

第2讲 人眼的光学特性





一、 几个定义

视轴

眼睛黄斑中心与眼睛光学系统的像方节点连线

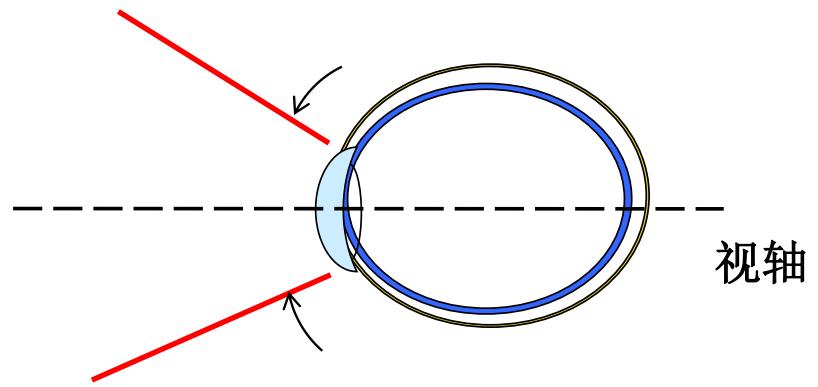
视场

人眼的观察范围

可达 150°

头不动，能看清视轴中心 $6^{\circ}\text{--}8^{\circ}$

要看清旁边物体，眼睛在眼窝内转动，
头也动

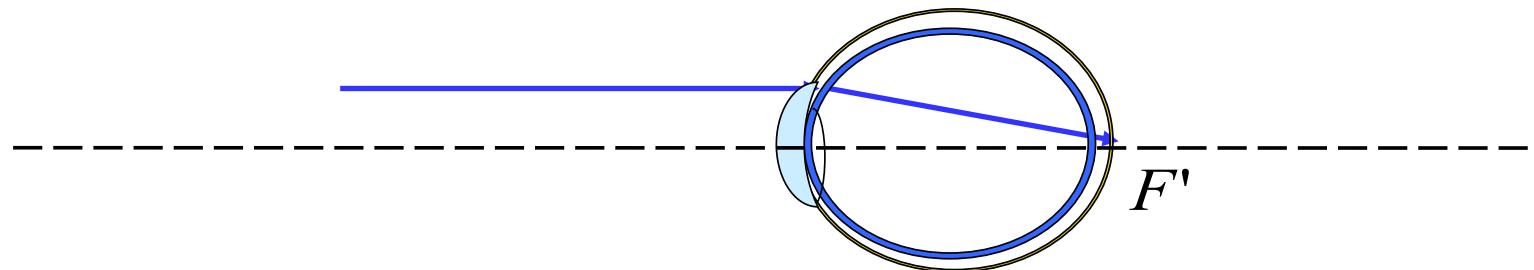




二、人眼的功能：视度调节、瞳孔调节

◆ 视度调节

随着物体距离改变，人眼自动改变焦距，使像落在视网膜上的过程。

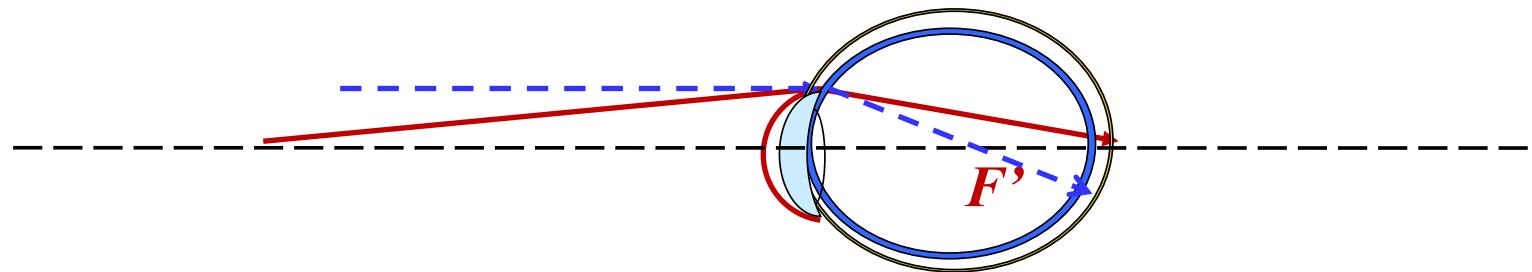




二、人眼的功能：视度调节、瞳孔调节

◆ 视度调节

随着物体距离改变，人眼自动改变焦距，使像落在视网膜上的过程。





调节量表示

视度 SD

与网膜共轭的物面到眼睛距离的倒数 $SD = 1/l$ (单位: 1/米)

明视距离和近点、远点

明视距离: 正常人眼在正常照明状态下的正常阅读距离。

通常为眼睛前方250mm, $SD=1/(-0.25)=-4$

近点: 眼睛通过调节, 肌肉收缩到最紧张状态,
能看清物体的最短距离

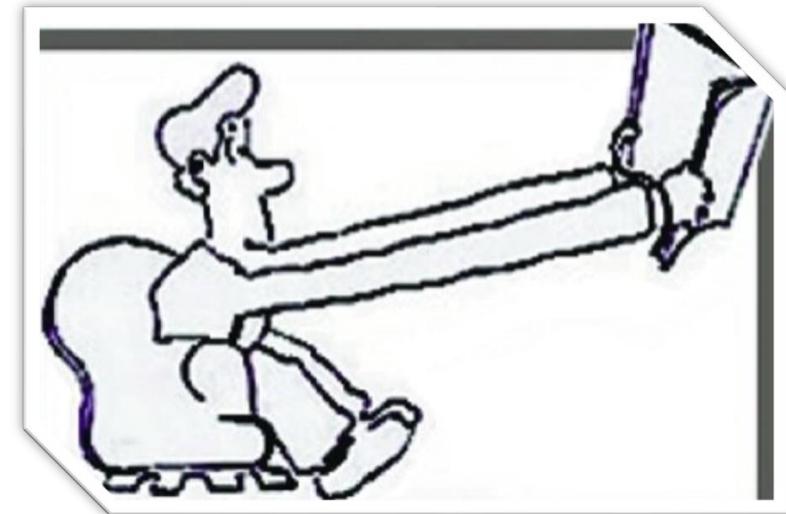
远点: 眼睛完全放松时, 能看清物体的最远距离

最大调节范围=近点视度—远点视度



不同年龄正常人眼的调节能力

年龄	最大调节范围（视度）	近点距离（mm）
10	-14	70
15	-12	83
20	-10	100
25	-7. 8	130
30	-7. 0	140
35	-5. 5	180
40	-4. 5	220
45	-3. 5	290
50	-2. 5	400





◆ 瞳孔调节

外界物体的亮暗随物体，天气，时间而不同。虹膜可以自动改变瞳孔大小，以控制人眼的进光量。



❖ 强光/白天 $D = 1 \sim 2\text{mm}$
夜晚 $D = 8 \sim 9\text{mm}$

❖ 设计光学仪器时，仪器的出射瞳孔要和人眼瞳孔大小配合，白天使用的可以小些，夜晚使用的则要大一些。

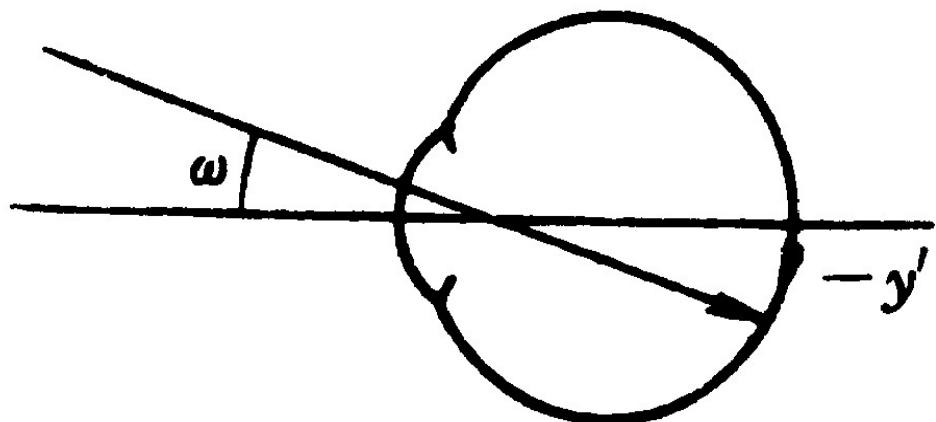




三、人眼的分辨率

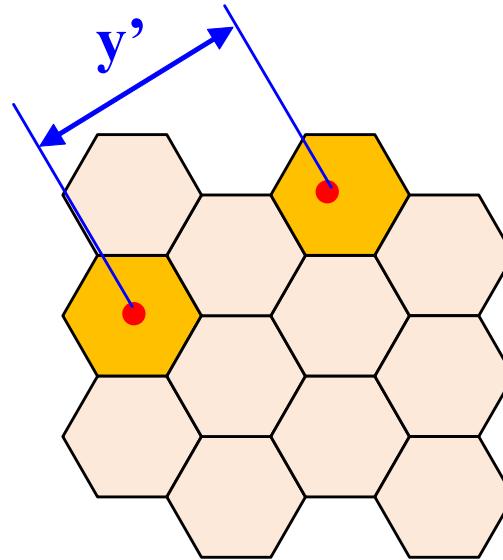
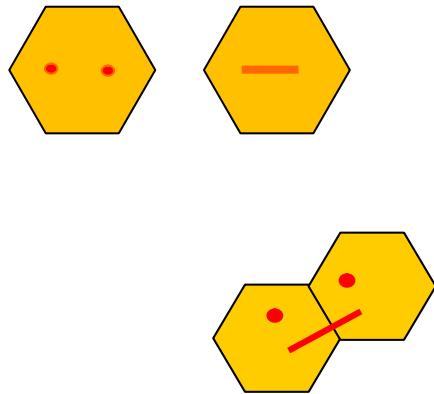
对两物点的视角分辨率

两物点在网膜上成两个像点，若两像点距离比较大，人眼能够分辨开是两个像点，如果两像点距离小到一定程度，人眼就有可能分辨不出是两个像点





人眼视网膜由视神经细胞组成，分锥状细胞和杆状细胞



如果两像点落在两个不相邻的视神经细胞上，它们之间的距离大于两视神经细胞，就能分清是两个像点



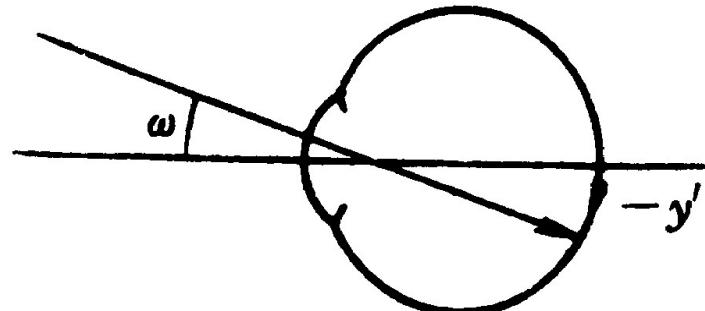
视神经细胞直径：约为0.001–0.003mm，

两个视神经细胞的直径0.006mm刚好能为人眼所分辨。

此距离在物空间对应的张角，称为视角分辨率。

视角分辨率

刚刚能被人眼分辨开的两物点之间的最小视角





视角分辨率

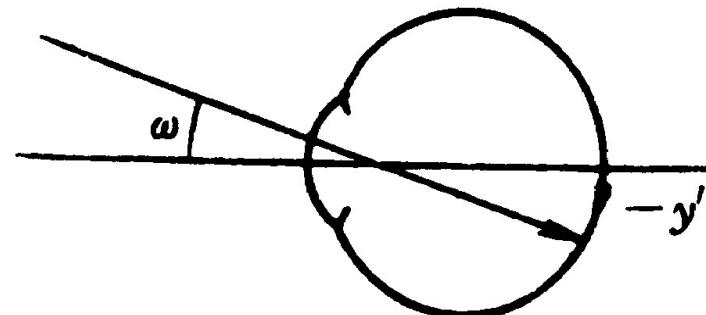
刚刚能被人眼分辨开的两物点之间的最小视角

$$y' = f \cdot \tan \omega$$

而 $y'_{\min} = -0.006mm$
 $f = -16.68mm$

所以

$$\omega_{\min} = \frac{y'_{\min}}{f} = \frac{-0.006}{-16.68} \cdot 206000'' \approx 60''$$

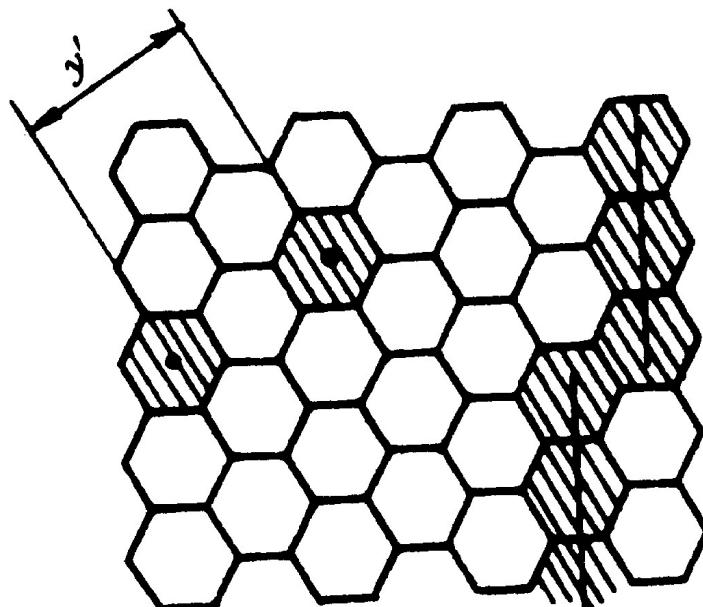


人眼对两个物点的视角分辨率为 $60''$

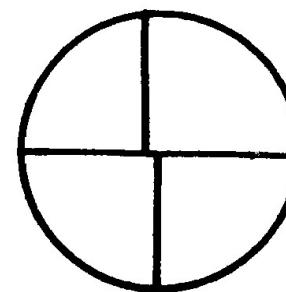


对线的分辨率

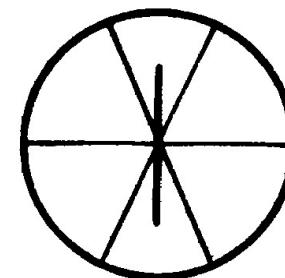
10"



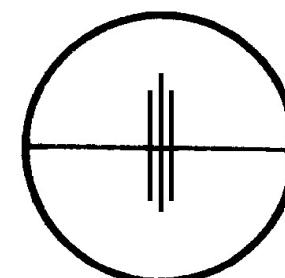
在很多仪器中需要瞄准，
对准误差(精度)：对准后，偏离（或重合）
基准位置的线距离或角距离。



(a)



(b)



(c)



小结： 人眼分辨物体的条件

成像在视网膜上

满足视角分辨率的要求
 $\omega > 60''$ 或 $\omega > 10''$