

奇妙的颜色（下）： 颜色模型

华中科技大学软件学院 万琳



提纲

- ① 颜色的表示
- ② 颜色模型
- ③ OpenGL中的颜色

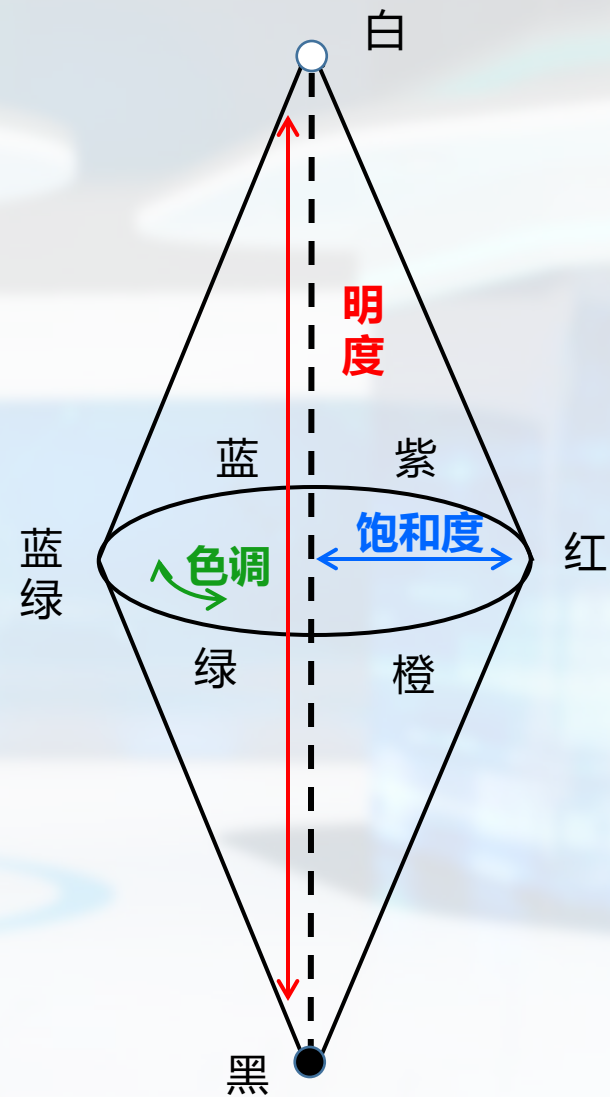
1

颜色的表示

颜色纺锤体（颜色锥体）

颜色视觉模型：颜色三特性的空间表示

- ◆ **明度（亮度）**：垂直轴线表示白黑亮度变化
- ◆ **色调**：水平圆周上的不同角度点，代表了不同色调的颜色
- ◆ **饱和度**：从圆心向圆周过渡表示，同一色调下饱和度的提高。某个平面圆形上的色调和饱和度不同，而明度（亮度）相同。



1

颜色的表示

CIE色度图

CIE (Commission Internationale de L'Eclairage) :
国际照明委员会，根据其法语名称简写为CIE。

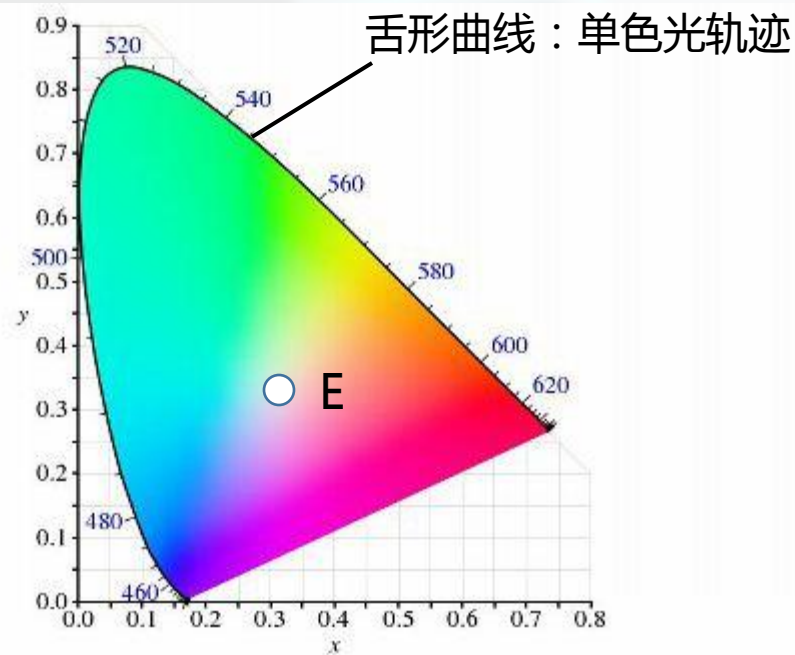
CIE 1931色度图是用标称值表示的CIE色度图

其中， x 表示红色分量， y 表示绿色分量

E点代表白光，它的坐标为 $(0.33, 0.33)$

边界上的数字表示光谱色的波长

所有单色光都位于舌形曲线上，这条曲线就是单色
轨迹，曲线旁标注的数字是单色（或称光谱色）光
的波长值；而自然界中各种实际颜色都位于这条闭
合曲线内。



2

颜色模型

◆ RGB颜色模型

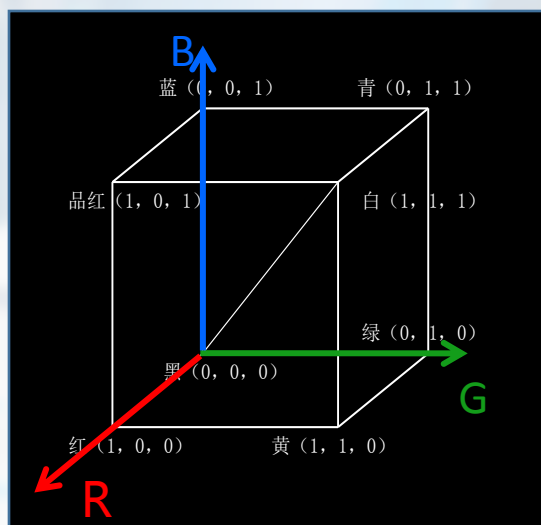
◆ CMY颜色模型

面向设备

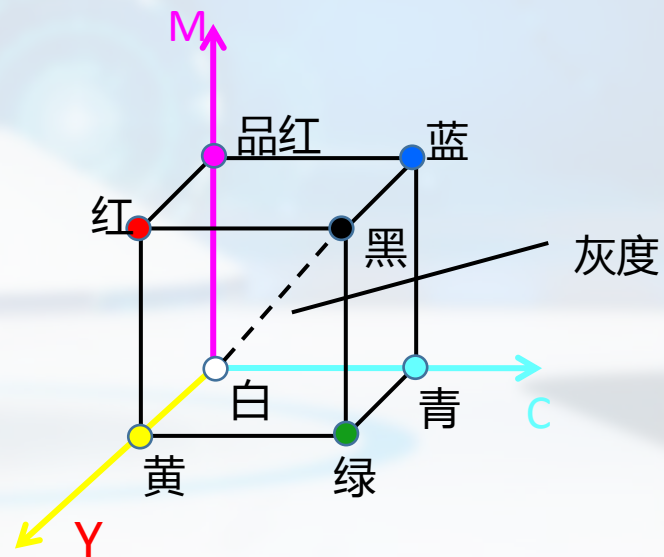
◆ HSV颜色模型

◆ HSL颜色模型

面向用户



RGB颜色模型



CMY颜色模型

2

颜色模型

◆ RGB颜色模型

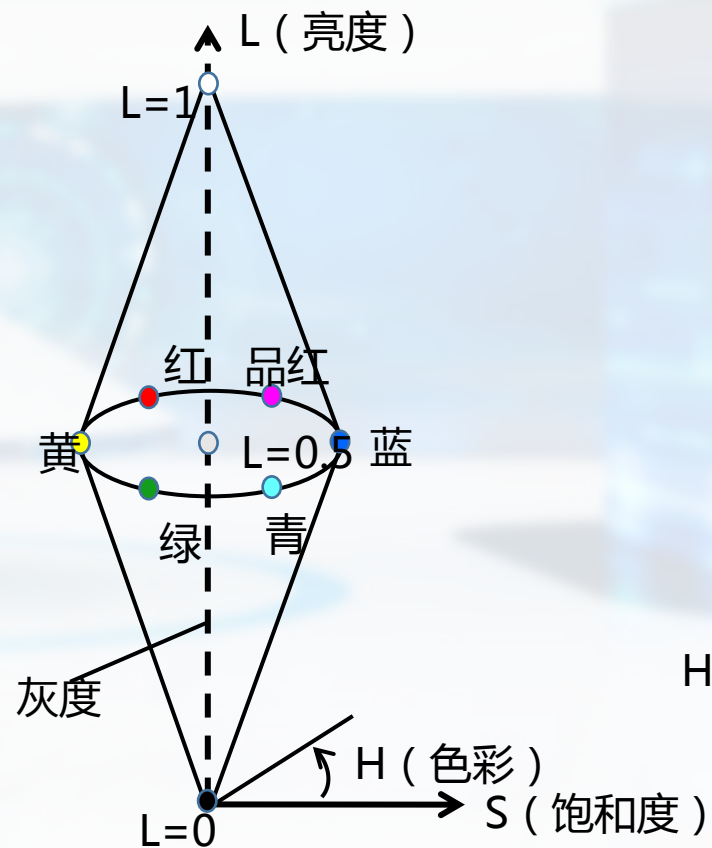
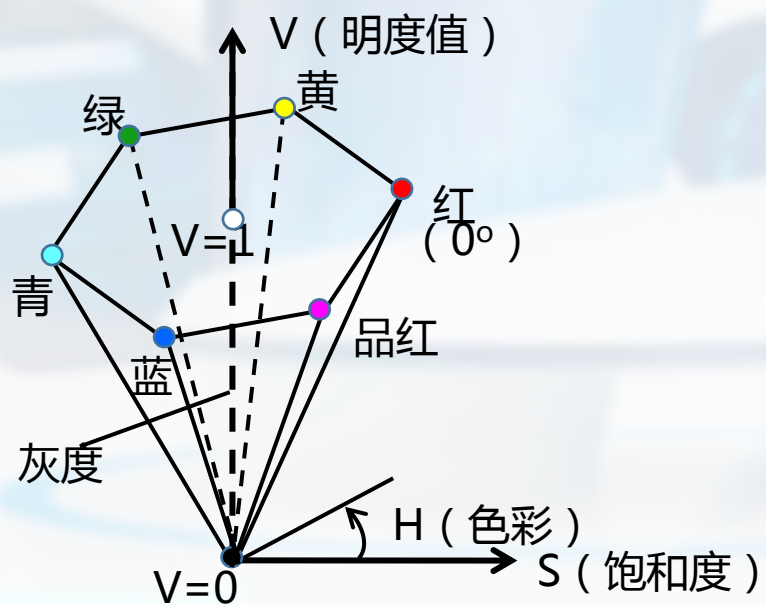
◆CMY颜色模型

面向设备

◆HSV颜色模型

◆HSL颜色模型

面向用户

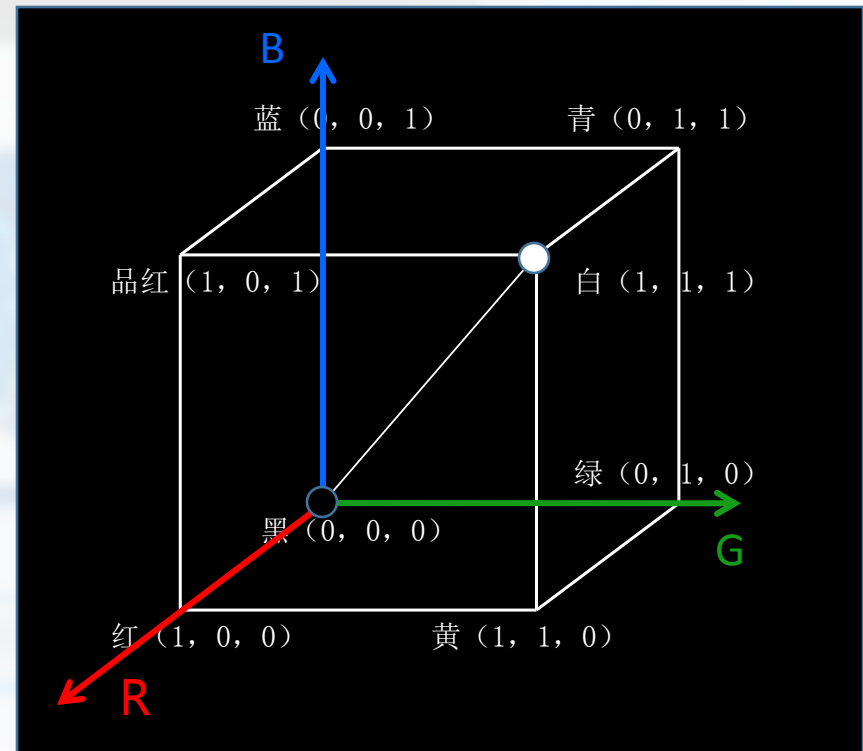


2

颜色模型

RGB颜色模型

- 采用三维直角坐标系R-Red G-Green B-Blue
- 构成一个RGB颜色立方体
- 通常使用于彩色光栅图形显示设备中
- 真实感图形学中的主要的颜色模型

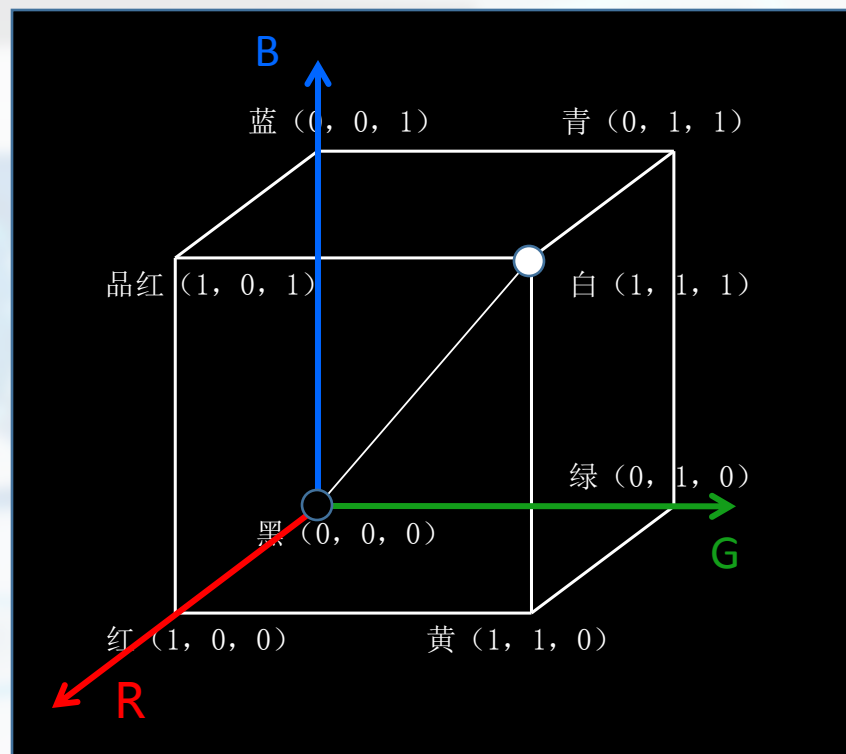
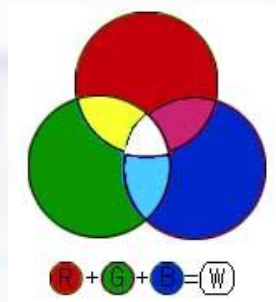
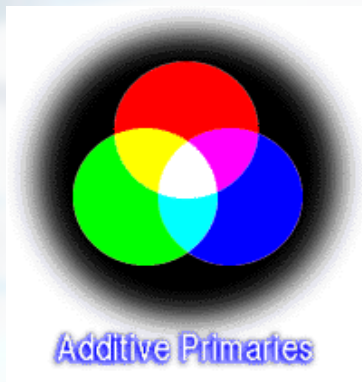


2

颜色模型

RGB颜色模型

- 采用三维直角坐标系R-Red G-Green B-Blue
- 构成一个RGB颜色立方体
- 通常使用于彩色光栅图形显示设备中
- 真实感图形学中的主要的颜色模型

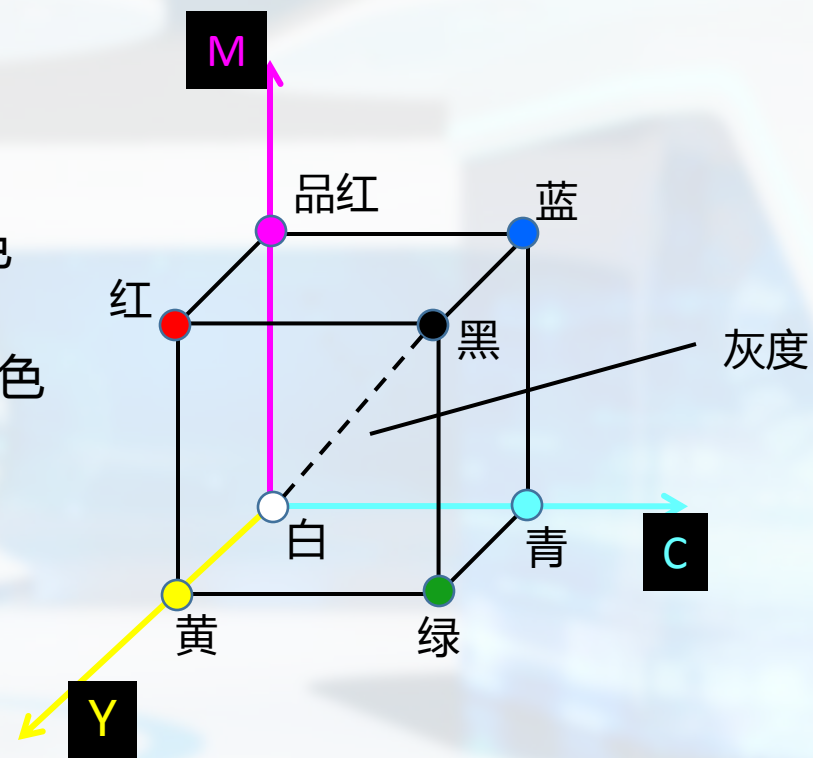
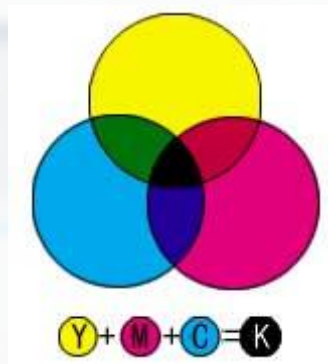
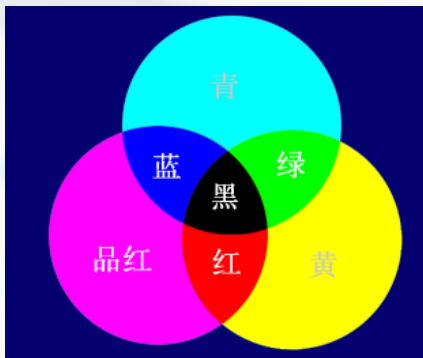


2

颜色模型

CMY颜色模型

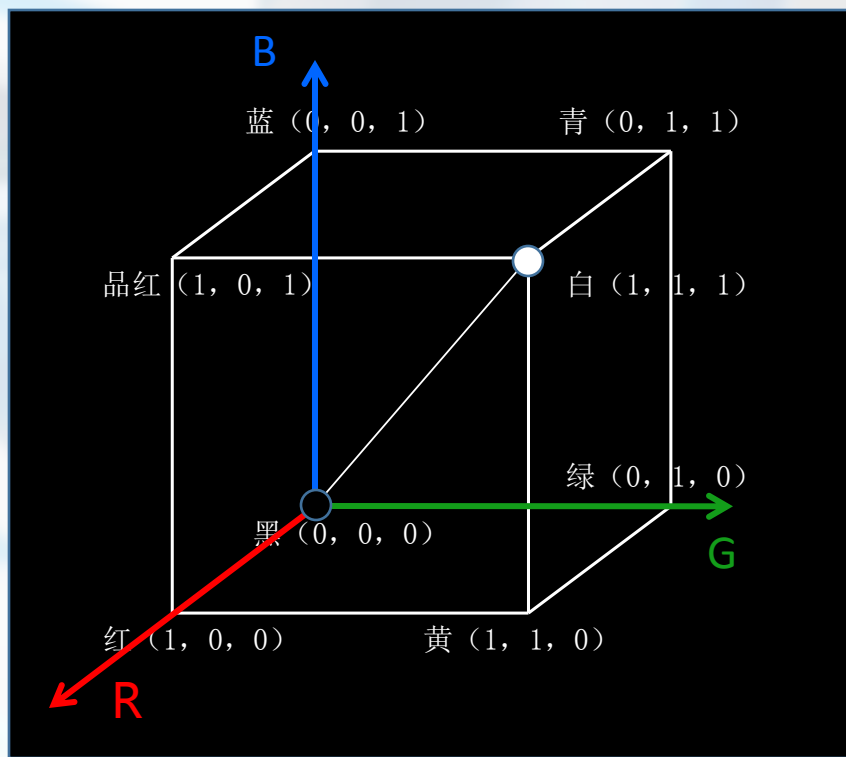
- 以红、绿、蓝的补色青 (Cyan)、品红 (Magenta)、黄 (Yellow) 为原色构成的颜色模型
- 常用于从白光中滤去某种颜色，又被称为减性原色系统，在白色中减去某种颜色来定义一种颜色
- 用于印刷行业中



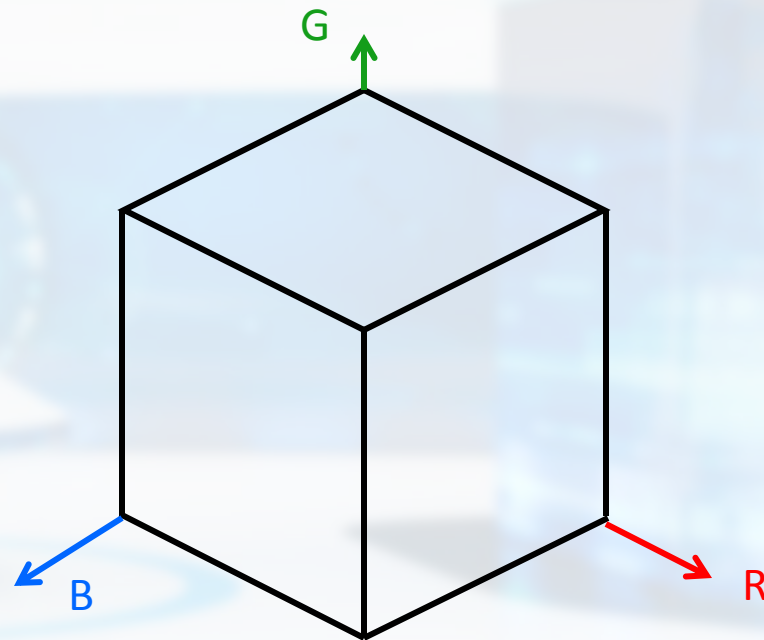
2

颜色模型

HSV (HSB) 颜色模型



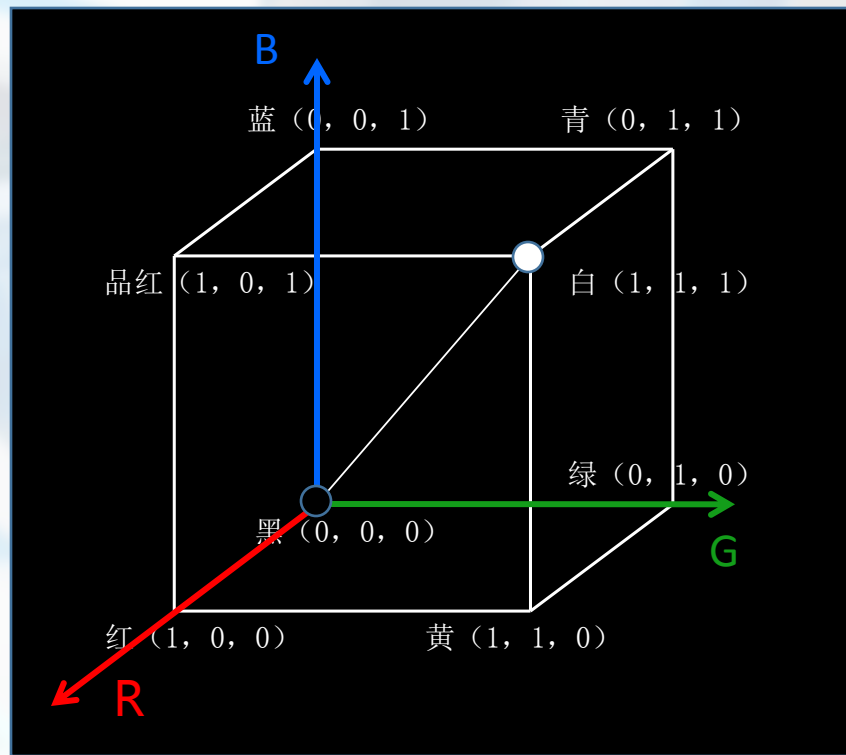
RGB颜色立方体



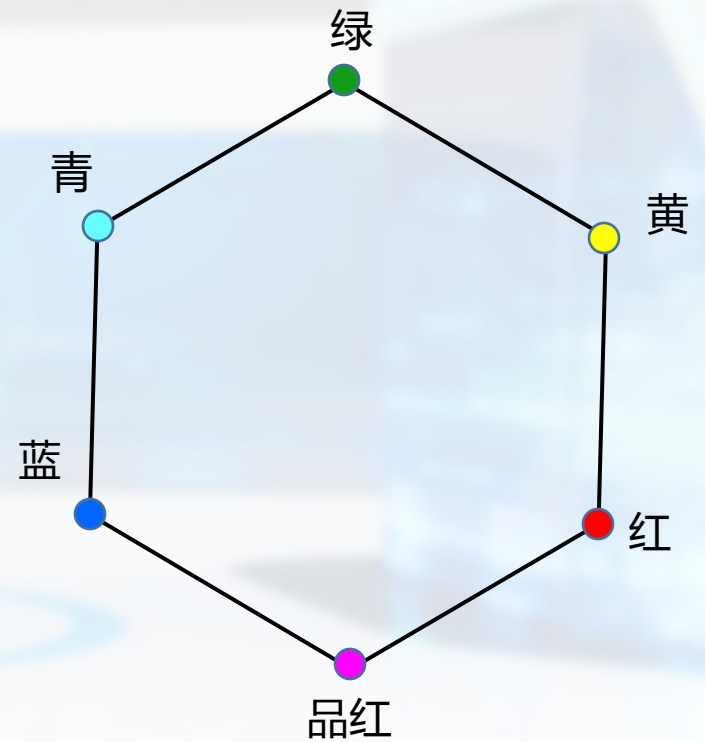
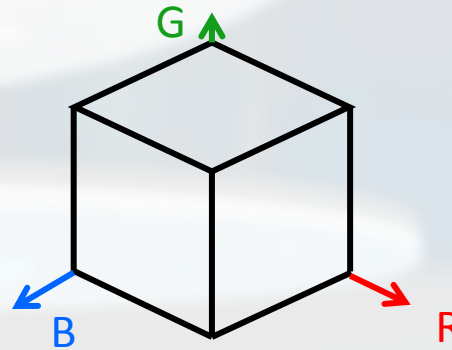
2

颜色模型

HSV (HSB) 颜色模型



RGB颜色立方体

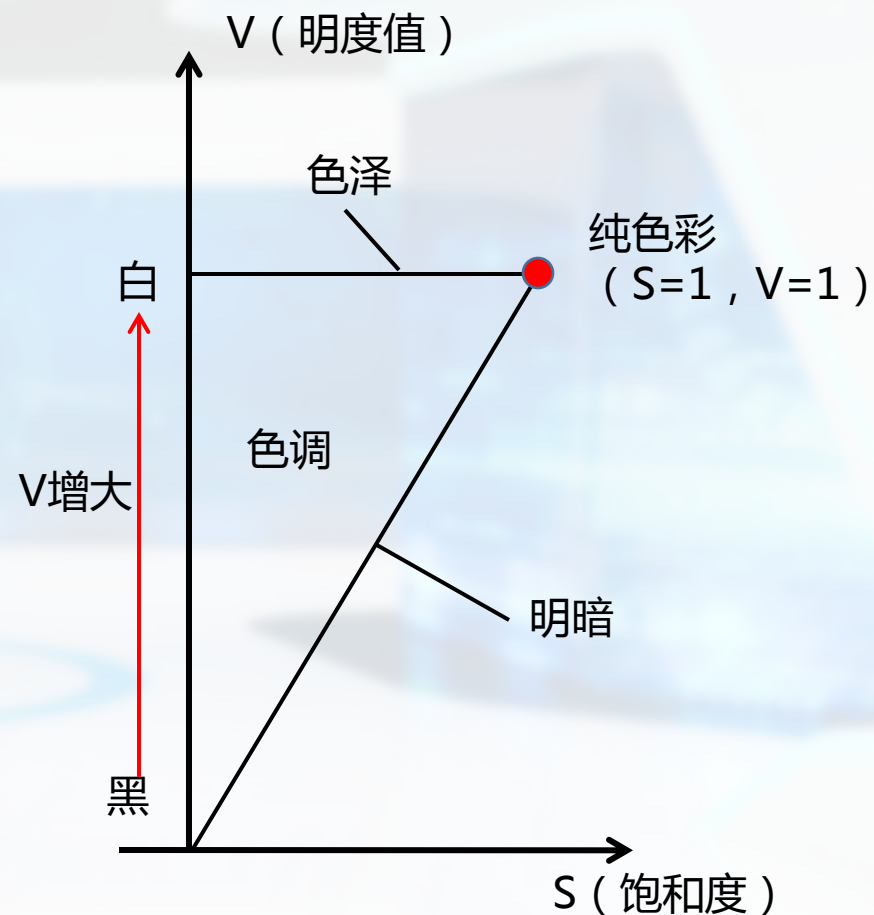
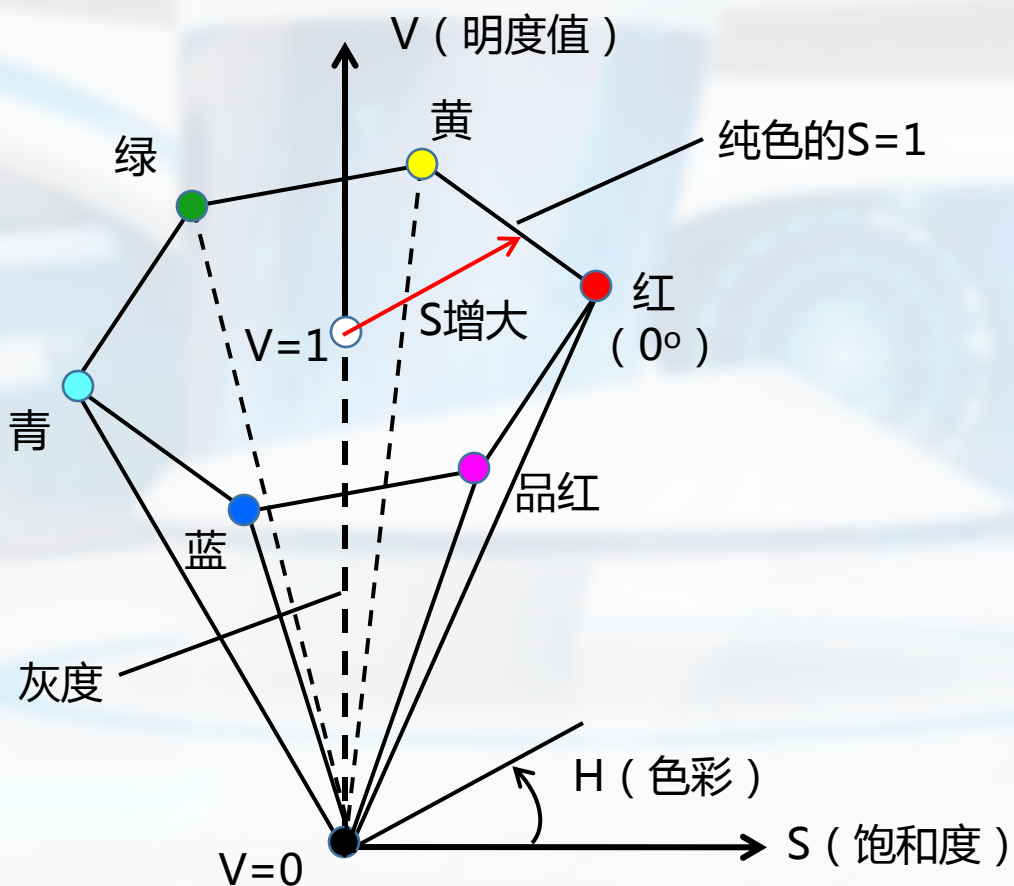


颜色六边形

2

颜色模型

HSV (HSB) 颜色模型：一个基于颜色六边形的六棱锥



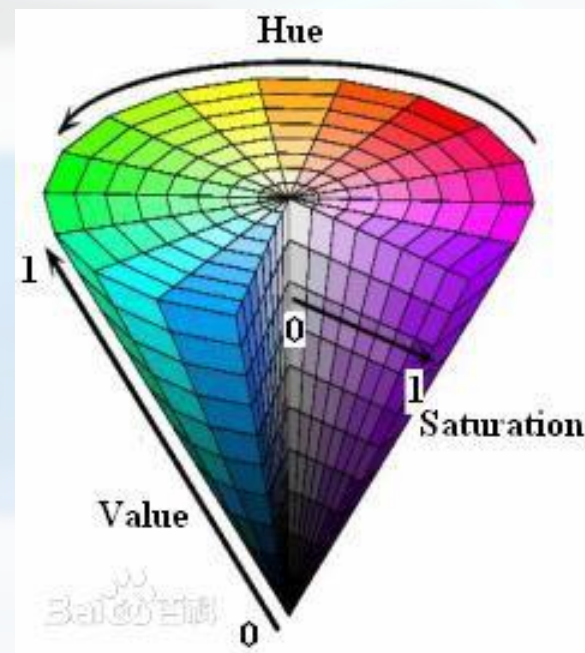
2

颜色模型

HSV (HSB) 颜色模型

归纳的要点如下：

- H(Hue)：色调，用角度度量，取值范围为 $0^{\circ} \sim 360^{\circ}$ ，从红色开始按逆时针方向计算
- S(Saturation)：饱和度，表示颜色接近光谱色的程度。一种颜色，可以看成是某种光谱色与白色混合的结果。通常取值范围为 $0\% \sim 100\%$ ，值越大，颜色越饱和。光谱色的白光成分为0，饱和度达到最高。
- V(Value或Brightness)：明度，表示颜色明亮的程度。



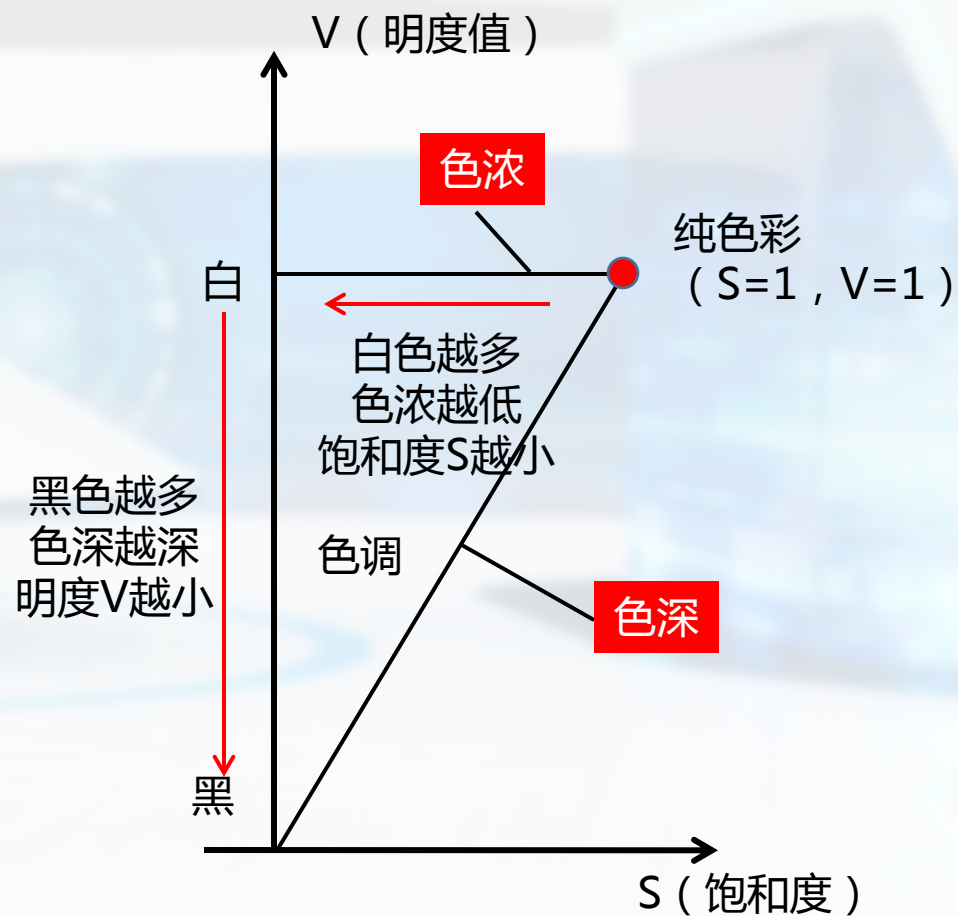
2

颜色模型

HSV (HSB) 颜色模型

HSV模型对应画家的配色的方法

- 在一种纯色中加入白色以改变色浓（白色越多S越小）
- 加入黑色以改变色深（黑色越多V越小）



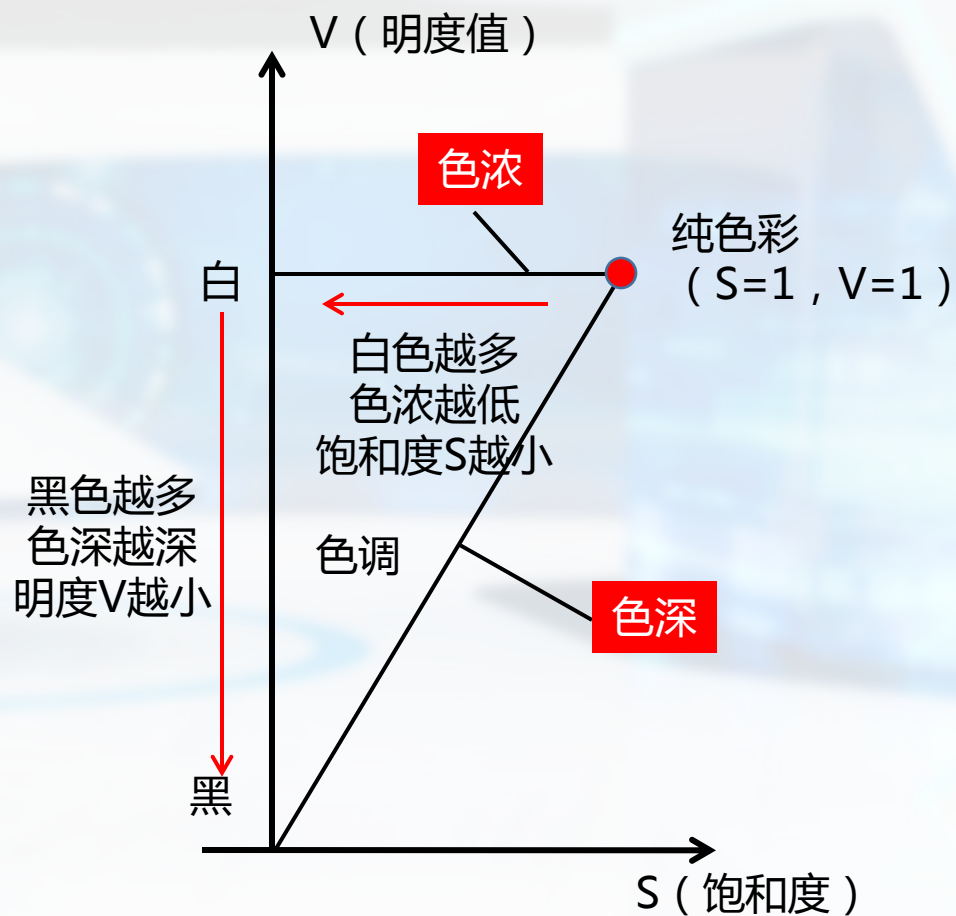
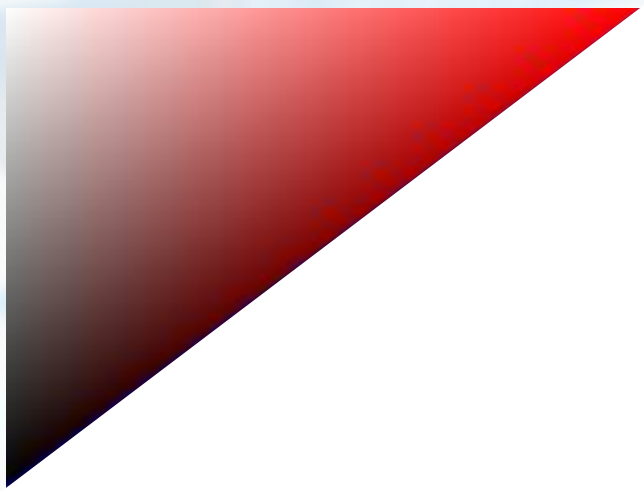
2

颜色模型

HSV (HSB) 颜色模型

HSV模型对应画家的配色的方法

- 同时加入不同比例的白色，黑色即可得到不同色调的颜色

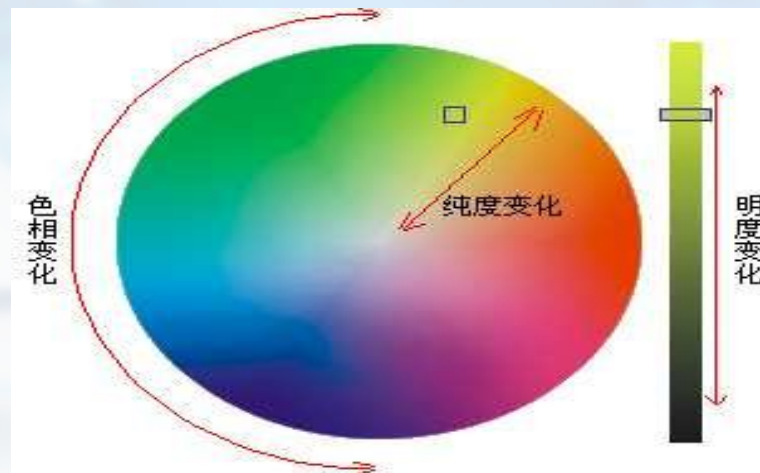


2

颜色模型

HSV (HSB) 颜色模型

应用：调色板



2

颜色模型

HSV (HSB) 颜色模型

色调变化 (0—360)

固值S-70

亮度
变化

0

...

100



2

颜色模型

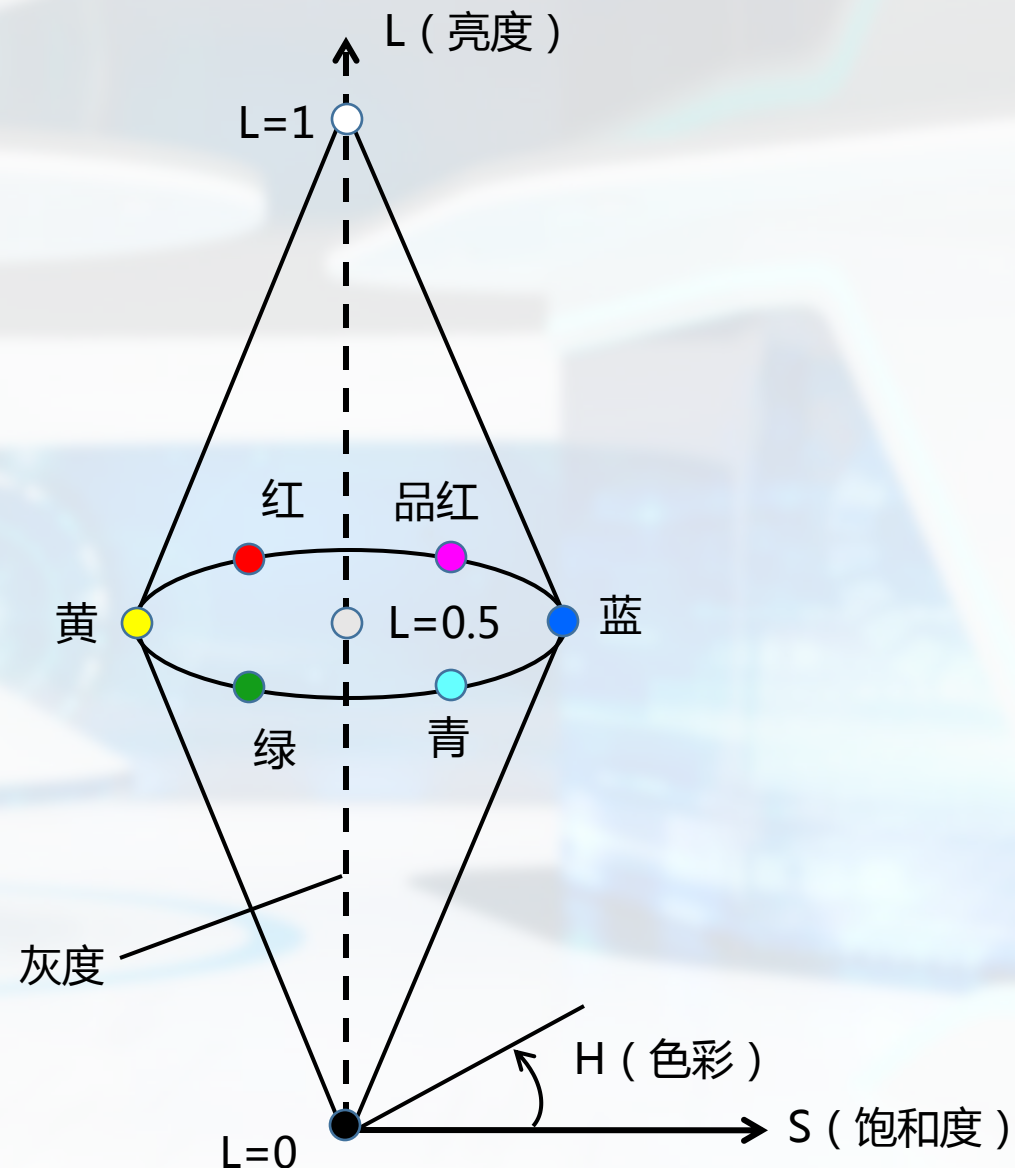
HSL (HSI) 颜色模型

- H(Hue)：色调，使用与水平轴之间的角度来表示，范围从 0° 到 360° ，从蓝色开始
- S(Saturation)：饱和度，说明颜色的相对浓度
- L(Lightness)或者I(Intensity)：亮度，在 $L=0$ 处为黑色，在 $L=1$ 处为白色，灰度沿着L轴分布

采用近似的圆柱坐标系

$S=1, L=0.5$ 纯色彩

$S=0$ 仅有灰度



2

颜色模型

颜色模型间的相互转换

◆ RGB颜色模型

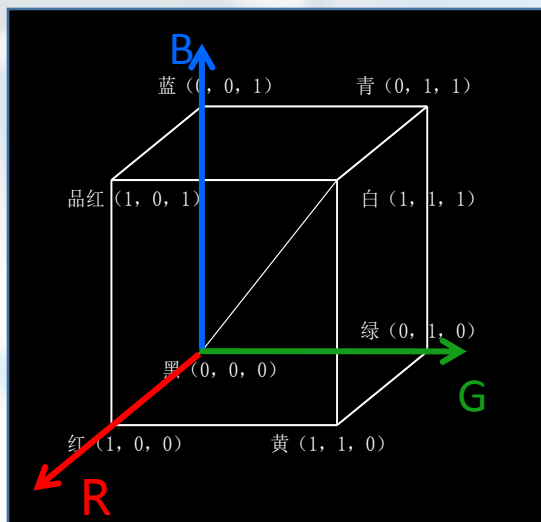
◆ CMY颜色模型

面向设备

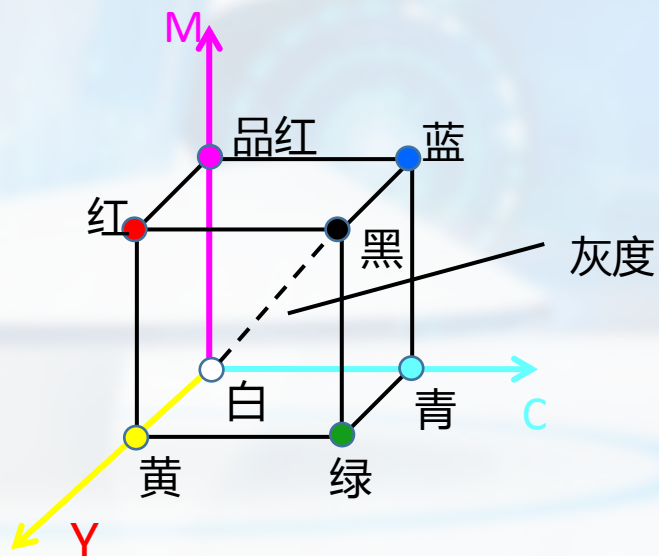
◆ HSV颜色模型

◆ HSL颜色模型

面向用户



RGB颜色模型



CMY颜色模型

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

3

OpenGL颜色模型

两种颜色存储方式：

颜色值：像素点附加颜色信息之后，就必须为每一个像素点额外分配一个内存空间保存该点的颜色信息，对于RGB或者RGBA颜色模式，保存的数据直接代表其颜色值。

颜色索引：对于颜色索引模式，保存的是该颜色在颜色索引表中的位置，通过查颜色索引表对应到相应的颜色。颜色索引模式的优点是占用空间小，运行速度快，缺点是显示效果稍差。

随着硬件的提速升级，目前一般采用直接存储颜色值的方式。

3

OpenGL颜色模型

RGB颜色模式

RGB模式中，RGB分别表示红绿蓝三色的分量

每个分量在0.0~1.0之间

通过设置RGB不同的比例，可以获得任意的颜色

RGB三个分量与颜色的对照：

`vec3(1.0f,0.5f,0.2f)` 橙色



`vec3 (1.0f,1.0f,0.0f)` 黄色



3

OpenGL颜色模型

RGBA颜色模式

RGBA模式中：

➤ RGB分别表示红绿蓝三色的分量

➤ **A (实际上是 α 系数, Alpha Coefficient) 表示颜色的透明度**

通过设置RGBA不同的值，可以获得任意的颜色。

vec4(1.0f,0.5f,0.2f,1.0f) 橙色



vec4 (1.0f,1.0f,0.0f,1.0f) 黄色



透明度为1
表示不透明

vec4(1.0f,0.5f,0.2f, 0.5f) 橙色



vec4 (1.0f,1.0f,0.0f, 0.5f) 黄色



3

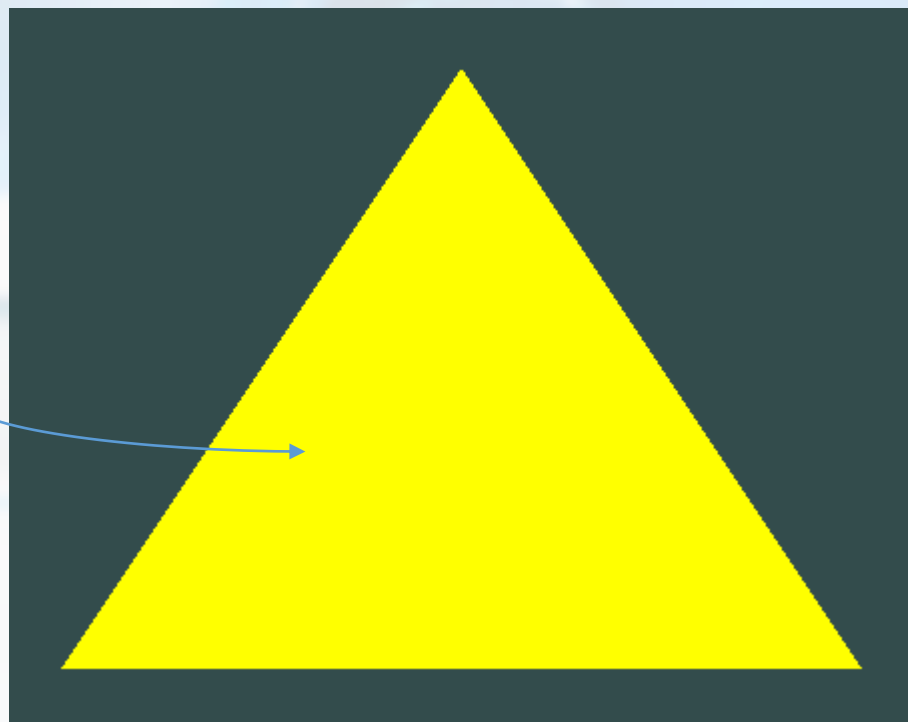
OpenGL颜色模型

OpenGL一般采用RGBA颜色模式

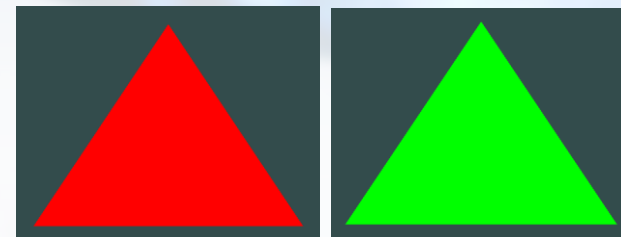
➤ A (实际上是 α 系数 , Alpha Coefficient) 默认为1.0f , 表示不透明



色块经过非透明混合后得到黄色



`vec4(1.0f, 1.0f, 0.0f, 1.0f)`
四分量的向量表示RGBA，强度是0.0到1.0之间。
如该黄色三角形，则是由以下两种颜色组成。Alpha值为1.0，表示透明度为0。

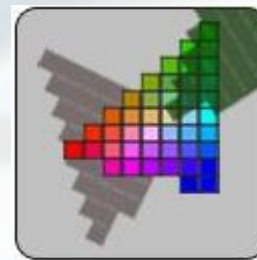


3

OpenGL颜色模型

颜色混合 (Color Blending)

当A (实际上是 α 系数, Alpha Coefficient) 不为1.0f, 即颜色有一定透明度时, 可以进行颜色混合



RGBA源颜色值 (R_s, G_s, B_s, A_s), RGBA目标颜色值 (R_d, G_d, B_d, A_d)

源调和因子 (S_r, S_g, S_b, S_a), 目标调和因子 (D_r, D_g, D_b, D_a)

新的调和颜色计算:

$$S_r R_s + D_r R_d, S_g G_s + D_g G_d, S_b B_s + D_b B_d, S_a A_s + D_a A_d$$



不透明时不进行颜色混合



一个透明时的颜色混合



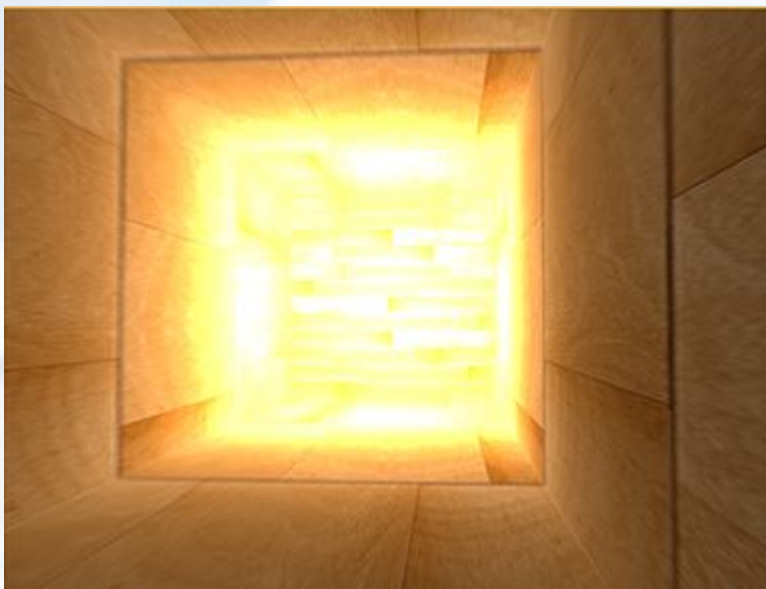
两个都透明时的颜色混合



OpenGL颜色模型

HDR (High-Dynamic Range , 高动态范围图像)

RGBA分量都是在0.0f到1.0f之间

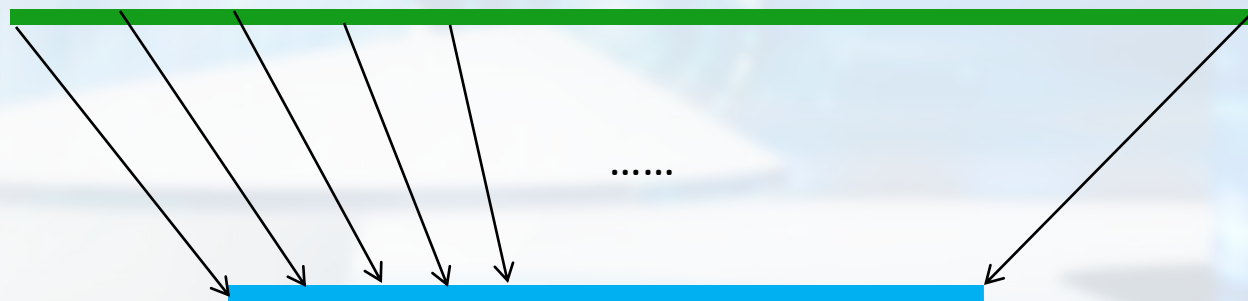


3

OpenGL颜色模型

HDR (High-Dynamic Range , 高动态范围图像)

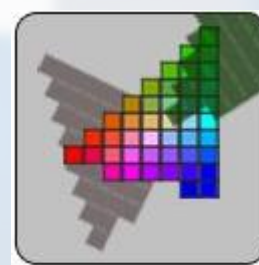
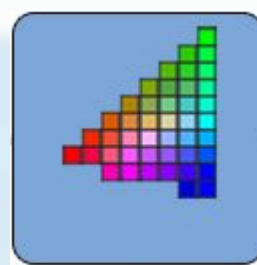
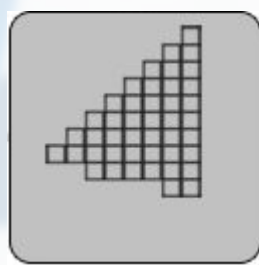
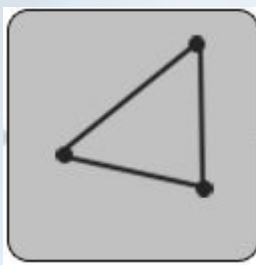
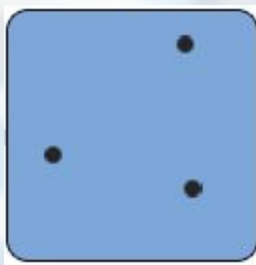
- ◆记录大范围的颜色值
- ◆再向0~1之间映射



3

OpenGL颜色模型

决定颜色值的因素



- 颜色
- 光照
- 材质
- 纹理

3

OpenGL颜色模型

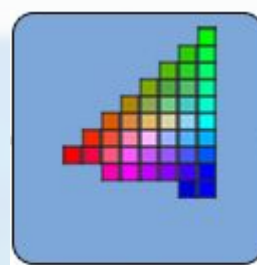
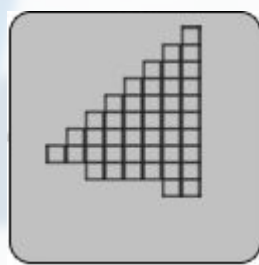
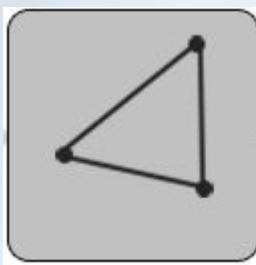
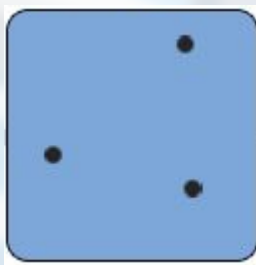
决定颜色值的因素



3

OpenGL颜色模型

决定颜色值的因素



- 颜色
- 光照
- 材质
- 纹理

- 遮挡
- 透明



谢谢

软件学院 万琳