

Новый метод определения формы и размеров ультрамикроскопических объектов¹⁾.

C. Вавилов.

Предел разрешающей способности микроскопа, как известно, определяется дифракционными явлениями. Размеры предельного объекта, еще доступного микроскопическому наблюдению в отношении величины и формы, даются соотношением:

$$d = \frac{\lambda}{2A}, \quad (1)$$

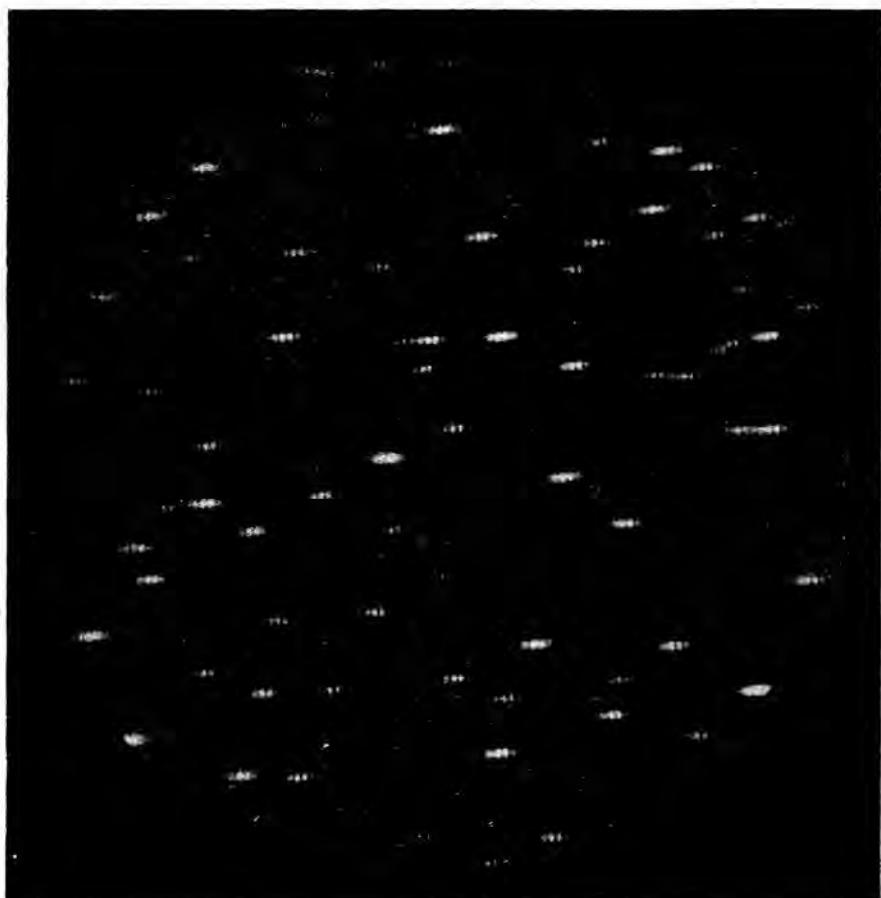


Рис. 1.

где λ — длина световой волны, A — числовая апертура микроскопа. Формула (1) на-кладывает, повидимому, совершенно непреодолимую грань в отношении возможного повышения разрешающей способности. Увеличивать числовую апертуру можно только в очень ограниченных пределах; надежды на использование очень коротких волн пока

¹⁾ H. Siedentopf. Ueber den Nachweis der Form von Ultramikronen Zsimondy. Festschrift, Ergänzungsband zur Kolloid. Zeitschrift. 36, 1, 1925.

не привели к чему-либо практически очень существенному. С другой стороны, ультрамикроскоп позволяет только констатировать наличие дискретных малых частиц, и лишь окольными путями; по ультрамикроскопическим наблюдениям можно составить приближенное представление о размерах и формах частиц.

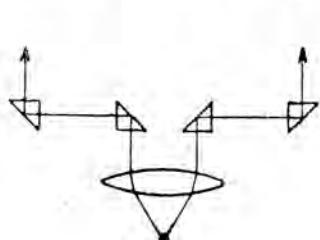


Рис. 2.

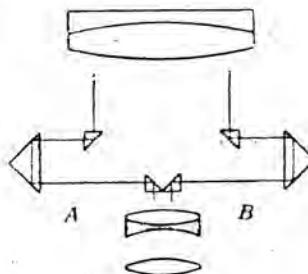


Рис. 3.

В реферируемом коротком предварительном сообщении Зидентопф указывает способ обхода границы (1). Метод Зидентопфа является применением к микроскопу того интерференционного приема, при помощи которого Майклсону удалось измерить угловой диаметр некоторых неподвижных звезд¹⁾.

Закроем отверстие объектива микроскопа, оставив только две маленькие щели на концах диаметра.

Тот дифракционный кружок, который получался от микроскопического объекта при открытом объективе, теперь вытягивается вдоль прямой, соединяющей две щели. Далее эта вытянутая полоска будет пересекаться интерференционными полосами (см. рис. 1). Если размер частицы в направлении, соединяющем две щели, равен как раз предельной величине d в формуле (1), то интерференционные полосы исчезают. На частицах иных размеров полосы остаются. Если уменьшить расстояние между щелями, то полосы будут грубее и исчезновение полос будет происходить для частиц размеров соответственно больших. На фотографии 1 видно большое число таких вытянутых пятен с интерференционными полосами. Почти в центре можно заметить одно пятно, в котором полос почти незаметно. Ширина полос связана с размерами частиц в данном направлении.

Если ширму со щелями вращать относительно объекта, то можно измерять размеры частиц в других направлениях и таким образом установить отклонения от круговой формы.

Расстояние между щелями в таком способе не больше диаметра объектива, поэтому все указанные измерения возможны только в отношении объектов, находящихся в пределах разрешающей способности микроскопа. Для того, чтобы пе-

¹⁾ Подробное изложение этого метода см. в статье А. А. Михайлова „Интерференционный способ измерения угловых диаметров звезд.“ У. Ф. Н. Т. IV, вып. 1, стр. 29

рейти эти пределы, Зидентопф прибегает к приему, схематически изображеному на рис. 2 и 3. При помощи призм или зеркал можно как бы расширить размеры объектива. Если, например, объектив имеет апертуру 1,3, то, взяв расстояние между призмами в 10 раз больше отверстия объектива, можно измерять размеры и формы частиц в 10 раз меньших предельной величины (1). Этот прием разбивает следовательно непреодолимость границы (1), „может быть устранена, как говорит автор, одна из принципиальных запретных границ в познании природы, исследователю и изобретателю открывается новый метод интерференционных ультрамикроскопических измерений“.

В практическом осуществлении метода (рис. 3) приходится ставить за объективом добавочную ахроматическую линзу *AB*, фокус которой попадает как раз в то место, где получается действительное изображение от объектива. Параллельные пучки при помощи ряда призм, изображенных на рисунке, подводятся далее ко второй линзе.

На рис. 4 изображен микроскоп с интерференционной установкой Зидентопфа. Вся интерферометрическая часть может выниматься из микроскопа посредством паза *A*. При помощи выступа *B* весь интерферометр можно вращать вокруг оси микроскопа. Центрировка интерферометра производится винтами *C* и *D*. По делениям на барабане *E* отсчитывается расстояние между щелями.

При помощи паза *F* можно извлечь первые призмы, освобождая поле зрения для обычного наблюдения. Предел измеримых размеров определяется не только расстоянием между щелями, но и выбором объектива.

Чем шире расставлены щели, тем уже и теснее интерференционные полосы. При десятикратном увеличении расстояния полосы сжимаются в десять раз. Для рассматривания их применяется второй вспомогательный микроскоп, вставляемый в тубус окуляра. Таким образом можно достичь „увеличений“ в 20000 раз и больше, хотя, разумеется, здесь приходится говорить об увеличении в совершенно особом смысле.

Сообщение очень коротко, многие детали еще неясны, метод находится еще в стадии разработки.