

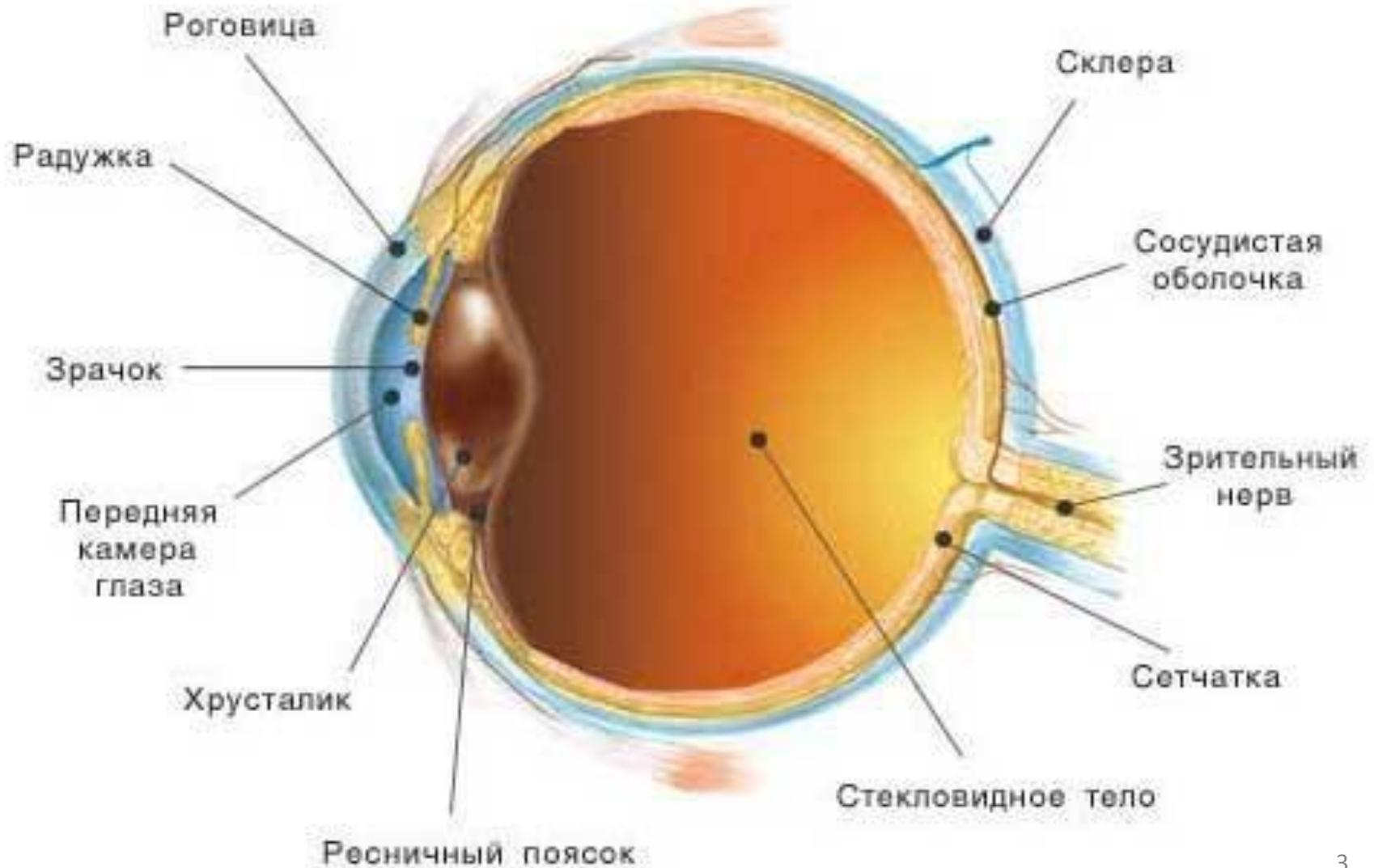
# Оптические измерения

## Лекция 2

# Темы лекции

- Строение глаза.
- Влияние свойств зрения на точность измерений.
- Продольное наведение
- Поперечное наведение.

# Строение глаза



- Роговица, передняя камера, хрусталик, стекловидное тело образуют объектив, формирующий изображение объектов на сетчатке.
- $F'$  приблизительно 22-25 мм

# Аккомодация

- - свойство глаза рассматривать предметы на различных расстояниях.
- Обеспечивается сжатием хрусталика специальными мышцами.
- Типично от бесконечности (0 диоптрий) до 250 мм (4 диоптрии).
- 250 мм принимают при конструировании приборов как расстояние наилучшего видения.
- У детей до 70-50 мм (14-20 диоптрий), с возрастом хрусталик снижает упругость.

# Глубина резкого изображения (острота аккомодации)

- При дневном освещении -  $\pm 0,3$  диоптрии
- Определяется кружком рассеяния

# Адаптация к яркости

- Два механизма:
- Дневное и ночное зрение;
- Изменение размера зрачка (диафрагмы)
- От 1-2 до 7-8 мм.
- При определенных условиях (выдерживать в темноте) чувствительность до нескольких фотонов или от  $10^{-9}$  лк
- Нормальное освещение – 50-250 лк.
- 40-60 минут для адаптации

# Разрешающая способность глаза

- Максимум – в центре поля зрения, при нормальном освещении, зелёный цвет.
- 1 угловая минута.

# Пороговая контрастность

- Глаз различает отдельные объекты, если разница в контрасте 1-2%.

# Угол обзора

- У неподвижного глаза – всего 4 градуса или 17 мм на 0,25 м
- У подвижного – 150 градусов по горизонтали, 120 по вертикали

# Биноккулярное зрени

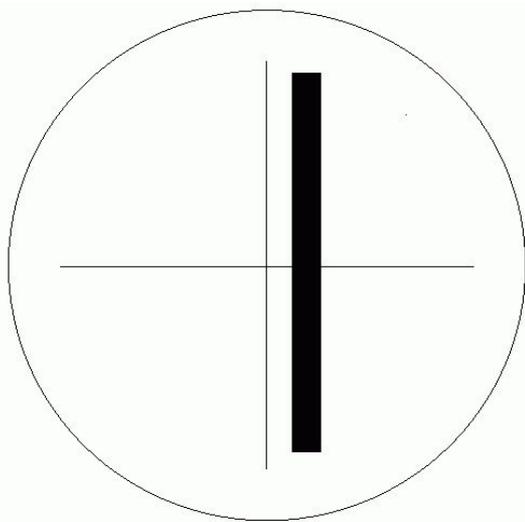
- Объемное! Человек может оценивать параллакс объектов (разность расстояний по разности углов)
- Минимальный угол (разрешение стереоскопического зрения) 10 секунд
- Зависит от тренировки

# Поперечное наведение

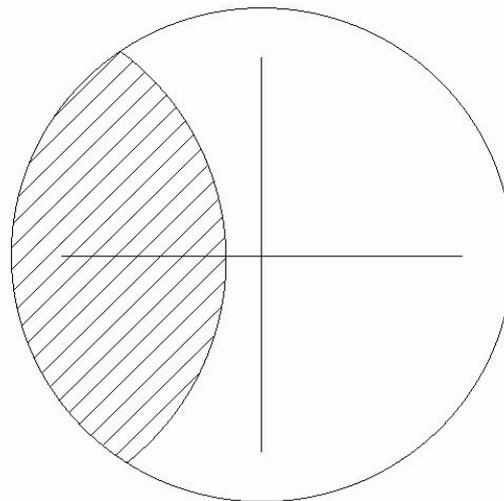
- Основное для оптических приборов!
- Совмещение маркера с делением на шкале
- Совмещение перекрестия с объектом

# Виды поперечного наведения

- Совмещение тонкого штриха с толстым
- 1-2 угловые минуты

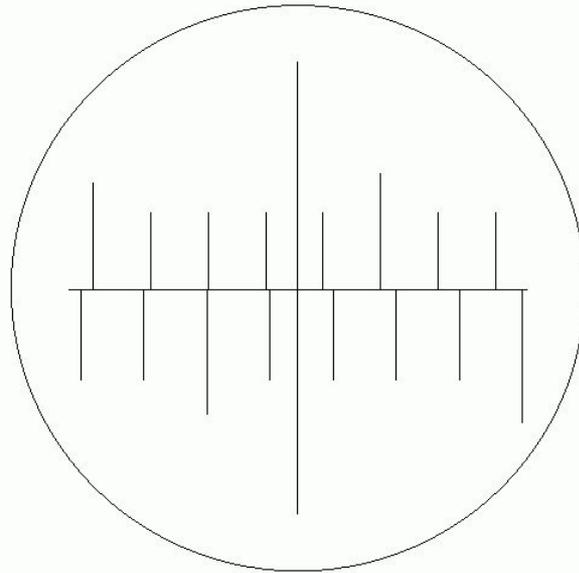


30-60  
угловых  
секунд



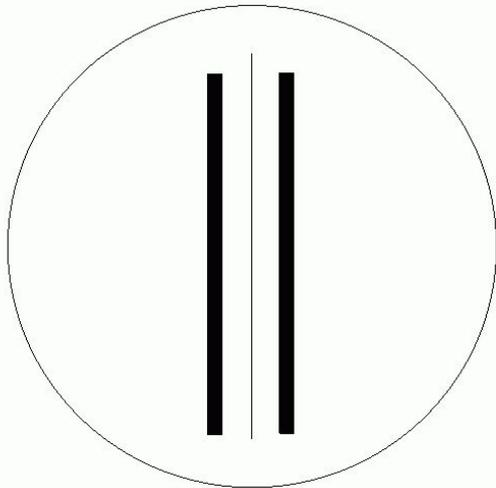
30-60  
угловых  
секунд

- Совмещение двух тонких штрихов, нониусная установка

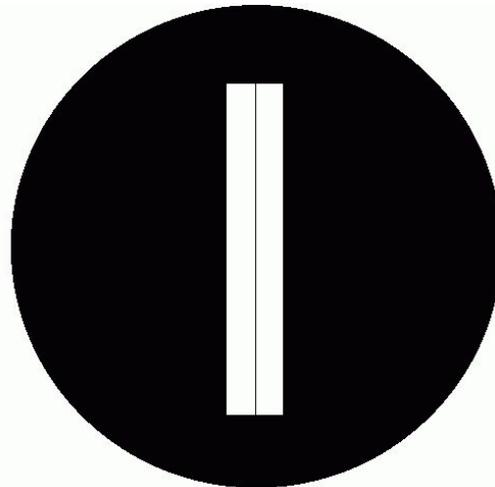


10 – 15  
угловых  
секунд

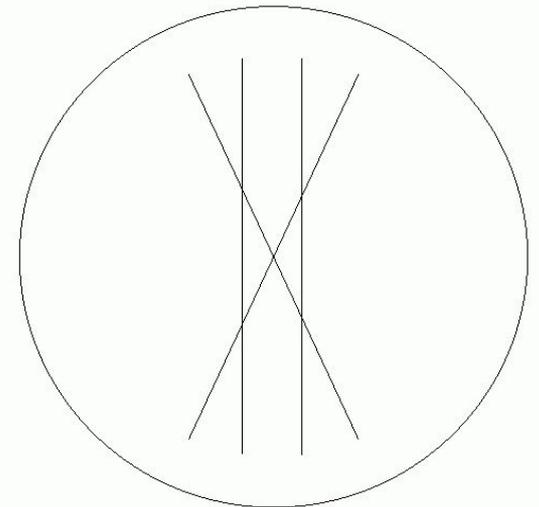
- Биссекторная установка – симметричное совмещение



6–8  
угловых  
секунд



6–8  
угловых  
секунд



6–8  
угловых  
секунд

- Так происходит потому, что мозг лучше обращает внимание на нарушение симметричности, чем на совмещение линий
- Большинство приборов используют биссекторное наведение (сдвоенные штрихи)
- При наведении по биссекторному способу отношение ширины штриха к расстоянию между нитями биссектора должно быть 0,5—0,9.

- Глаз может оценивать и отношение интервалов.
- Принимается, что человек может на глаз делить интервал на 10-20 частей.
- Наилучшее расстояние – 1,5-2 мм между делениями
- Зависит от тренировки!

# Продольное наведение

- Оценка «ближе-дальше»
- Если наблюдаем двумя глазами – то стереоскопическое зрение;
- Если наблюдаем одним глазом – то по «наведению» попеременно на ближний и дальний объекты.
- Либо по наведению на наименьший «кружок рассеивания», наилучшую четкость.

- Для микроскопа – чем меньше фокусное расстояние объектива, т.е. чем больше увеличение, тем точнее продольное наведение.
- При наличии сетки точность продольной установки как зрительной трубы, так и микроскопа характеризуется выражением

$$\Delta f = \lambda / 3\sigma^2$$

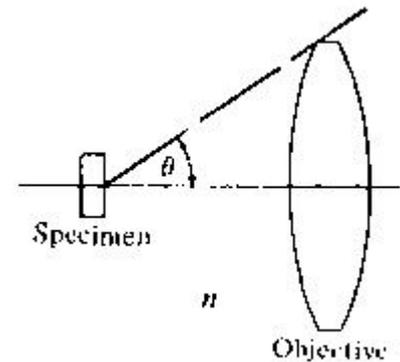
- и зависит от длины волны света  $\lambda$  и апертурного угла  $\sigma$

- Апертурный угол в данном случае -
- это угол, под которым лучи входят в объектив микроскопа

- или окуляр зрительной трубы

- $\text{tg } \sigma = D/2f'$

- $f'$  – фокусное расстояние,  $D$  - диаметр объектива



- Для зрительной трубы с относительным отверстием объектива 1 : 10 при  $\lambda = 0,55$  мкм точность фокусировки  $\Delta f = 0,08$  мм, для микроскопа с числовой апертурой 0,2  $\Delta f = 0,005$  мм.

# Приборы, в которых применяются данные виды наведений

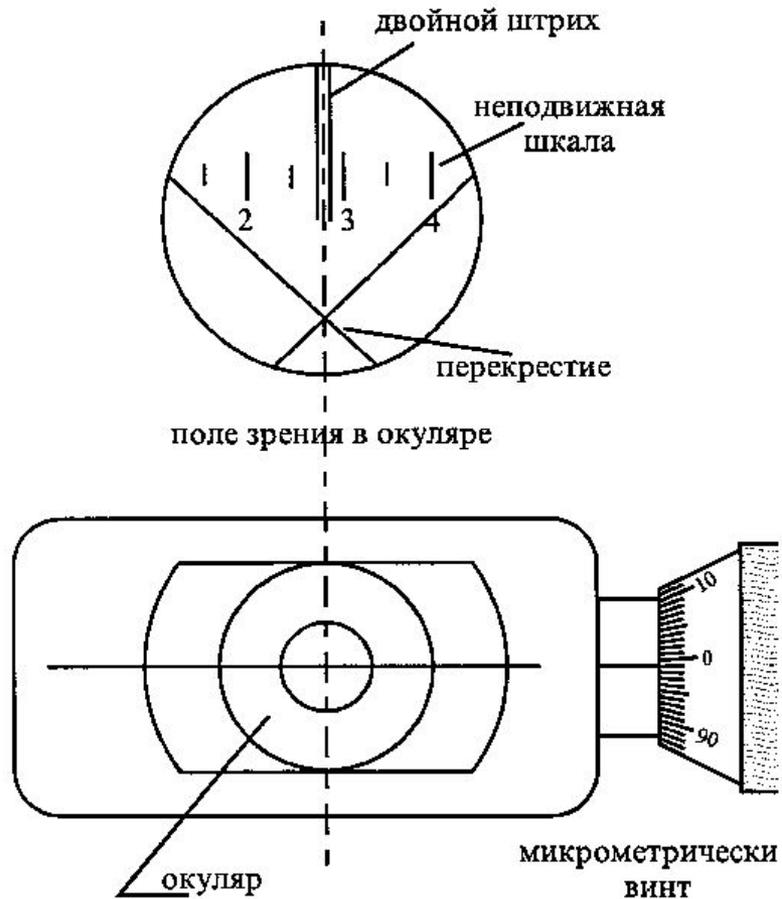
- Совмещение тонкого штриха с толстым или тонкого штриха с краем объекта – практически во всех случаях измерения линейных размеров или наведения на точку.

- Пример нониусного наведения – штангенциркуль, угломер

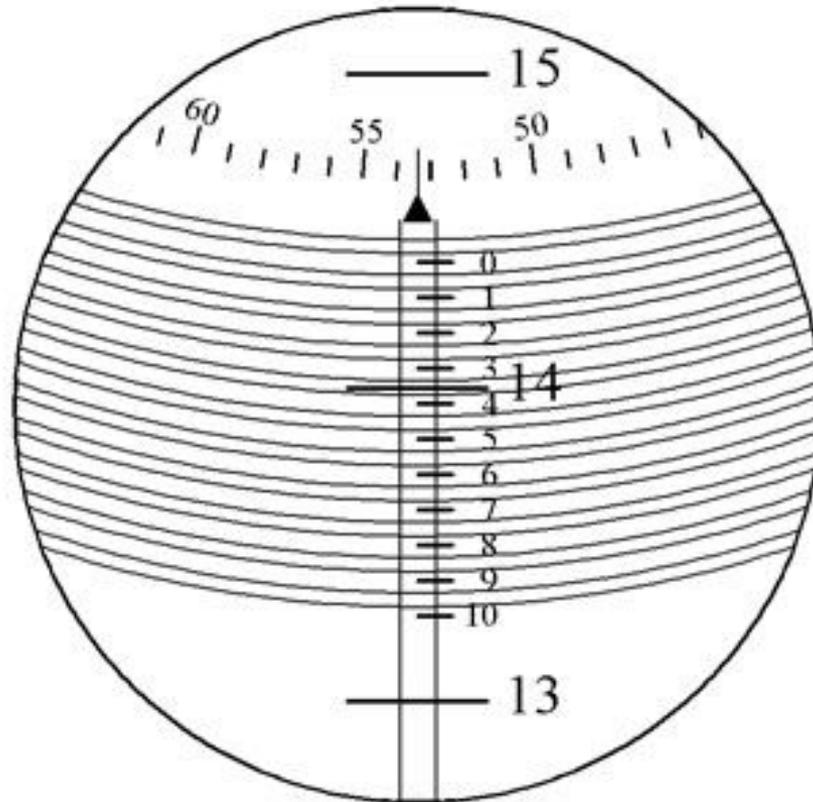




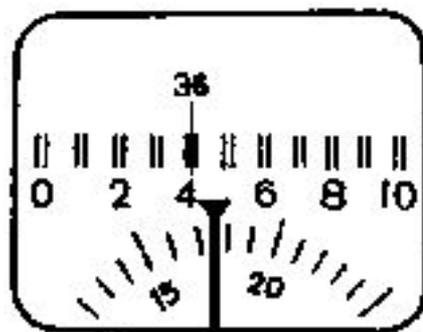
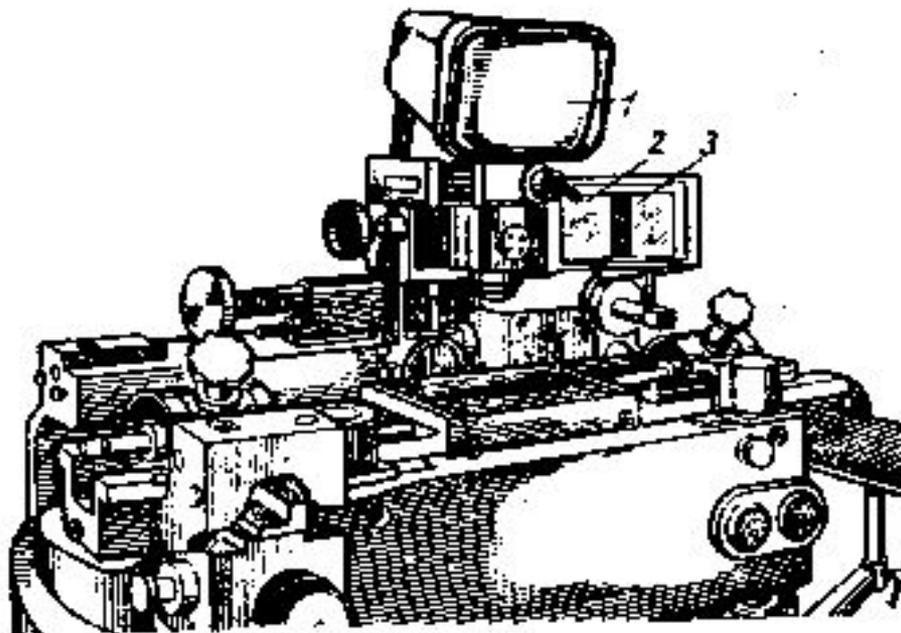
- Пример биссекторного наведения – окуляр-микrometer



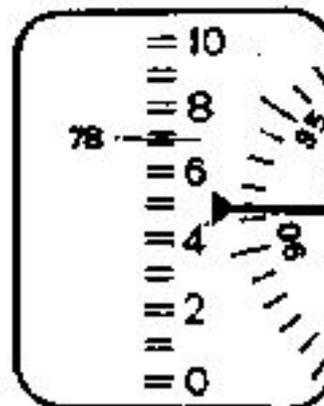
- Спиральный микрометр



- Отсчетное устройство микроскопа УИМ



б)



# Продольное наведение

- Измерение рабочих отрезков объектива

