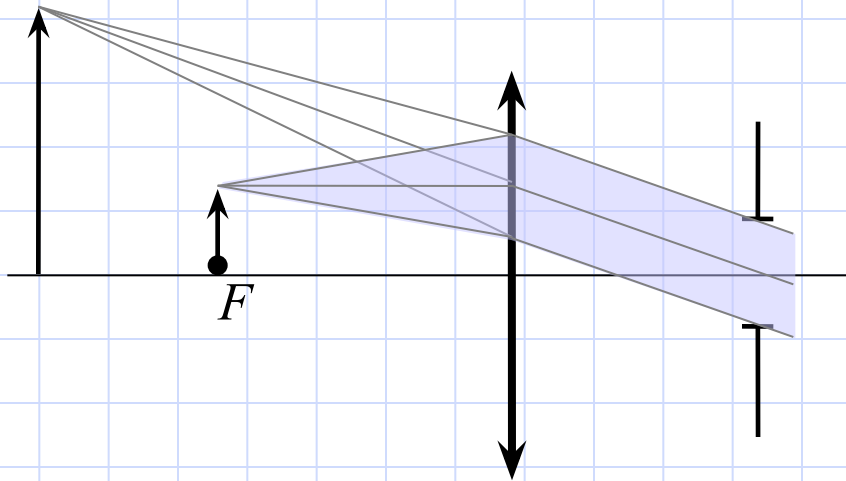


# Микроскопы

Введение в специальность  
кафедра  
прикладной и компьютерной оптики

# Лупа

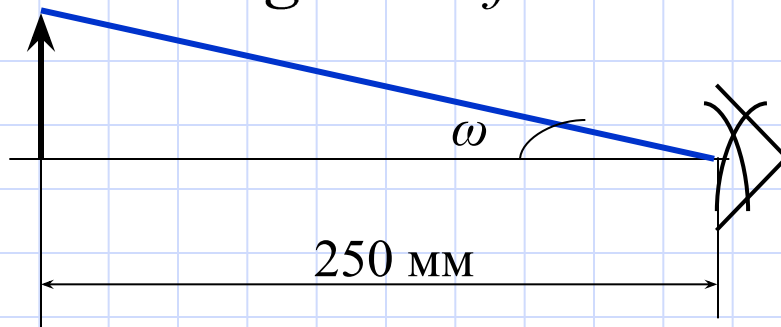
- **Лупа** – оптическая система, состоящая из линзы или нескольких линз, предназначенная для наблюдения предметов, расположенных на конечном расстоянии



# Видимое увеличение лупы

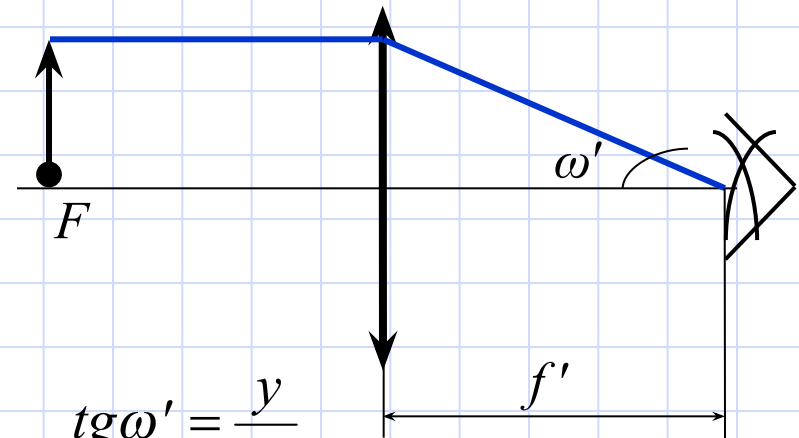
- Видимое увеличение лупы – отношение тангенса угла, под которым виден предмет через лупу, к тангенсу угла, под которым наблюдается предмет невооруженным глазом с расстояния наилучшего видения

$$\bar{\Gamma} = \frac{\operatorname{tg}\omega'}{\operatorname{tg}\omega} = \frac{250}{f'}$$



$$\operatorname{tg}\omega = \frac{y}{250}$$

наблюдение невооруженным глазом



$$\operatorname{tg}\omega' = \frac{y}{f'}$$

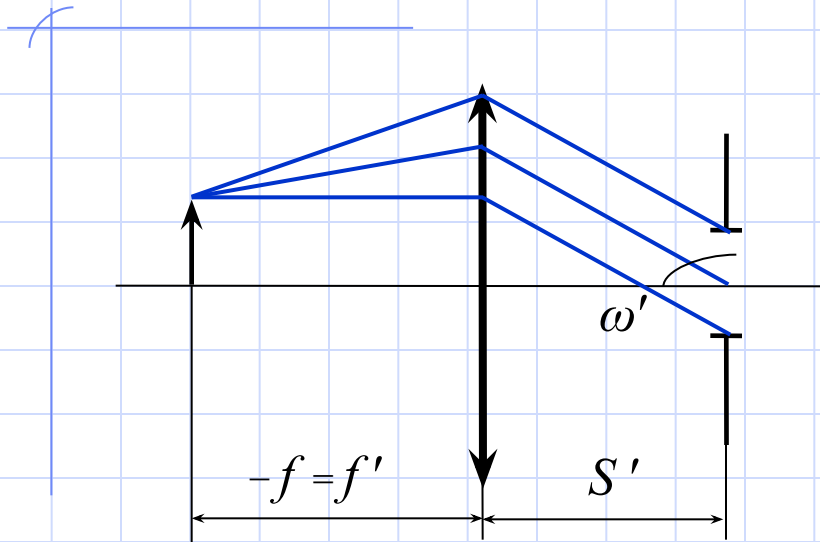
наблюдение через лупу

# Диаметр выходного зрачка лупы

- Апертурной диафрагмой и одновременно выходным зрачком системы «лупа-глаз» является зрачок глаза:

$$D' = D_{\text{гл}}$$

# Поле зрения лупы



Размер поля в пространстве изображений:

$$\operatorname{tg} \omega' = \frac{D_{\text{л}} - D_{\text{гл}}}{2S'}$$

$D_{\text{л}}$  – диаметр лупы

$D_{\text{гл}}$  – диаметр зрачка глаза

Размер поля в пространстве предметов:

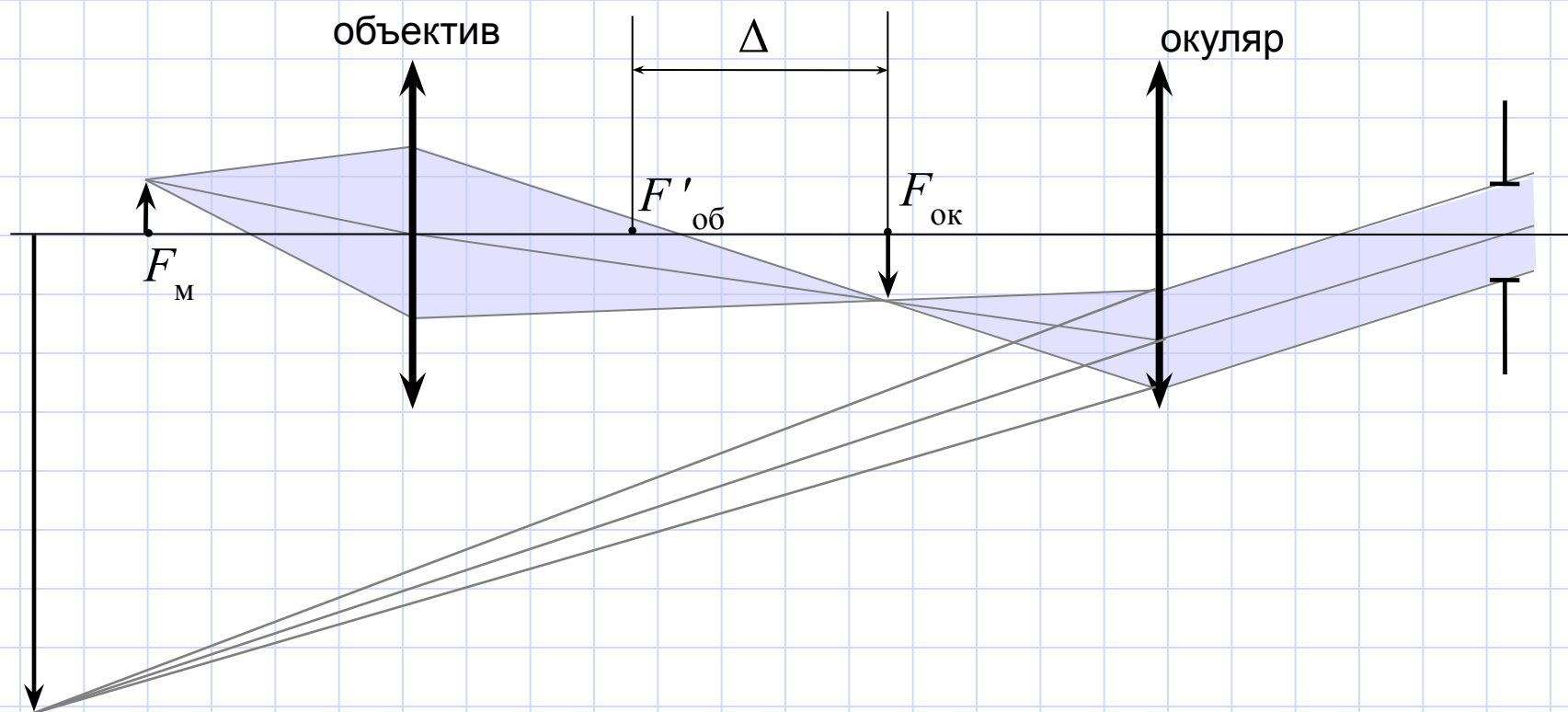
$$2y = 2f' \cdot \operatorname{tg} \omega' = f' \cdot \frac{D_{\text{л}} - D_{\text{гл}}}{S'}$$

# Примеры луп

Модель	Увеличение, крат	Диаметр (мм)	Габариты (мм)	Вес (г)	Материал линзы	Корпус
ЛПК 471	2,1	78	113x95x20	127	Стекло	Пластик
ЛП 3 (90)	3	88	195x95x20	150	Стекло	Пластик
ЛТ 1-7*	7	16	36x21x14	20	Стекло	Металл / Пластик
ЛЧ-5	5	17	30x38	9	Стекло	Пластик
ЛЧ-10	10	16	50x38	15	Стекло	Пластик
ЛБН-2,5* (стерео)	2,5		56x188x240	145	Стекло	Пластик
Горизонт 4*	4	30	70x50x50	190	Стекло	Пластик
Горизонт 8*	8	20	53x47	110	Стекло	Пластик
Горизонт 10*	10	18	44x49	112	Стекло	Пластик
Лупа 6x30 двойная	6/3	30	36x58		Пластик	Пластик



# Микроскоп



# Увеличение микроскопа

- Линейное увеличение микрообъектива:

$$V_{об} = -\frac{\Delta}{f'_{об}}$$

- где  $f'_{об}$  – фокусное расстояние микрообъектива,  $\Delta$  – оптическая длина тубуса (расстояние между задним фокусом объектива и передним фокусом окуляра)

- Видимое увеличение окуляра:

$$\bar{\Gamma}_{ок} = \frac{250}{f'_{ок}}$$



# Увеличение микроскопа

- Общее увеличение микроскопа:

$$\bar{\Gamma} = V_{\text{об}} \cdot \bar{\Gamma}_{\text{ок}}$$

$$\bar{\Gamma} = \frac{250}{f'_{\text{м}}}$$

- где  $f'_{\text{м}}$  – фокусное расстояние микроскопа

- стандартные увеличения объективов: 3.5, 8, 10, 20, 40, 60, 90 крат
- стандартные увеличения окуляров: 5, 7, 10, 15, 20 крат

# Поле зрения микроскопа

$$2y = \frac{500 \cdot \operatorname{tg} \omega'}{\bar{\Gamma}}$$

- где  $\omega'$  – угловое поля окуляра

# Диаметр выходного зрачка микроскопа

$$D' = \frac{500 \cdot A}{\bar{\Gamma}}$$

- где  $A$  – передняя апертура микроскопа

# Разрешающая способность микроскопа

- Линейный предел разрешения микроскопа – это минимальное расстояние между точками предмета, которые изображаются как отдельные:

$$\sigma = \frac{\lambda}{2A}$$

- Предельно достижимая разрешающая способность оптического микроскопа:
  - максимально возможное значение синуса угла  $A = n \cdot \sin \alpha = 1 \cdot 1$

$$\sigma = \frac{\lambda}{2A} = \frac{0.5}{2 \cdot 1} = 0.25 \text{ мкм}$$

# Повышение разрешающей способности микроскопа

## Иммерсия

- Иммерсионная жидкость – прозрачное вещество с показателем преломления больше единицы:
  - вода ( $n=1.33$ ), кедровое масло ( $n=1.52$ ), раствор глицерина и т.д.
- Апертура иммерсионного объектива  $A=1.5$
- Предельно достижимая разрешающая способность иммерсионного оптического микроскопа:

$$\sigma = \frac{\lambda}{2A} = \frac{0.5}{2 \cdot 1.5} = 0.15 \text{ мкм}$$

# Повышение разрешающей способности микроскопа

## Применение ультрафиолетовых лучей

- Длина волны ультрафиолетовых лучей  $\lambda=0.2$  мкм
- Предельно достижимая разрешающая способность микроскопа:

$$\sigma = \frac{\lambda}{2A} = \frac{0.2}{2 \cdot 1} = 0.1 \text{ мкм}$$

# Полезное увеличение микроскопа

- **Полезное увеличение** – это видимое увеличение, при котором глаз наблюдателя будет полностью использовать разрешающую способность микроскопа, то есть разрешающая способность микроскопа будет такая же, как и разрешающая способность глаза

# Полезное увеличение микроскопа

- Угловое расстояние между изображениями двух точек, расположенных на расстоянии  $\sigma$  :

$$\Psi' = \frac{\sigma}{f'_M}$$

$$\bar{\Gamma} = \frac{250}{f'_M} \quad \sigma = \frac{\lambda}{2A}$$

- Видимое увеличение микроскопа:  $\bar{\Gamma} = \frac{500A}{\lambda} \cdot \Psi'$

- Для  $\Psi_{\text{гл}} = 2-4'$ , и  $\lambda = 0.5$  мкм:

$$500 \cdot A < \bar{\Gamma}_{\text{п}} < 1000 \cdot A$$

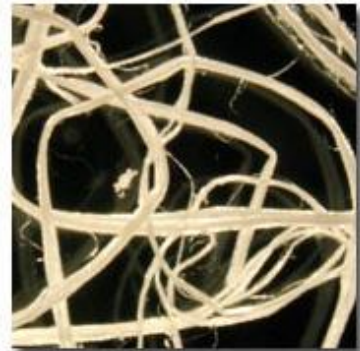
если  $\Gamma < 500A$  :  $\sigma_M < \sigma_{\text{гл}}$

если  $\Gamma > 1000A$  :  $\sigma_M > \sigma_{\text{гл}}$



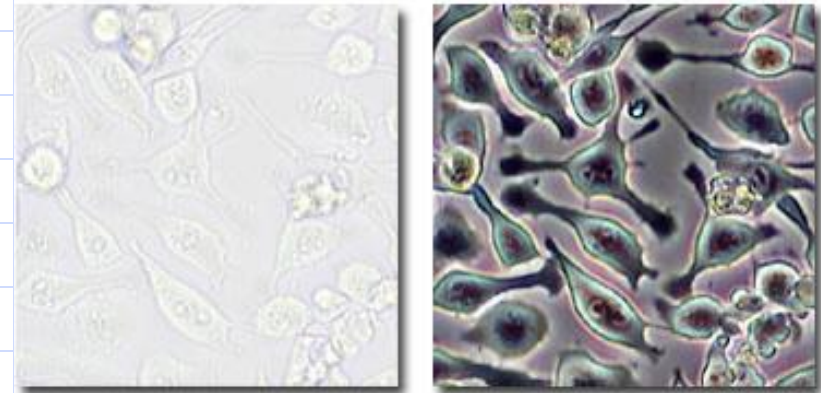
# Методы наблюдения

- **Метод светлого поля**
  - **в проходящем свете** – для исследования прозрачных препаратов (тонкие окрашенные срезы животных и растительных тканей, тонкие шлифы минералов)
  - **в отраженном свете** – для наблюдения непрозрачных объектов (травленные шлифы металлов, биологические ткани, минералы)
  
- **Метод темного поля**
  - **в проходящем свете** – для исследования прозрачных и непоглощающих объектов (применяется в биологии, коллоидной химии, минералогии)
  - **в отраженном свете**



# Методы наблюдения

- **Метод исследования в поляризованных лучах**
  - применяется в проходящем и в отраженном свете для анизотропных объектов (минералы, угли, некоторые животные и растительные ткани и клетки, искусственные и естественные волокна) [Пример](#)
- **Метод фазового контраста**
  - для прозрачных и бесцветных объектов (неокрашенные биологические препараты, нетравленные шлифы металлов и минералогические объекты)



изображение в светлом поле  
и фазовом контрасте

# Типы микроскопов

- **Световые микроскопы**
- **Электронные микроскопы**
- **Сканирующие микроскопы**

# Световые микроскопы

- **Биологические микроскопы**  
(серии MULTISCOPE™, LABOROSCOPE™, INVERTOSCOPE™)
  - имеют несколько сменных объективов и окуляров, фотоокуляры и проекционные окуляры
  - различные методы наблюдения: светлое поле, темное поле, метод фазового контраста
- **Микроскопы сравнения**
  - обеспечивают визуальное сопоставление двух препаратов (изображение каждого занимает половину поля зрения)
- **Контактные микроскопы**  
(серия METAM™)
  - прижимают объектив к объекту исследования
  - используется для наблюдения микроструктур металлов и т.д.



# Световые микроскопы

- **Стереомикроскопы (серии SF™ и MX™)**
  - создается стереоскопический эффект, и изображение воспринимается объемно
- **Ультрафиолетовый и инфракрасный микроскопы**
  - для исследования объектов в ультрафиолетовом или инфракрасном излучении
  - снабжены флуоресцентным экраном, фотокамерой или электронно-оптическим преобразователем
- **Поляризационный микроскоп (серия POLAM™)**
  - позволяет выявлять анизотропию структуры при в поляризованном свете
  - используют при изучении препаратов крови, шлифов зубов, костей и т.п.



# Световые микроскопы

- **Люминесцентный микроскоп**  
(серия LUMAM™)

- под действием УФ излучения возникает люминесценция некоторых объектов
- используется в микробиологии и иммунологических исследованиях

Сравнение люминесцентного и фазово-контрастного методов

- **Интерференционный микроскоп**

- часть света проходит через исследуемый объект, а другая – мимо, в окулярной части лучи соединяются и интерферируют
- дает возможность исследовать объекты с низкими показателями преломления света и малой толщины

- **Операционный микроскоп** (серии MIKO™, MX™)

- используется для проведения микрохирургических операций в офтальмологии, нейрохирургии и др.
- имеет демонстрационное визуальное устройство, фотоприставку

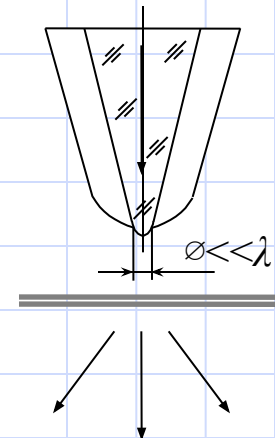
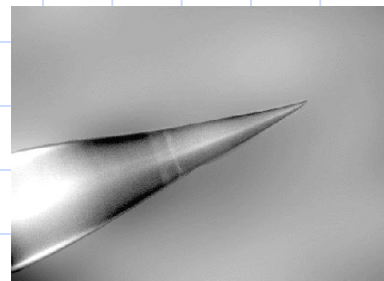


# Сканирующие микроскопы

- Устройство сканирующего микроскопа:
  - принцип действия основан на сканировании объекта сверхмалым зондом. Прошедший или отраженный сигнал регистрируется и используется для формирования трехмерной топографии поверхности образца с помощью ЭВМ
  - в зависимости от принципа взаимодействия зонда и образца разделяют на электронные, атомно-силовые и ближнепольные

# Ближнепольный растровый сканирующий микроскоп

- Работает в видимом излучении, позволяет работать с биологическими и медицинскими препаратами в естественных условиях
- Принцип действия:
  - сканирование объекта оптическим зондом на расстоянии меньше длины волны от объекта (в ближнем поле)
  - роль светового зонда выполняют светоизлучающие острия с выходными отверстиями, радиус которых в 10-20 раз меньше длины волны света





# Электронные микроскопы

- Устройство электронного микроскопа:
  - вместо видимого света используется пучок электронов
  - роль линз играет совокупность электрических и магнитных полей
  - изображение фотографируется, или проецируется на экран
  - контраст создается за счет разного рассеяния электронов от соседних участков
- Предел разрешения электронного микроскопа:
  - $\lambda=0.005$  нм,  $A=0.01$ :

$$\sigma = \frac{\lambda}{2 \cdot A} = \frac{0.005}{2 \cdot 0.01} = 0.25 \text{ нм} = 0.25 \cdot 10^{-3} \text{ мкм}$$

- Недостатки электронного микроскопа:
  - невозможность изучения живых биологических объектов

# Интернет-ресурсы

- <http://www.lomo.ru>
  - Сайт ОАО "ЛОМО". На сайте содержится информация о фирме и описание производимых приборов.
- <http://micro.magnet.fsu.edu/optics/index.html>
  - представлена история развития оптики, микроскопии и астрономии, обучающие программы моделируют работу микроскопов различных типов и различных методов наблюдения. На английском языке.
- <http://www.microscopyu.com/>
  - Сайт содержит подробное описание, наглядные иллюстрации, фотографии и интерактивные обучающие программы, посвященные микроскопам. На английском языке.
- <http://www.infectology.spb.ru/microscopy/>
  - Раздел «Микроскоп от А до Я» в журнале «Вестник инфектологии и паразитологии». Размещена информация о применении микроскопов в медицине, полезные советы по работе с современными микроскопами, информация о фирмах – производителях микроскопов.