

## Лабораторная работа № 18\*. Исследование оптической системы

Для исследования линзы или оптической системы **измеряем следующие величины:**

$z_{M \rightarrow пр} = p$  – координата края рейтера микроскопа, наведенного на предмет,

$y$  – размер предмета (например, размер одной или нескольких клеток сетки),

а также при каждом положении (вдоль рельса) исследуемой линзы или системы измеряем три величины:

$z_{M \rightarrow из} = r$  – координата того же края рейтера микроскопа, наведенного на изображение,

$y'$  – размер изображения (чтобы впоследствии найти увеличение  $\beta = y'/y$ ),

$z_{M \rightarrow л} = q$  – координата того же края рейтера микроскопа, наведенного на поверхность линзы, т.е. на ближайшую к микроскопу поверхность исследуемой линзы или системы.

Ось  $z$  направлена *от* источника света, т.е. шкала на рельсе возрастает в сторону *от* источника света.

Потом **вычисляем следующие величины:**  $\beta = y'/y$  – увеличение (если изображение перевернутое, то  $\beta < 0$ ),

$b' = z_{M \rightarrow из} - z_{M \rightarrow л} = r - q$  – расстояние *от* поверхности линзы до изображения, т.е. *координата изображения относительно поверхности линзы*,

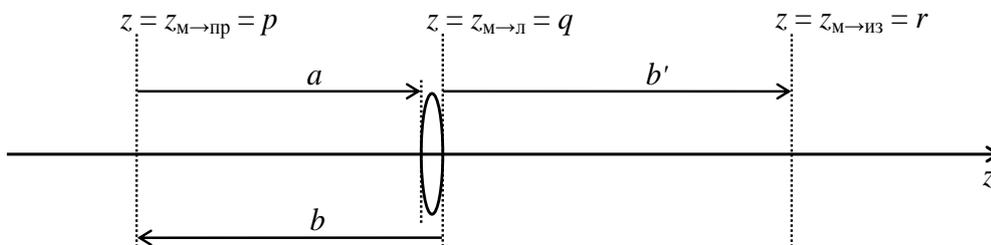
$b = z_{M \rightarrow пр} - z_{M \rightarrow л} = p - q$  – расстояние *от* поверхности линзы до предмета, т.е. *координата предмета относительно поверхности линзы*.

Строим графики  $\beta(b')$  и  $\frac{1}{\beta}(b)$ . Они должны иметь вид прямых. Второй (задний) фокус  $F'$  находится там, где  $\beta(b') = 0$ , вторая (задняя) главная плоскость  $H'$  находится там, где  $\beta(b') = 1$ . Первый (передний) фокус  $F$  находится там, где  $\frac{1}{\beta}(b) = 0$ , первая (передняя) главная плоскость  $H$  находится там, где  $\frac{1}{\beta}(b) = 1$ .

Важно, что расстояния  $b'$  и  $b$  отсчитываются от поверхности линзы, т.е. *началом координат* для  $b'$  и  $b$ , а потому и для получаемых положений фокусов и главных плоскостей *является поверхность линзы*, ближайшая к микроскопу.

исследование  
собирающей линзы

$$\begin{aligned} a &> 0, b' > 0, b < 0 \\ b' &= r - q \\ b &= p - q \end{aligned}$$

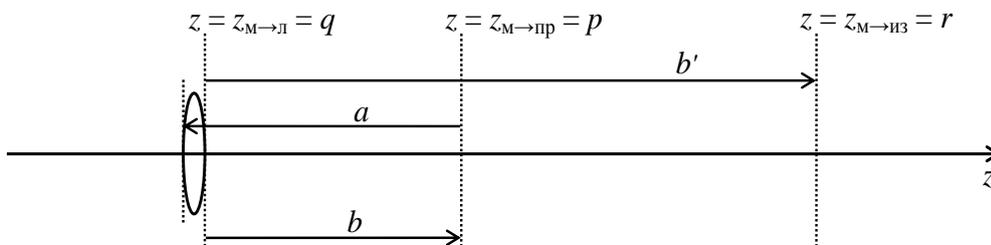


При исследовании каждой из линз нужно установить ее так, чтобы ближе к микроскопу была та поверхность этой линзы, которая в системе будет внешней.

**Важно:** при исследовании рассеивающей линзы *предметом* является изображение, даваемое собирающей линзой.

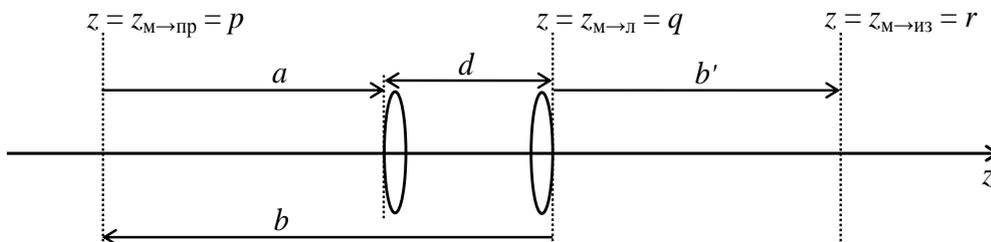
исследование  
рассеивающей линзы

$$\begin{aligned} a &\leq 0, b' \geq 0, b \geq 0 \\ b' &= r - q \\ b &= p - q \end{aligned}$$



исследование  
системы

$$\begin{aligned} a &> 0, b' \geq 0, b < 0 \\ b &= -a - d \\ (d > 0 \text{ всегда}) \\ b' &= r - q \\ b &= p - q \end{aligned}$$

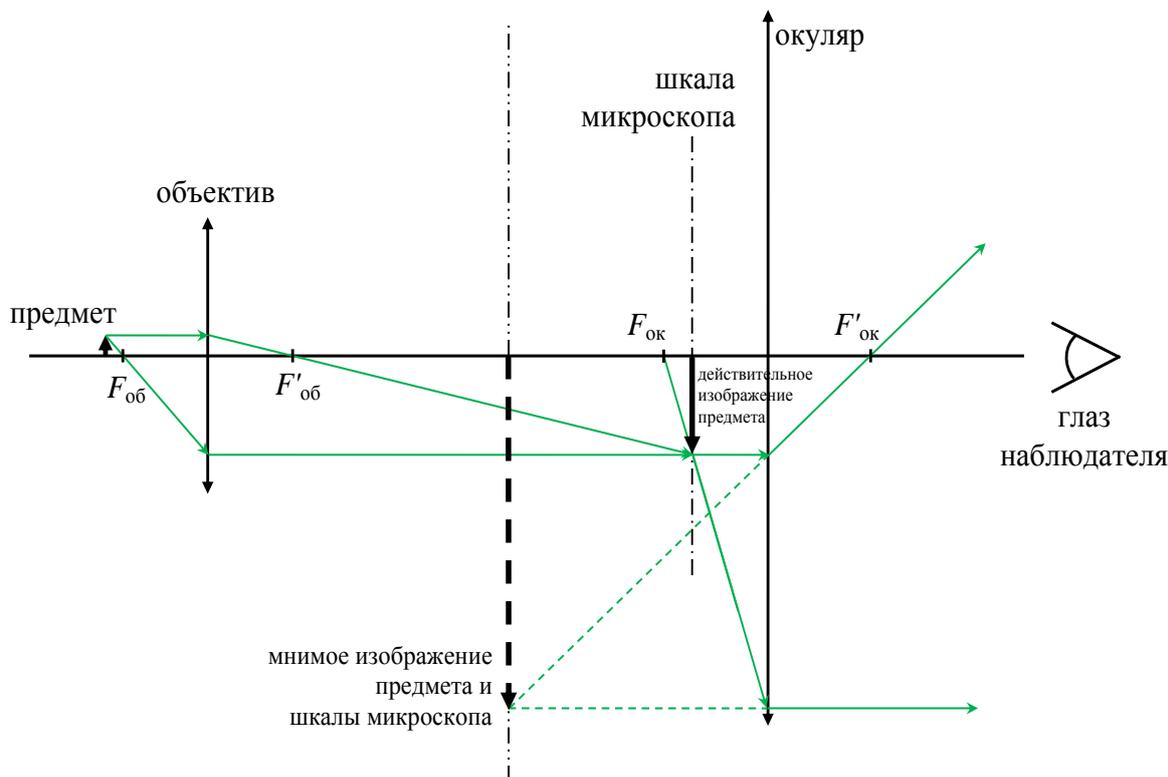


Такие измерения нужно провести для первого и второго (обратного) положения системы.

*Примечание.* На рисунках собирающая линза и рассеивающая линза условно показаны одинаковым значком.

Расстояние  $a$  в эксперименте не измеряется и показано на рисунках только для полноты картины.

## Измерительный микроскоп



Измерительный микроскоп (отсчетный микроскоп) МПБ-2 используется в лабораторной работе для того, чтобы *измерить координату и размер* предмета или его изображения, создаваемого исследуемой оптической системой (или просто линзой).

Из рисунка видно, что нужно устанавливать микроскоп так, чтобы предмет (или соответственно изображение, создаваемое исследуемой оптической системой) был *вблизи переднего фокуса объектива микроскопа, т.е. перед объективом приблизительно в 3.5 сантиметрах*. Такое фокусное расстояние имеет объектив микроскопа МПБ-2.

Как показано на рисунке, объектив микроскопа формирует увеличенное действительное изображение предмета вблизи передней фокальной плоскости окуляра. Здесь же находится шкала микроскопа, нанесенная на прозрачную пластинку. Далее окуляр микроскопа создает увеличенное мнимое изображение предмета и шкалы, которое уже рассматривается глазом.

Наведение на резкость происходит *перемещением всего микроскопа относительно предмета* так, чтобы действительное изображение предмета оказалось именно там, где шкала микроскопа, т.е. чтобы предмет и шкала были видны резко одновременно<sup>1</sup>.

*Важным свойством микроскопа является его малая глубина резкости*. Действительно, из рисунка видно, что малое смещение предмета относительно микроскопа приведет к заметному смещению действительного увеличенного изображения предмета, оно окажется уже не там, где шкала, и наблюдатель уже не увидит предмет резко вместе со шкалой.

Малость глубины резкости микроскопа позволяет *измерять координату* предмета (или соответственно изображения, создаваемого исследуемой оптической системой) *по краю рейтера микроскопа, используя шкалу на рельсе*.

В измерительном микроскопе расстояние между объективом и шкалой фиксировано. Следовательно, если действительное изображение предмета находится там, где шкала микроскопа (предмет и шкала видны резко одновременно), то увеличение этого изображения тоже фиксировано<sup>2</sup>. Поэтому *шкала микроскопа проградуирована в абсолютной мере, и можно измерять размеры с помощью этой шкалы*. У микроскопа МПБ-2 на шкале *цифры обозначают миллиметры*, а цена самого малого деления шкалы равна 0.05 мм.

<sup>1</sup> Эта настройка на резкость является объективной, т.е. не зависит от наблюдателя.

Имеется также возможность перемещать окуляр относительно шкалы микроскопа, чтобы видеть резко шкалу глазом. Эта настройка уже является субъективной, т.е. зависит от наблюдателя. Но если объективная настройка выполнена (т.е. действительное изображение предмета находится именно там, где шкала), то всякий человек может в любой момент подстроить положение окуляра под свой глаз, не сбивая никакие другие настройки.

<sup>2</sup> Далее окуляр микроскопа увеличивает шкалу и предмет уже в одинаковое число раз.