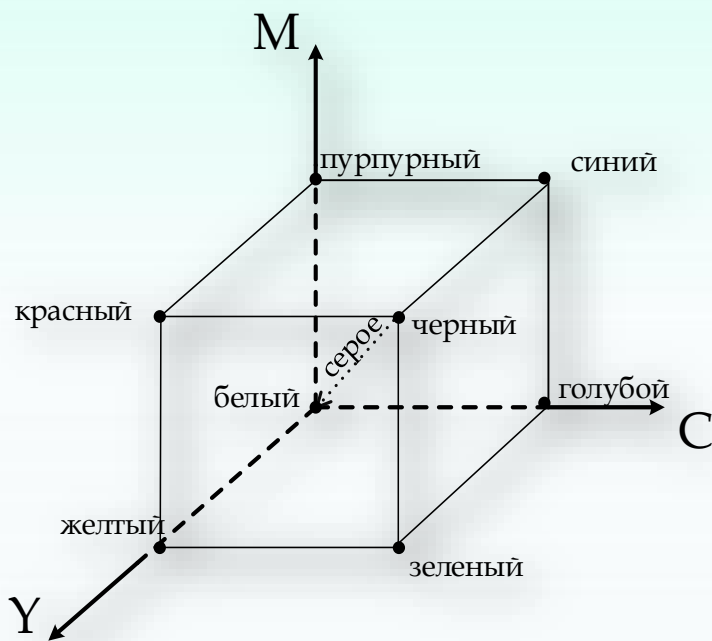
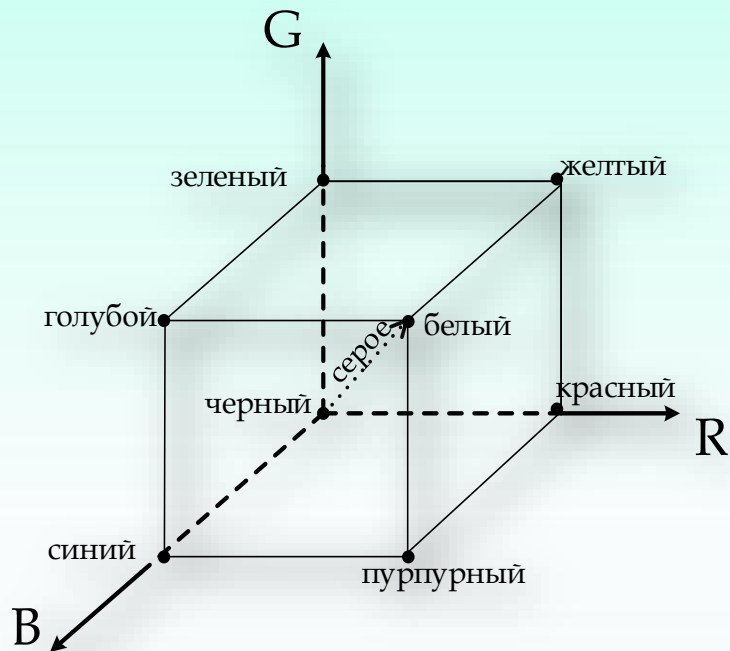
$$y = \frac{Y}{X + Y + Z}$$

$$z = \frac{Z}{X + Y + Z}$$

$$x + y + z = 1, \quad z = 1 - x - y$$

# ЦВЕТ В КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКЕ

## Аддитивная модель RGB



## Субтрактивная модель CMY(K)

# ЦВЕТ В КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКЕ

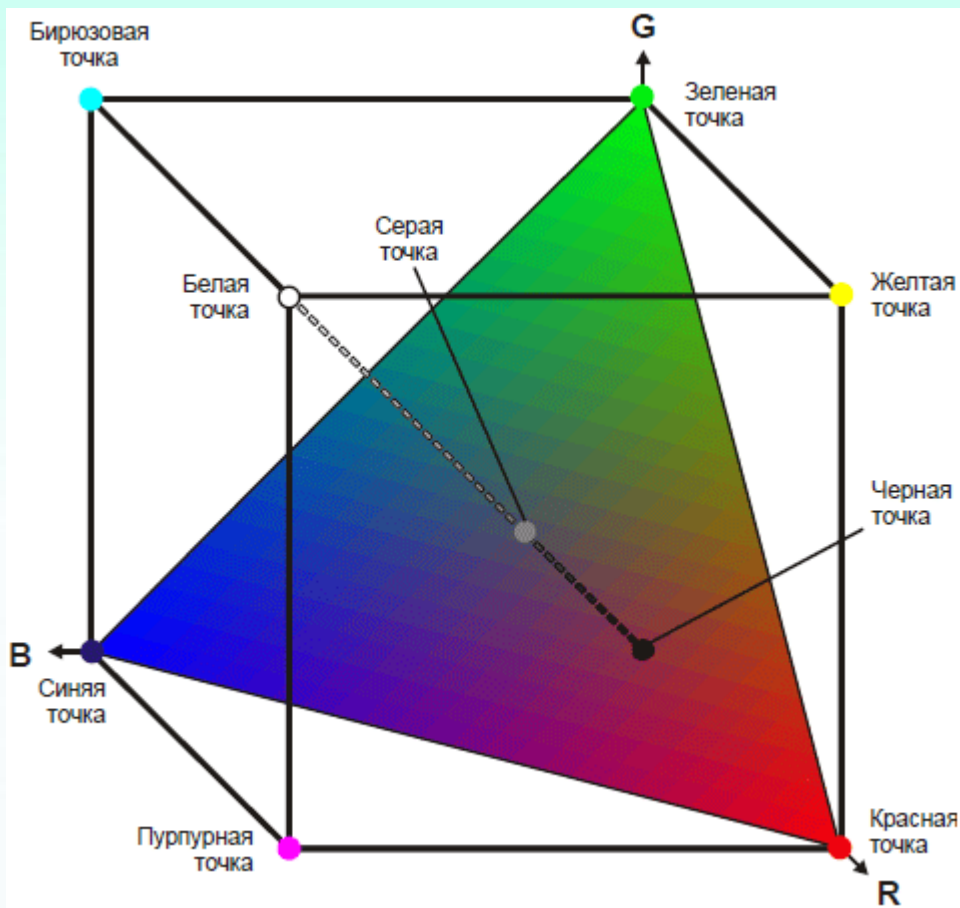
## МОДЕЛИ: RGB | CMY(B)

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

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \frac{1}{0.177} \begin{bmatrix} 0.49 & 0.31 & 0.20 \\ 0.177 & 0.812 & 0.011 \\ 0.0 & 0.01 & 0.99 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

# ЦВЕТ В КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКЕ

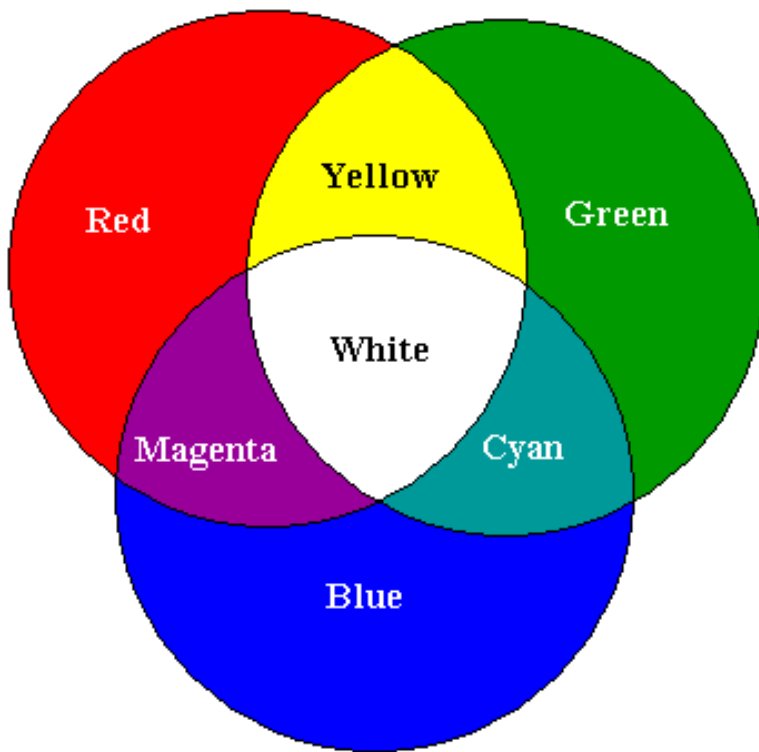
## МОДЕЛИ: RGB | CMY(V)



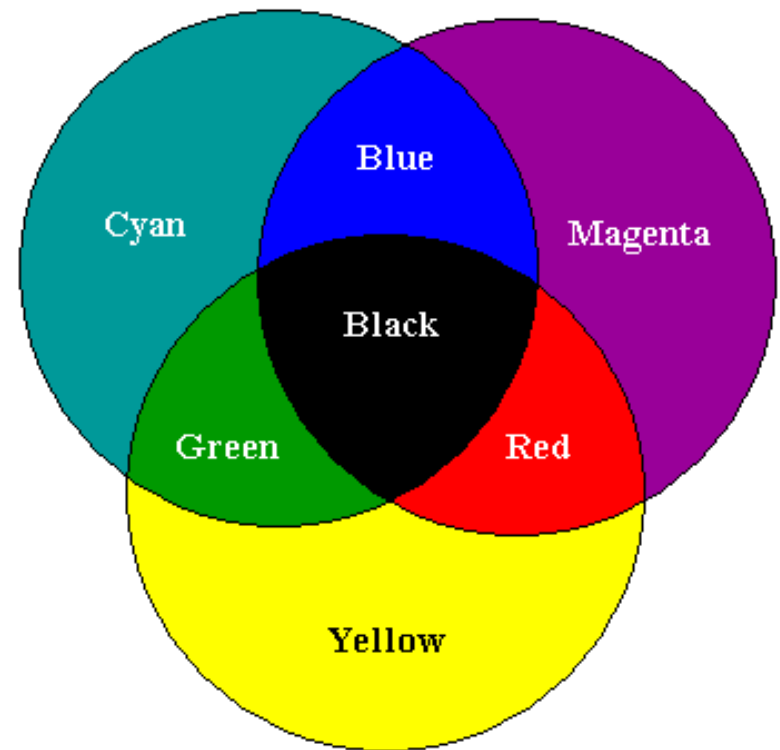
# ЦВЕТ В КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКЕ

## МОДЕЛИ: RGB | CMY(B)

RGB

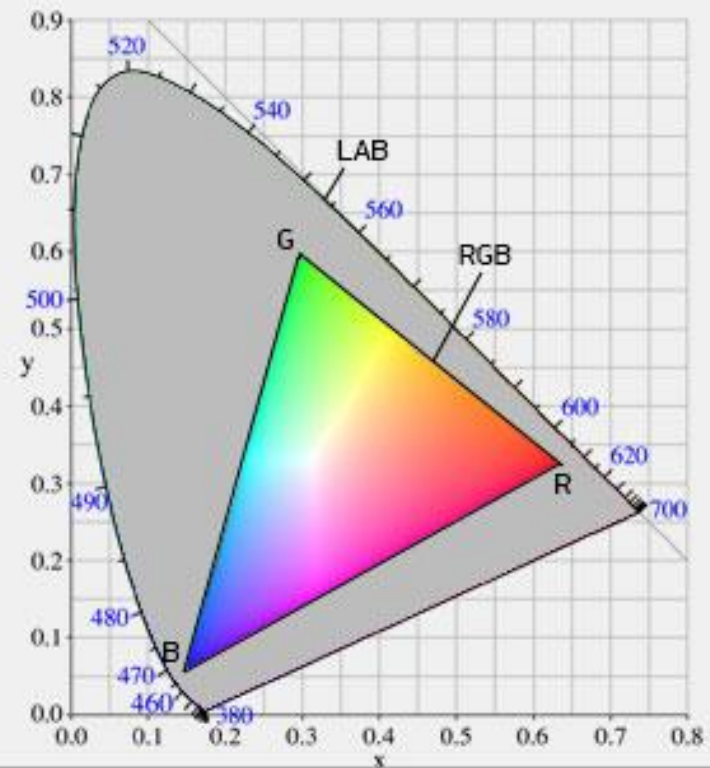
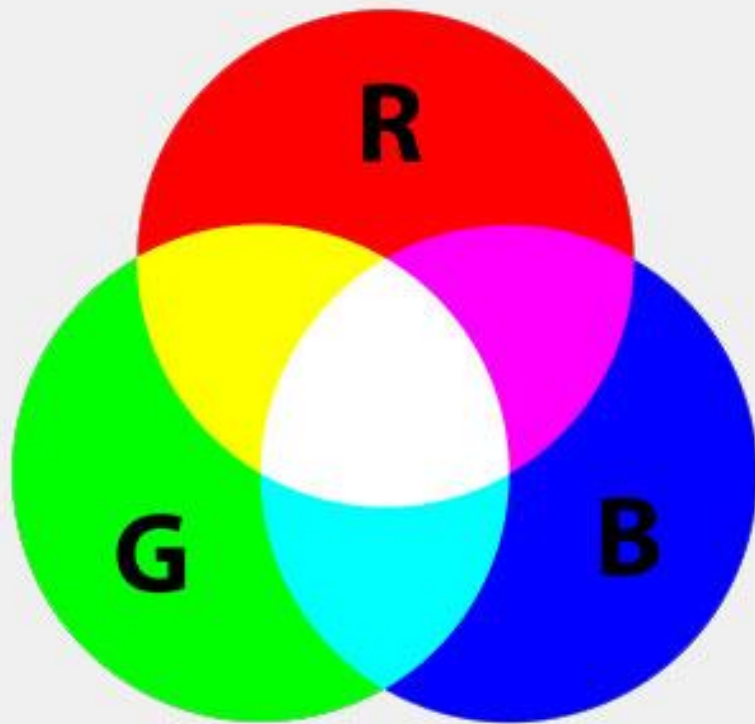


CMY



# ЦВЕТ В КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКЕ

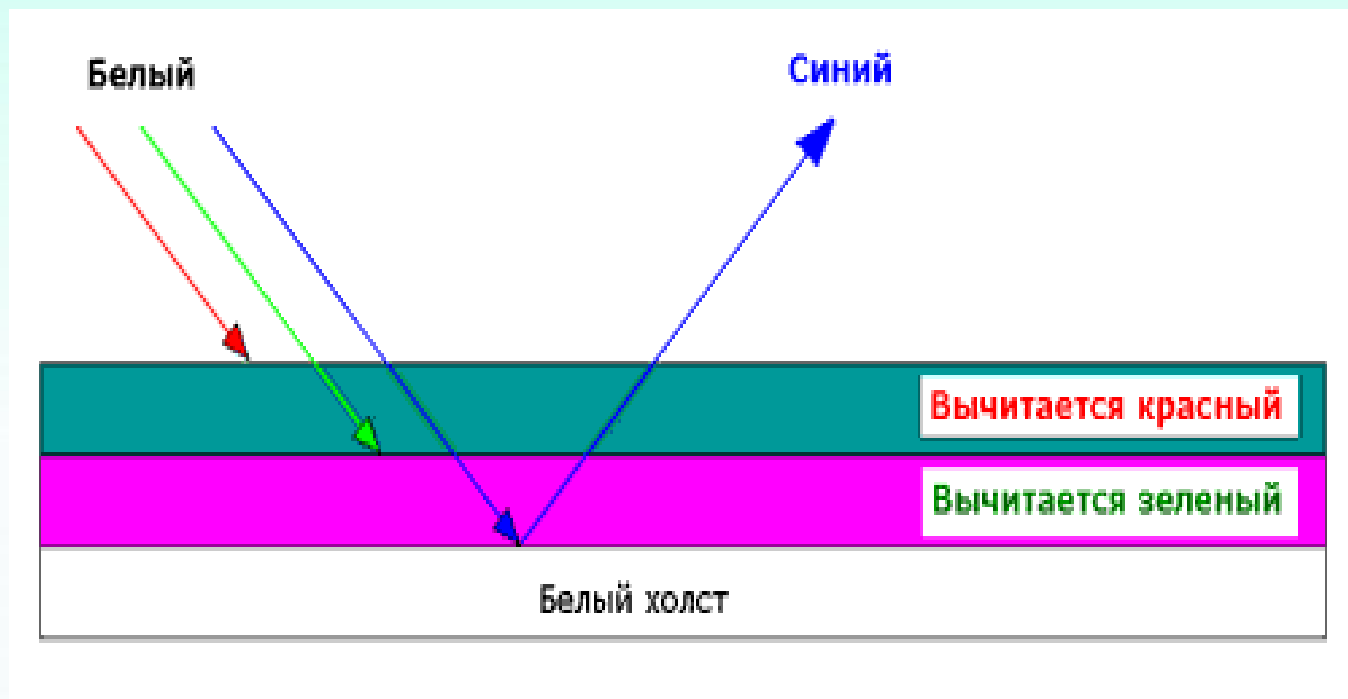
## МОДЕЛИ: RGB | CMY(B)





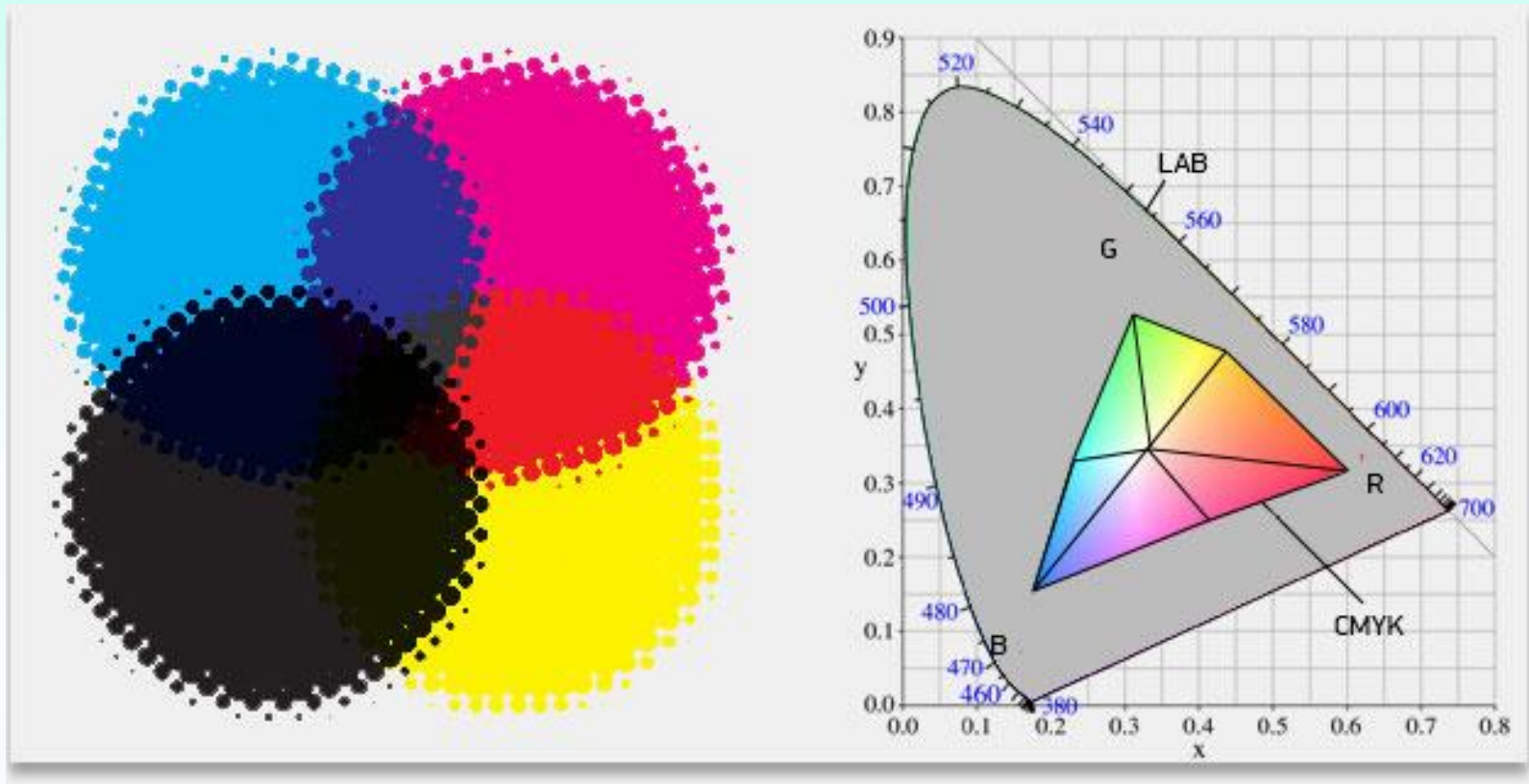
# ЦВЕТ В КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКЕ

## МОДЕЛИ RGB CMY(B)



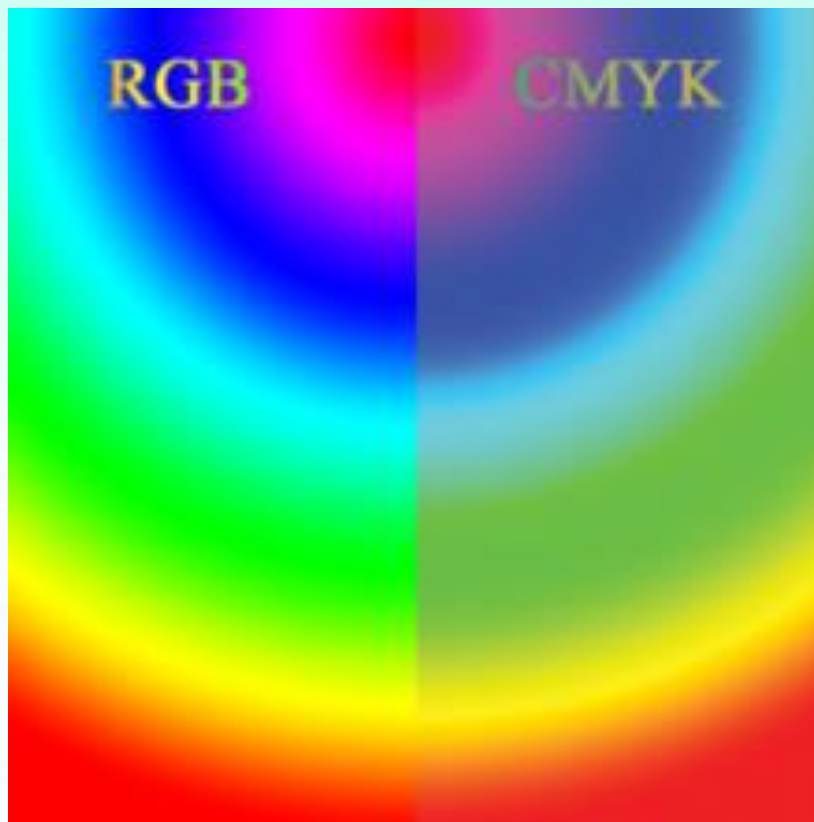
# ЦВЕТ В КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКЕ

## МОДЕЛИ: RGB | CMY(B)



# ЦВЕТ В КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКЕ

## МОДЕЛИ: RGB | CMYK(B)



# ЦВЕТ В КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКЕ

## МОДЕЛИ RGB CMY(B)

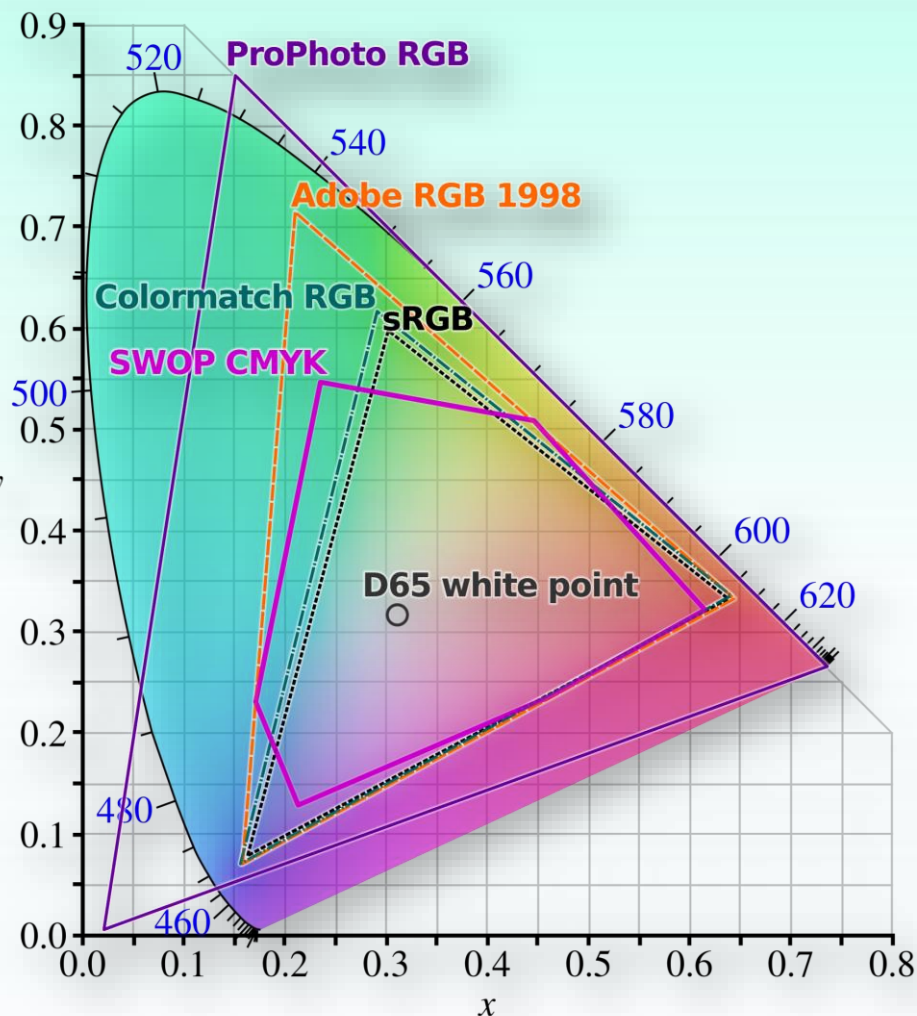
sRGB (36%)

Adobe RGB (36%)

DCI-P3 (45,5%)

ProPhoto RGB (90,0%)

ColorMatch RGB(?)



# ЦВЕТ В КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКЕ

## Техника

Дисплеи R G B

Печать CMY(K)

## Изобразительное искусство

Цветовой тон - Hue

Насыщенность - Saturation

Светлота - Lightness

## Фотография

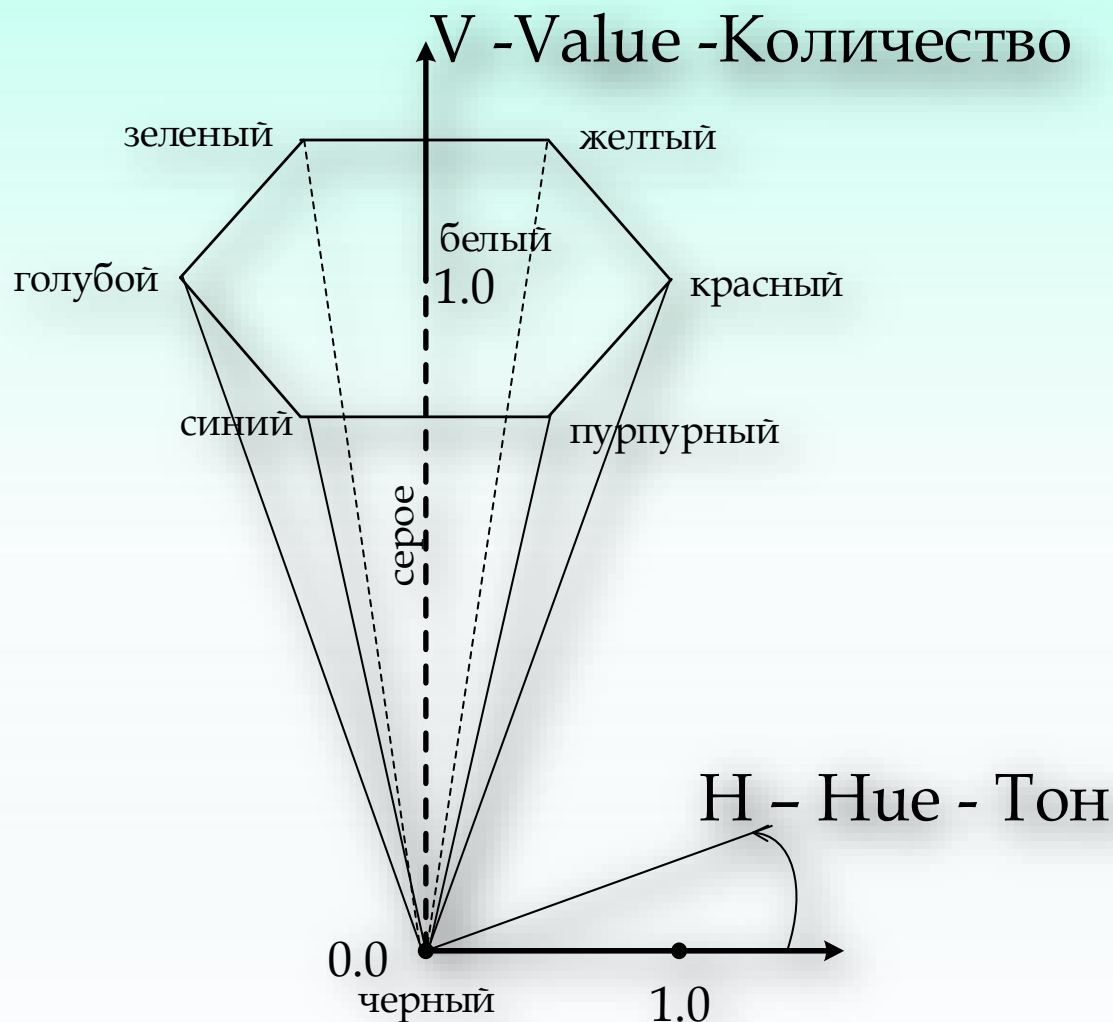
Цвет - Hue

Насыщенность - Saturation

Яркость - Brightness, Value

# ЦВЕТ В КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКЕ

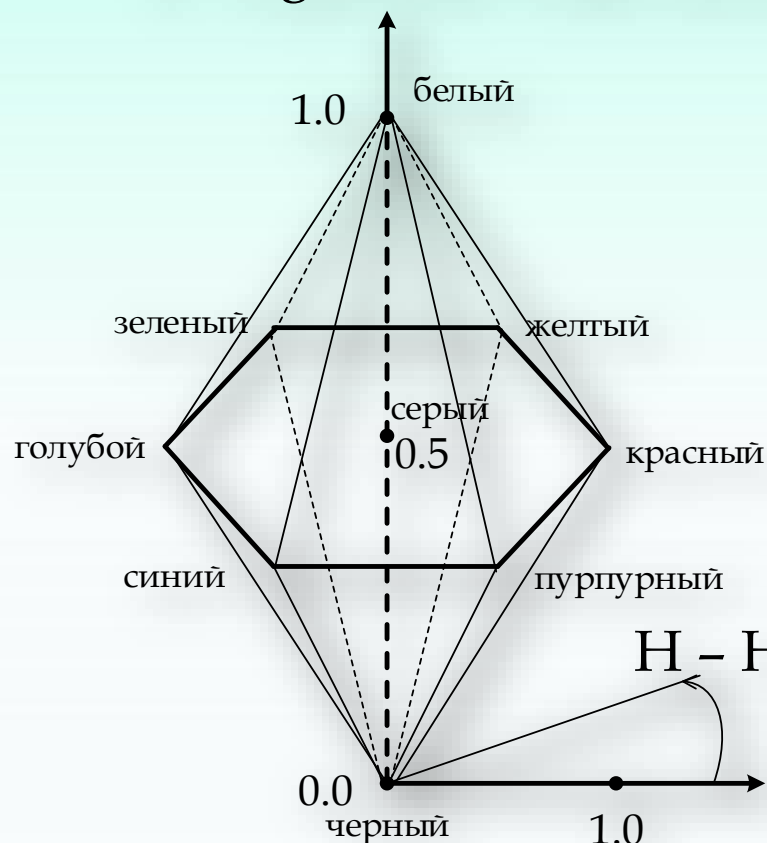
## ЦВЕТОВАЯ МОДЕЛЬ **HSV**



# ЦВЕТ В КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКЕ

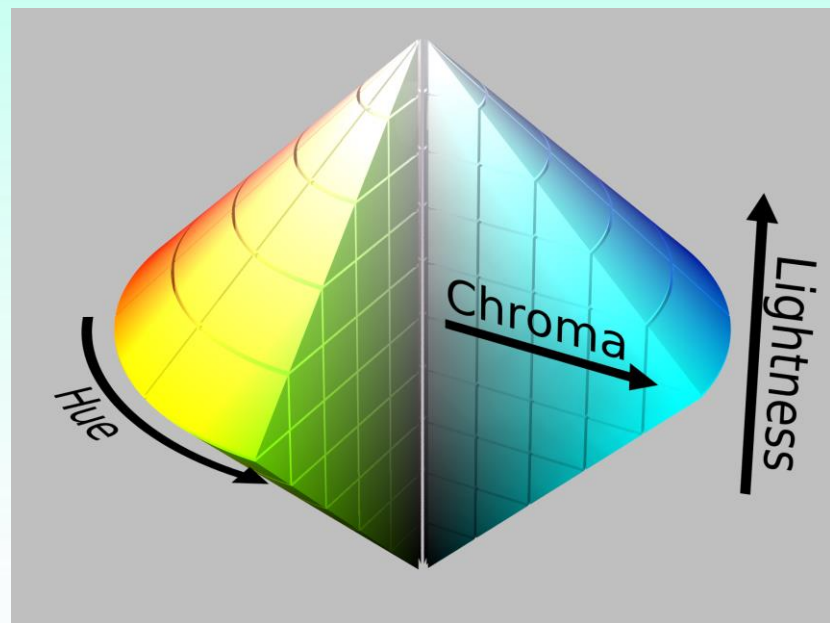
## ЦВЕТОВАЯ МОДЕЛЬ **HLS**

L - Lightness - Светлота



H - Hue - Тон

S - Saturatin -  
Насыщенность



# ЦВЕТ В КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКЕ

## ЦВЕТОВАЯ МОДЕЛЬ **CIE Luv**

L – яркость цвета (от 0 до 100)

u - переход от **зеленого** к **красному**  
(от -200 до +200)

v – переход от синего к **фиолетовому**  
(от -200 до +200)



# ЦВЕТ В КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКЕ

## ЦВЕТОВАЯ МОДЕЛЬ **CIE Luv**

$$\begin{bmatrix} r \\ g \\ b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R/255 \\ G/255 \\ B/255 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} .41 & .36 & .18 \\ .21 & .72 & .07 \\ .02 & .12 & .95 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} r \\ g \\ b \end{bmatrix}$$

$$L = \begin{cases} 116 * \sqrt[3]{\frac{Y}{Y_n}} - 16, & \frac{Y}{Y_n} > 0.008856 \\ 903.3 * \frac{Y}{Y_n}, & \frac{Y}{Y_n} \leq 0.008856 \end{cases}$$

# ЦВЕТ В КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКЕ

## ЦВЕТОВАЯ МОДЕЛЬ **CIE Luv**

$$u^* = \frac{4X}{X + 15Y + 3Z}, \quad u = 13L * (u^* - u_n)$$

$$v^* = \frac{9Y}{X + 15Y + 3Z}, \quad v = 13L * (v^* - v_n)$$

$L_n$  ,  $u_n$  ,  $v_n$  – параметры референсного  
«белого».

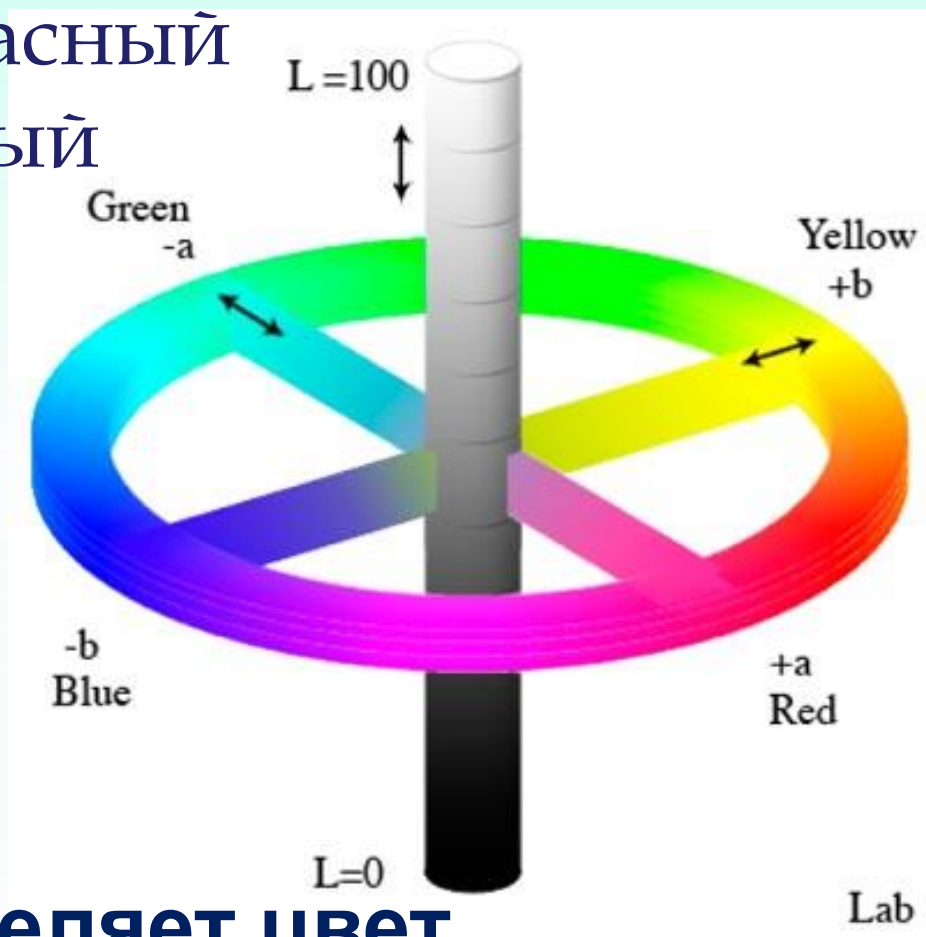
# ЦВЕТ В КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКЕ

## ЦВЕТОВАЯ МОДЕЛЬ **CIE L\*a\*b\*** 1986)

L – яркость цвета (аналогично CIE Luv)

a – зеленый -> красный

b – синий -> желтый

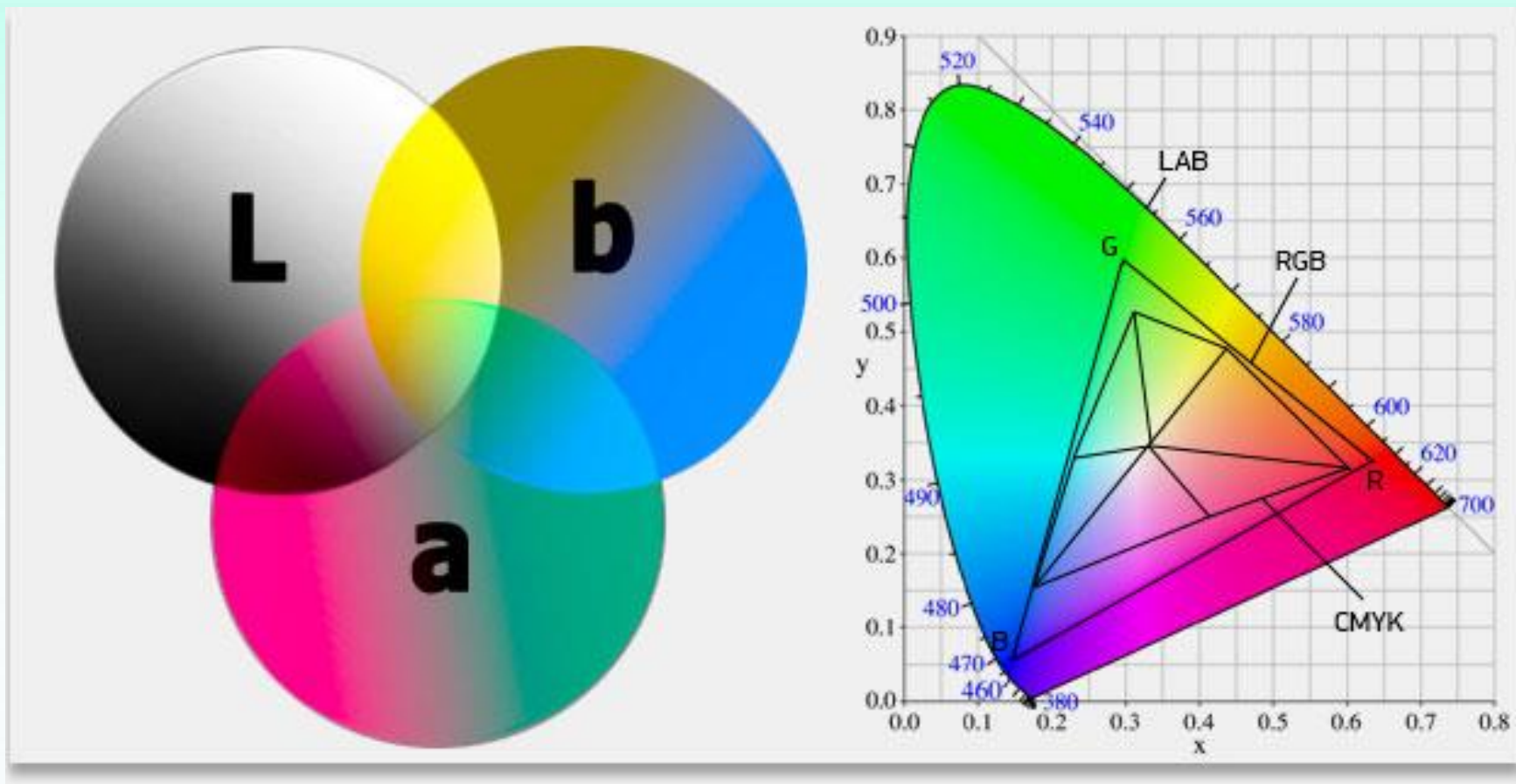


**L\*a\*b\* (Lab)**

**однозначно определяет цвет.**

# ЦВЕТ В КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКЕ

## ЦВЕТОВАЯ МОДЕЛЬ CIE L\*a\*b\* 1986)



Цветовой охват 100%

# ЦВЕТ В КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКЕ

## ЦВЕТОВАЯ МОДЕЛЬ **CIE Lab**

L – яркость цвета (аналогично CIE Luv)  
a , b – безразмерные параметры

$$f(t) = \begin{cases} \sqrt[3]{t} & , \quad \frac{Y}{Y_n} > 0.008856 \\ 7.787 * t + 16/116 & , \quad \frac{Y}{Y_n} \leq 0.008856 \end{cases}$$

$$a = 500 \left[ f\left(\frac{X}{X_n}\right) - f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) \right]$$

$$b = 200 \left[ f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) - f\left(\frac{Z}{Z_n}\right) \right]$$

# ЦВЕТ В КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКЕ

## Сравнения

<https://webkit.org/blog-files/color-gamut/comparison.html>

<https://www.wide-gamut.com/test>



# ЦВЕТ В КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКЕ

## Сравнение (исходное)



# ЦВЕТ В КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКЕ

## Сравнение (HSV V)





# ЦВЕТ В КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКЕ

## Сравнение (HSL L)



# ЦВЕТ В КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКЕ

## Сравнение (Lab L)



# Вопросы для экзамена

## ТЕМА: ЦВЕТ

1. Физические, биологические и психологические основы восприятия цвета .
2. Цветовой треугольник
3. Цветовая модель RGB
4. Цветовая модель CMY(K)
5. Цветовая модель HSV
6. Цветовая модель HLS
7. Цветовая модель Luv
8. Цветовая модель Lab

Литература: [2, p.15-29]

List of color spaces and their uses

([https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_color\\_spaces\\_and\\_their\\_uses](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_color_spaces_and_their_uses))

**END #4**