

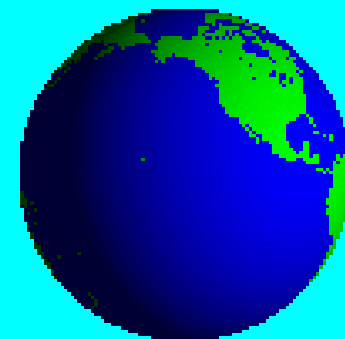


北京航空航天大学

Beijing University of Aeronautics and Astronautics

数字图像处理

—图像采集与视觉系统



计算机学院

- 内容回顾
- 光和电磁波谱
- 图像传感器
- 视觉系统
- 视觉现象
- 彩色空间

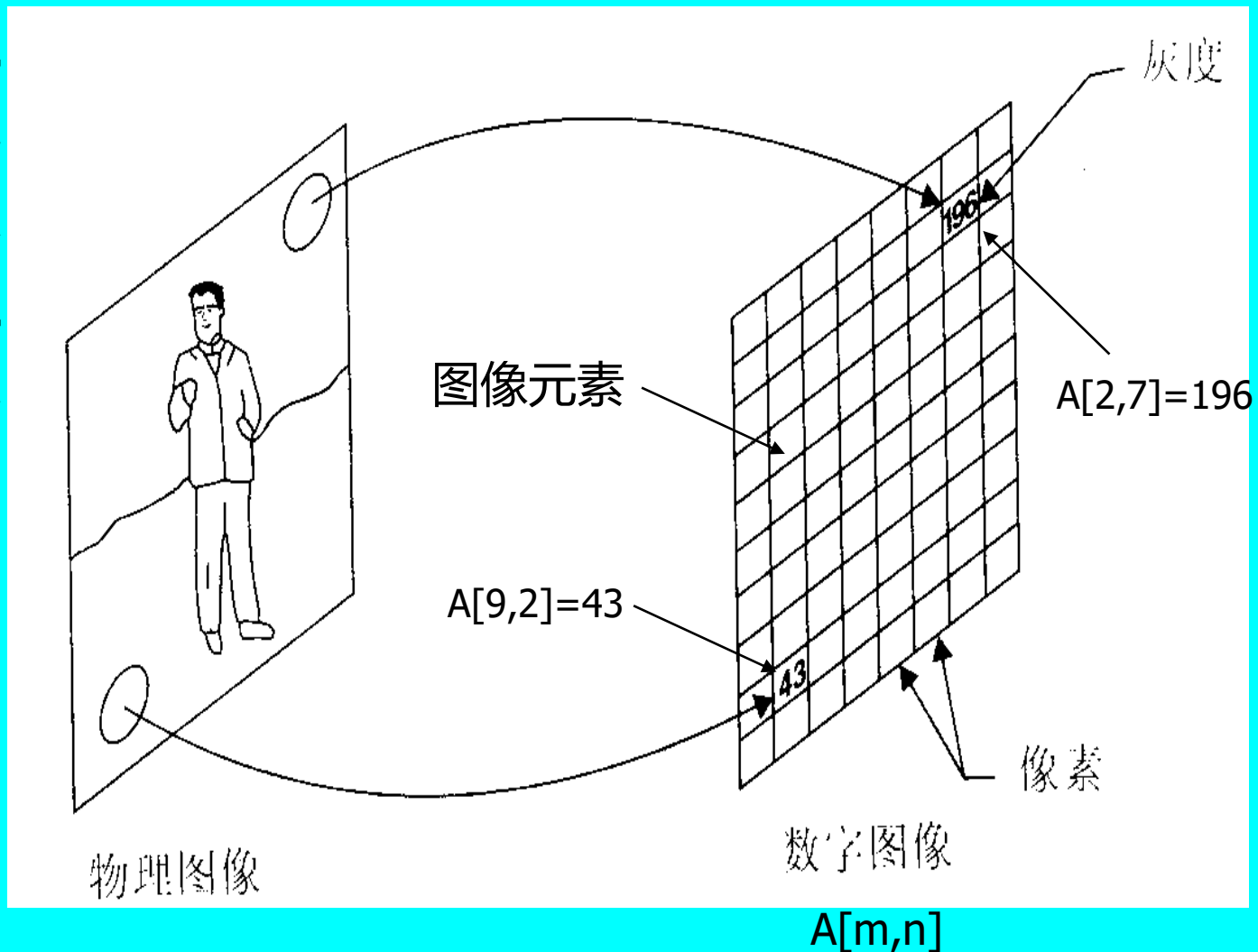
- ✓ 数字图像的历史和初步认知
- ✓ 数字图像的应用
- ✓ 数字图像的获取和表示
- ✓ 数字图像的格式
- ✓ 数字图像处理的主要内容

- 什么是图像
- 图像的特点
- 模拟图像与数字图像
- 图像和图形

- **物理化学**
 - 结晶分析、谱分析
- **生物医学**
 - 细胞分析、X光照片分析、CT
- **环境保护**
 - 大气污染调查
- **地质**
 - 资源勘探、地图绘制
- **交通**
 - 道路选线、车牌识别
- **海洋**
 - 鱼群探查
- **水利**
 - 河流分布、水害调查
- **气象**
 - 云图分析
- **通信**
 - 传真、电视
- **工业**
 - 工业探伤、机器人
- **农林**
 - 植被分布调查、农作估产
- **军事安全**
 - 指纹识别、军事侦察、导弹

数字图像的获取和表示

- 物理图像采样
 - 图像数据量化
 - 数字图像表示
 - 数字图像处理
 - 数字图像显示
-
- 图像分辨率
 - 空间分辨率
 - 位分辨率
 - 设备分辨率



- **RAW：原始图像数据**
- **BMP：最常用**
- **JPEG：压缩编码**
- **其他：GIF、TIF等**

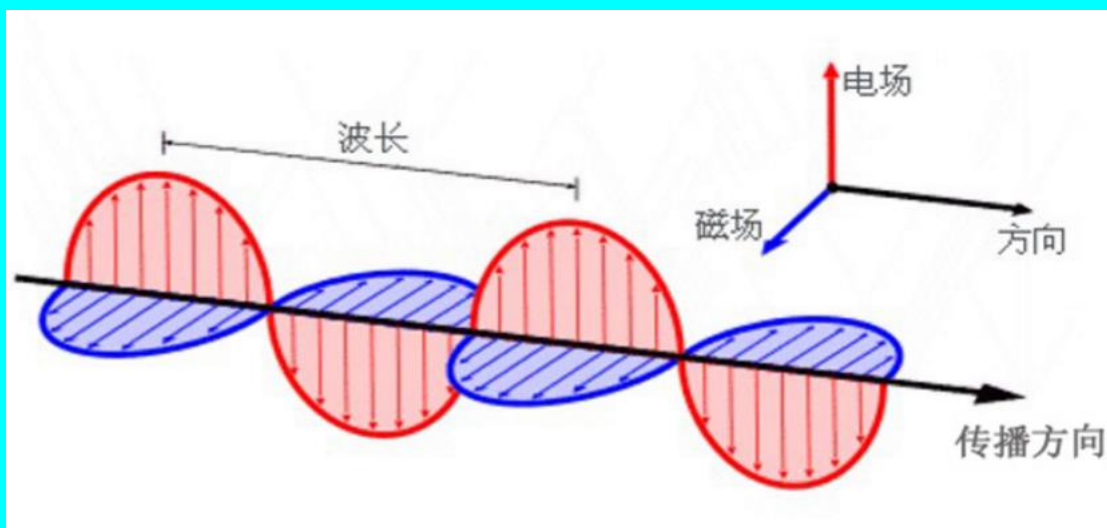


- 图像增强
- 图像复原
- 图像压缩编码
- 图像分析
- 图像识别
- 图像重建

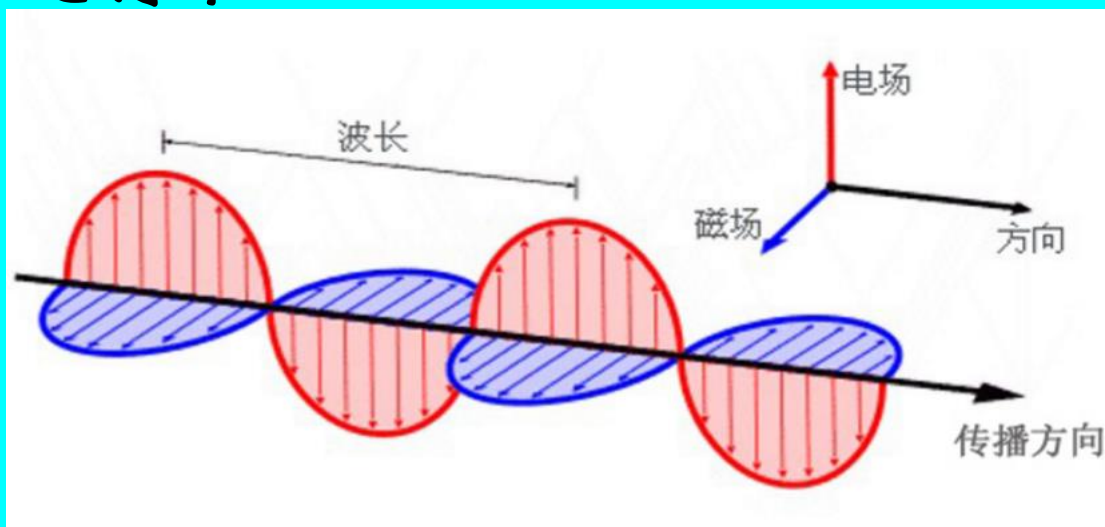
- 内容回顾
- 光和电磁波谱
- 图像传感器
- 视觉系统
- 视觉现象
- 彩色空间

◆ 电磁波特性

- 光波、热辐射、微波、无线电波等都是由振源发出的电磁振荡在空间的传播，这些波叫做电磁波
- 在电磁波里，振荡的是空间电场矢量 E 和磁场矢量 B 。电场矢量 E 和磁场矢量 B 互相垂直，并且都垂直于电磁波传播方向 V

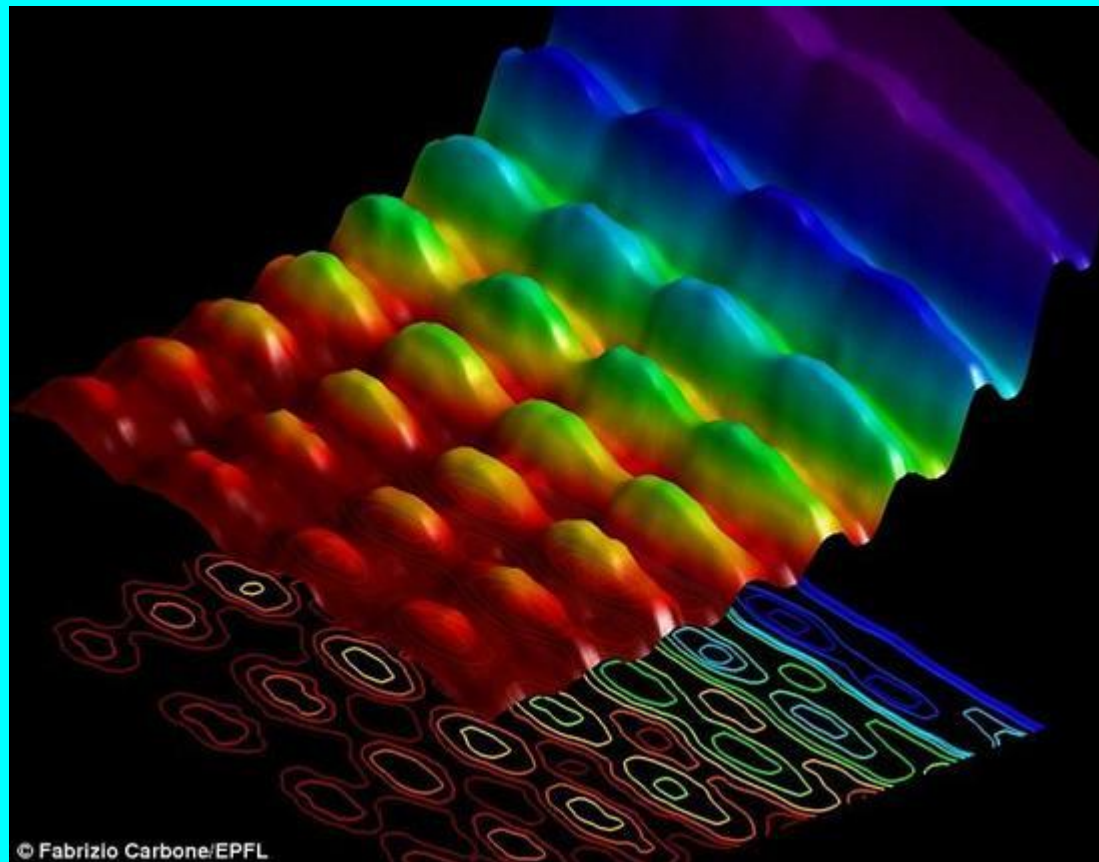


◆ 电磁波特性



- 电磁波是横波，而纵波是质点振动方向与传播方向相同的波
- 电磁波的波粒二象性：波长愈短，辐射的粒子特性愈明显，波长愈长，辐射波动特性愈明显，在遥感中广泛应用

光和电磁波谱

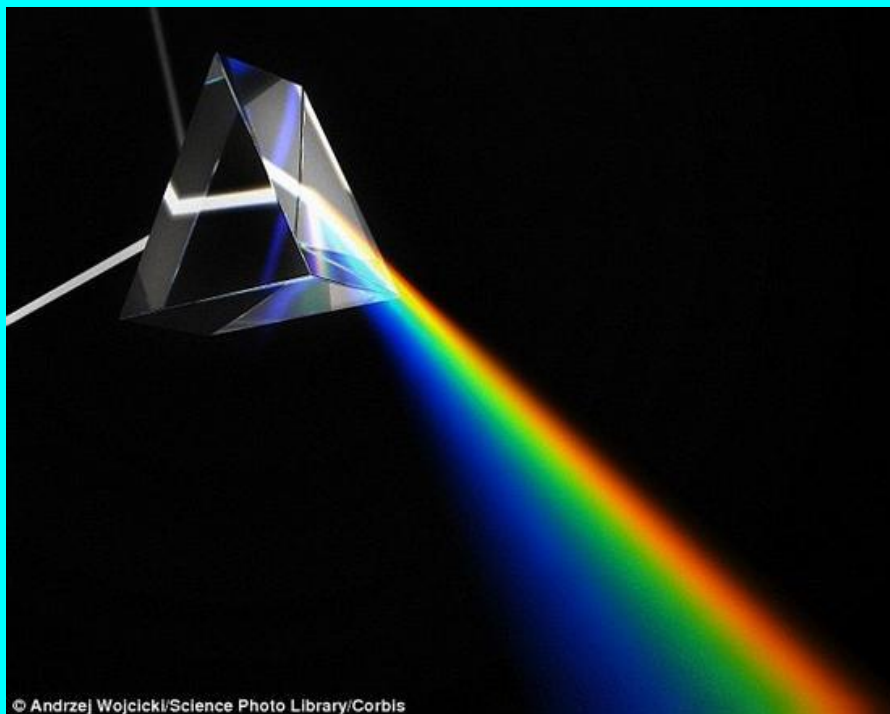


波粒二象性

□2015年瑞士联邦理工学院的科学家首次拍摄到的同时以波和粒子形式存在的光线照片，证明了爱因斯坦的理论，即**光线这种电磁辐射同时表现出波和粒子的特性。**

□照片中，底部的切片状景象展示了光线的粒子特性，顶部的景象展示了光线的波特特性。

波粒二象性



波：
当穿过一个棱镜时，阳光发生折射，分割成不同的色彩，不同颜色对应不同光线的波长。

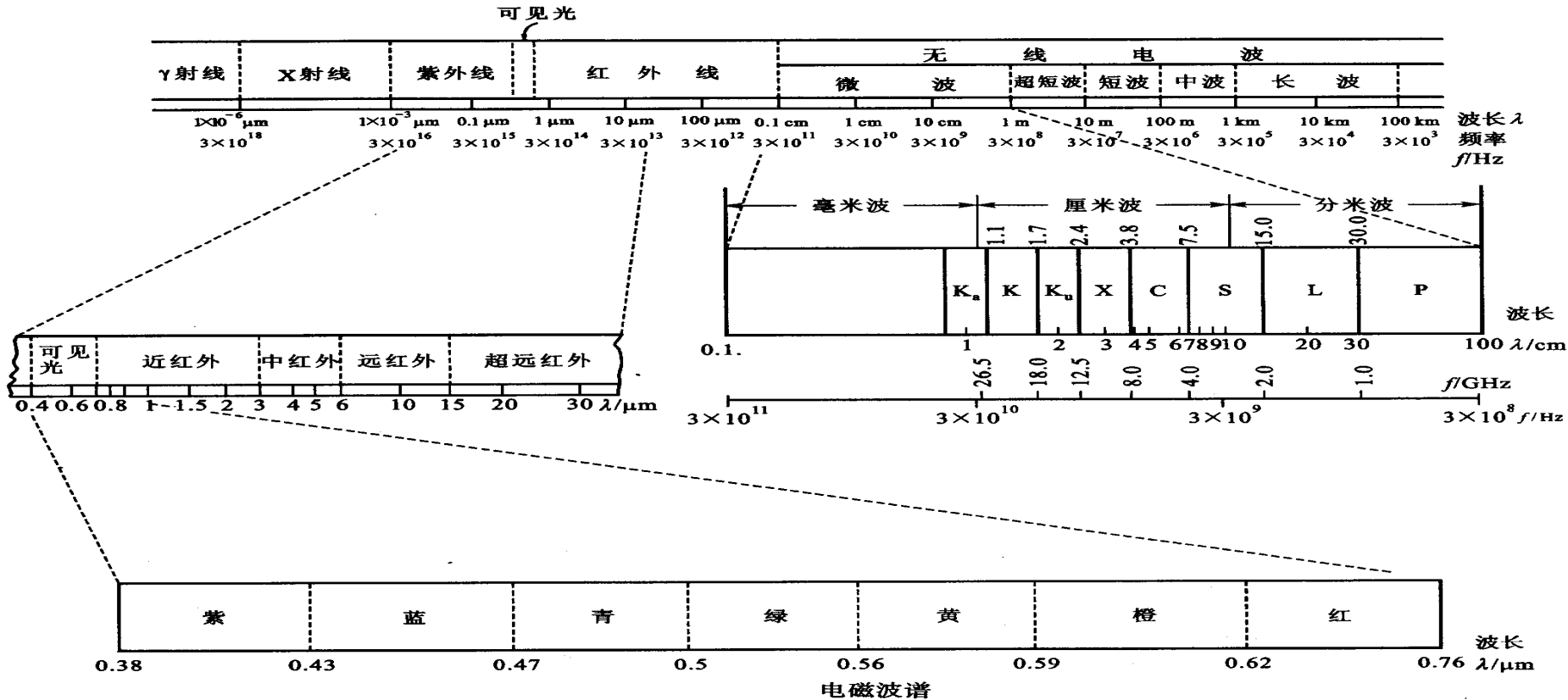


粒：
地球大气层的高空气体原子在与太阳风携带的高能带电粒子进行碰撞时形成绚烂的极光。

13:57:45

计算机学院

电磁波谱分布



现在常用的光波波长单位是
 μm (微米), nm (纳米) 和 \AA (埃), 它们之间
的关系是: $1\mu\text{m}=10^3\text{nm}=10^4\text{\AA}$ 。

◆ 光谱段特性

- 紫外线: $0.01 \sim 0.4\mu\text{m}$ - $\rightarrow 0.3 \sim 0.4\mu\text{m}$ (UVA)。能量少, 主要用于遥感中探测碳酸盐岩, 水面飘浮的油膜比周围水面反射的紫外线要强烈, 因此可用于油污染的监测。在2000m以下。
- 可见光: 由红、橙、黄、绿、青、蓝、紫色光组成。人眼不仅对可见光的全色光, 而且对不同波段的单色光都可直接感觉。



植被提取信息



水资源提取信息

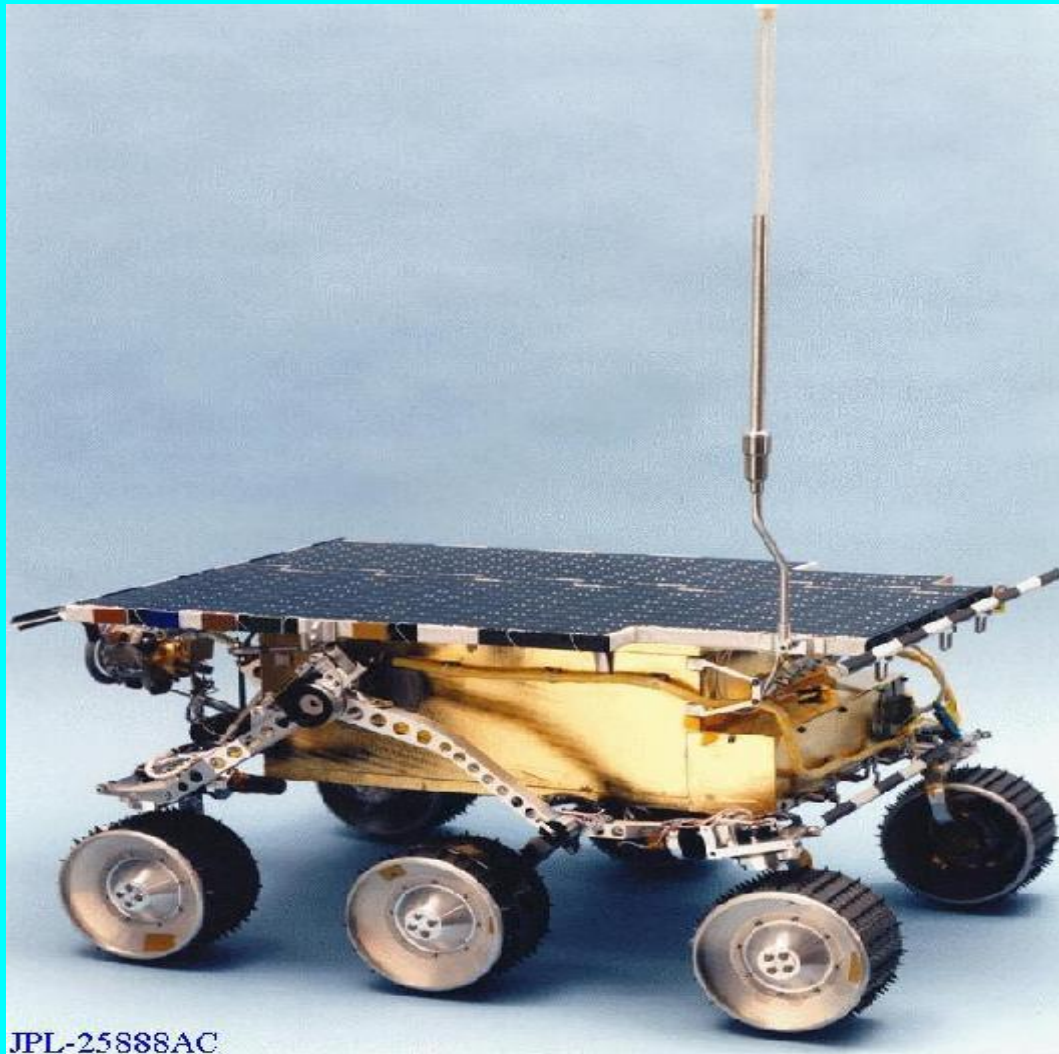
◆ 光谱段特性

- **红外**：近红外在性质上与可见光相似，所以又称为光红外，中红外、远红外和超远红外是产生热感的原因，所以又称为热红外。自然界中任何物体，当温度高于绝对温度（ -273.15°C ）时，均能向外辐射红外线，昼夜均可使用。
- **微波**：波长长，能穿透云、雾全天候全天时的的工作。



红外图像

- 内容回顾
- 光和电磁波谱
- 图像传感器
- 视觉系统
- 视觉现象
- 彩色空间



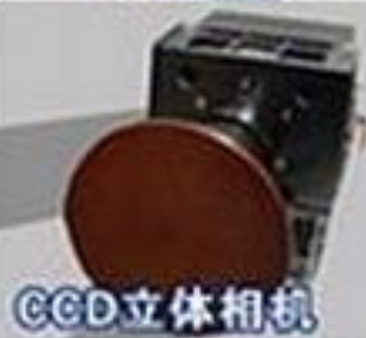
Sojourner 火星车前部图，
安装了两个黑白CCD摄像机



北京航空航天大学

Beijing University of Aeronautics and Astronautics

“嫦娥一号”携带的8件科学仪器



CCD立体相机



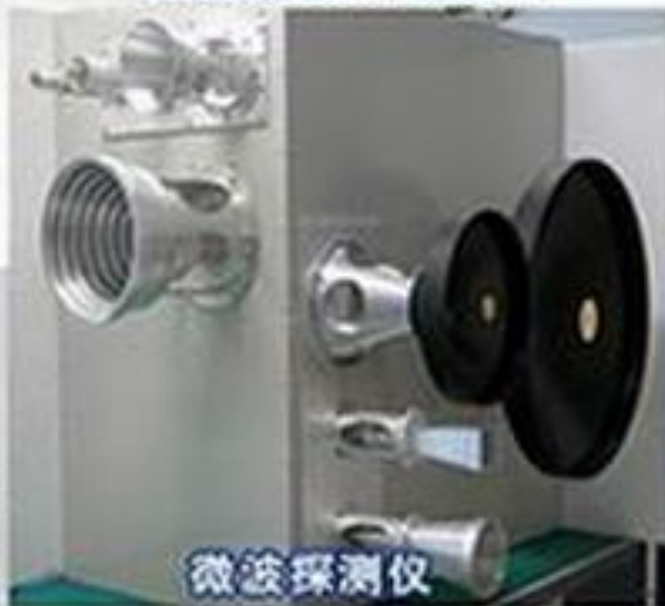
太阳风离子探测器



γ射线谱仪



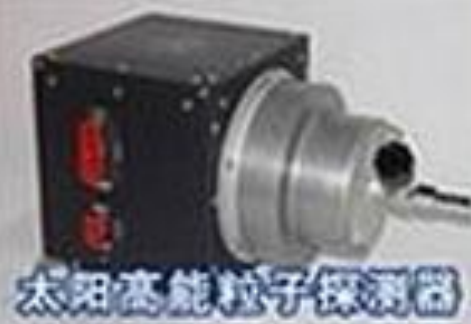
激光高度计



微波探测器



X射线谱仪

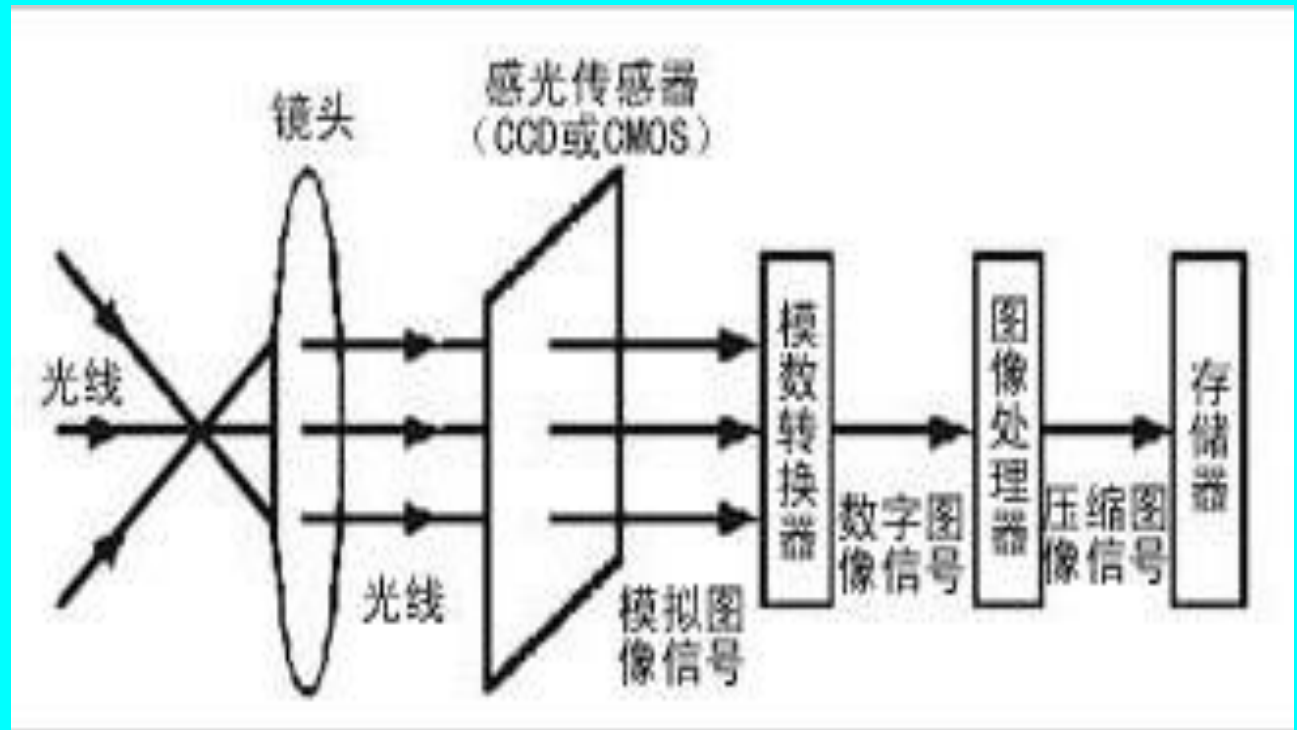
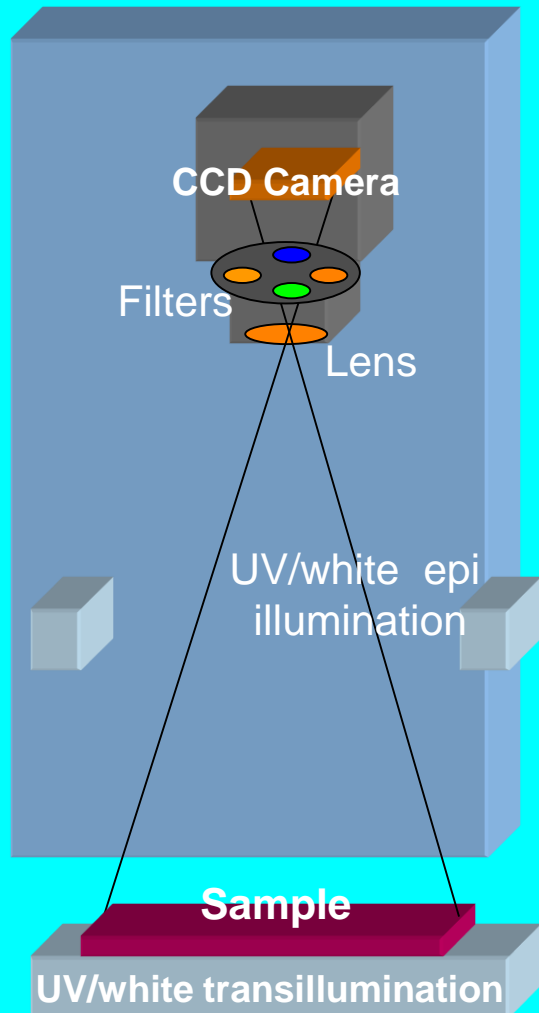


太阳高能粒子探测器



干涉成像光谱仪

成像系统组成

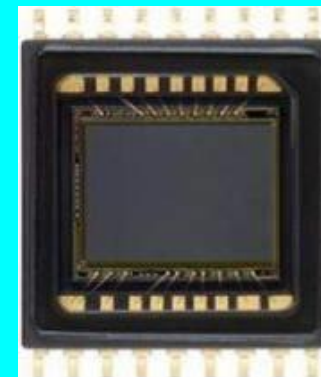
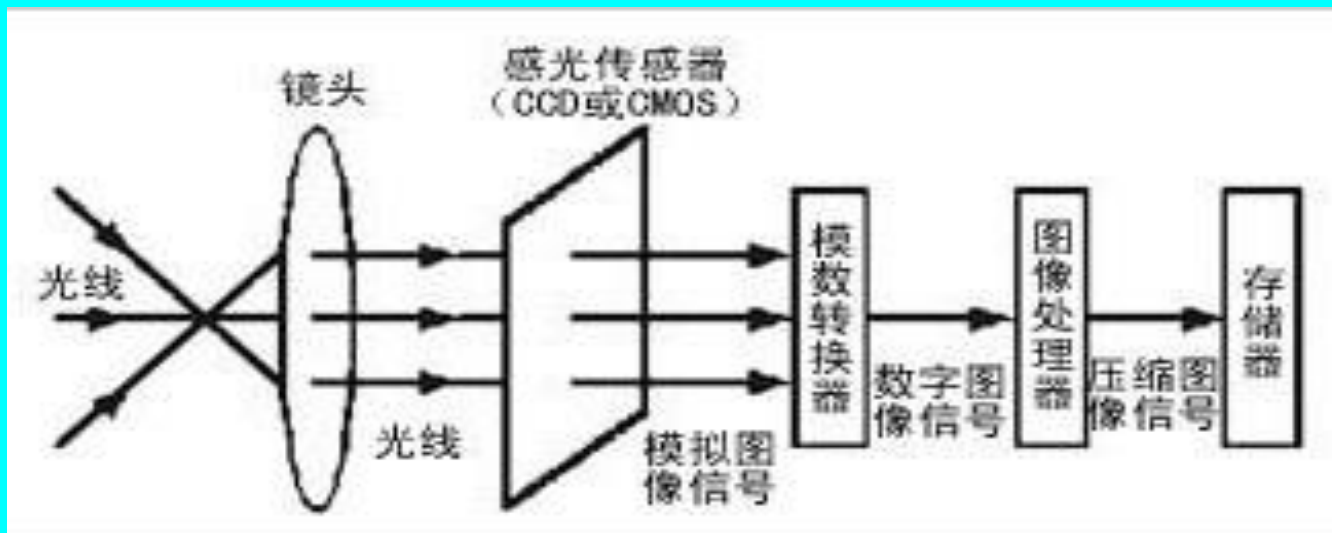


- ❑ 早在1873年，约瑟·美(Joseph May)及伟洛比·史密夫(Willoughby Smith)就发现了硒元素晶体感光后能产生电流，这是电子影像发展的开始。
- ❑ 以后陆续发明了几种不同类型的图像传感器。其中有20世纪50年代诞生的**光学倍增管**(Photo Multiplier Tube, 简称**PMT**)和70年代出现的**电荷耦合装置**(Charge Coupled Device, 简称**CCD**)。
- ❑ 20世纪末，又有三种新型的图像传感器问世了，其中比较普遍应用的是**互补氧化金属半导体**(Complementary Metal Oxide Semiconductor, 简称**CMOS**)。

- ❑ PMT从五十年代发展到现在，技术已经非常成熟。
- ❑ 它的形状就像一个圆柱体的小灯泡，直径约一寸，长度约二寸；内置多个电极，将进入的光信号转化为电信号，而且它非常耐用，可以运作十万小时以上。
- ❑ 但是由于它的造价相当高，目前只是应用于专业的印刷、出版业的扫描仪及工程分析。

- CMOS技术已发展了数十年，CPU和内存便是由CMOS组成。但直到1998年它才被用于制作图像传感器。
- CMOS的优点是结构比CCD简单，耗电量只有普通CCD的1/3左右，并且它的制造成本比CCD要低。
- 自从佳能公司在专业数码单反相机EOS D30中采用了CMOS以来，已经有越来越多的数码单反相机使用它，目前数码单反相机中几乎有一半采用CMOS作为图像传感器。

- ❑ CCD是美国贝尔实验室于1969年发明的，与电脑晶片CMOS技术相似，也可作电脑记忆体及逻辑运作晶片。
- ❑ CCD是一种特殊的半导体材料，它是由大量独立的感光单元按照矩阵形式排列组成的。CCD的感光能力比PMT低，但近年来CCD技术有了长足的进步。
- ❑ 由于CCD的体积小、造价低，所以广泛应用于扫描仪、数码相机及数码摄像机中。目前大多数数码相机采用的图像传感器都是CCD。



CCD外观尺寸规格：传统 4: 3 的规格走向
16: 9 / 16: 10 更宽广的界线

• CCD (Charged Coupled Device)

电荷耦合器，大量独立的光敏元件排列在一起，每个光敏元件称为像素。

• 像素

图像的基本单位，最小的视觉显示单位

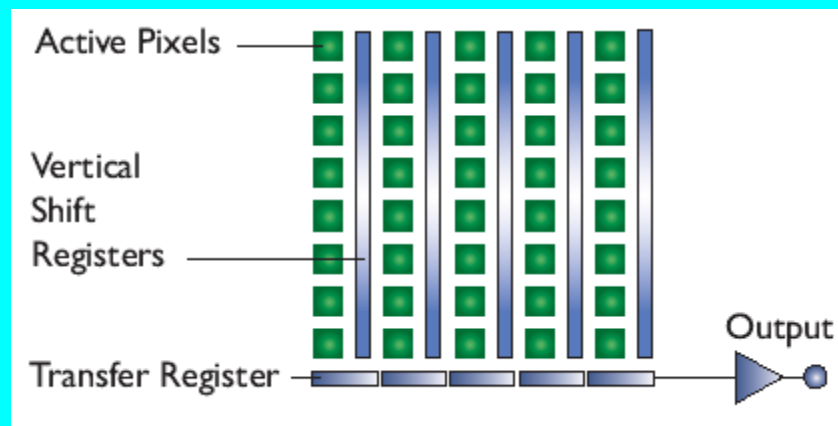
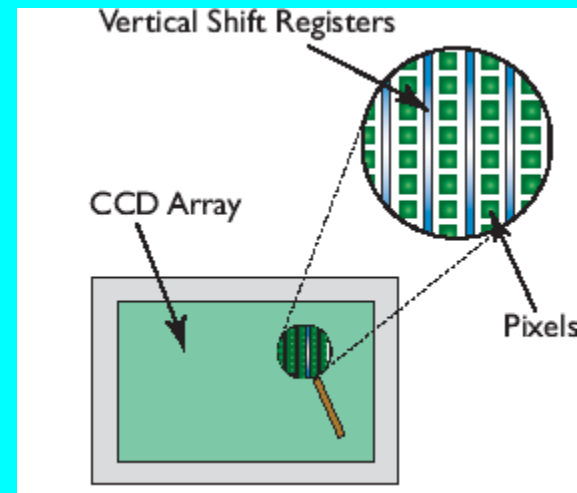
□ CCD本身不能分辨颜色。在实际应用时需要使用色彩滤镜，一般情况下就是在CCD器件的滤镜层涂上不同的颜色，其色块按G-R-G-B(绿-红-绿-蓝)的顺序排列，使每一片滤镜单元下的感光单元感应不同的颜色。

例如，在一个130万像素的CCD上，有325000个像素感应红色，325000个像素感应蓝色，650000个像素感应绿色。在一个使用这种CCD的分辨率为1280x1024的数码相机中，有640x512个红色像素、640x512个蓝色像素和640x1024个绿色像素，绿色像素多一点，是因为人类眼睛对绿色的敏感性和对其它颜色不一样。最后在记录图像时，每个像素的真实色彩就是它与周围像素象混合的平均值。目前大多数数码相机都是采用这种CCD。

CCD 结构及工作原理

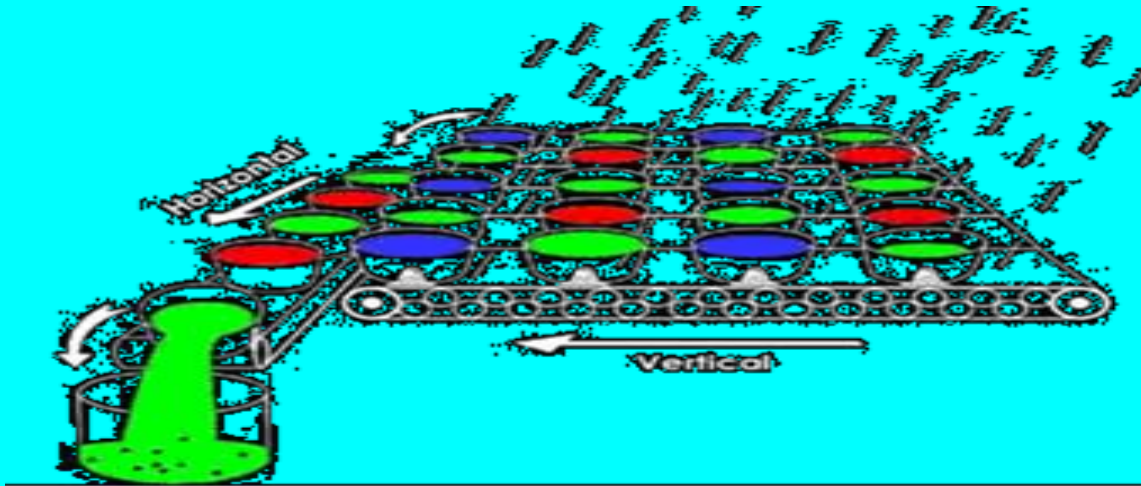
- CCD 结构

- 感光二极管 (**Photodiode**)
- 并行信号寄存器 (**Shift Register**): 用于暂时储存感光后产生的电荷
- 串行信号寄存器 (**Transfer Register**): 用于暂存并行寄存器的模拟信号并将电荷转移放大
- 信号放大器: 用于放大微弱电信号
- 数模转换器: 将放大的电信号转换成数字信号



CCD的工作原理

- CCD的结构就象一排排输送带上并排放满了小桶，光线就象雨滴撒入各个小桶，每个小桶就是一个像素。
- 按下快门拍照的过程，就是按一定的顺序测量一下某一短暂的时间间隔中，小桶中落进了多少“光滴”，并记在文件中。
- 一般的CCD每原色的光度用8位来记录，即其小桶上的刻度有8格，也有的是10位甚至12位，10位或12位的CCD在记录色彩时可以更精确，尤其是在光线比较暗时。
- 早期的CCD是隔行扫描的，同一时刻，每两行小桶，只有一行被测量，这样可以提高快门速度，但图像精度大为降低。随着技术的进步，人们已能让CCD记录在几十分之一秒，甚至几千分之一秒的时间里，落进各个“小桶”的“光滴”的量，所以，新的CCD一般都是逐行扫描的。



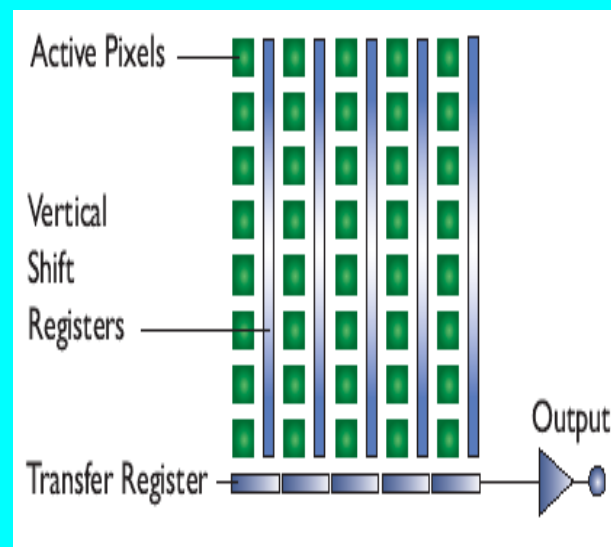
CCD 种类-传输方式

隔行传输式 (Interline Transfer)

- 感光元件产生电信号
- 电荷转移到并行寄存器
- 电荷从并行寄存器转移到串行寄存器
- 串行寄存器将电信号转到模拟寄存器
- 放大、数模转换、数字信息

- ❖ **快速**：曝光和数据读出可同时进行
- ❖ **可采用软件控制电子快门工作**

➤ **动态范围小**：暂存区占据了部份感光面积，因此**动态范围 (Dynamic Range - 系统最亮与最暗之间差距所能表现的程度)** 较小

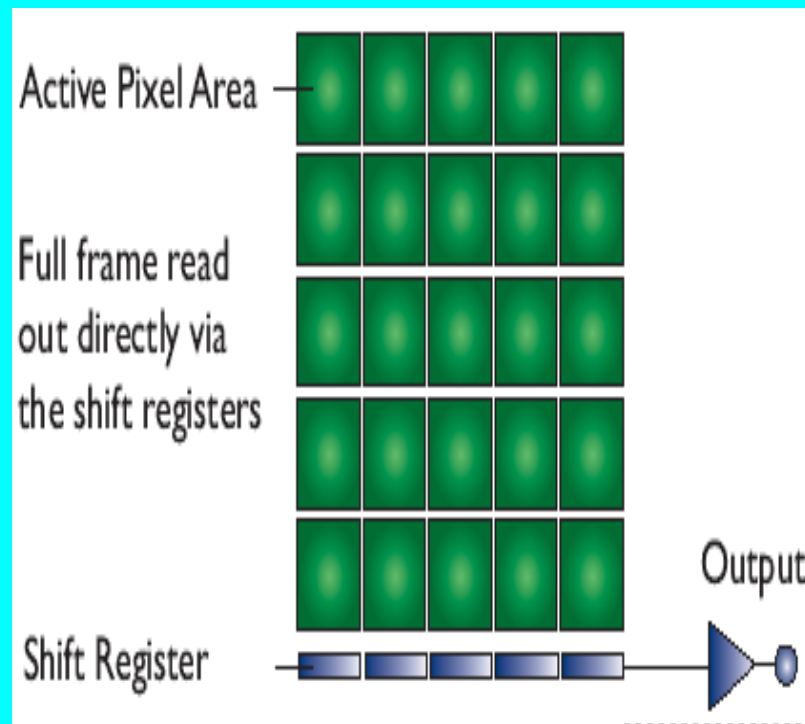


CCD 种类-传输方式

全帧 (Full Frame)

- 感光元件产生电信号
- 电荷转移到串行寄存器
- 放大、数模转换、数字信息

- ❖ 动态范围宽
- ❖ 信噪比高
- ❖ 分辨率高
- 成像速度慢
- 必须借助机械快门控制曝光量



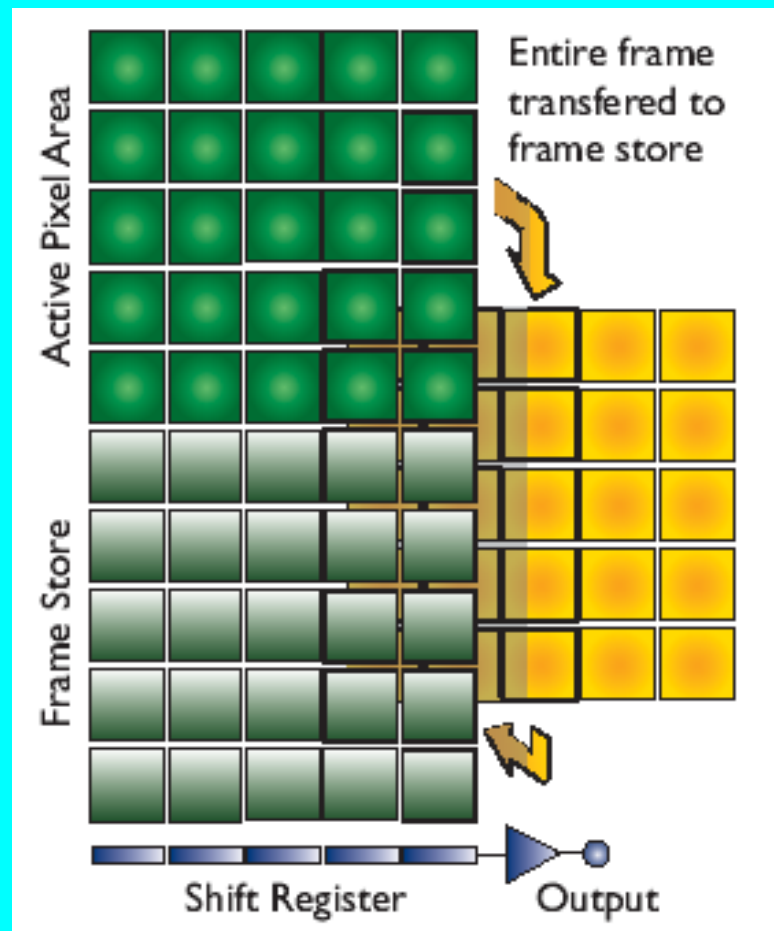
- ✓ 可以利用整个感光区域（没有暂存区的设计），有效增大感光范围
- ✓ 同时也适用长时间曝光，其曝光过程和 Interline 相同
- ✓ 不过感光和电荷输出过程是分开。因此，使用 FF CCD的数字相机在传送电荷信息时必须完全关闭快门，以隔离镜头入射的光线，防止干扰。这也意味着 FF 必须使用机械快门（无法使用 IL 的电子 CLOCK 快门），同时也限制了FF CCD的连续拍摄能力

CCD 种类-传输方式

全转 (Full Fransfer)

-综合Full Frame和Interline Transfer特点，在器件上划分感光区和寄存区，曝光和数据转移可以同时进行

- ❖ 保证单位像素上的感光面积
 - ❖ 保证了拍摄速度
- 分成两个部分，上半部分是感光区，下半部则是暂时存储区。直接规划了一个大型暂存区。一旦FT CCD 运作，它可以迅速将电荷转移到下方的暂存区中，本身则可以继续曝光拍照。



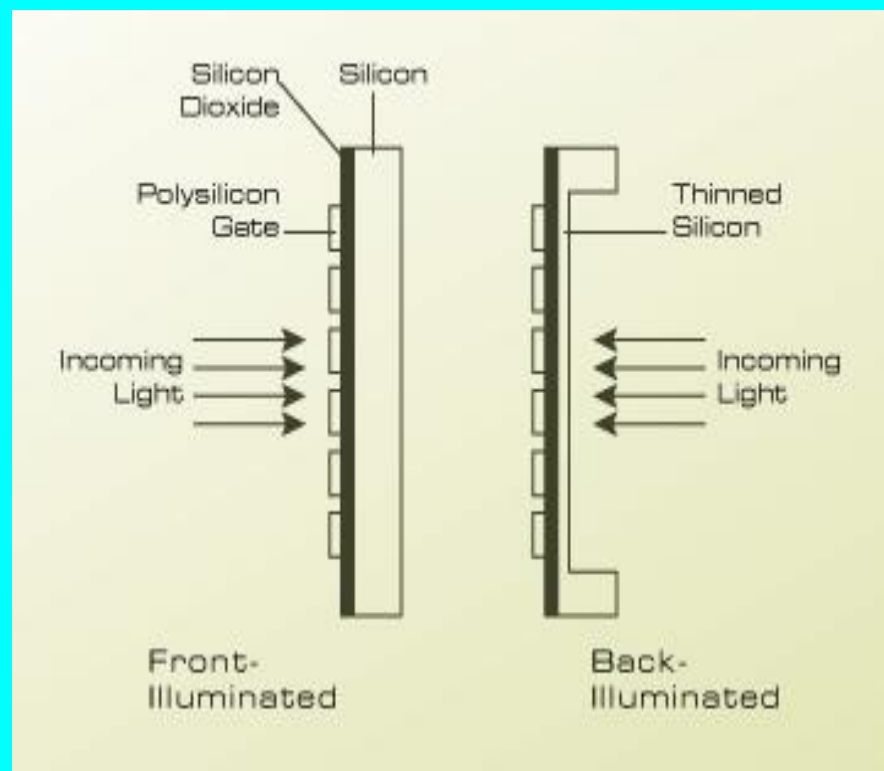
CCD种类-采光方式

前照式:

光从正面照射芯片形成电荷

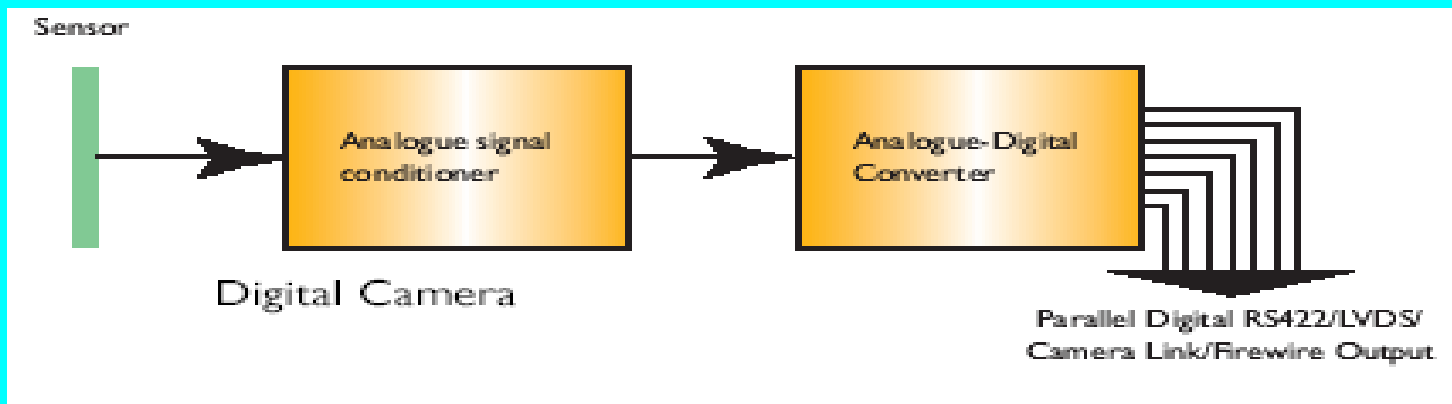
背照式:

光从背面通过并直接进入二极管, 光子效率可达到80%



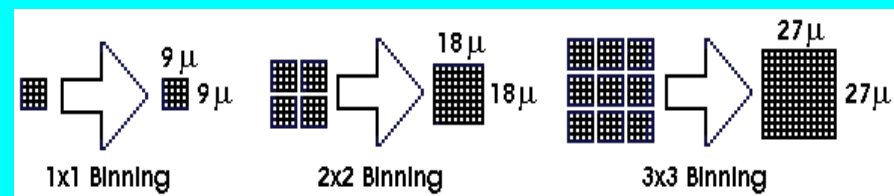
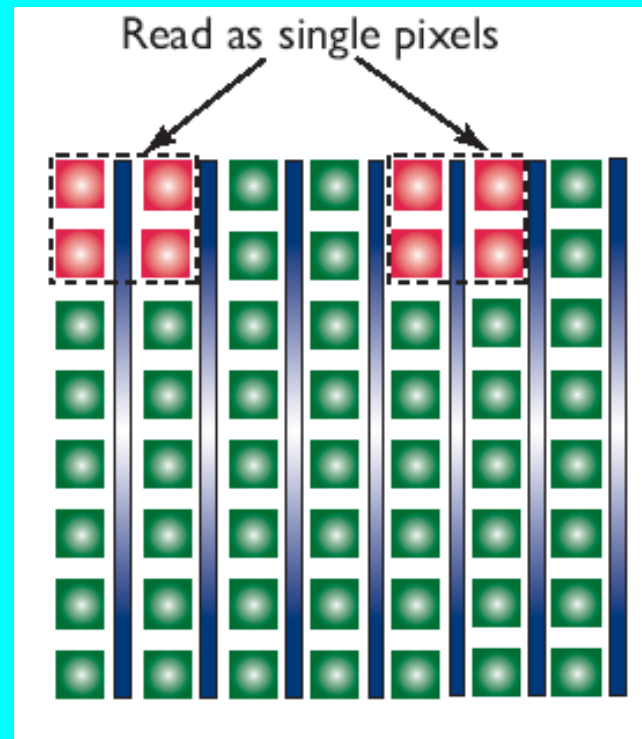
数字化 (Digitization) - 模拟信号转换成数字信号

- 计算机运用2进制运算法则来将CCD采集的电信号转换成数字信号
- 12bit=4096; 14bit=16384; 16bit=65536



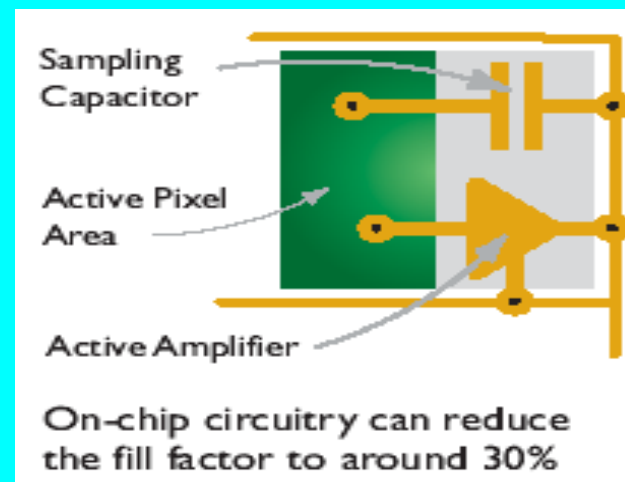
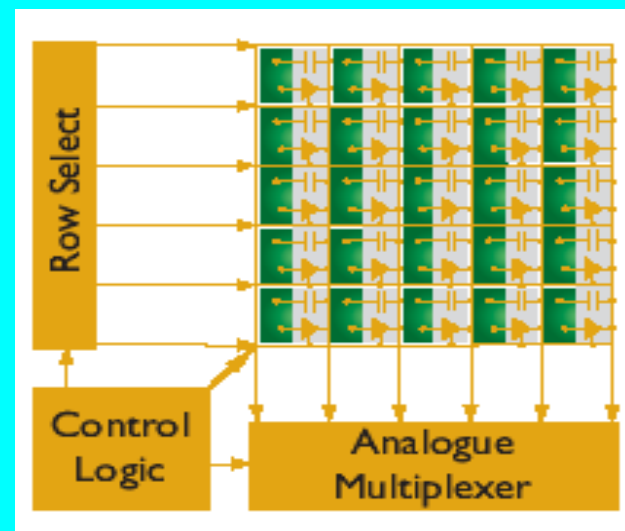
像素合并 (Binning)

- ✓ 将相邻的像素所堆积的电荷进行合并并当作一个单一的像素输出信号
- ✓ 提高灵敏度 (2x2bin提高4倍灵敏度)
- ✓ 降低分辨率 (2x2bin降低一半的分辨率)



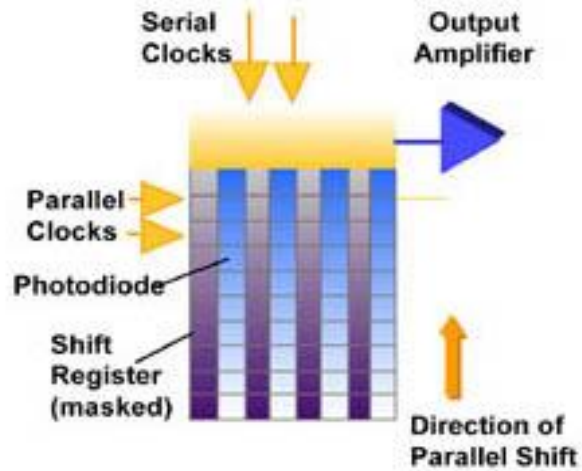
互补金属氧化物半导体 (CMOS , Complementary Metal Oxide Semiconductor)

- **核心元件**：感光二极管 (Photodiode)
- 同一像点当中包含放大器和数模转换电路 (一个感光二极管和三颗晶体管)
- **开口率低** (开口率：有效感光区与整个感光元件面积比值)
- **灵敏度低、噪声明显**
- **数模转换无法保证严格一致**

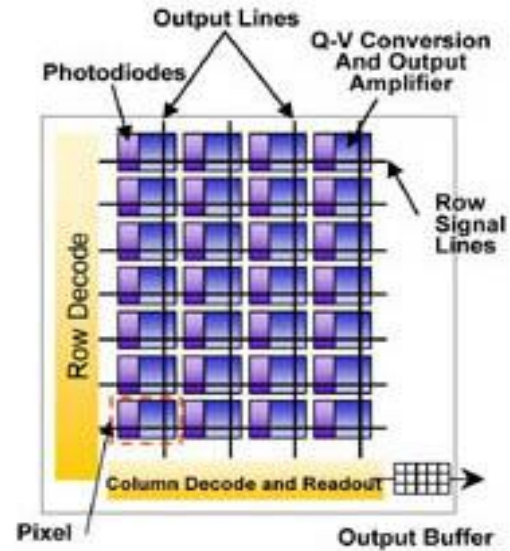


CCD v.s. CMOS

Interline Transfer CCD



CMOS Imager



CCD与CMOS的比较:

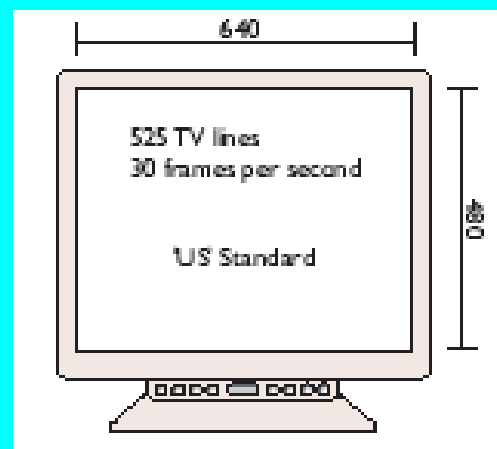
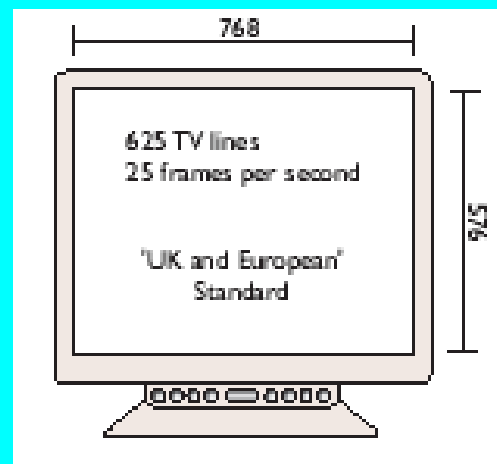
- ✓ CMOS结构相对简单，它与CCD最大的不同在于，CCD是以行为单位的电流信号，而CMOS是以点为单位的电荷信号。相比，CMOS具有功率低，高整合度的特性。
- ✓ 在低端产品中使用COMS，主要由于较小尺寸的COMS，价格比CCD便宜很多，其工艺也很差，从而造成自身反差小，在噪点的控制上和成像质量方面问题很大。

接口 (Camera Interface)

- Camera Link:** 在Channel Link基础上开发可进行高速数据传输
- FireWire 及 IEEE 1394:** 苹果电脑公司开发, 最初用于电脑外部设备的连接
- USB:** 高速、热插拔接口, 最初用在电脑外部设备的连接
- Gigabit Ethernet:** 高速网络协议允许数据在网络中传输, 该接口技术目前正在发展当中

CCD执行标准

- CCIR (Consultative Committee for International Radio—欧洲标准
- RS170 (EIA) --美洲标准



- 内容回顾
- 光和电磁波谱
- 图像传感器
- 视觉系统
- 视觉现象
- 彩色空间

- 视觉系统基本构造
- 视觉现象
- 视觉模型
- 色彩与灰度

- 人类视觉的研究是许多学者所关注的课题。
- 视觉是人的主要感觉功能，人的视觉系统能完美地完成许许多多复杂的信息处理功能。
- 视觉研究所涉及的学科
 - 物理学、心理学、生理学、解剖学、计算机科学等

- 研究视觉系统

如何获得外界丰富的信息

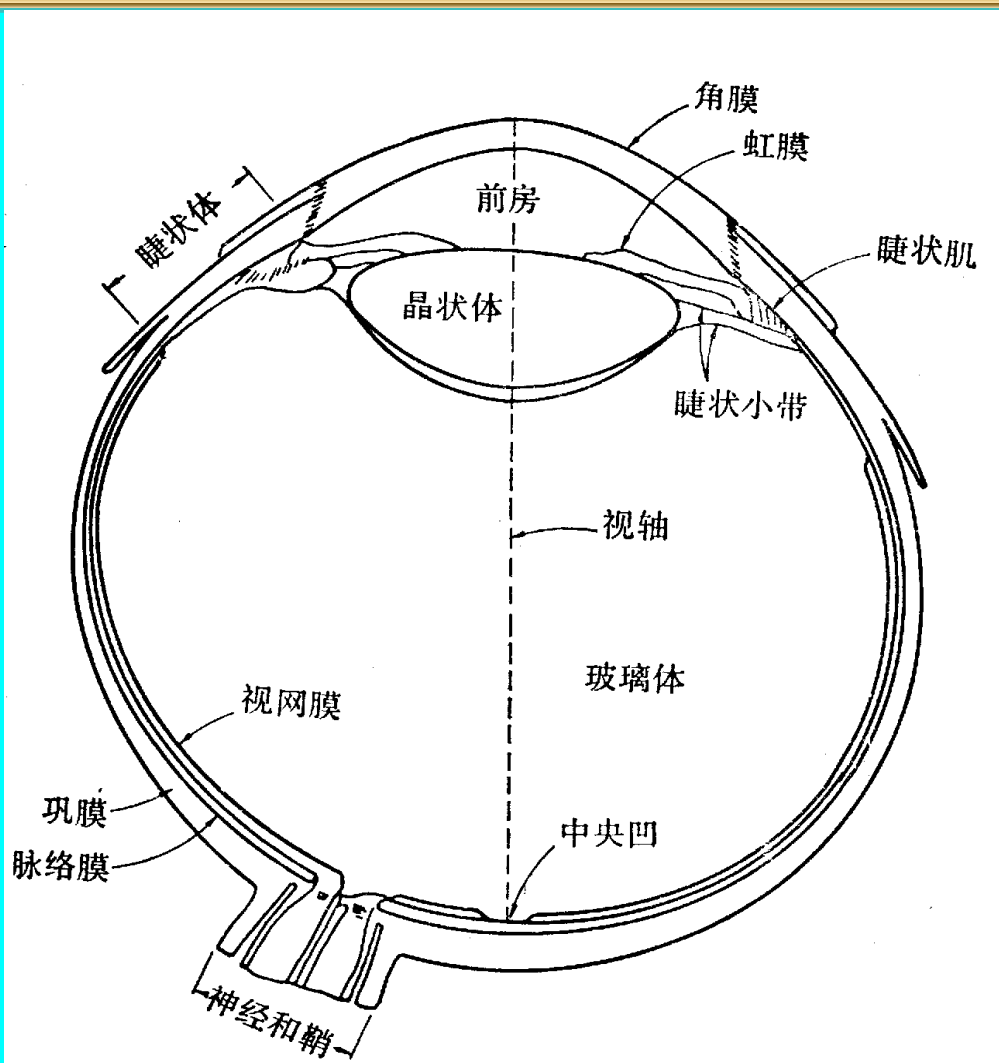
如何压缩编码

如何在大脑里表示这些信息

如何作出决策和行动



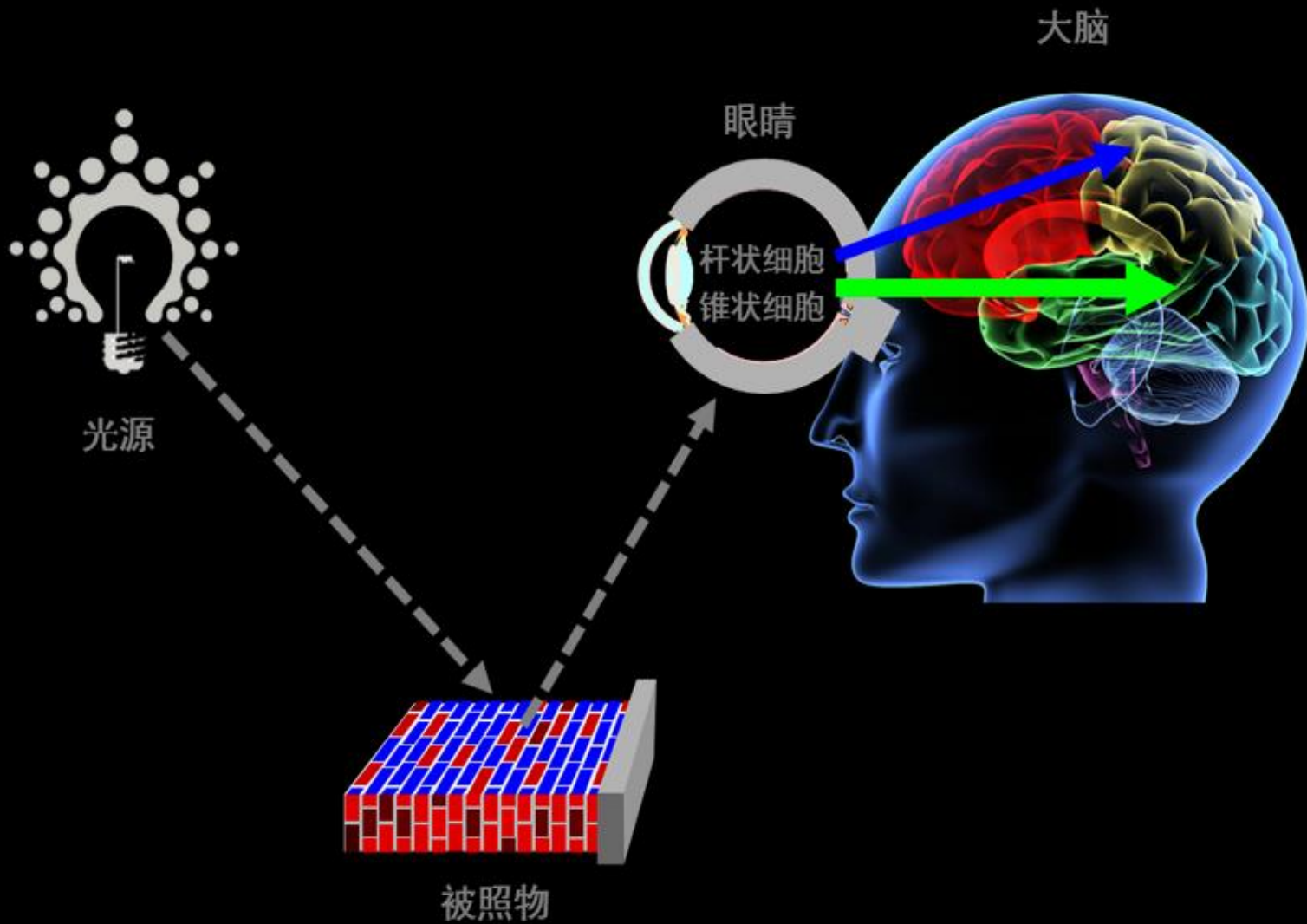
视觉系统基本构造(1)



• 眼球结构

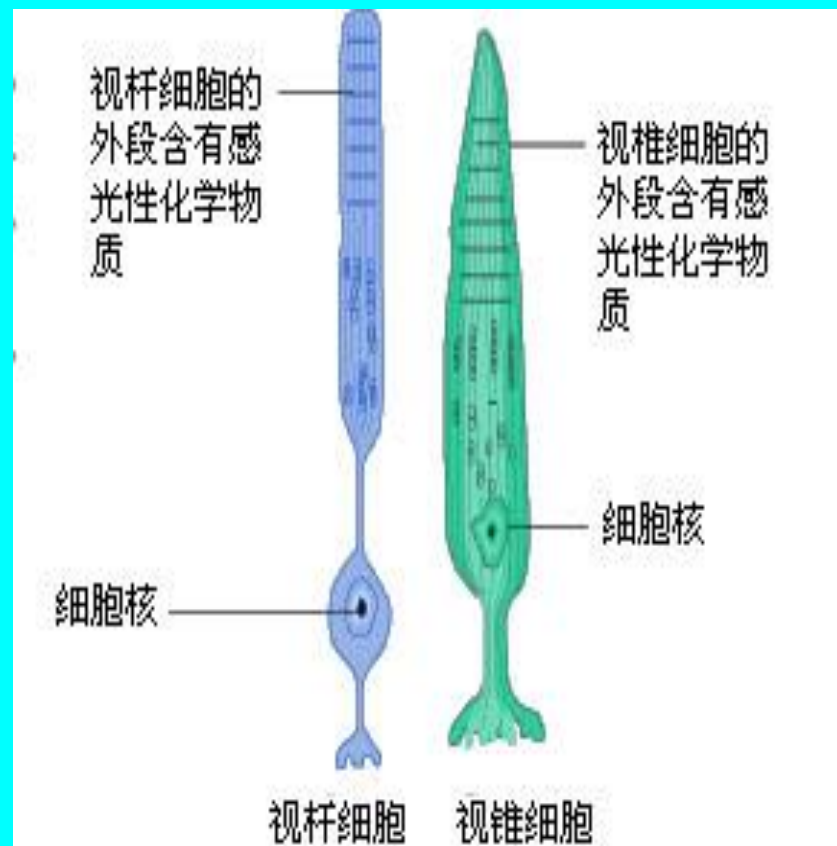
- 平均直径: 20mm
- 虹膜: 控制入光量、2mm - 8mm
- 视网膜: 图像视觉
- 锥状细胞: 中央凹
颜色 and 细节识别
600万 - 700万
- 杆状细胞: 亮度
7500万-15000万
- 夜视和昼视

视觉系统基本构造(1)



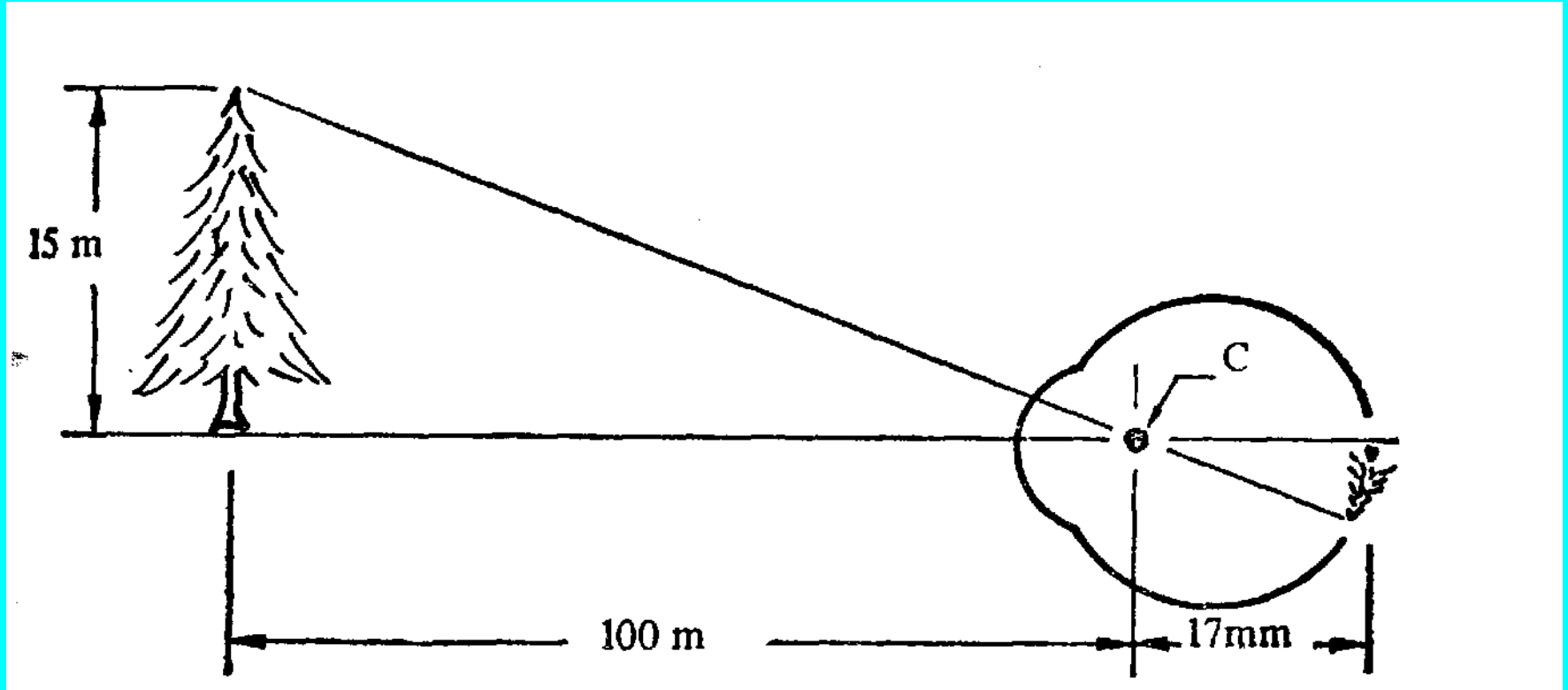
视杆细胞

视杆细胞对暗光敏感，故光敏感度较高，但分辨能力差，在弱光下只能看到物体粗略的轮廓，并且视物无色觉。



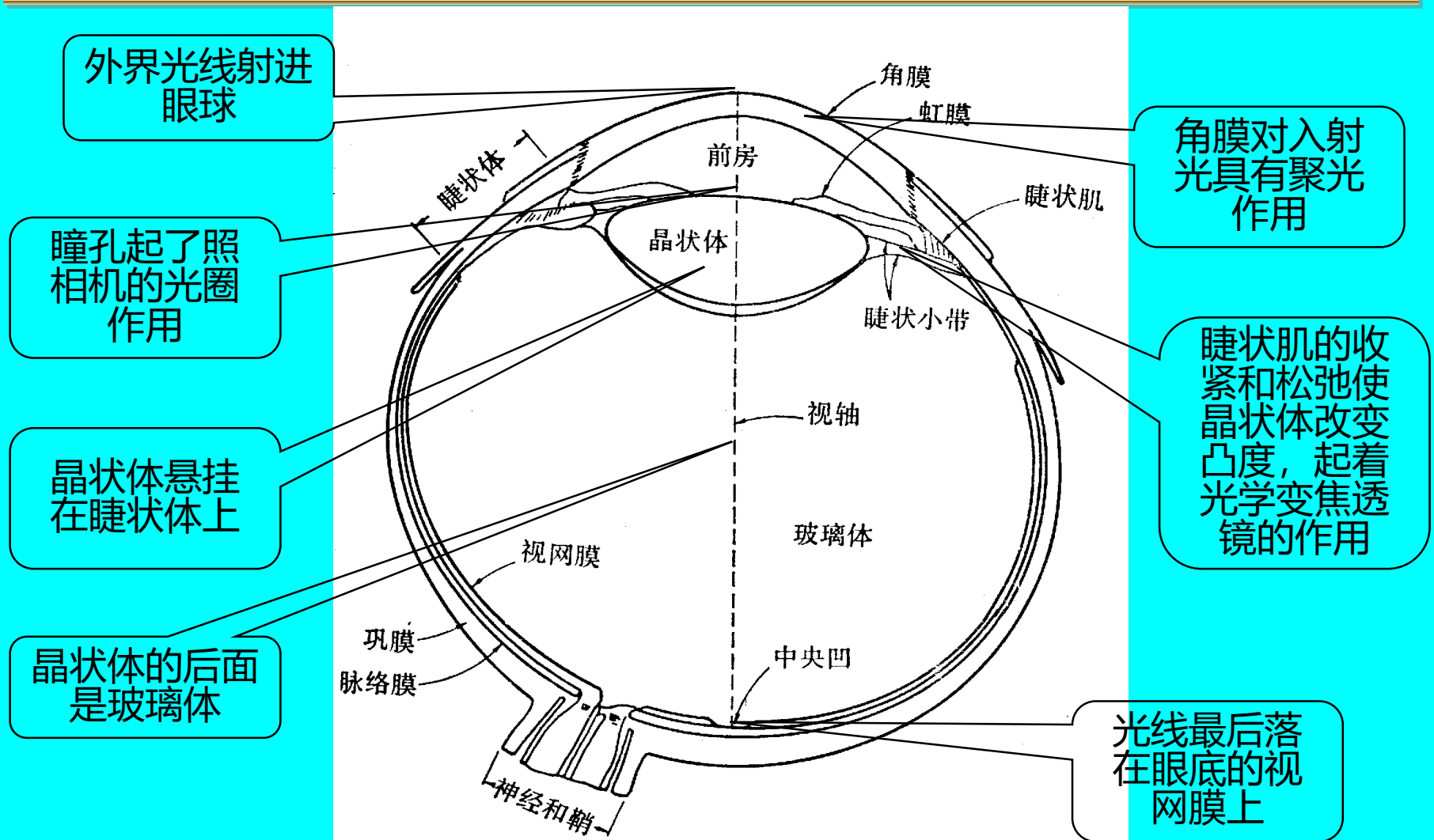


视觉系统基本构造(3)



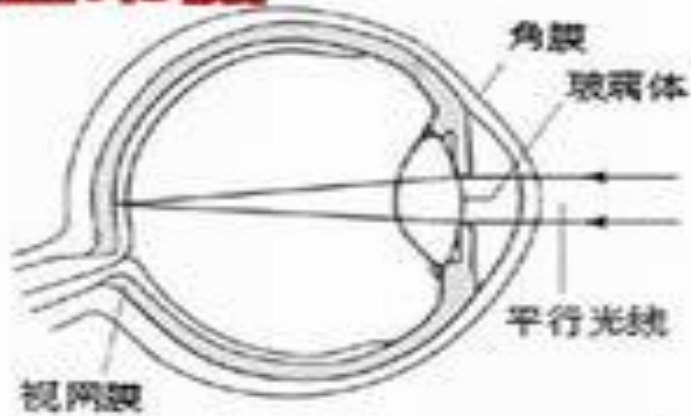
- 眼睛观察树的光学表示方法
- 晶状体的聚焦中心与视网膜(14mm-17mm)
- 由睫状体的韧带张力控制晶状体的扁厚

眼睛中图像的形成

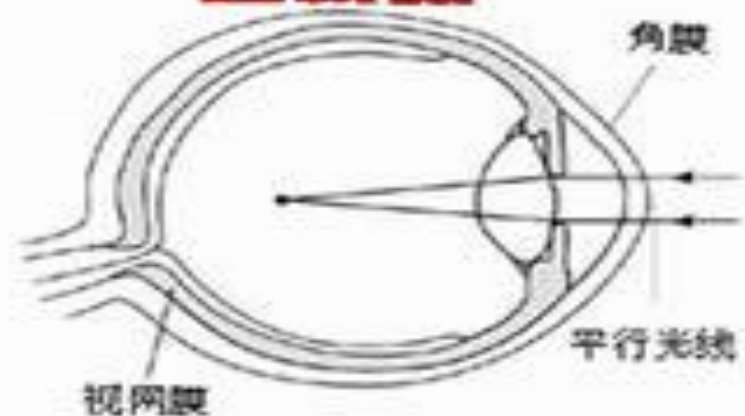


眼睛中图像的形成

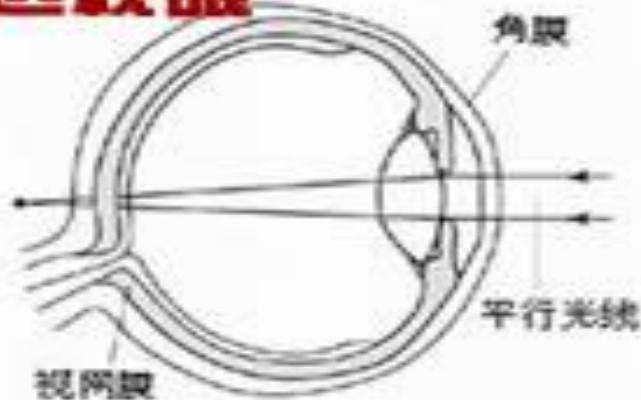
正常眼



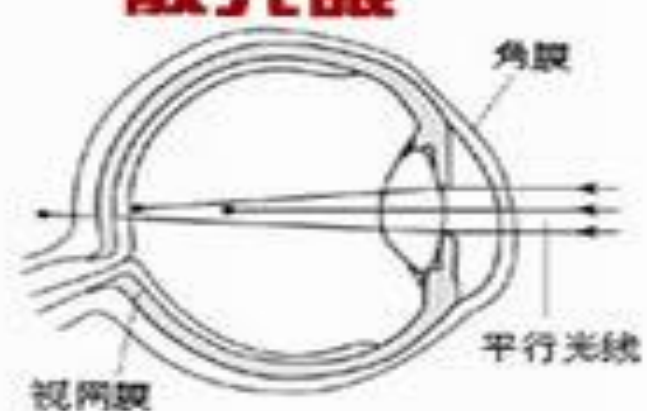
近视眼



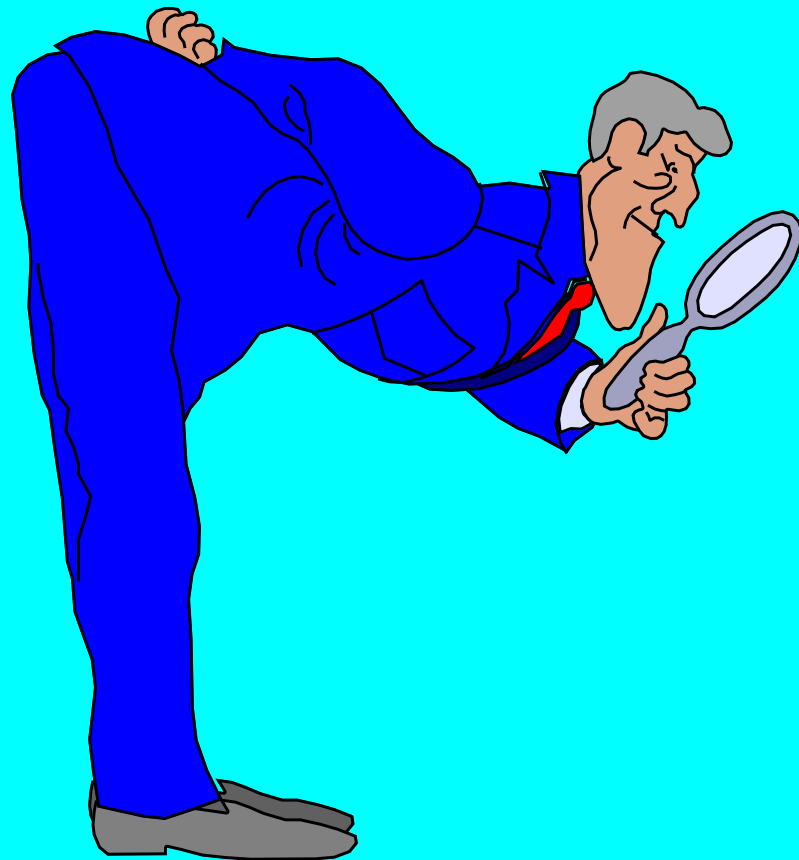
远视眼



散光眼



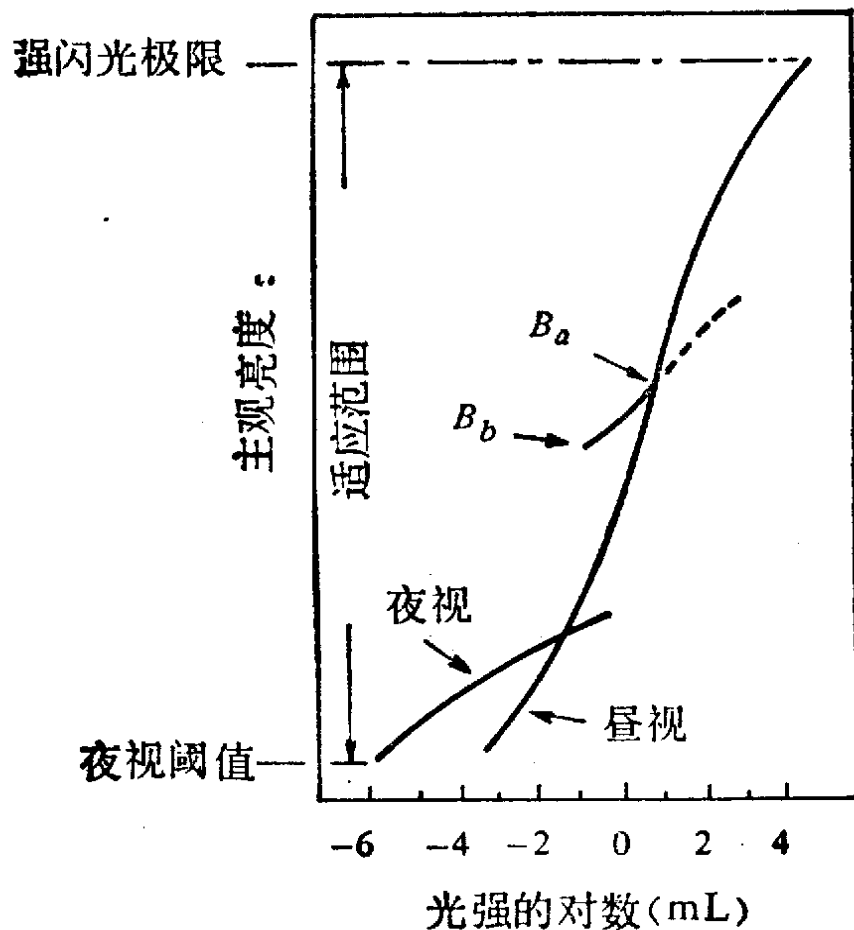
- 内容回顾
- 光和电磁波谱
- 图像传感器
- 视觉系统
- 视觉现象
- 彩色空间



• 眼
• 见
• 为
• 实
• ?

- **明亮→较暗→现象?**
 - 逐渐能够看清物体→暗光适应(20 ~ 30s)
- **较暗→明亮→现象?**
 - 逐渐能够看清物体→亮光适应(1 ~ 2s)

亮度适应能力(2)



- 实验数据表明主观亮度是进入眼内的光强度的对数函数。
- 人能适应亮度的范围从暗视阈值到强闪光之间的光强度差别约为 10^{10} 级。
- 在交点以上，主观感觉亮度是更亮，而在交点以下，主观感觉是更暗



- 背景灰度：从明亮到黑暗
- 小方块哪个暗？？？
 - 灰度相同

- **同时对比度**

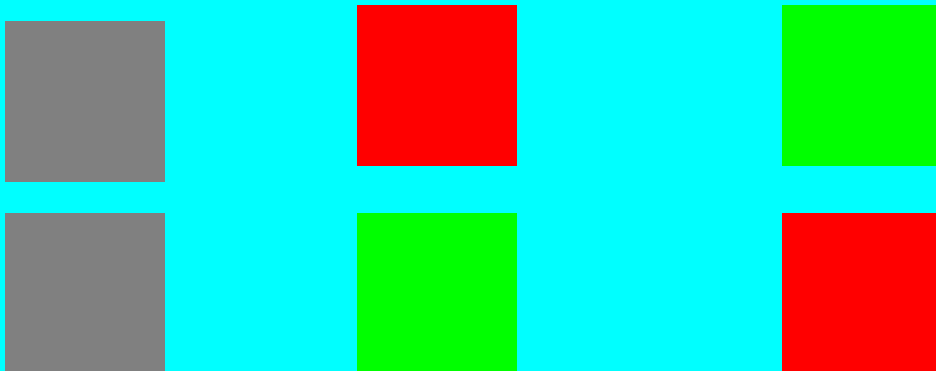
- 亮度对比
- 色度对比

- **亮度对比**

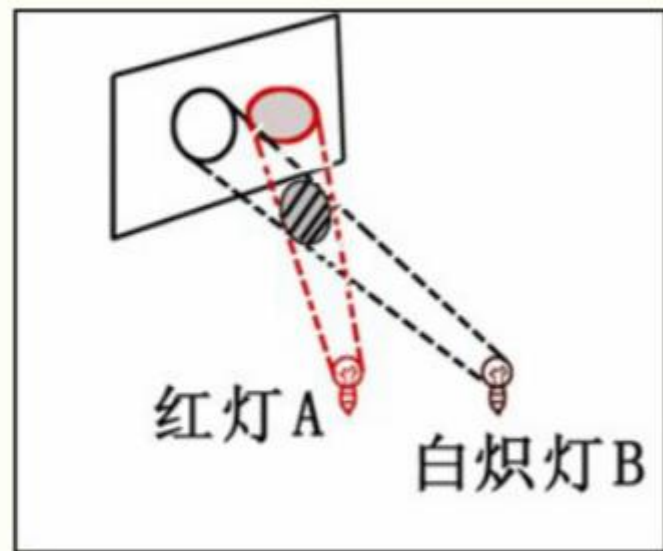
- 背景亮度不同，人眼所感受的主观亮度值也不一样。
- 同时对比效应随着背景面积增大而显著

- **色度对比**

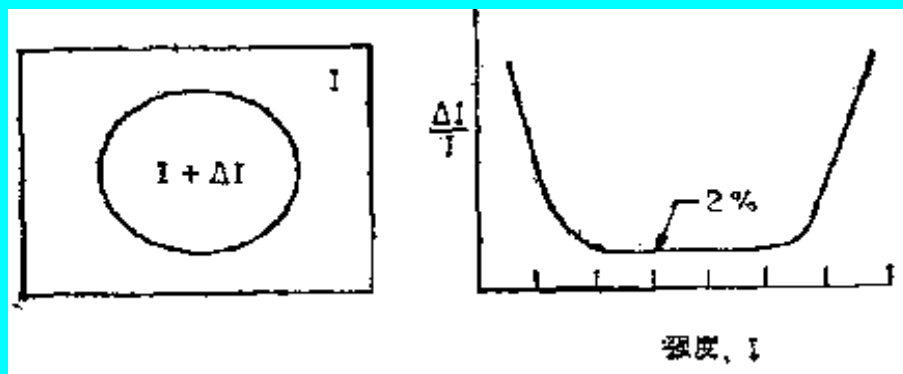
物体 → 背景 → 视觉



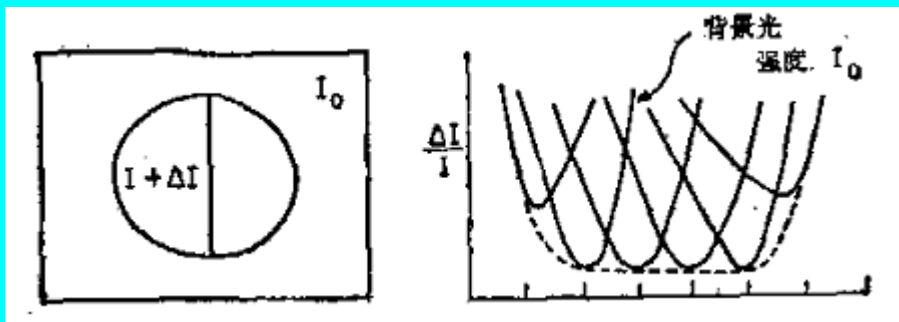
在白墙壁前立一小圆板，
开红灯时在圆板阴影下应为白墙
上的黑影；当打开白小灯后，久
视墙上红光的圆板阴影处，会呈
现红灯的补色—青色。这一现象
非常明显。



颜色对比演示

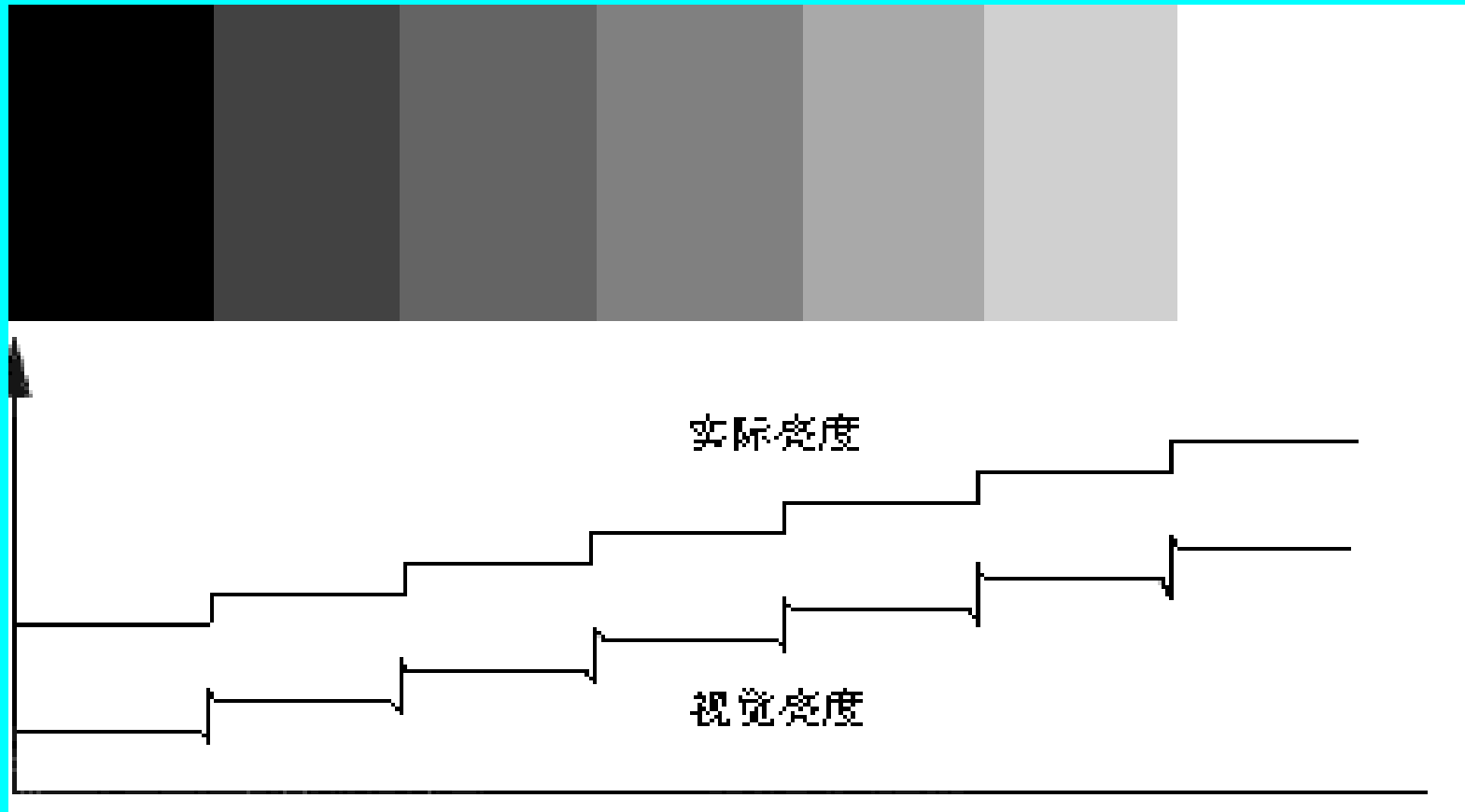


- **无环境照度**
 - 背景均匀照度 I
 - 光斑照度为 $I + \Delta I$ ，眼睛刚能分辨出的照度差是 I 的函数
 - 当背景照度 I 增大时，分辨出的光斑 ΔI 也增大
 - 韦伯比为 0.02
 - 在中间强度范围内 $\Delta I / I$ 的数值为一常数。
 - 在亮度很强或很弱时，这个数值就不再保持为常数。



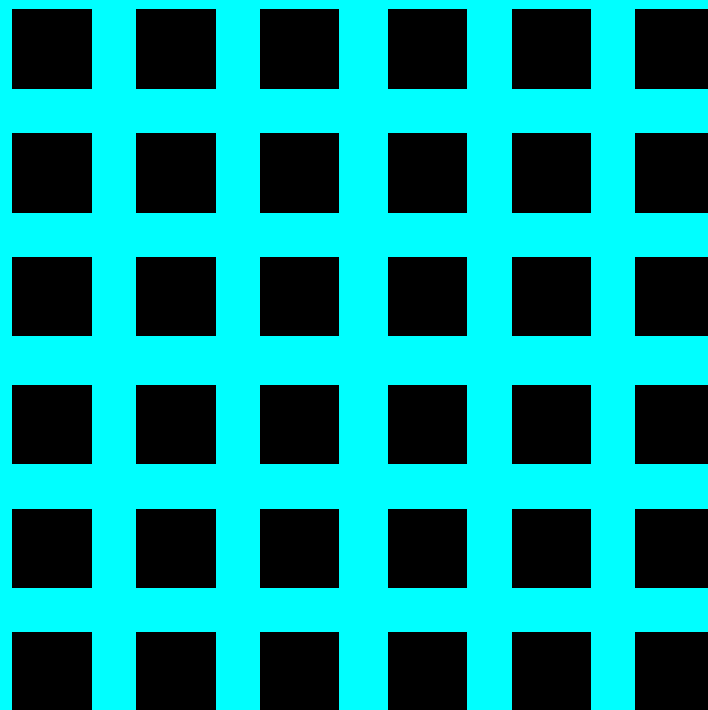
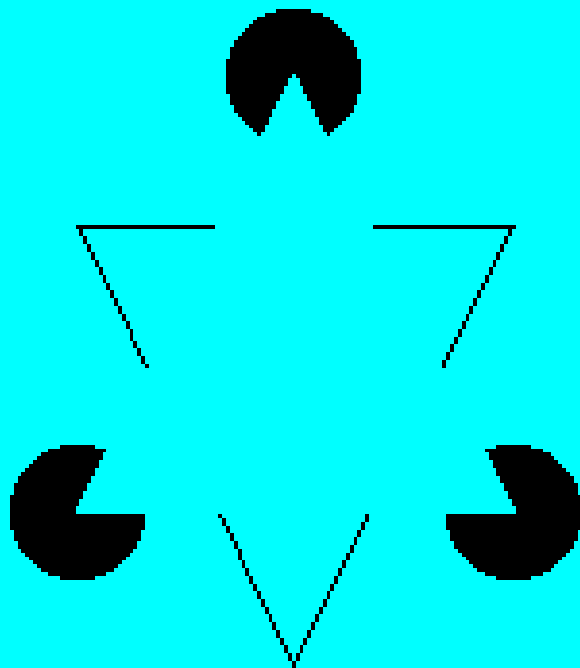
• 有环境照度

- 眼睛的对比灵敏度还与周围环境有关。
- 周围环境的照明强度为 I_0 。
- 设有两个相邻的光斑，一个强度为 I ，另一强度为 $I + \Delta I$ 。
- $\Delta I / I$ 比值为常数的范围要大大减小，而且是环境照明强度 I_0 的函数
- 图中曲线谷点的包络线与无环境照度曲线相同。



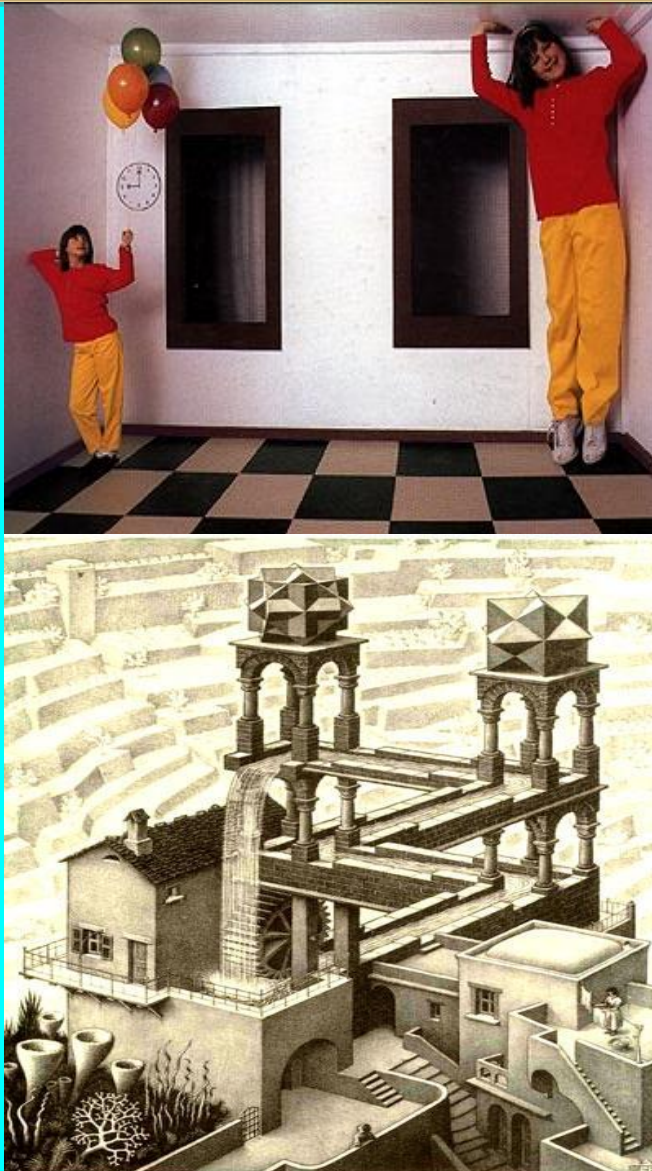
- Mach在1865年讨论了“Mach带”现象
- “Mach带”
 - 一条有均匀黑的区域和均匀白的区域
 - 每级阶跃的灰度差相同
- “Mach带”，人们在观察现象：
 - 每个条带内灰度是不均匀的
 - 每级阶梯的右边比左边更暗



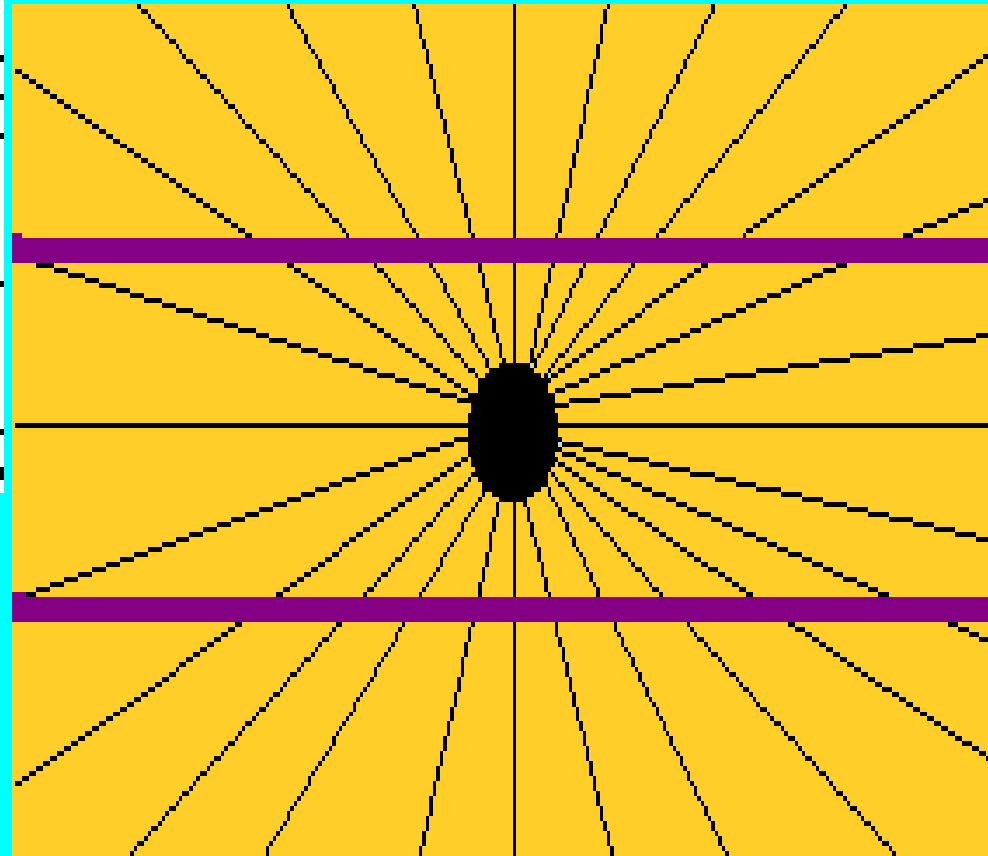
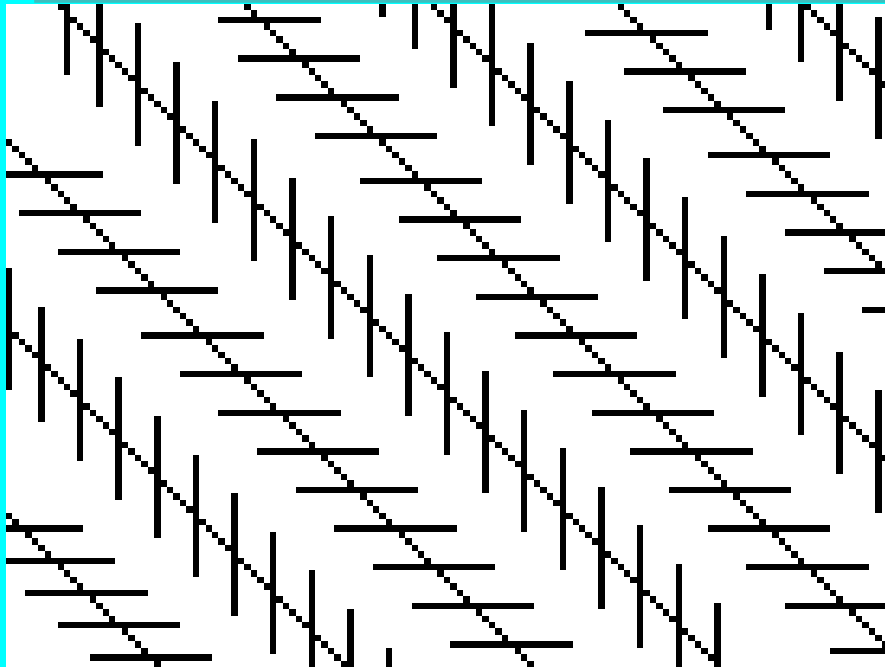


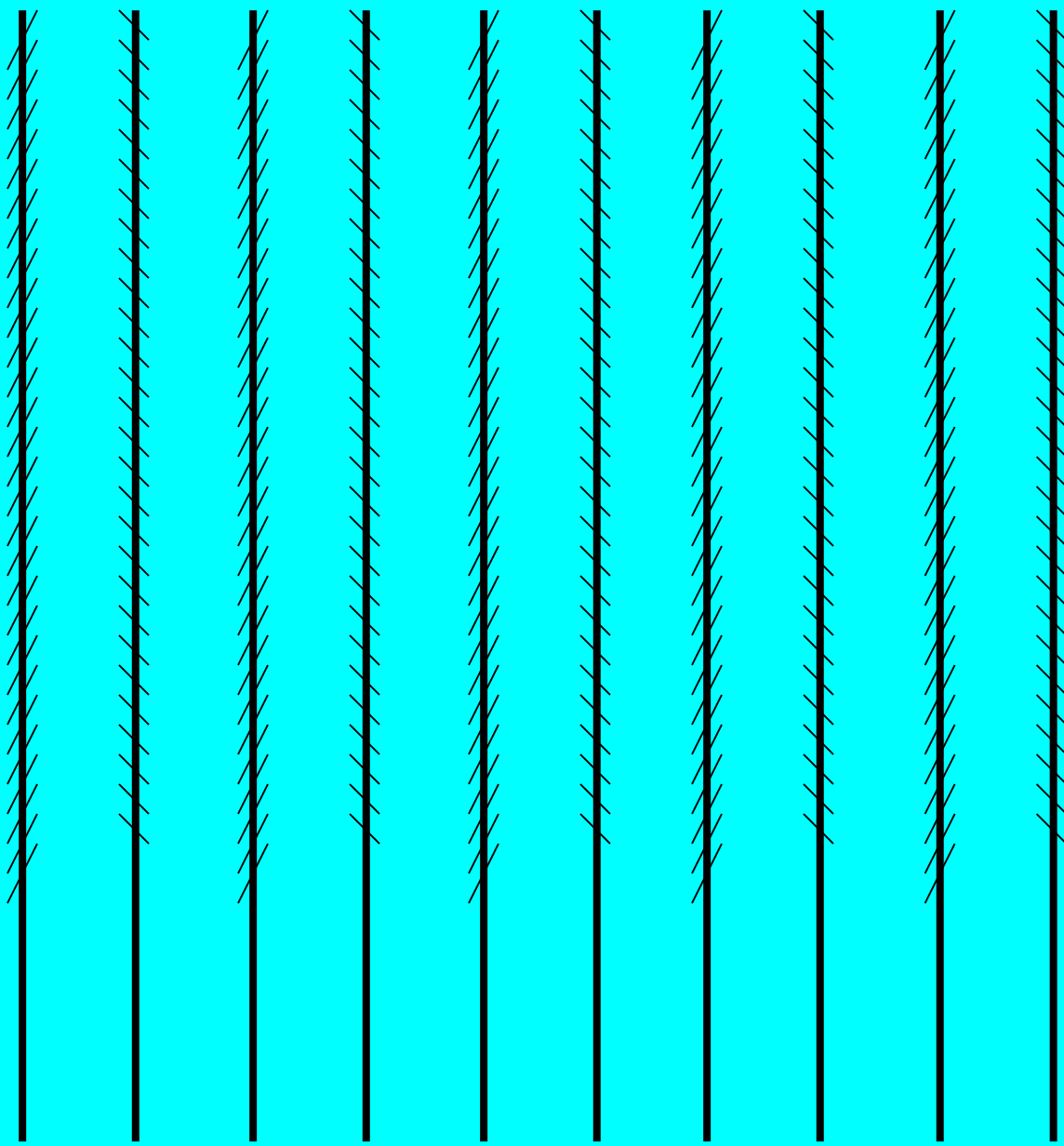
- 主观轮廓

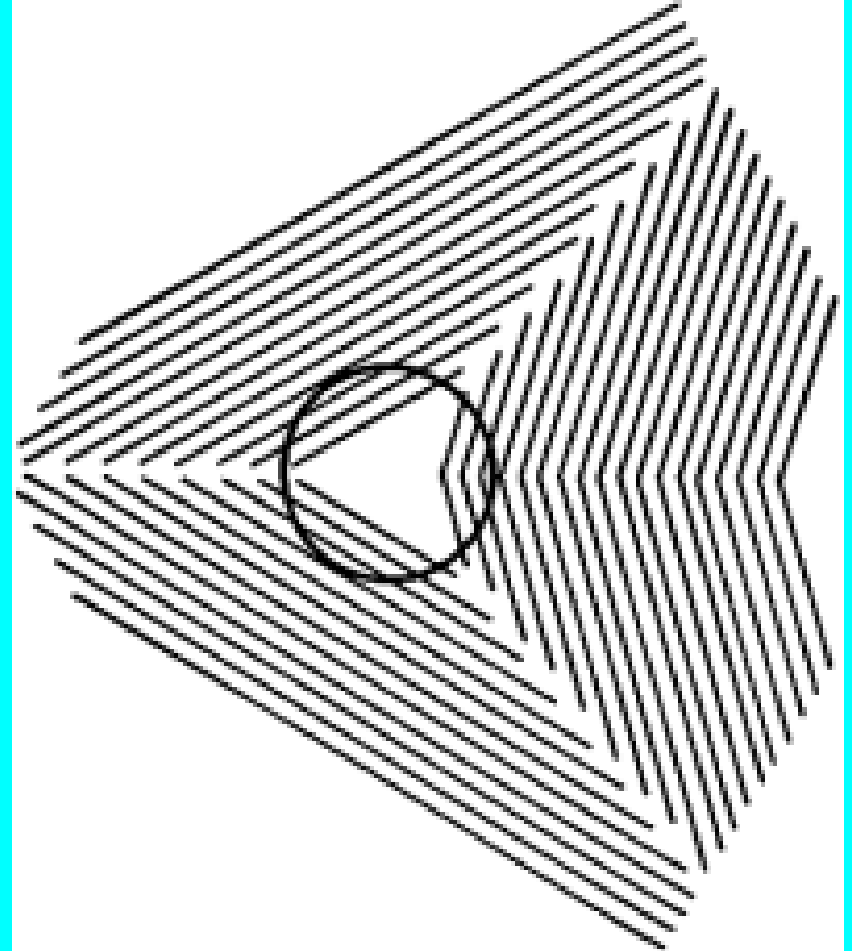
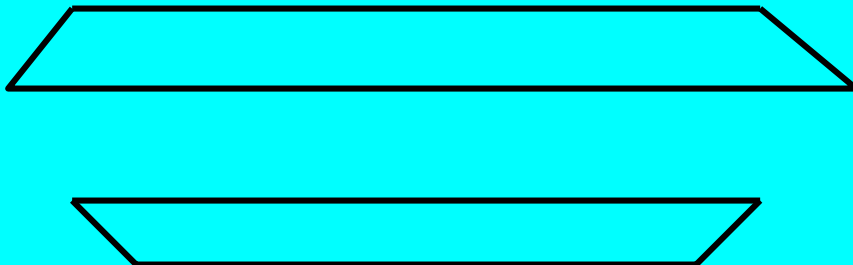
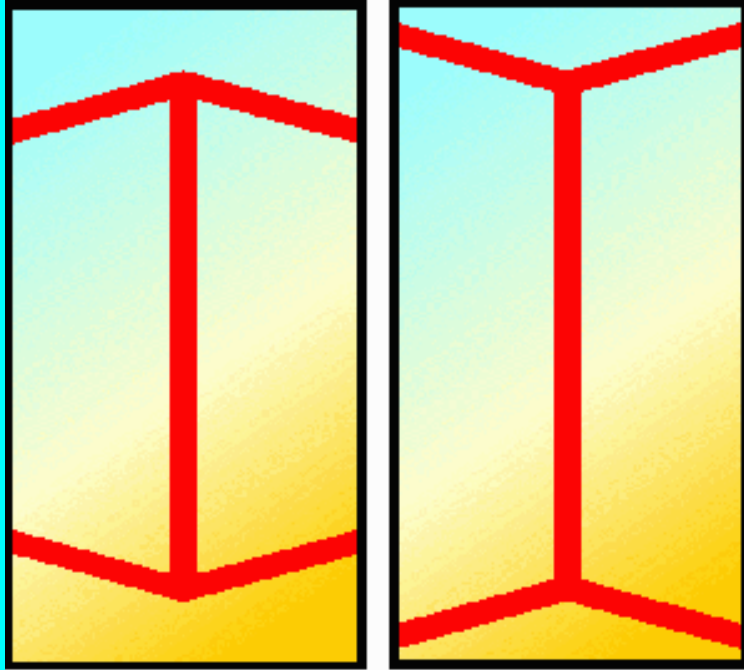
- 主观上感知的轮廓，实际上这个边界并不存在

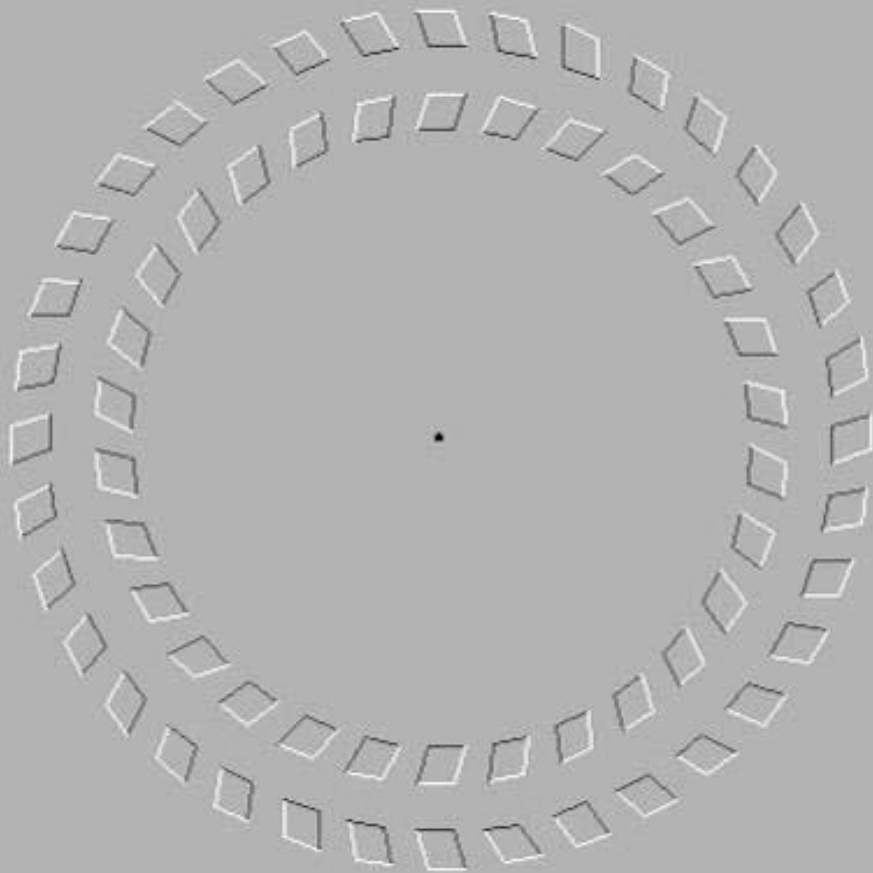


- 古代希腊艺术家意识到**空间错觉**，在建筑设计中引入补偿校正技术以保持对物体及感觉的对称性。
- 空间错觉产生的解释尚需对大脑功能进一步的认识后才能得到满意的解释。





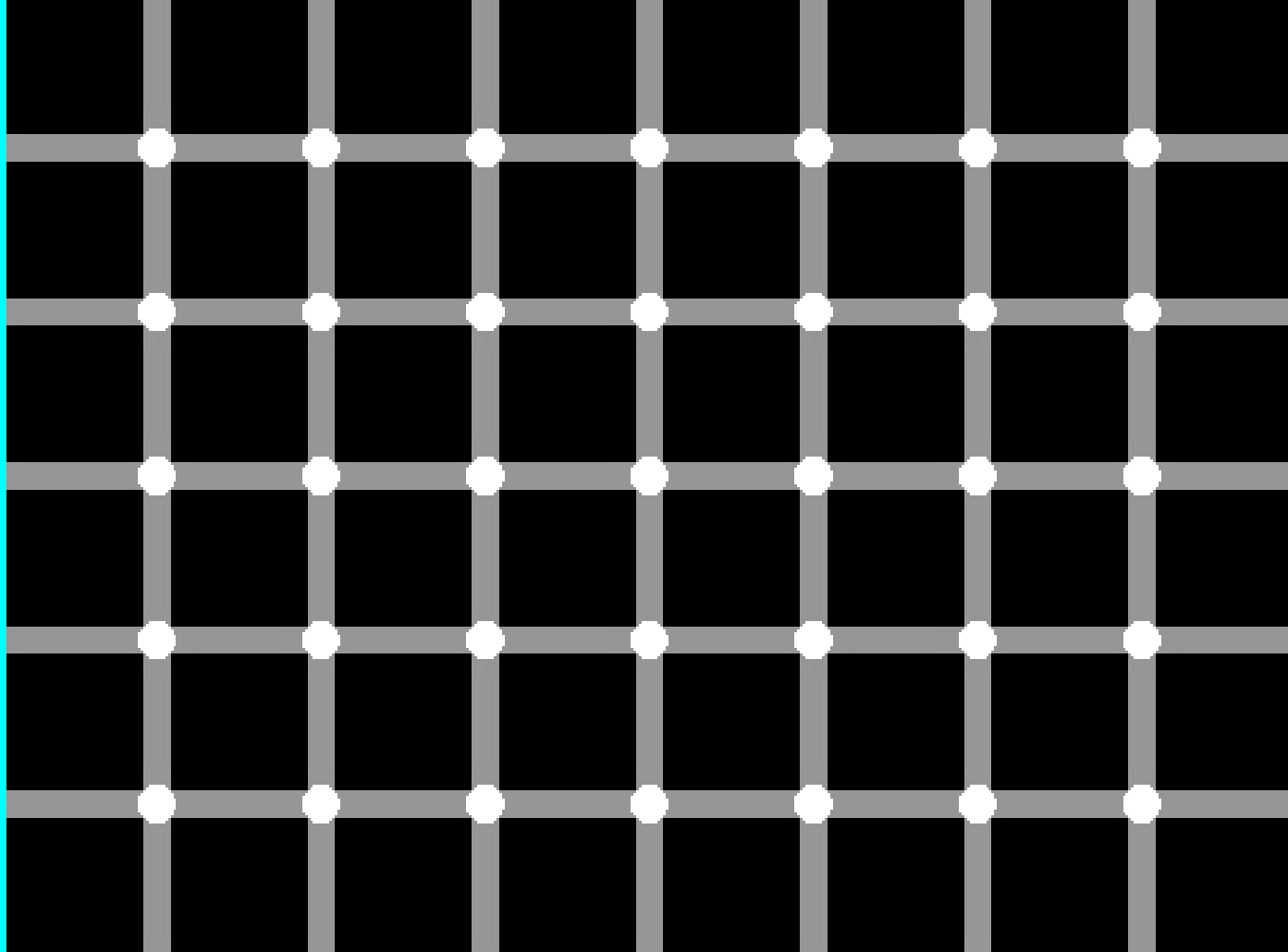


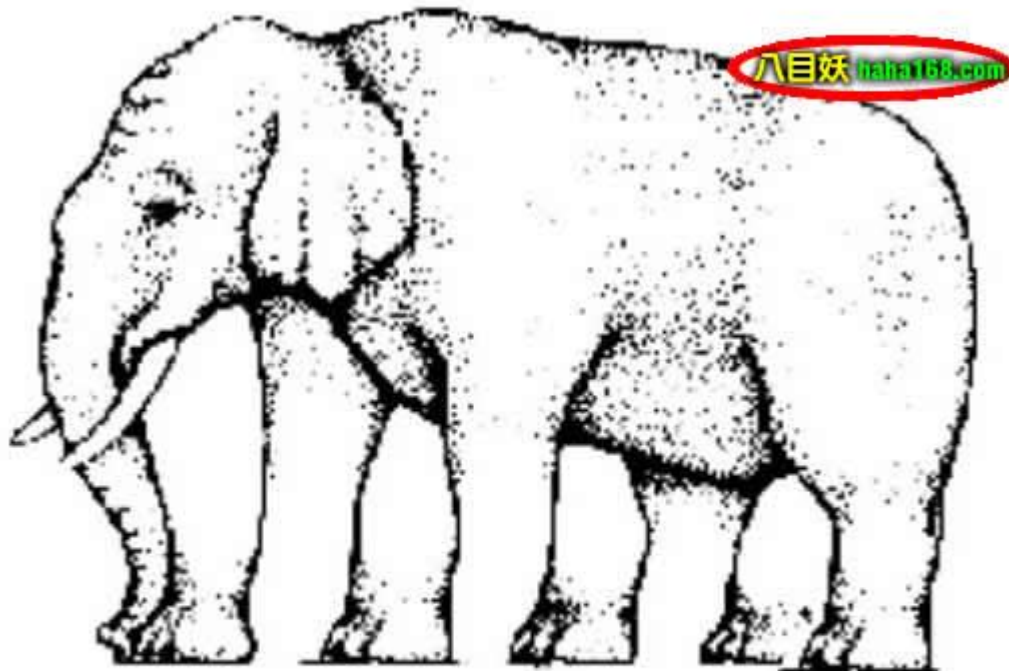


FOCUS ON THE DOT IN THE CENTRE AND MOVE YOU HEAD BACKWARDS AND FORWARDS.
WEIRD HEY....

- 看着黑点，
前后移动身体，您看到了什么？

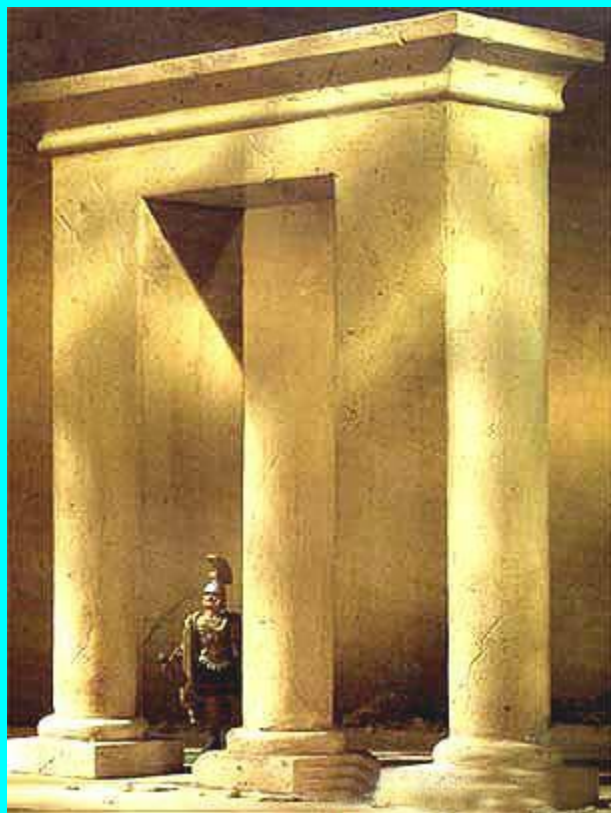


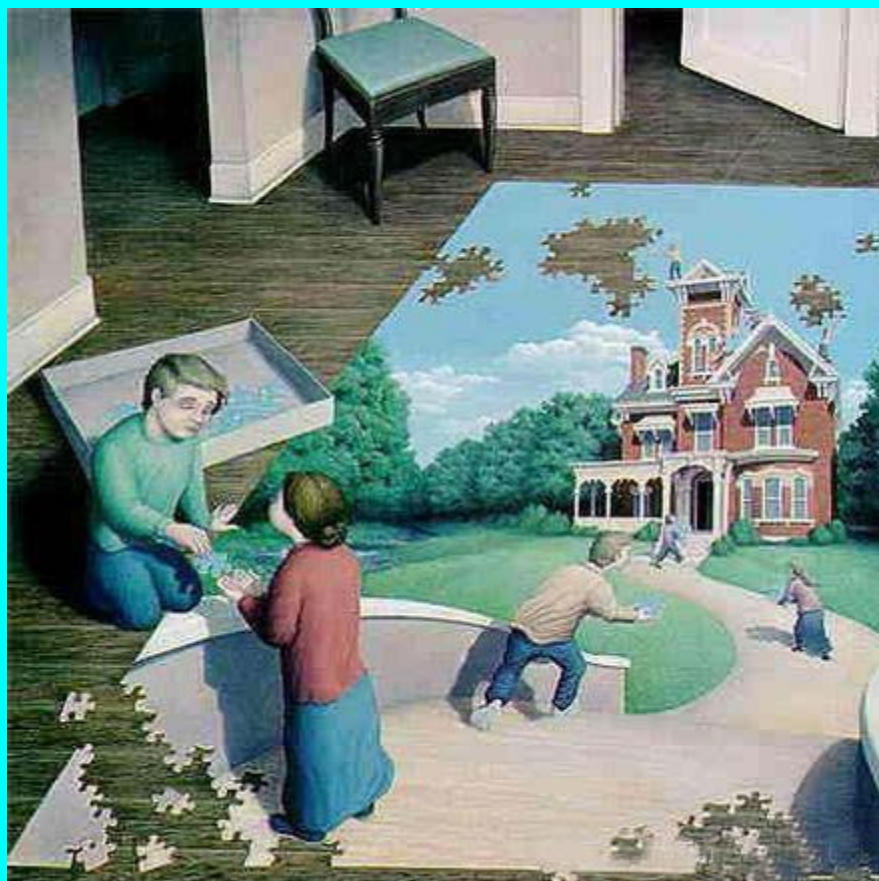




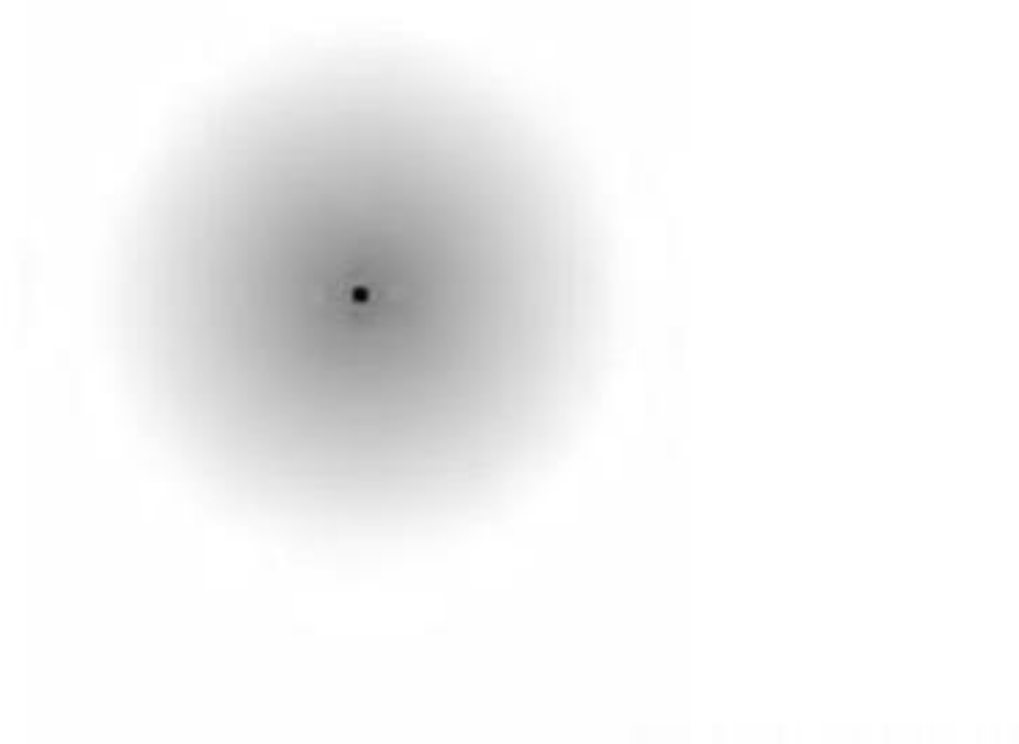
How many legs does this elephant have?

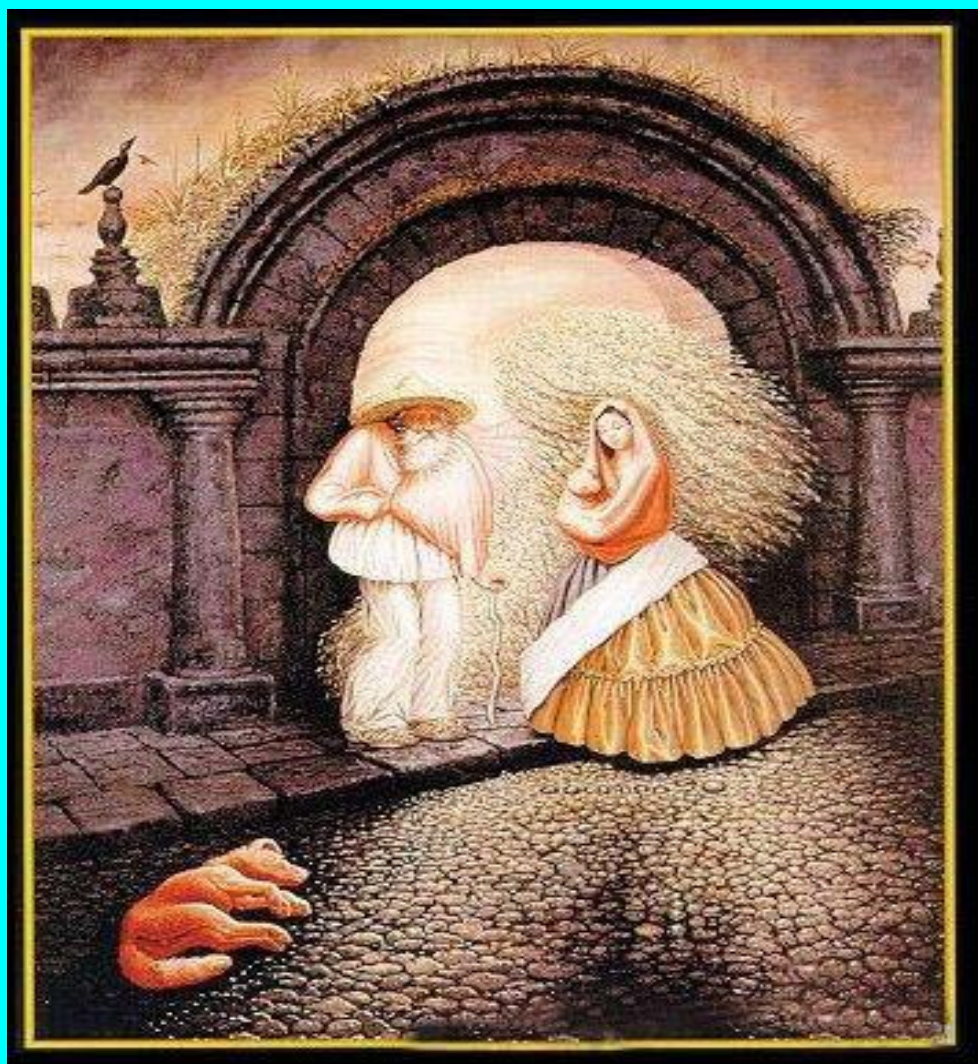
这头大象一共有几条腿？





Keep staring at the black dot. After a while
the gray haze around it will appear to
shrink.





问题：

- 既然视觉研究所涉及的学科包括物理学、心理学、生理学、解剖学、计算机科学等
- 传感器目前“Len+CCD”的模式是否能够模拟人的视觉成像过程？
- 目前的图像处理技术能够在哪些地方有突破？

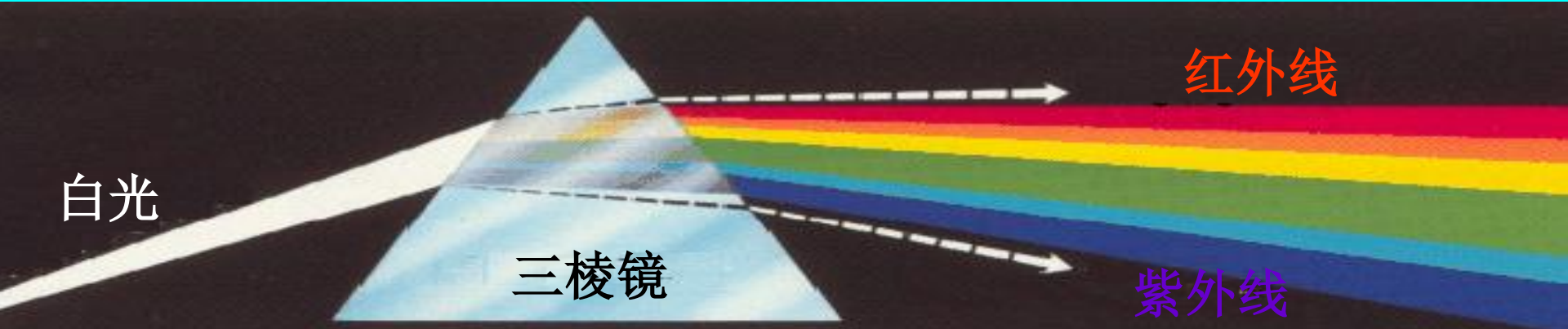
- **一种最简单的模型是由一个低通滤波器后接一个高通滤波器组成。**
 - **低通滤波器模拟人眼的光学系统。由于晶状体的光学像差以及瞳孔尺寸、感光细胞尺寸和密度的有限性限制了系统的上限频率。**
 - **高通滤波器则反映了侧抑制引起的马赫带效应。**

- 内容回顾
- 光和电磁波谱
- 图像传感器
- 视觉系统
- 视觉现象
- 彩色空间

- 在图像处理中运用颜色受两个主要因素推动
 - 颜色是一个强有力的描绘子，它常常可以简化目标物的区分及从场景中抽取目标。
 - 人可以辨别几千种颜色色调和亮度，相比之下只能辨别几十种灰度层次。
- 其中第二个因素对于图像分析特别重要。

三棱镜

- 1666年，牛顿

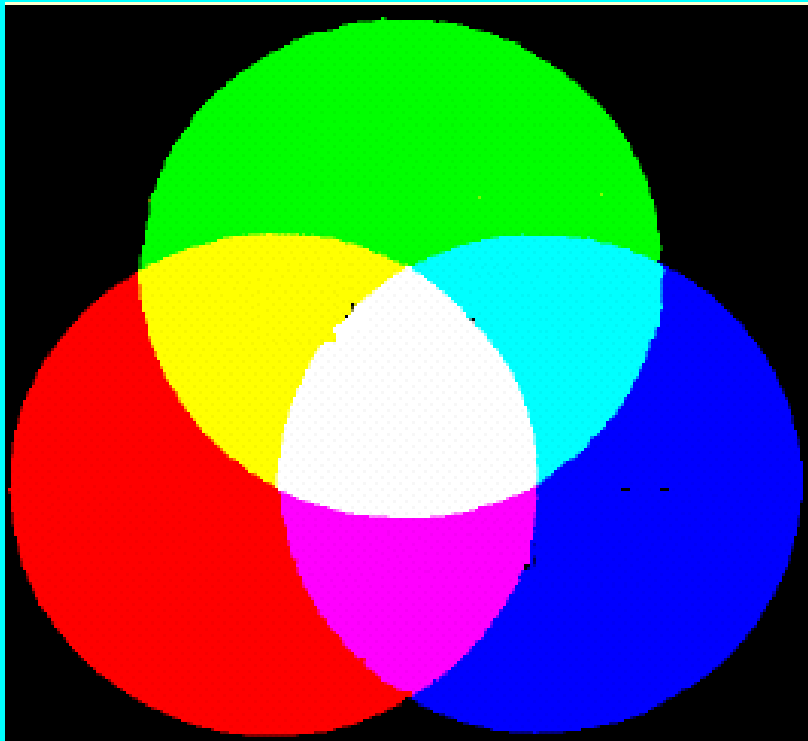


宇宙射线	X 射线	紫外线		红外线	雷达	无线电	交流电	
10^{-14}	10^{-12}	10^{-10}	10^{-8}	10^{-6}	10^{-4}	10^{-2}	10^4	10^8

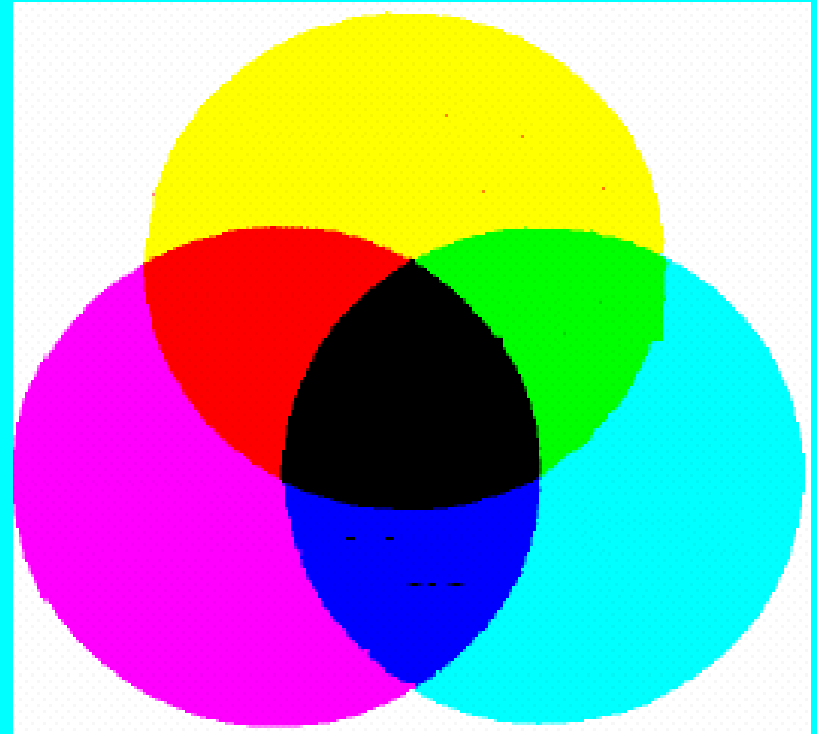


可见光：390nm-770nm

- 经典的三色理论自英国医学家兼物理学家及T. Young提出的，他认为人的眼睛中有三类感光组织，分别对蓝光、红光、绿光灵敏。在白光照明下三类感光体都受到激励。



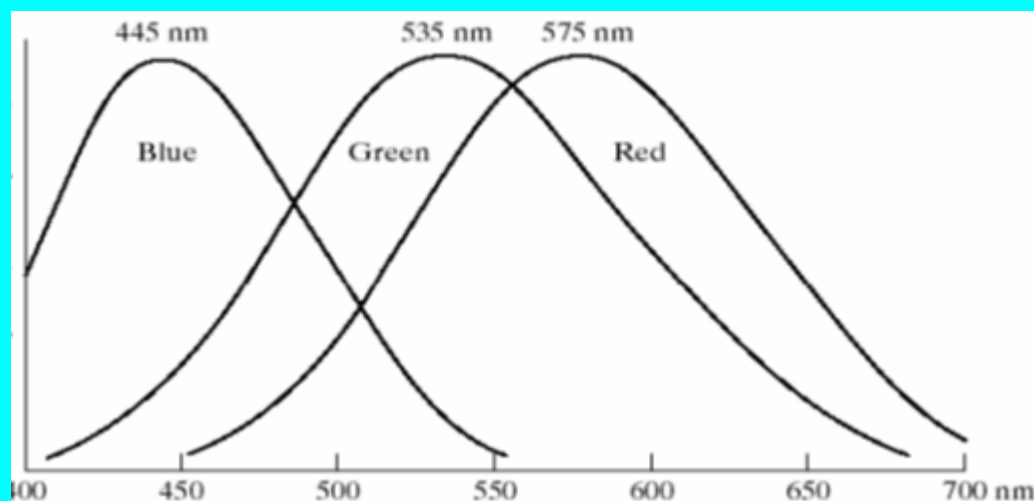
三原色



- 由德国生理学家E. Hering提出对立色学说
 - 在视觉正常人中全部色调，只有四种色调，即红、绿、黄、蓝四原色
 - 不能用混合方式获得
 - 四种颜色分别形成二二对立色，每对中的两种原色有着相反的性质。
 - 蓝色同黄色形成一对
 - 红色与绿色形成一对
 - 亮度感觉是有黑色和白色所形成的各级灰度。

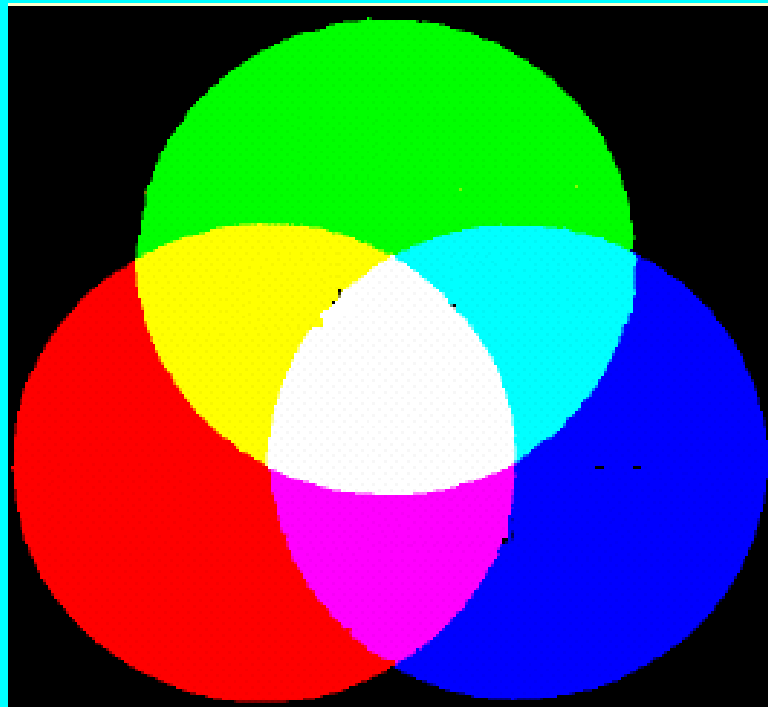
- **扬 - 赫姆霍尔兹视觉三基色假说：**
 - 认为人的眼睛中有三类感光组织，分别对蓝光、红光、绿光灵敏。在白光照明下三类感光体都受到激励。
- **人眼的锥状细胞是负责彩色视觉的传感器**
- **实验结果表明：在人眼的600万 - 700万锥状细胞中可分为3个主要的感觉类别，它们对应红、绿、蓝。**
 - 大约65%对红光敏感
 - 33%对绿光敏感
 - 只有2%对蓝光敏感
- **人类大约8-10%的男性和0.5%的女性对色彩区别有困难**
 - 最普遍的困难是在辨别红和绿色
 - 完全色盲或只看见灰色的影像则是少之又少

- 由于人眼的这种吸收特性，被看到的彩色是所谓的原色红 (R)、绿 (G)、蓝 (B) 的各种组合。
- 为标准化起见，CIE (国际照明委员会) 在1931年设计了下面的特定波长值为主原色：蓝=435.8nm，绿=546.1nm，红=700nm



人眼中红、绿、蓝锥状体的波长吸收函数

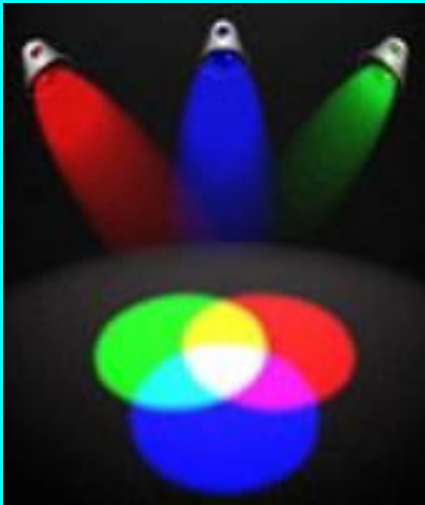
- 原色相加可产生二次色，如品红（红加蓝），青色（绿加蓝）和黄色（红加绿）。
- 以正确的亮度把三原色或者一种二次色与其相反的原色相混合可产生白光。



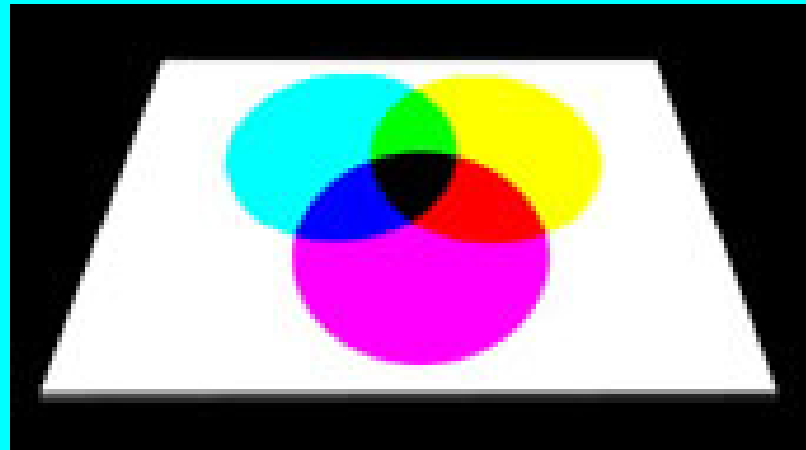
三原色及其二次色

13:57:46

- 由三基色混配各种颜色的方法通常有两种
 - 相加混色
 - 相减混色

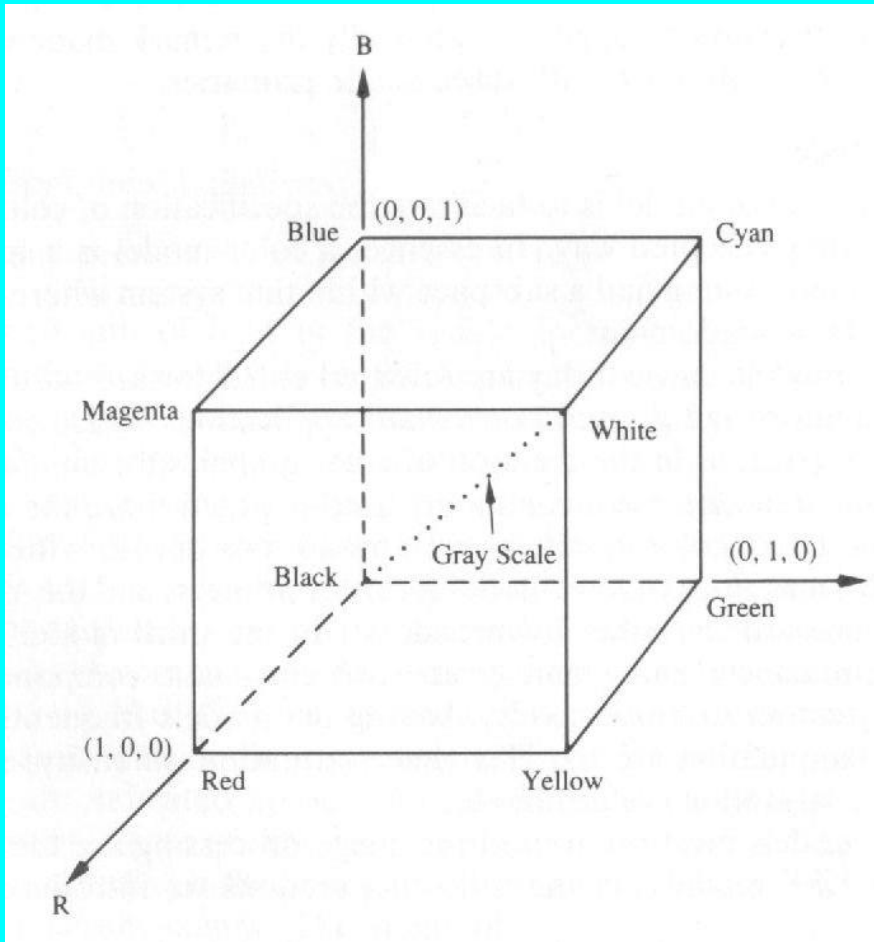


相加混色



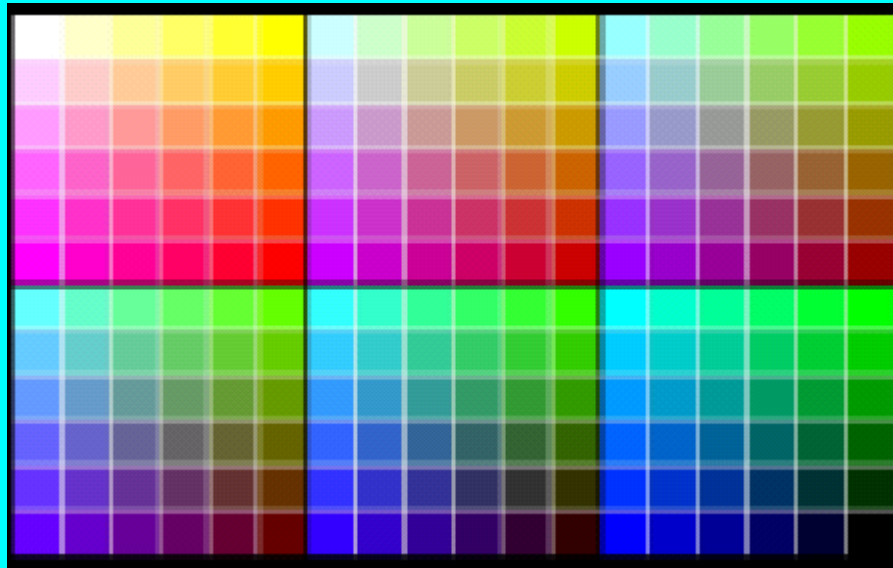
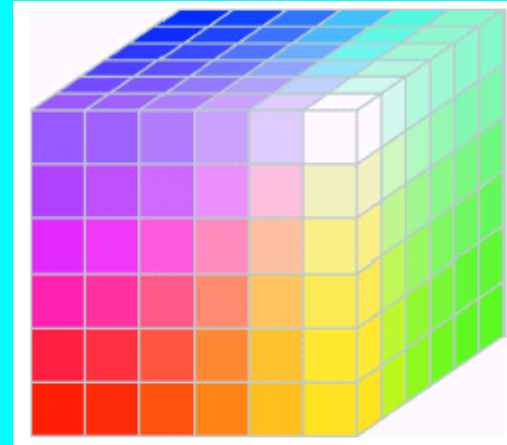
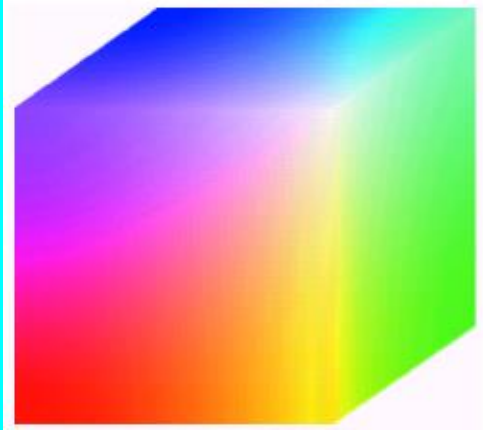
相减混色

- **彩色模型（彩色空间、彩色系统）的用途**
 - 彩色模型（color model）是用来精确标定和生成各种颜色的一套规则和定义。
 - 某种彩色模型所标定的所有颜色就构成了一个彩色空间。
 - 彩色空间通常用三维模型表示，空间中的颜色通常使用代表三个参数的三维坐标来指定
- **常用彩色模型**
 - RGB (Red, Green, Blue) - 彩色监视器和摄像机
 - CMY (Cyan, Magenta, Yellow), CMYK - 彩色打印机
 - HSI (Hue, Saturation and Intensity) - 人类描述.

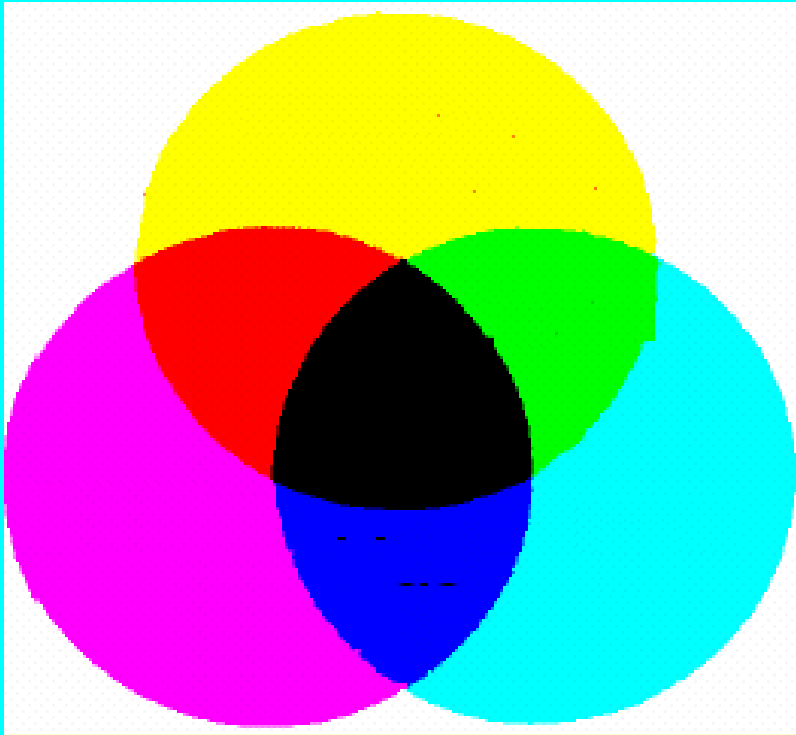


彩色立方体示意图

- RGB



CMY与CMYK彩色空间



CMY三原色

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

转换公式

- **CMY空间正好与RGB空间互补**
 - 即用白色减去RGB空间中的某一颜色值就等于同样颜色在CMY空间中的值

RGB相加混色	CMY相减混色	对应颜色
0 0 0	1 1 1	
0 0 1	1 1 0	
0 1 0	1 0 1	
0 1 1	1 0 0	
1 0 0	0 1 1	
1 0 1	0 1 0	
1 1 0	0 0 1	
1 1 1	0 0 0	

RGB空间与CMY空间的互补关系

- HSI颜色空间从人的视觉系统出发，用色调（Hue）、饱和度（Saturation）和亮度（Intensity）来描述颜色
- 色调
 - 色调反映颜色的类别，如红色、绿色、蓝色等
 - 色调是以光的波长为基础，大致对应光谱分布中的主波长

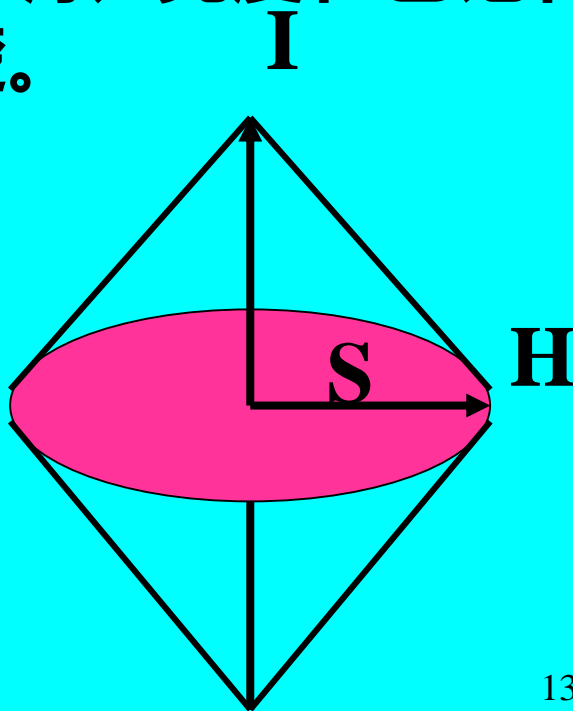
- **饱和度**

- 饱和度是指颜色的深浅或纯洁程度
- 对于同一色调的彩色光，饱和度越高，颜色越深或说越纯；而饱和度越小，颜色就越浅，或纯度越低
- 高饱和度的彩色光可因掺入白光而降低纯度或变浅，变成低饱和度的色光
- 100%饱和度的色光就代表完全没有混入白光的纯色光

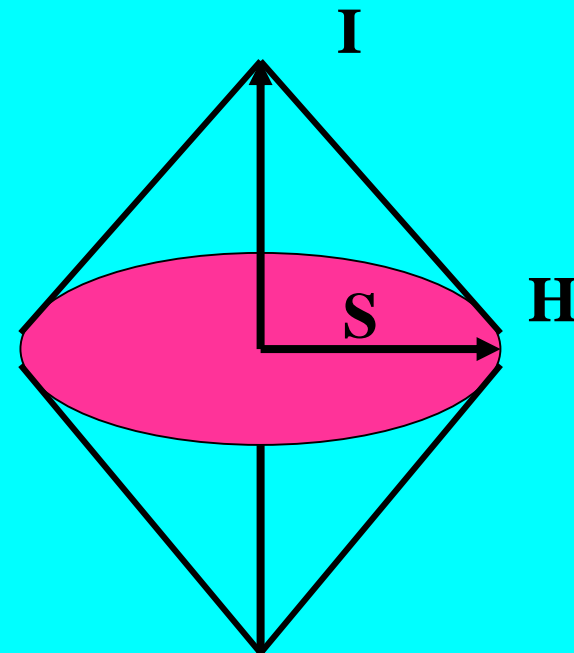
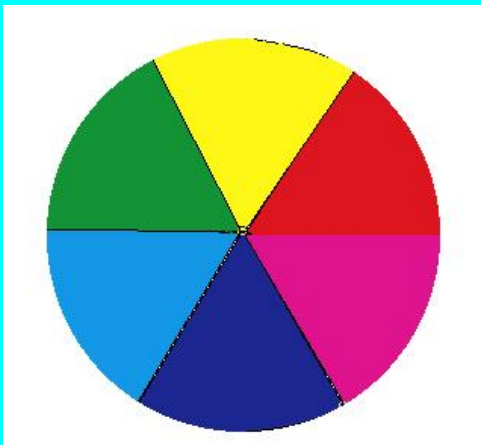
- **亮度**

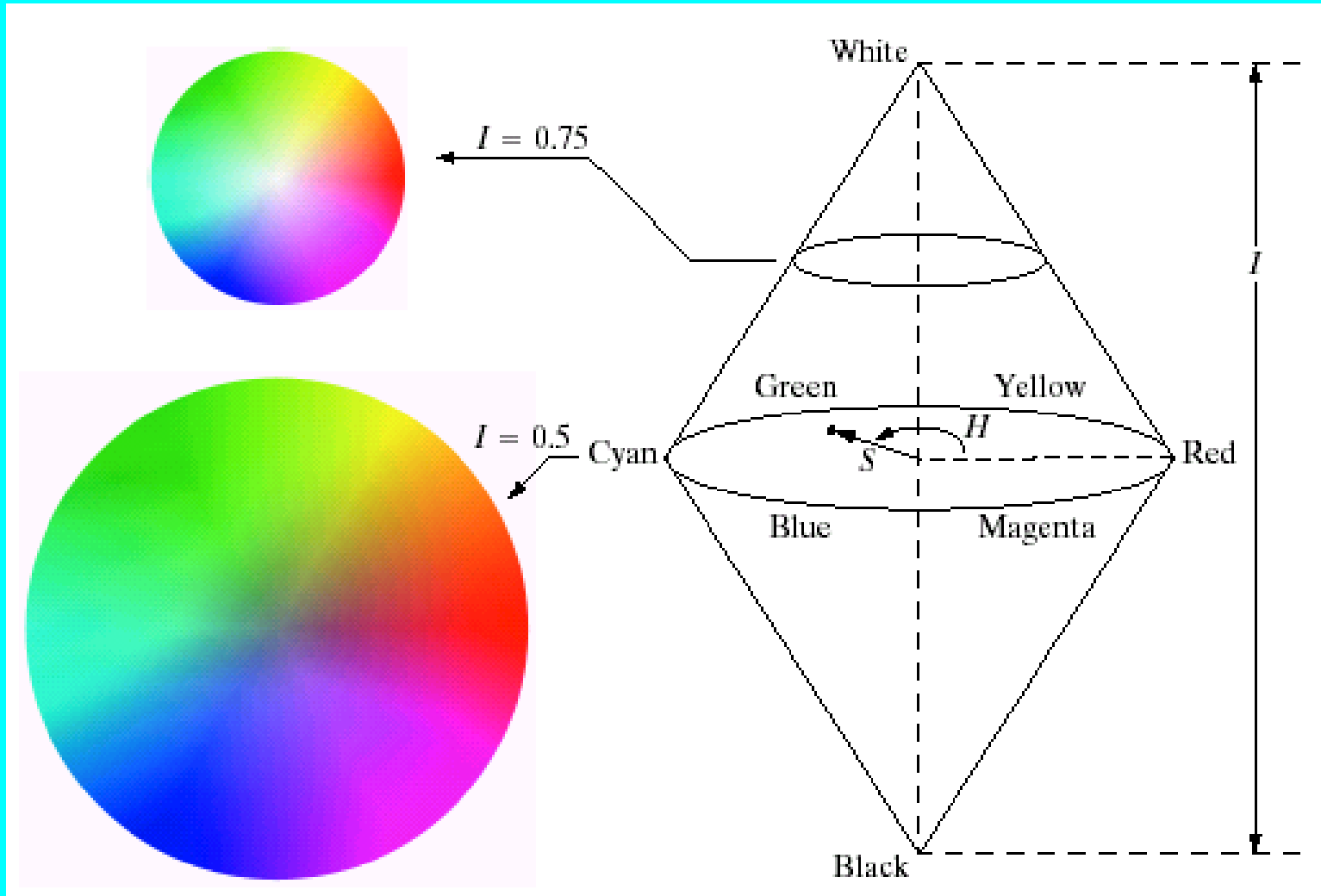
- 亮度是光作用于人眼时引起的明亮程度的感觉
- 一般来说，彩色光能量大则显得亮，反之则暗
- 亮度对应于黑白图象中的灰度

- HSI色彩空间可以用一个圆锥空间模型来描述。
- 这种描述HSI色彩空间的圆锥模型相当复杂，但的确能把色调、亮度和色饱和度的变化情形表现得很清楚。



- HSI模型——量化颜色三属性
 - H色调 : 取值0-360
 - S饱和度 : 取值0-1
 - I亮度 : 取值0-1





- **HSI彩色空间的优点：**
 - 比RGB色彩空间更符合人的视觉特性
 - 大大简化图像分析和处理的工作量

- 电视系统中用YUV和YIQ模型表示彩色图像
- PAL彩色电视制式中使用YUV模型
 - Y表示亮度信号
 - U、V表示色差信号，UV构成彩色的两个分量
- NTSC彩色电视制式中使用YIQ模型
 - Y表示亮度
 - I、Q是两个彩色分量

- **YUV 彩色空间特点**
 - 亮度信号 (Y) 和色度信号 (U、V) 相互独立
 - Y分量构成灰度图, U、V分量构成两幅单色图
 - 由于Y、U、V是独立的, 可以对这些单色图分别进行编码
- **黑白电视机能够接收彩色电视信号也就是利用了YUV分量之间的独立性**

- **YIQ彩色空间**

- 美国，日本等国采用了NTSC制式，选用的是YIQ彩色空间
- Y为亮度信号，I、Q为色差，（与U、V不同，但可相互转换）

- **YIQ彩色空间的优点：**

- 人眼分辨红、黄之间颜色变化的能力最强，而分辨蓝与紫之间颜色变化的能力最弱。通过一定的变化，I对应于人眼最敏感的色度，而Q对应于人眼最不敏感的色度
- 传送Q可以用较窄的频宽，而传送分辨率较强的I信号时，可以用较宽的频带
- 在数字化处理中，可以用不同位数来记录这些分量

- **YUV与RGB之间的转换**

- $Y = 0.229R + 0.587G + 0.114B$
- $U = -0.147R - 0.289G + 0.436B$
- $V = 0.615R - 0.515G - 0.100B$

- **YIQ与RGB之间的转换**

- $Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B$
- $I = 0.596R - 0.275G - 0.321B$
- $Q = 0.212R - 0.523G + 0.311B$

- **HIS与RGB之间的转换**

- $I = (R + G + B) / 3$
- $H = \{90 - \text{Arctan} (F/\sqrt{3}) + [0, G > B; 180, G < B]\} / 360$
- $F = (2R - G - B) / (G - B)$
- $S = 1 - [\min (R, G, B) / I]$