

Работа 4.3

Изучение микроскопа

Оборудование: микроскоп, рисовальный аппарат, объект-микрометр, измерительная линейка, стеклянная пластинка, микрометр.

Введение

Для получения больших увеличений используется микроскоп, состоящий из двух оптических систем — *объектива Об* и *окуляра Ок*, разделенных значительным по сравнению с их фокусными расстояниями промежутком (рис. 4.6).

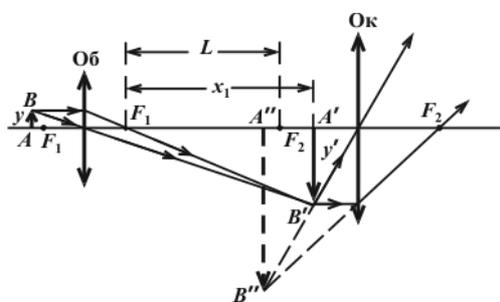


Рис. 4.6

Предмет AB располагается перед передним фокусом объектива F_1 в непосредственной близости от него. Объектив дает действительное увеличенное обратное изображение предмета $A'B'$, которое рассматривается через окуляр как в лупу. Увеличение, создаваемое объективом, равно:

$$\Gamma_1 = \frac{x_1}{F_1} = \frac{L}{F_1},$$

где x_1 — расстояние от заднего фокуса объектива до изображения $A'B'$, L — расстояние между задним фокусом объектива F_1 и передним фокусом окуляра F_2 (изображение $A'B'$ должно находиться в непосредственной близости от фокуса окуляра F_2 , поэтому x_1 может быть равным L).

Таким образом, размер изображения, создаваемого объективом, равен

$$y' = \Gamma_1 y = y \frac{L}{F_1}.$$

Для тангенса угла α_1 , под которым видно изображение $A'B'$ через окуляр, имеем:

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{y'}{F_2} = y \frac{L}{F_1 \cdot F_2}.$$

Поделим это значение $\operatorname{tg} \alpha_1$ на $\operatorname{tg} \alpha = y/m$, где α — угол под которым можно видеть предмет AB без микроскопа, m — расстояние наилучшего зрения, найдем:

$$\Gamma = \frac{m \cdot L}{F_1 \cdot F_2}. \quad (1)$$

Из формулы (1) видно, что для получения больших увеличений нужно уменьшать фокусные расстояния объектива и окуляра. Однако полученное увеличение, даваемое микроскопом, ограничивается дифракционными явлениями.

Как известно, увеличение микроскопа Γ равно произведению увеличений объектива Γ_1 и окуляра Γ_2 :

$$\Gamma = \Gamma_1 \Gamma_2. \quad (2)$$

Описание установки и метода. Экспериментально коэффициент увеличения микроскопа можно найти путем сравнения величины мнимого изображения предмета (делений объект-микрометра), которое получается в микроскопе, с миллиметровой шкалой измерительной линейки. Для этой цели используется рисовальный аппарат.

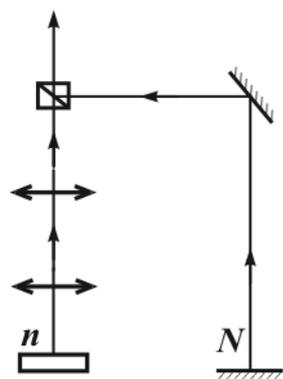


Рис. 4.7

Рисовальный аппарат состоит из насадки на окуляр микроскопа и плоского зеркала, которое может поворачиваться вокруг горизонтальной оси (рис. 4.7).

Внутри насадки имеется полупрозрачное зеркало, с очень тонким слоем серебра, установленное под углом 45° к тубусу микроскопа. Такая система зеркал позволяет совместить изображение предмета в микроскопе с измерительной линейкой.

Если n делений изображения совпадает с N делениями линейки, то увеличение микроскопа

$$\Gamma = \frac{N}{n}. \quad (3)$$

В качестве объекта, рассматриваемого в микроскоп, служит объект-микрометр с ценой деления $\alpha = 0,01$ мм/дел. Поэтому выражение (3) можно записать

$$\Gamma = \frac{N}{n \cdot \alpha}. \quad (4)$$

Упражнение 1. Определение увеличения микроскопа.

Порядок выполнения упражнения

1. С помощью кремальеры получите четкое изображение предмета (объект-микрометра).
2. Используя рисовальный аппарат, совместите видимые изображения двух шкал.
3. Отсчитайте, сколько делений n объект-микрометра соответствует N делениям измерительной линейки.
4. По формуле (4) вычислите увеличение микроскопа Γ .

5. Сделайте измерения не менее трех раз и найдите среднее значение для Γ .
6. Найдите увеличение микроскопа для разных сочетаний объектива и окуляра.
7. Для соответствующих сочетаний объектива и окуляра подсчитайте увеличение микроскопа по формуле (2) и сравните с экспериментальными значениями. Значения Γ_1 и Γ_2 указаны на корпусах объектива и окуляра.
8. Результаты измерений и вычислений запишите в таблицу:

№ п/п	N	n	α	Γ_1	Γ_2	$\Gamma, (4)$	$\Gamma, (2)$
-------	-----	-----	----------	------------	------------	---------------	---------------

Описание установки и метода. Для определения показателя преломления веществ существуют различные методы. Одним из них является метод определения показателя преломления стекла при помощи микроскопа.

В основе метода лежит явление кажущегося изменения толщины стеклянной пластинки в результате преломления световых лучей, которые проходят в стекле, при рассмотрении пластинки в направлении нормали к ее поверхности. Схема прохождения лучей через стеклянную пластинку показана на рисунке 4.8.

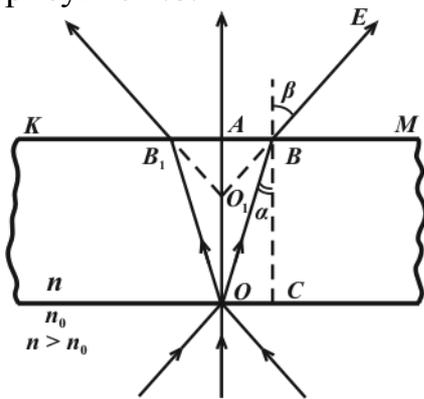


Рис. 4.8

Пусть в точке O , находящуюся на нижней поверхности стеклянной пластинки, падает пучок света. Один луч падает нормально на ее поверхность и поэтому после прохождения через пластинку выходит в воздух в точке A . Другие лучи преломляются и выходят из пластинки в точках B и B_1 .

При выходе из пластинки луч BE образует угол преломления β , который больше угла падения α на поверхность KM . Если смотреть из точки E , то наблюдатель будет видеть точку пересечения лучей BE и OA не в точке O , а в точке O_1 . Таким образом, толщина пластинки будет казаться равной AO_1 . В связи с тем, что в микроскоп попадает очень узкий пучок лучей, то углы α и β малы и можно записать:

$$n = \frac{\sin \beta}{\sin \alpha} = \frac{\operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{AB}{AO_1} \cdot \frac{OC}{BC} \quad (5)$$

Так как $AB = OC$, а $O_1A = d_1$, $BC = d$, то

$$n = \frac{BC}{AO_1} = \frac{d}{d_1} \quad (6)$$

Следовательно, показатель преломления стекла можно найти из отношения действительной толщины стеклянной пластинки к кажущейся. Действительная

толщина пластинки измеряется микрометром, а кажущаяся толщина — микроскопом с микрометрическим винтом.

Упражнение 2. Определение показателя преломления стекла.

Порядок выполнения упражнения

1. Измерьте микрометром действительную толщину стеклянной пластинки d (в миллиметрах) в том месте, где на ней нанесены штрихи.

2. Измерьте кажущуюся толщину стеклянной пластинки d_1 . Для этого пластинку поместите так, чтобы оба штриха были в поле зрения прибора.

Перемещением тубуса микроскопа получите резкое изображение в микроскопе штриха, нанесенного на верхнюю поверхность пластинки. Поставьте индикатор микроскопа на ноль. Винтом кремальеры сместите тубус до получения резкого изображения штриха на нижней поверхности пластинки. Сделайте отсчет по индикатору (m). Кажущаяся толщина пластинки будет:

$$d_1 = mz, \quad (7)$$

где z — цена деления индикатора ($z = 0,01$ мм).

3. Определите показатель преломления стекла по формуле:

$$n = \frac{d}{d_1}. \quad (8)$$

4. Измерения n произведите не менее трех раз.

5. Результаты измерений и вычислений запишите в таблицу:

№ п/п	d , мм	m	z , мм	d_1 , мм	n
-------	----------	-----	----------	------------	-----

6. Определите относительную и абсолютную погрешности измерений.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ УИР

Определите зависимость кажущейся толщины пластинки от действительной ее толщины. Нарисуйте график и объясните полученный результат.



КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что представляет собой микроскоп?
2. Нарисуйте ход лучей в микроскопе.
3. Дайте характеристику изображения предмета, получаемого в микроскопе.
4. Как можно определить увеличение микроскопа?
5. Что лежит в основе метода определения показателя преломления, используемого в работе?

6. Что называется тубусом микроскопа?
7. Какую роль играет окуляр?
8. Для чего в данной работе используется рисовальный аппарат?
9. Чему равно расстояние наилучшего зрения для нормального глаза?
10. Что такое числовая апертура объектива микроскопа?