

хроматизма уступали по качеству изображения простым.

Первые расчёты ахроматич. объективов для М. были выполнены Л. Эйлером (L. Euler) в 1750—70; по расчётам Ф. У. Т. Эпинуса (F. U. T. Aerpinus) в 1805—08 был построен М., обеспечивающий увеличение до 180 крат. Э. Аббе (E. Abbe) разработал (1872—73) дифракц. теорию образования изображений несамосветящихся объектов в М., определил предел разрешения М. и показал при этом роль апертуры, рассчитал высококачеств. ахроматич. и апохроматич. объективы. Его теория лежит в основе совр. микроскопостроения. Л. И. Мандельштам распространил теорию Аббе на самосветящиеся объекты.

Принцип действия М. поясняет рис. 1, на к-ром представлена оптич. схема наиб. типичного М. проходящего света. Препарат 7 (стрелочка) находится на предметном столике перед микрообъективом 8 на расстоянии, несколько большем его фокусного расстояния  $F_{об}$ . Объектив образует действительное, увеличенное и перевёрнутое изображение  $7'$  в плоскости полевой диафрагмы 10, лежащей за передним фокусом  $F_{ок}$  окуляра 11. Это промежуточное изображение рассматривается через окуляр, к-рый даёт дополнительное увеличение и образует мнимое изображение  $7''$  на расстоянии наилучшего видения  $D = 250$  мм. При этом на сетчатке глаза образуется действит. изображение предмета. Если окуляр сдвинуть так, чтобы изображение  $7'$  оказалось перед передним фокусом окуляра, то изображение, даваемое окуляром, становится действ-

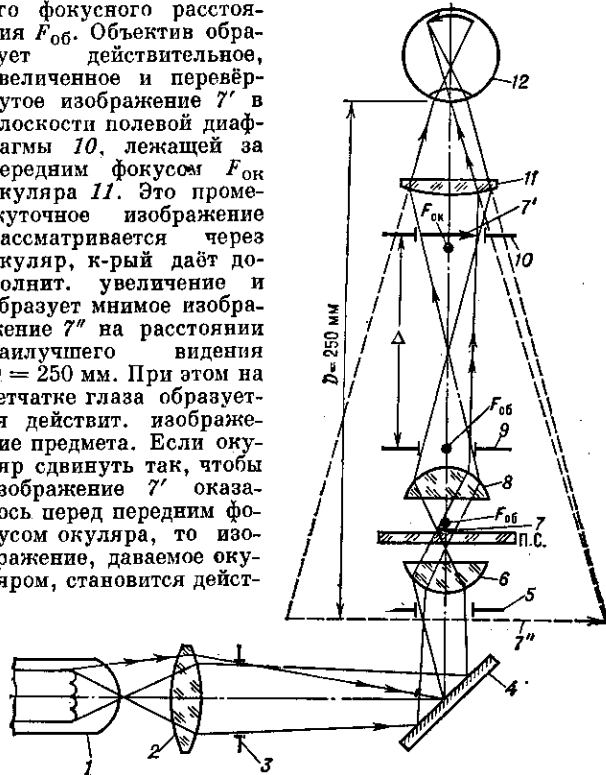


Рис. 1. Принципиальная оптическая схема микроскопа.

вительным и его можно получить на экране или фотоплёнке (см. *Микропроекция*). Общее увеличение М. равно произведению увеличений объектива и окуляра:  $\Gamma_M = \beta_{об} \cdot \Gamma_{ок}$ , причём  $\beta_{об} = \Delta / f'_{об}$ ,  $\Gamma_{ок} = 250 / f'_{ок}$ , где  $\Delta$  — расстояние от заднего фокуса объектива до переднего фокуса окуляра (т. е. оптич. длина тубуса),  $f'_{об}$  и  $f'_{ок}$  — фокусные расстояния объектива и окуляра. Обычно объективы М. имеют увеличения от 6,3 до 100, а окуляры от 7 до 15; поэтому общее увеличение М. лежит в пределах от 44 до 1500.

Осветительная система М. состоит из лампы 1, коллектора 2, плоского зеркала 4 и конденсора 6. С плоскостью препарата 7 сопряжены полевая диафрагма окуляра 10 и полевая осветит. диафрагма 3, обычно регулируемая. Конус лучей, к-рый может быть воспринят объективом, ограничивает апертурная диафрагма 9, с к-рой сопряжены рисовая диафрагма 5, наз. апертурной осветит. диафрагмой, и нить лампы накаливания 1. При таком расположении источника

света и диафрагм обеспечивается равномерное освещение поля зрения даже при крайне неоднородной яркости источника. Кроме того, регулировкой полевой и апертурной осветит. диафрагм устраняется излишний свет, к-рый, не участвуя в формировании изображения, снижает контраст за счёт рассеяния на элементах конструкции М.

Разрешающая способность М., т. е. его способность давать отдельные изображения двух соседних точек объекта, ограничена дифракцией света, в результате к-рой изображение бесконечно малой светящейся точки имеет вид яркого пятна (диск Эри) с концентрич. тёмными и светлыми кольцами постепенно убывающей яркости. Диаметр диска Эри, в к-ром сосредоточено 84% всей энергии точки, имеет величину  $d_0 = 1,22 \lambda / A$ , где  $\lambda$  — длина волны света,  $A = n \sin u$  — числовая апертура,  $n$  — показатель преломления среды, входящей между предметом и объективом,  $u$  — угол между оптич. осью и крайним лучом, попадающим в объектив из препарата, т. е. апертурный угол.

Предел разрешения М. определяется при сближении точек до такого расстояния, когда падение освещённости в промежутке между ними становится незаметным для глаза и точки сливаются в одну (рис. 2). Ус-

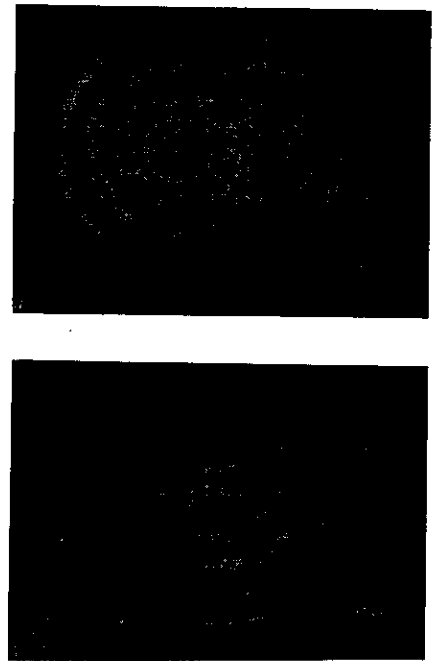


Рис. 2. Слияние изображения двух точек по мере их сближения: а — безусловное разрешение ( $r = \lambda/A$ ); б — предельное разрешение ( $r = 0,5\lambda/A$ ).

становить однозначно этот предел трудно. Чаще всего для его определения используется критерий Рэля, в соответствии с к-рым точки считаются разрешёнными, когда расстояние между ними равно радиусу диска Эри:  $r_0 = 0,61 \lambda / A$ . При этом в случае самосветящихся некогерентных излучателей освещённость в промежутке между точками составляет ~80% от освещённости в максимуме. Человеческий глаз может замечать контраст в освещённости до 4%; этому соответствует наим. расстояние, разрешаемое в М.,  $\delta = 0,8r_0 = 0,5 \lambda / A$ . Когерентные излучатели на таком расстоянии не разрешаются и для получения 20% контраста должны быть установлены на расстоянии  $r = 0,84 \lambda / A$ . Как показал Д. С. Рождественский, в М. освещение объекта следует считать частично когерентным. Оно зависит от отноше-