



# Оптические измерения

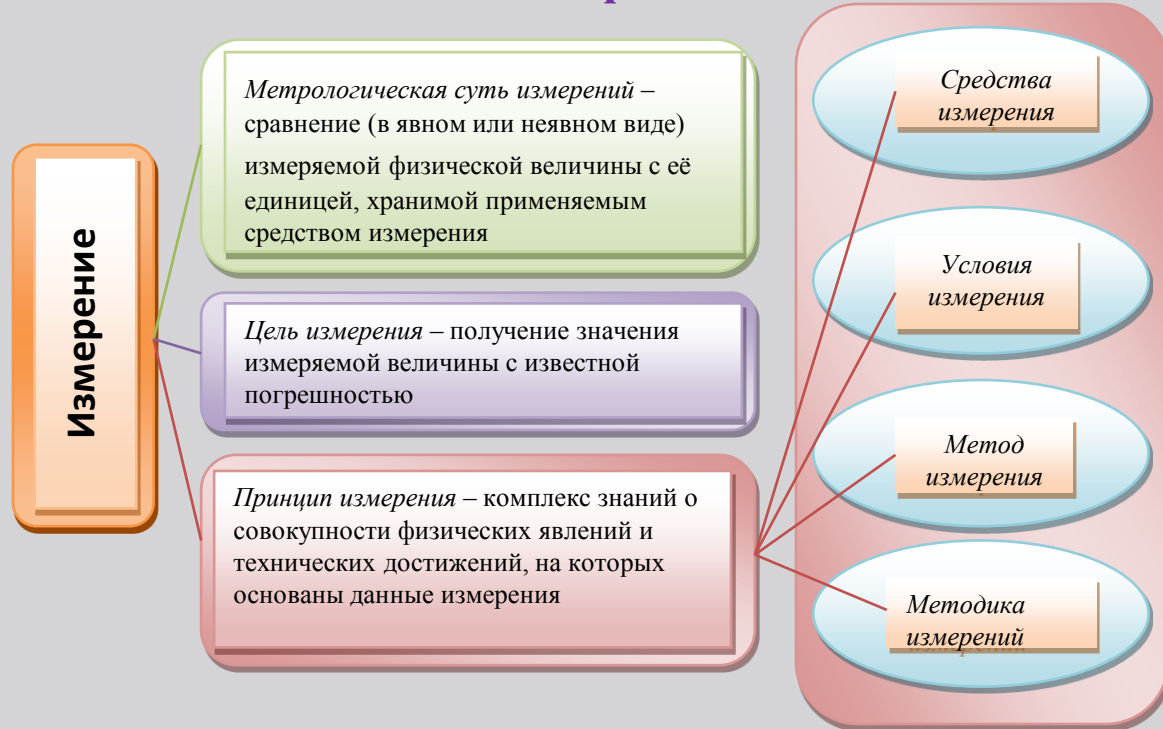
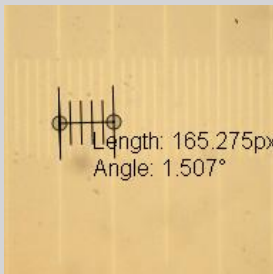
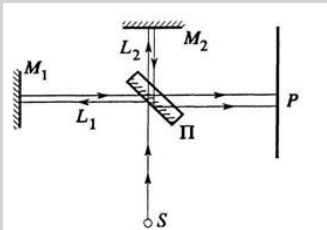
## Тема 2 Обобщенная схема средств измерений и их классификация

- Объекты и задачи измерения, измерительные схемы и особенности их функциональной структуры.
- Основные элементы обобщенной схемы: источники излучения, оптическая схема, приемники излучения.
- Технические характеристики элементов средств измерений и их метрологическая, информационная, конструктивная и эксплуатационная совместимость.
- Типовые узлы оптических измерительных приборов (коллиматор, автоколлиматор, микроскоп, автоколлимационный микроскоп и другие).
- Функциональные блоки оптических измерительных приборов (устройства наведения, отсчетные устройства, осветительные устройства, приемники изображения, компьютерные комплексы и другие).
- Приборы производственного контроля.
- Структура оптических измерительных схем и их унификация.
- Источники погрешностей оптических измерений, связанные с измерительными приборами, и пути их устранения.



# Оптические измерения

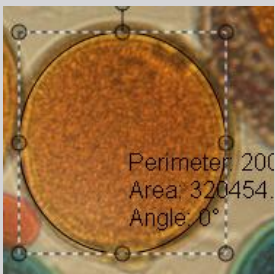
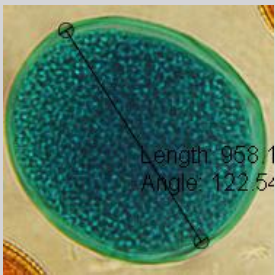
- Тема 2 Обобщенная схема средств измерений и их классификация





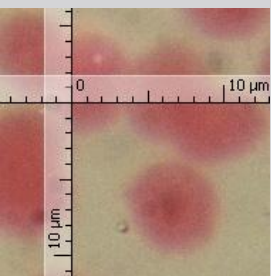
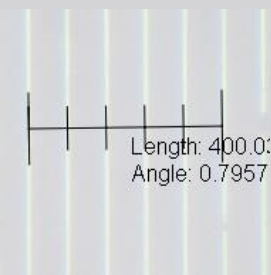
# Оптические измерения

- Тема 2 Обобщенная схема средств измерений и их классификация



# Оптические измерения

- Тема 2 Обобщенная схема средств измерений и их классификация



Приборы и установки

**Измерительный прибор** – это средство измерений, предназначенное для получения значений измеряемой величины в установленном диапазоне, имеющее нормированные метрологические характеристики

**Измерительный прибор**, прошедший государственную или ведомственную поверку, считается **поверенным**

**Измерительным преобразователем** называют техническое средство с нормированными метрологическими характеристиками, преобразующее измеряемую величину в другую величину или в сигнал измерительной информации; входит в состав средства измерения

**Измерительной установкой** называют совокупность функционально объединенных мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей и других устройств, предназначенных для измерений одной или нескольких физических величин и расположенных в одном месте

# Оптические измерения

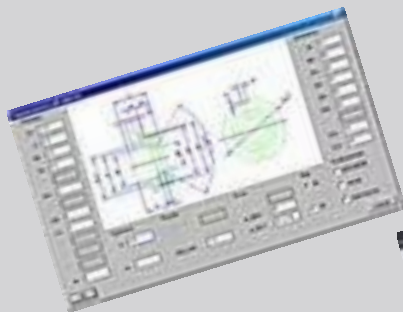
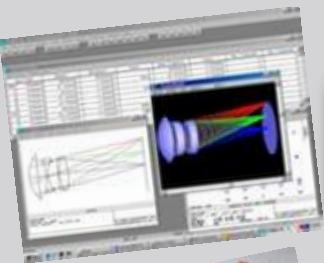
- Тема 2 Обобщенная схема средств измерений
  - и их классификация



*Этапы создания оптического прибора*

Проектирование

Изготовление

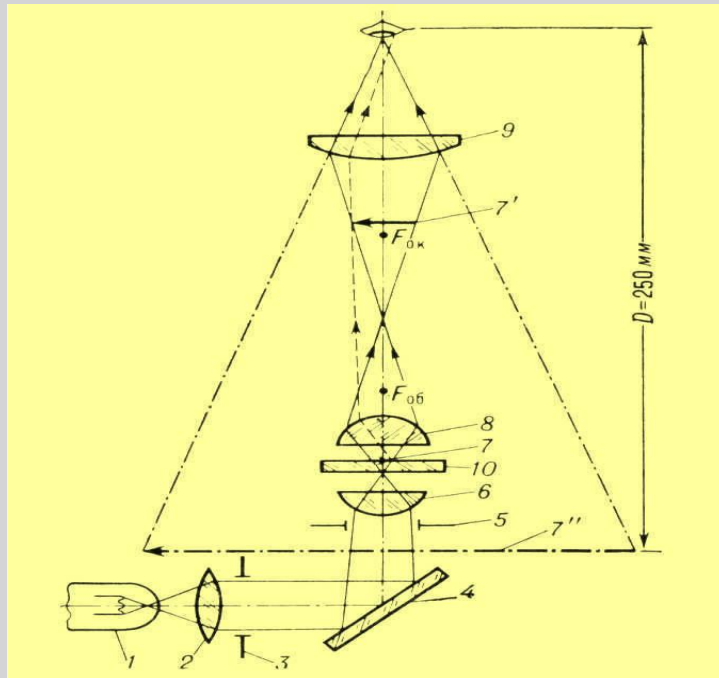




# Оптические измерения

- Тема 2 Обобщенная схема средств измерений и их классификация

Принципиальная схема прибора (установки) – оптическая измерительная схема с указанием необходимых перемещений



Оптическая схема микроскопа

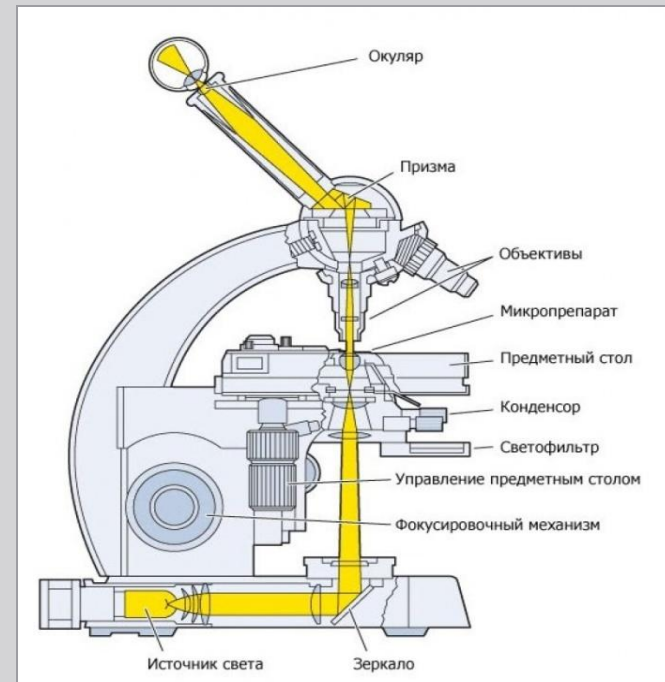
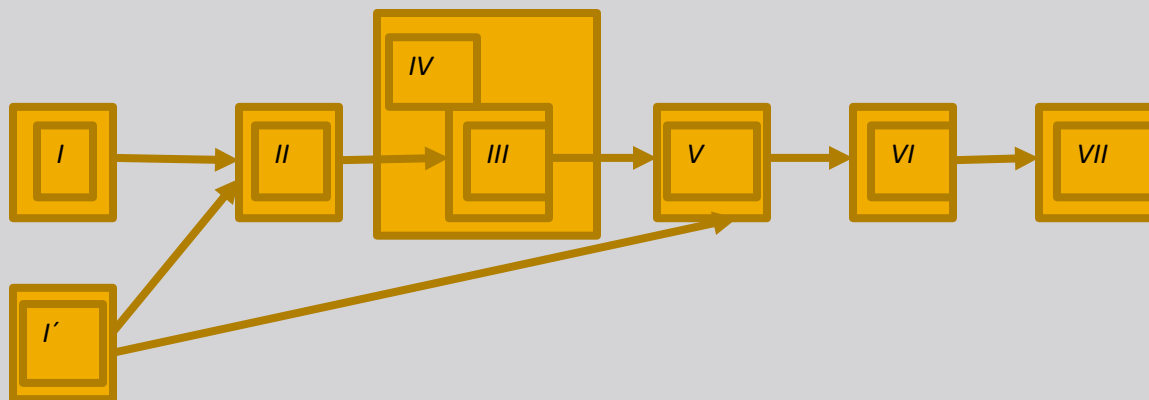


Схема расположения основных элементов оптического микроскопа

# Оптические измерения

- Тема 2 Обобщенная схема средств измерений и их классификация

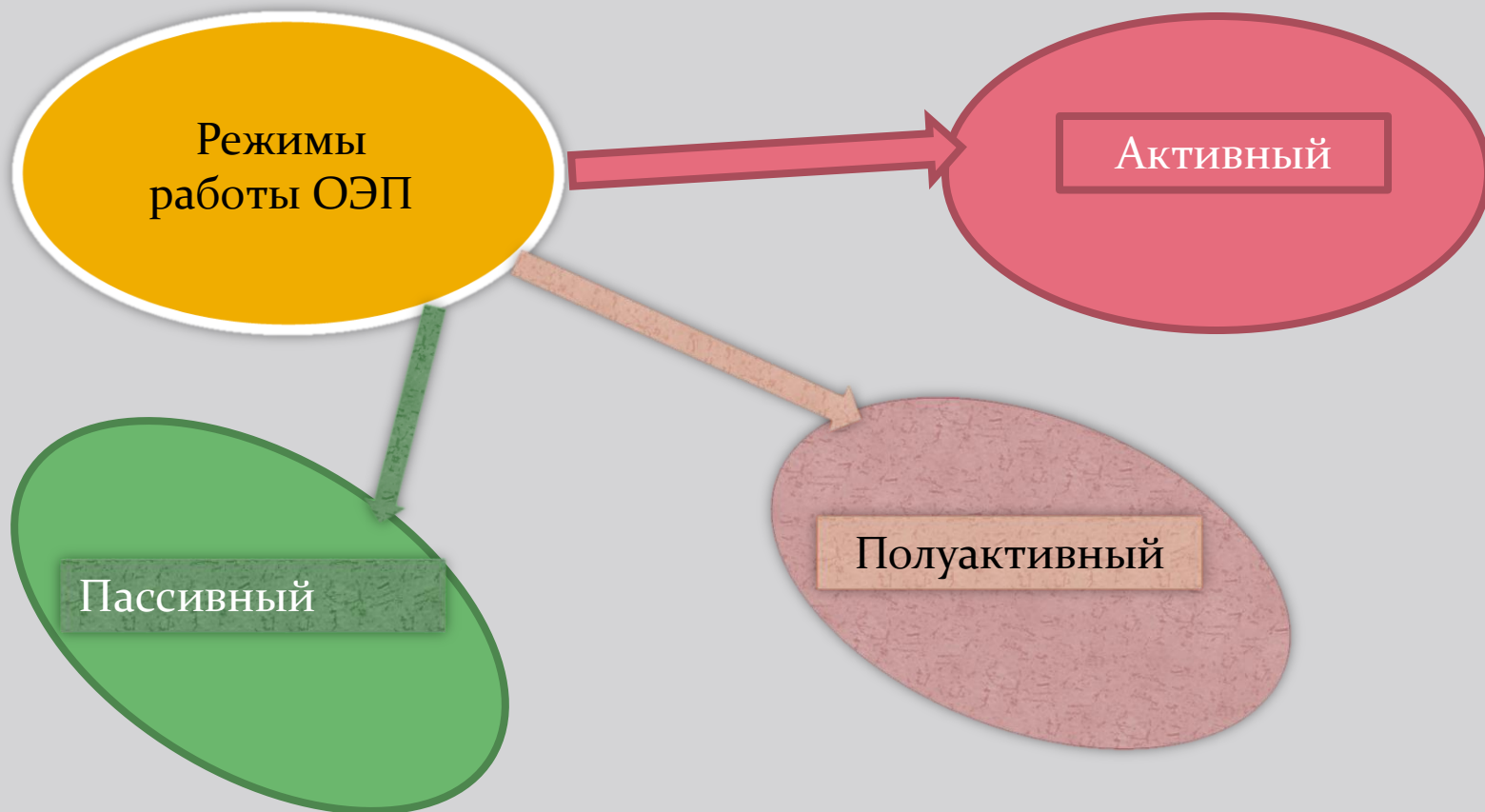


*I* – источник излучения; *II* – передающая оптическая система;  
*III* – исследуемый объект; *IV* – среда распространения излучения;  
*V* – приёмная оптическая система; *VI* – приёмник излучения;  
*VII* – электронный канал; *I'* – фон, помеха

Под *функциональной схемой* понимают принципиальную схему, содержащую узлы, логически необходимые для выполнения измерения

# Оптические измерения

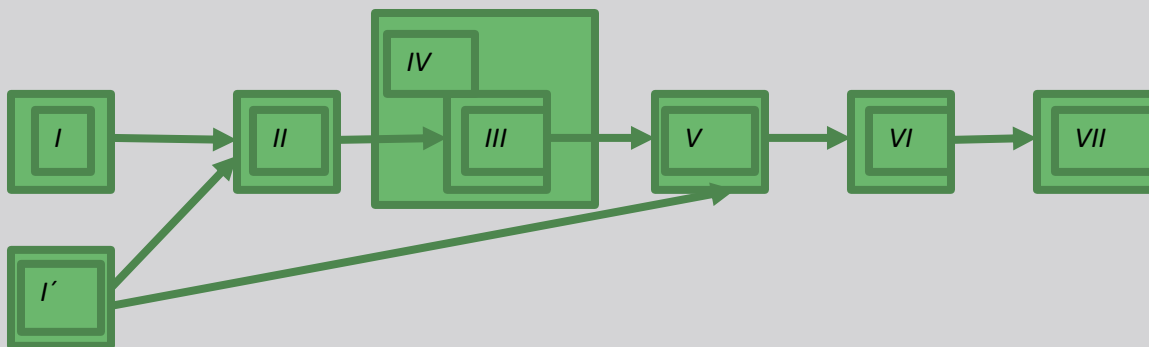
- Тема 2 Обобщенная схема средств измерений и их классификация



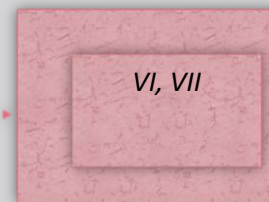
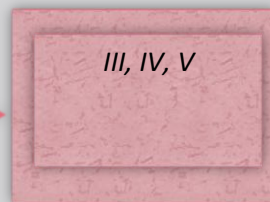
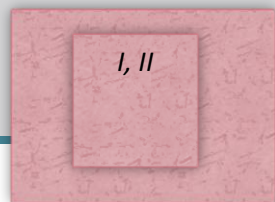


# Оптические измерения

- Тема 2 Обобщенная схема средств измерений и их классификация

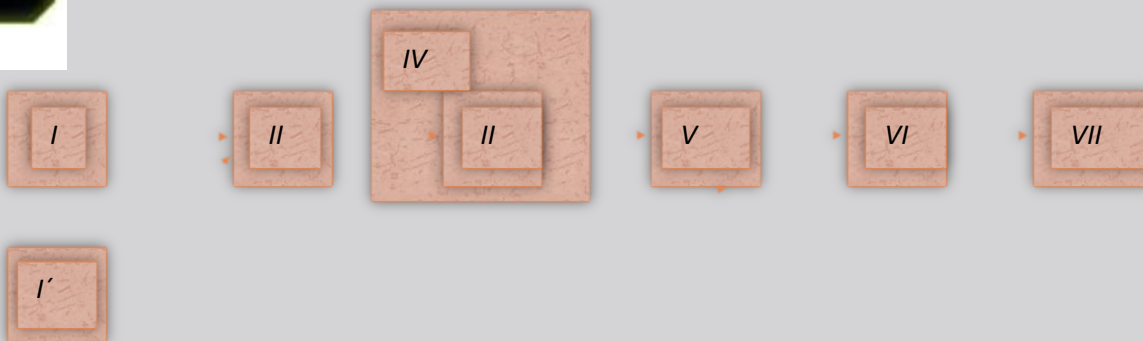


Обобщенная функциональная схема измерительного ОЭП при работе в активном режиме

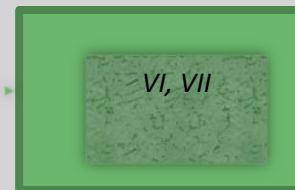
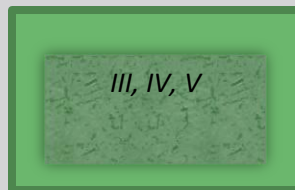


# Оптические измерения

## Тема 2 Обобщенная схема средств измерений и их классификация



Обобщенная функциональная схема измерительного ОЭП при работе в пассивном режиме



# Оптические измерения

- Тема 2 Обобщенная схема средств измерений и их классификация

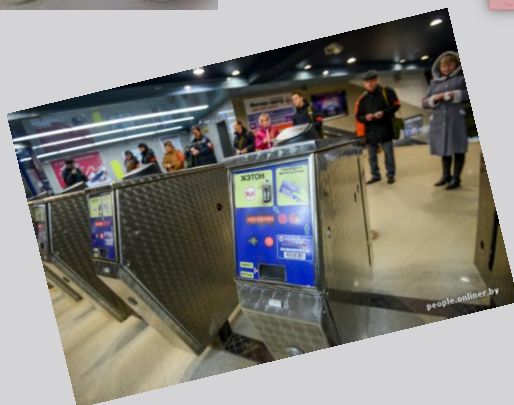
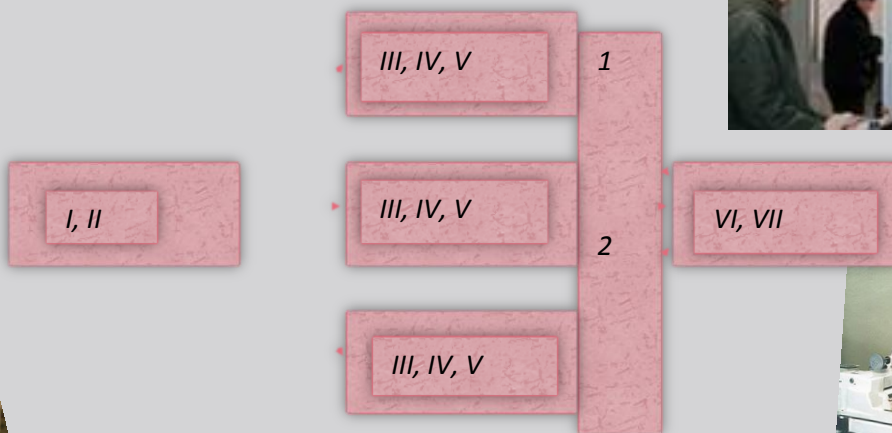
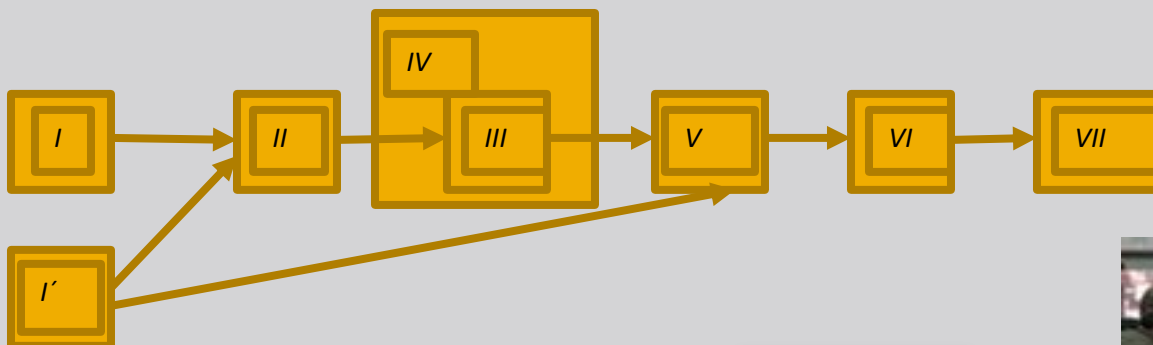


Схема ОЭП, функционирующего в полуактивном режиме

# Оптические измерения

- Тема 2 Обобщенная схема средств измерений
  - и их классификация

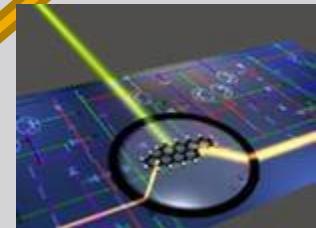
Этапы  
оптического  
измерения

Создание *оптического изображения*,  
связанного с измеряемыми параметрами  
объекта

Определение координат  
элементов изображения путем  
оптических измерительных  
наводок

Обработка данных, полученных в  
результате оптических  
измерительных наводок на  
изображение, и получение  
результатов измерения

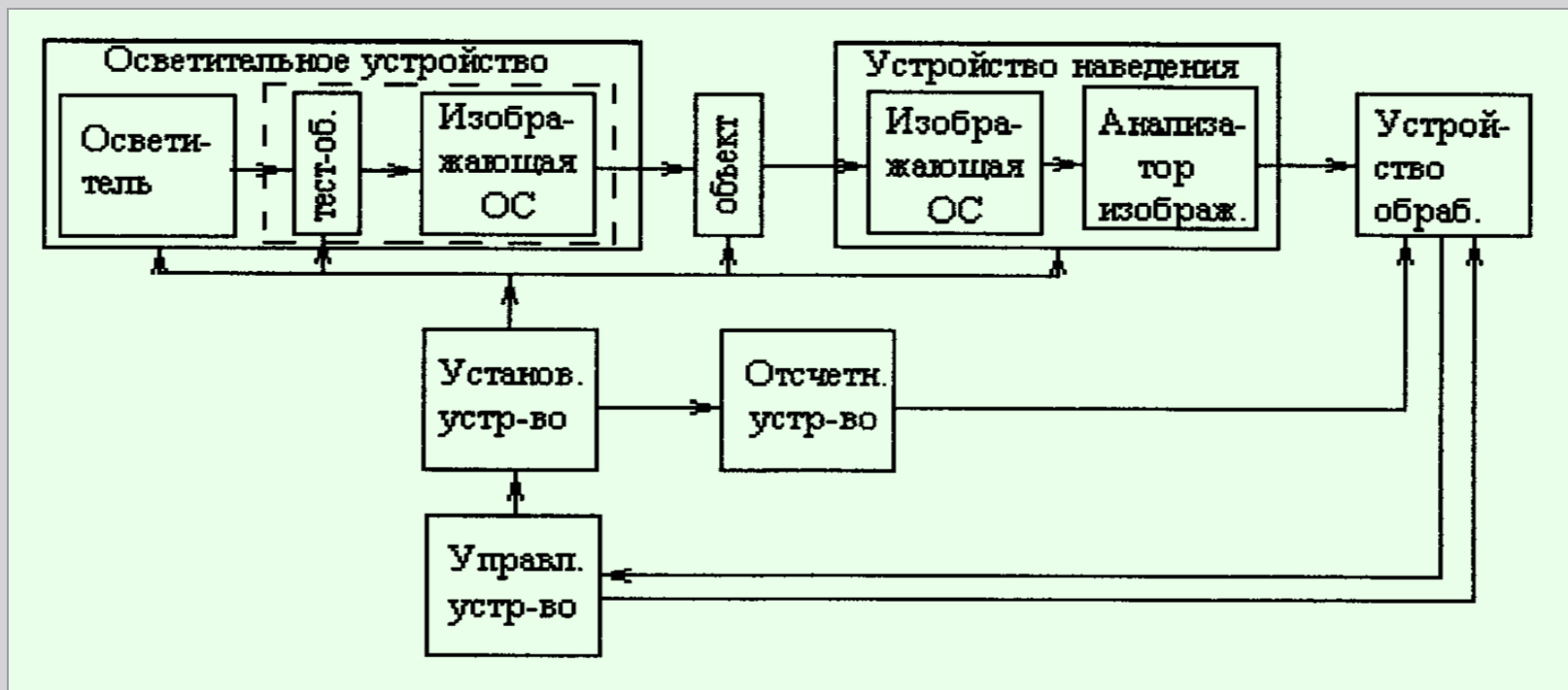
Анализ  
погрешностей  
измерений в  
целях  
определения  
точности  
результатов



# Оптические измерения

- Тема 2 Обобщенная схема средств измерений и их классификация

Функциональная схема – принципиальная схема, в которой выделены узлы, логически необходимые для выполнения измерения



Обобщенная функциональная схема оптического измерительного прибора

# Оптические измерения

- Тема 2 Обобщенная схема средств измерений и их классификация

Узлы измерительного  
оптического прибора

*Осветительное  
устройство*

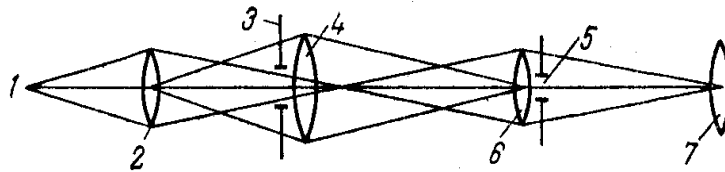
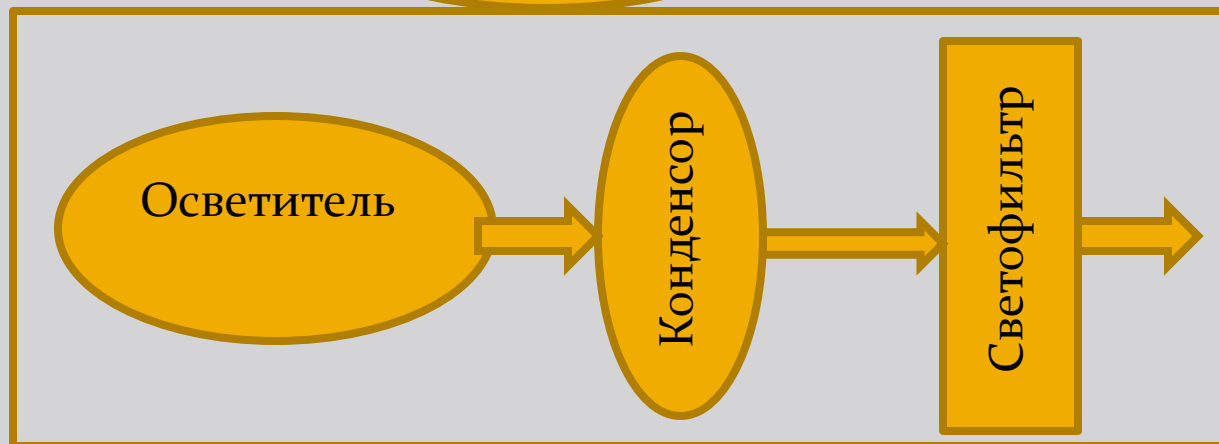


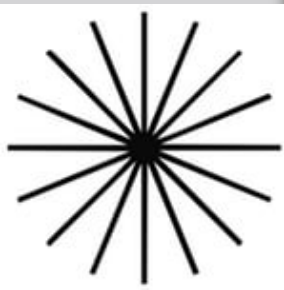
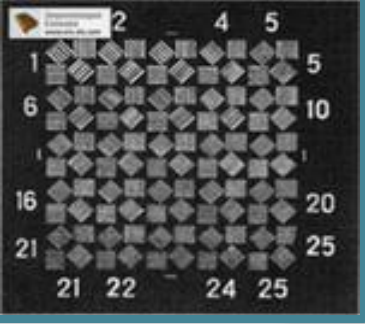
Рис. 80. Оптическая схема трехлинзовой осветительной системы:

1—источник света; 2, 4, 6—линзы; 3—диафрагма; 5—щель спектрографа; 7—объектив коллиматора спектрографа.

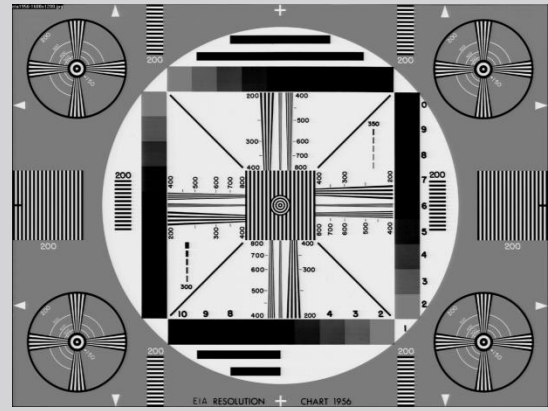
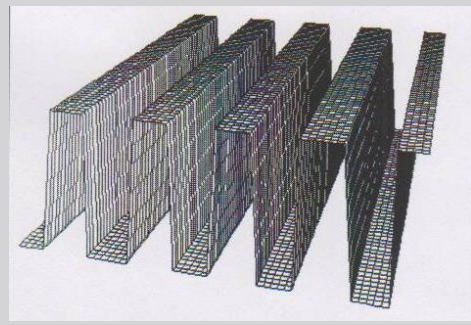
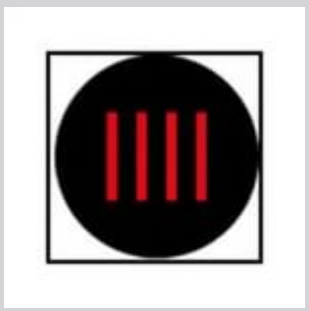
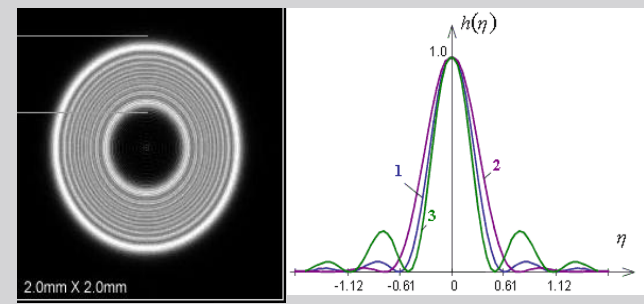


# Оптические измерения

## Тема 2 Обобщенная схема средств измерений и их классификация



Узлы измерительного  
оптического прибора

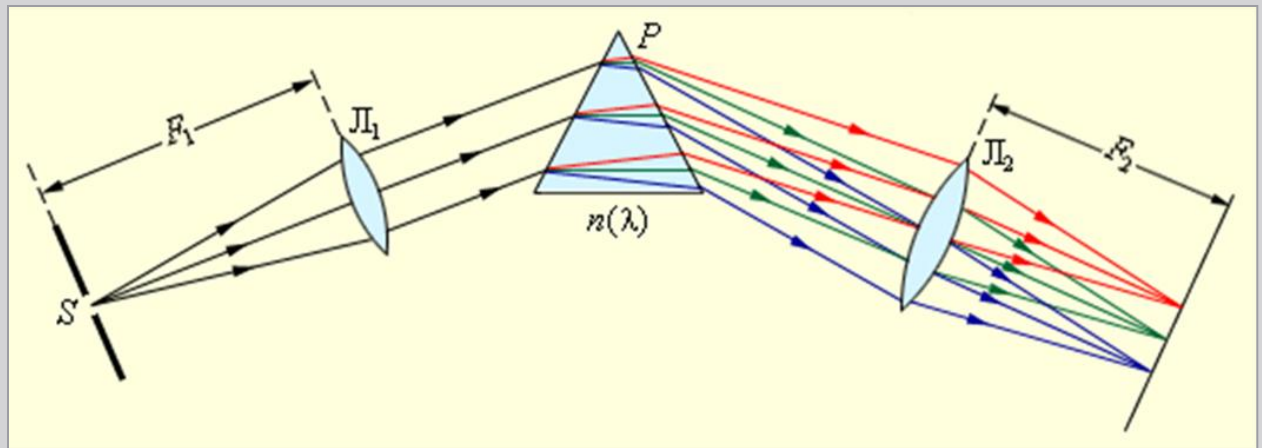


# Оптические измерения

- Тема 2 Обобщенная схема средств измерений и их классификация

Узлы измерительного  
оптического прибора

*Изображающая оптическая система* предназначена для создания изображения объекта (или тест-объекта) в плоскости приемника и анализатора изображения



## ОПТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ГЛАЗА

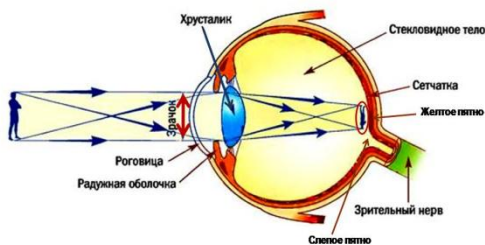


Схема формирования изображения в призмном спектральном приборе

# Оптические измерения

- Тема 2 Обобщенная схема средств измерений и их классификация



**Зрительная труба**  
 $a \sim \infty; a' \sim \infty$

**Типы  
оптических систем**

**Проекционная система**  
 $a$  конечно;  
 $a'$  конечно



**Микроскоп**  
 $a$  конечно;  $a' \sim \infty$

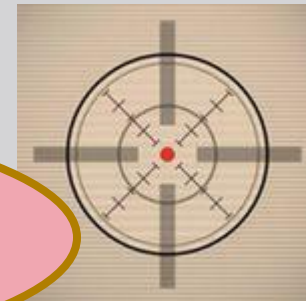
**Объектив**  
 $a \sim \infty; a'$  конечно



# Оптические измерения

- Тема 2 Обобщенная схема средств измерений и их классификация

Узлы измерительного  
оптического прибора



Устройство наведения

Изображающая  
оптическая  
система



Анализатор  
изображения

Собственно  
анализатор

Приемник  
излучения





# Оптические измерения

- Тема 2 Обобщенная схема средств измерений и их классификация

Узлы измерительного  
оптического прибора

Устройство  
обработки информации -

*совокупность аналоговых или аналого-цифровых преобразователей, встроенных в прибор микропроцессоров или отдельно расположенных компьютеров, снабженных специально разработанными программами.*

*В визуальных приборах обработку информации производит оператор*



# Оптические измерения

- Тема 2 Обобщенная схема средств измерений и их классификация

Узлы измерительного  
оптического прибора

Установочное устройство

Элементы

Требования

- направляющие;
- передаточный механизм;
- привод



- чувствительность;
- точность;
- отсутствие значительного трения



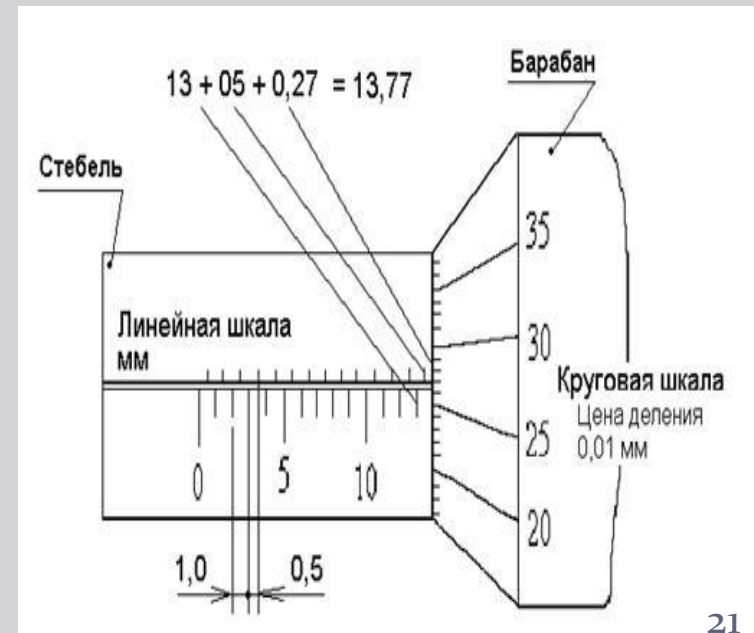


# Оптические измерения

- Тема 2 Обобщенная схема средств измерений и их классификация

Узлы измерительного  
оптического прибора

*Отсчетное устройство* предназначено для получения отсчета, передачи отсчета на вход устройства обработки информации и его регистрации

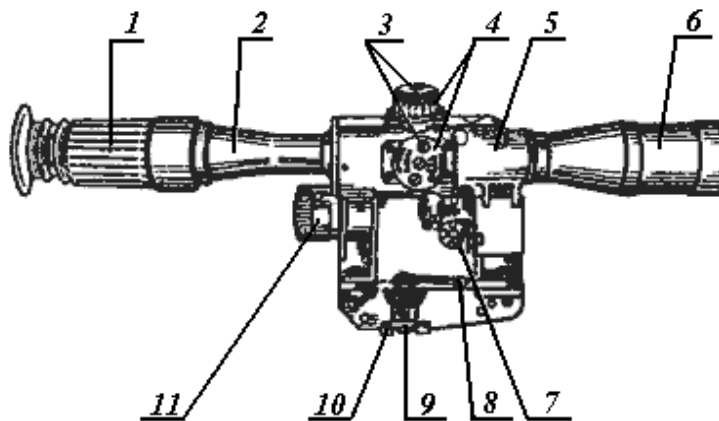


# Оптические измерения

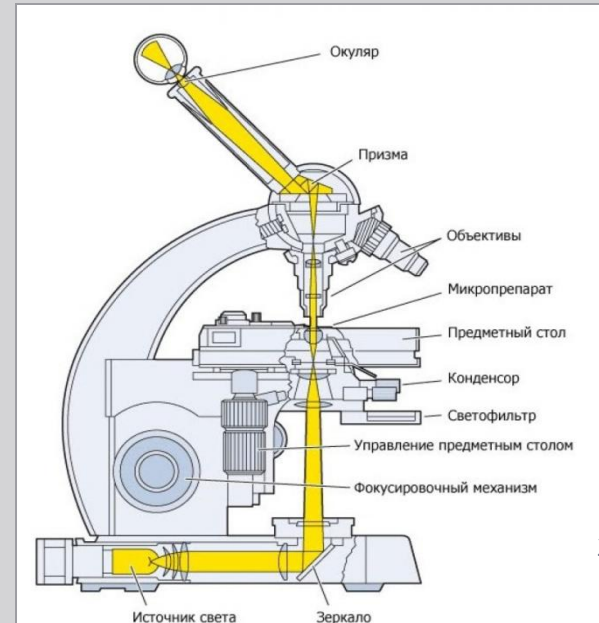
- Тема 2 Обобщенная схема средств измерений и их классификация

Узлы измерительного  
оптического прибора

*Управляющее устройство* измерительного прибора предназначено для управления всем процессом измерения, от настройки прибора до получения результата измерения и может быть конструктивно объединено с устройством обработки информации



1-наглазник; 2-окуляр; 3-винты; 4-маховики;  
5-корпус с кронштейном крепления; 6-объектив;  
7-включатель подсветки; 8-закрепительный рычаг;  
9-регулирующая гайка; 10-фиксатор; 11-крышка  
отсека питания



# Оптические измерения

- **Тема 2 Обобщенная схема средств измерений и их классификация**

## Основные операции, выполняемые в процессе измерения:

- *Операции грубой настройки прибора* -
  - настройка освещения;
  - центрирование, фокусирование и развороты вокруг оптической оси отдельных узлов прибора;
  - установка всего прибора по отвесу;
  - установка объекта измерения;
- *Операции тонкой настройки прибора* –обычно это фокусирование при поперечных измерениях и центрирование – при продольных

# Оптические измерения

- **Тема 2 Обобщенная схема средств измерений и их классификация**

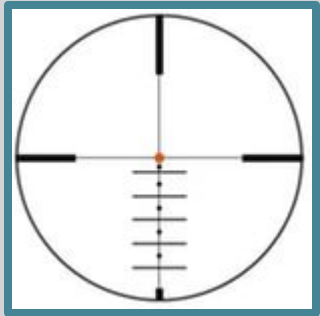
## Основные операции, выполняемые в процессе измерения:

- *Операции "рабочее смещение" и "наведение"*. При измерении продольных или поперечных координат рабочее движение представляет перемещение вдоль измеряемой координаты, наведение и отсчет. При измерении распределения интенсивности как функции от координат рабочим движением также является смещение по координатам на объекте или изображении и определение координаты элемента оптико-измерительного изображения;
- *Операция "снятие отсчета"*. Для визуальных отсчетных устройств эта операция состоит в наведении перекрестия сетки отсчетного устройства на штрих шкалы, а затем считывание значения по шкале;
- *Операция "обработка результатов наблюдений"*. В компьютеризированных приборах выполняется регистрация результатов отдельных измерительных наблюдений, которые затем используются для расчета измеряемых параметров

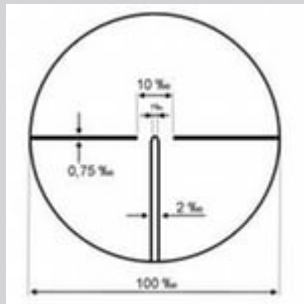


# Оптические измерения

## • Тема 2 Обобщенная схема средств измерений и их классификация



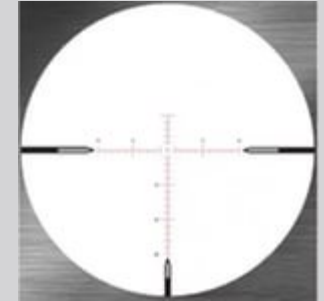
*Измерительное наведение* – процесс совмещения элементов изображения значащего элемента объекта с отсчетной точкой или линией в изображении измерительной марки на чувствительной площадке приемника изображения.



В качестве отсчетной марки обычно используют перекрестие, штрих или биссектор сетки окуляр-микрометра

Поперечная наводка – совмещение двух оптических измерительных изображений при их взаимном перемещении поперек оптической оси.

Продольная наводка – совмещение двух оптических измерительных изображений вдоль оптической оси.

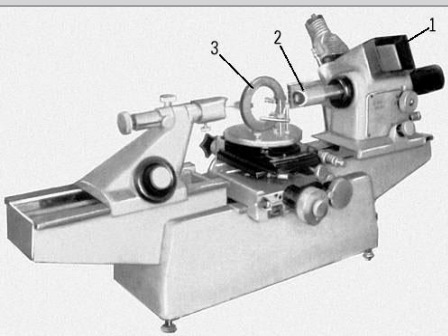
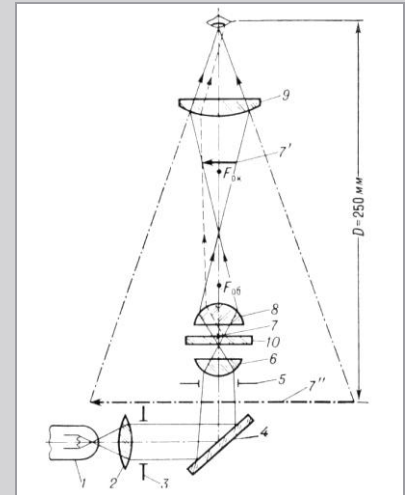


# Оптические измерения

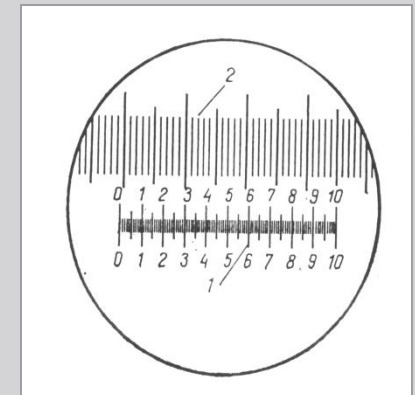
- **Тема 2 Обобщенная схема средств измерений и их классификация**

Оптическое измерительное изображение объекта строится объективом оптического измерительного прибора (зрительной трубы или микроскопа).

Оптическое измерительное изображение тест-объекта (марки) строится окуляром оптического измерительного прибора.



Структура оптического изображения, на которое осуществляются измерительные наводки, определяет качество оптического измерения и во многом определяет его важнейшие метрологические характеристики – чувствительность и точность





# Оптические измерения

## Тема 2 Обобщенная схема средств измерений и их классификация



- **Чувствительностью прибора** называют отношение величины линейного или углового перемещения стрелки (или пера прибора) к изменению значения измеряемой величины, вызвавшей это перемещение.

Примеры: многофункциональные спектрофотометры Spectra-max имеют чувствительность :

- в спектрах флуоресценции  $< 5$  пикомоль/литр флуоресцеина, 100 фемтомоль/литр европия (в 96-луночном планшете);
- в спектрах люминесценции  $< 2$  фемтограмм люциферазы в лунке 96-луночного планшета



# Оптические измерения

- Тема 2 Обобщенная схема средств измерений и их классификация

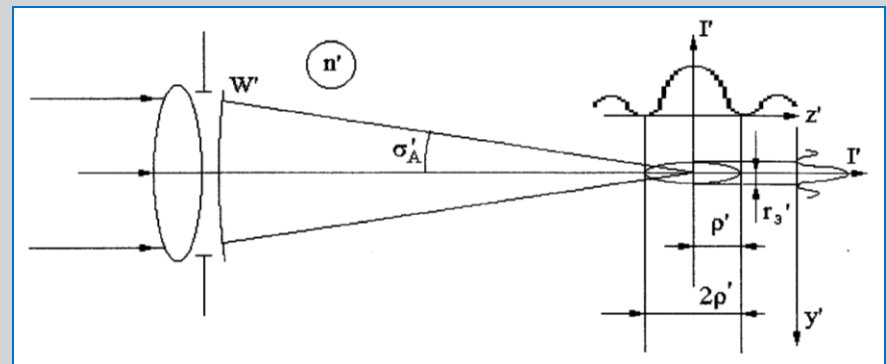
## Факторы, влияющие на:

### Чувствительность ОИП

- свойства оптического излучения, распространяющегося в приборе;
- параметры прибора;
- способ регистрации световых явлений (и оптических изображений), формируемых оптическим измерительным прибором

### Порог чувствительности ОИП

- дифракция на зрачке;
- aberrации;
- ошибки изготовления оптической системы



# Оптические измерения

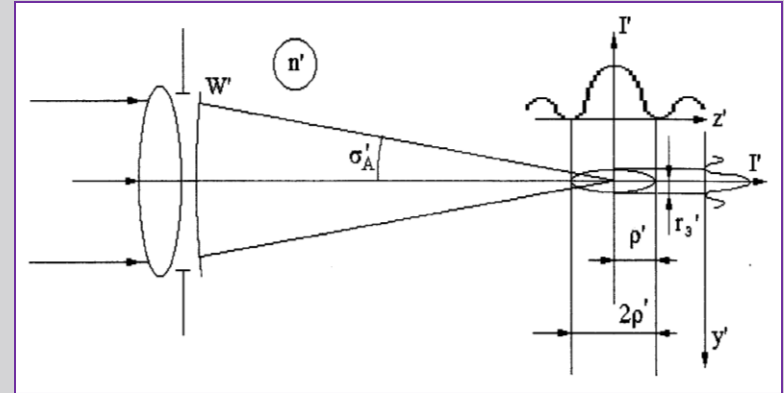
- Тема 2 Обобщенная схема средств измерений и их классификация

Для светящейся точки продольный размер (мкм) пятна рассеяния, ограничивающего главный максимум, зависит от длины световой волны и числовой апертуры оптической системы  $A' = n \sin \sigma'_A$  ( $\sigma'_A$  – задний апертурный угол объектива, строящего изображение:

$$r'_z = 0,61\lambda/A' \quad \rho' = 2\lambda n'/A'^2$$

а угловой размер – от длины волны, показателя преломления среды в пространстве изображений и диаметры выходного зрачка изображающей оптической системы:

$$\psi'_z = \frac{1,22\lambda}{n'D'} \text{ (рад)}$$



В пространстве предметов (с учетом малости углов и при  $A = A'$ ):

$$r = 0,61\lambda/A \text{ (мкм)}$$

$$\rho = 2\lambda/A^2$$

Для светящейся линии

$$r'_L = 0,566\lambda/A \text{ (мм)}$$

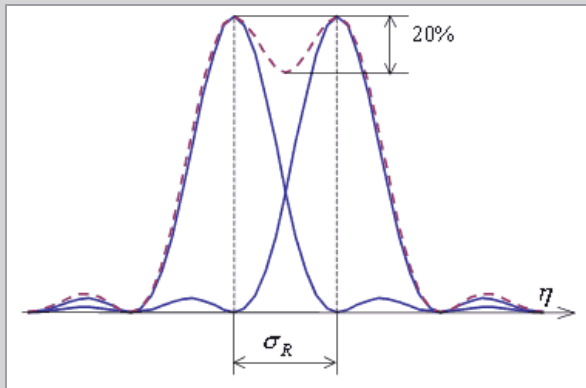
$$\psi'_L = 1,13\lambda/n'D' \text{ (рад)}$$

# Оптические измерения

- Тема 2 Обобщенная схема средств измерений и их классификация

## Разрешающая способность

Критерий Рэлея



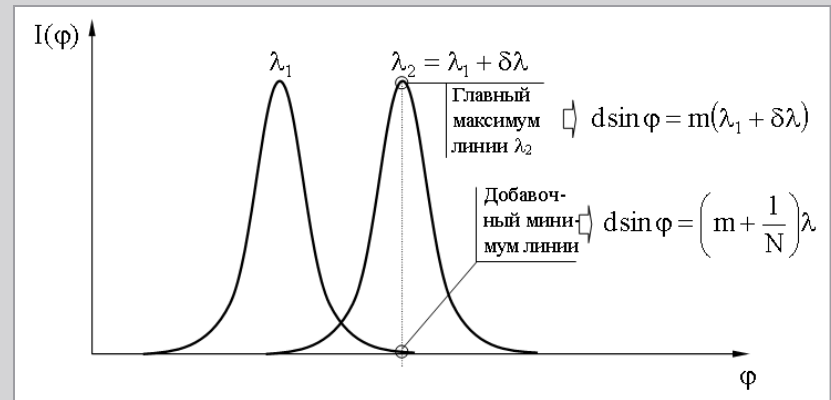
$$R = T \frac{dn}{d\lambda} \left( 1 + \frac{\Phi_0 s}{\lambda} \right)$$

характеризуется минимальным спектральным интервалом  $\delta\lambda$

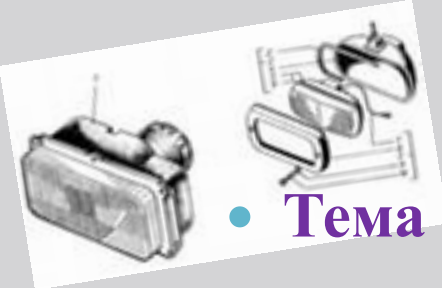
между монохроматическими линиями  $\lambda$  и  $\lambda + \delta\lambda$

которые разрешимы данным спектральным прибором:

$$R = \frac{\lambda}{\delta\lambda}$$



$$R = kN$$



# Оптические измерения



## • Тема 2 Обобщенная схема средств измерений и их классификация

В основе построения средств ГСП лежит **блочно-модульный принцип** – возможность создания различных функционально сложных устройств из ограниченного числа более простых унифицированных блоков и модулей. Новые средства измерения и автоматизации создают из уже существующего набора узлов и блоков, достигая существенного экономического эффекта



ГСП – Государственная система промышленных приборов и средств автоматизации



# Оптические измерения

- Тема 2 Обобщенная схема средств измерений и их классификация

## Глоссарий ГСП

**Модуль** – техническое устройство, реализующее одну элементарную функцию

**Блок** – техническое устройство, реализующее строго определенный набор функций и состоящее из нескольких модулей

**Прибор** – техническое средство, состоящее из блоков и модулей и имеющее выходной сигнал, пригодный для восприятия человеком

# Оптические измерения

- Тема 2 Обобщенная схема средств измерений и их классификация



# Оптические измерения

- Тема 2 Обобщенная схема средств измерений и их классификация

## Принцип агрегатирования

– наращивание и видоизменение функций отдельных технических систем (ТС) и создание на их основе систем автоматизации посредством сочленения унифицированных блоков, модулей и комплектных изделий ГСП без внесения дополнительных конструктивных изменений

– определяет построение функционально более сложных устройств из ограниченного набора более простых унифицированных изделий методом их наращивания и стыковки

**Агрегатный комплекс (АК)** – совокупность ТС, характеризующихся всеми видами совместимости и предназначенных для решения определенных задач автоматического контроля и регулирования

# Оптические измерения

- Тема 2 Обобщенная схема средств измерений и их классификация

**Принцип унификации** обеспечивается соблюдением различных видов совместимости изделий

Виды  
совместимости  
изделий АК

энергетическая

функциональная

конструктивная

метрологическая

эксплуатационная

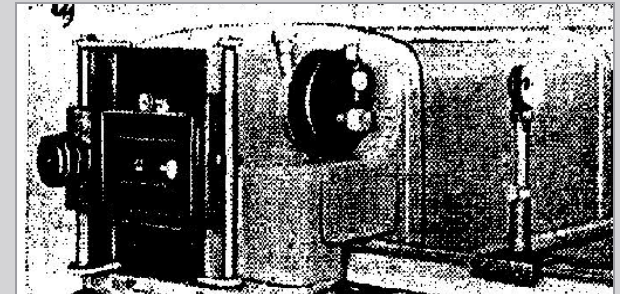
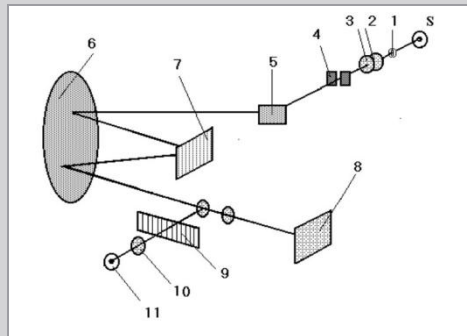
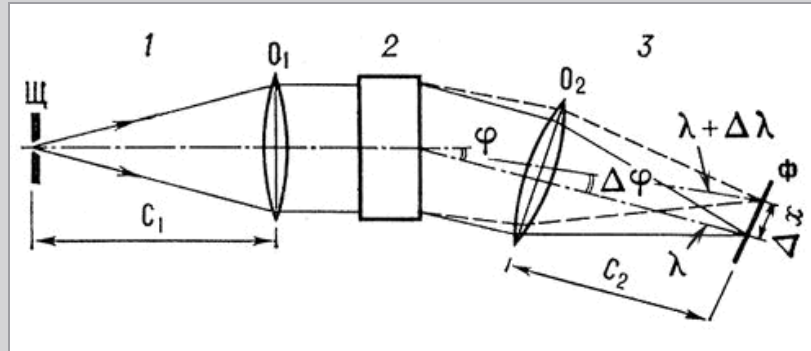
информационная



# Оптические измерения

- Тема 2 Обобщенная схема средств измерений и их классификация

**Типовые узлы оптических измерительных приборов** – коллиматор, автоколлиматор, микроскоп, автоколлимационный микроскоп и др.





# Оптические измерения

- **Тема 2 Обобщенная схема средств измерений и их классификация**

## **Источники погрешностей оптических измерений, связанные с измерительными приборами**

**Задание.** Напишите реферат и подготовьте презентацию по одной из тем:

- Метрологические характеристики средств измерения;
- Способы обработки результатов измерений

Литература:

- Кириловский, В.К. Оптические измерения. Ч. 1 Введение и общие вопросы. Точность оптических измерений. – С.-Пб.: ИТМО, 2003.– 41 с.
- Креопалова, Г.В. Оптические измерения / Г.В. Креопалова, Н.Л. Лазарева, Т. Пуряев; под ред. Д.Т. Пуряева. – М.: Машиностроение, 1987. – 264 с.
- Оптические измерения / А.Н. Андреев, Е.В. Гаврилов, Г.Г. Ишанин и др. – М.: Университетская книга; Логос, 2007. – 416 с.
- и др.

# Оптические измерения

- Тема 2 Обобщенная схема средств измерений и их классификация

