

102. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ ТВЕРДЫХ ТЕЛ С ПОМОЩЬЮ МИКРОСКОПА

Цель работы: освоить метод определения показателя преломления твердых прозрачных тел с помощью микроскопа.

Решаемые задачи:

- познакомиться с принципом действия и работой микроскопа;
- определить показатель преломления плоскопараллельной пластинки.

Оптические элементы и аппаратура:

- ✓ микроскоп МБС-9;
- ✓ микрообъекты различных размеров и площади;
- ✓ линейка с миллиметровыми делениями;
- ✓ стеклянная пластинка;

Если рассматривать предмет через плоскопараллельный слой прозрачного вещества, то вследствие преломления световых лучей на обеих плоских поверхностях слоя предмет будет казаться приподнятым, т.е. расположенным ближе, чем в действительности. Величина поднятия зависит от толщины слоя и показателя преломления вещества.

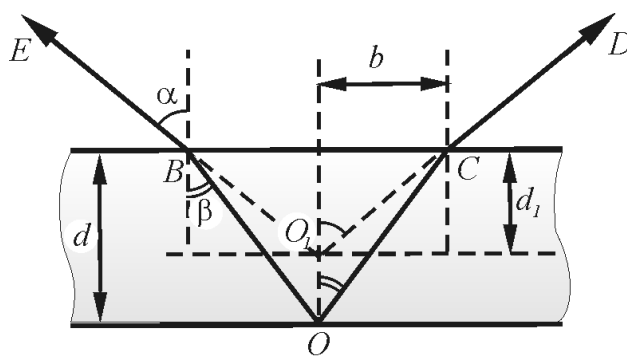


Рис. 1 Ход лучей в плоскопараллельной пластинке

Рассмотрим некоторую точку на нижней поверхности пластинки, показатель преломления которой нам нужно определить (Рис. 1). Проведем из точки O два световых луча OB и OC . После выхода из пластинки эти два луча пойдут по направлениям CD и BE . Наблюдая сверху, мы увидим изображение точки O на

пересечении продолжений лучей CD и BE в точке O_1 . Точка O_1 оказывается ближе к поверхности на величину отрезка OO_1 .

Пусть d – истинная толщина пластинки, d_1 – кажущаяся толщина пластинки.

Найдем количественную связь между показателем преломления пластинки n , толщиной d и величиной d_1 .

Из рисунка видно, что

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{b}{d_1} \qquad \operatorname{tg} \beta = \frac{b}{d},$$

$$\frac{d}{d_1} = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \beta} = \frac{\sin \alpha \cos \beta}{\sin \beta \cos \alpha}.$$

Используя закон преломления $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n$, получим:

$$\frac{d}{d_1} = n \frac{\cos \beta}{\cos \alpha}.$$

Если ограничиться рассмотрением лучей, близких к нормальному лучу, то при $\alpha \rightarrow 0$, соответственно, $\beta \rightarrow 0$ и $\frac{\cos \beta}{\cos \alpha} \approx 1$.

Тогда:

$$n = \frac{d}{d_1}. \quad (1)$$

В работе используется микроскоп МБС-9, внешний вид которого представлен на рисунке 2. Основной узел прибора – оптическая головка 1, в которую вмонтированы все оптические детали. Главный оптический узел – объектив микроскопа 2 крепится снизу к корпусу оптической головки. Выше объектива в корпусе оптической головки установлен барабан, в котором смонтировано пять систем линз. При помощи рукоятки 3 можно поворачивать барабан и изменять увеличение объектива с выбранной системой линз. Величина результирующего увеличения объективной части приведена на рукоятке: 7; 4; 2; 1 и 0,6.

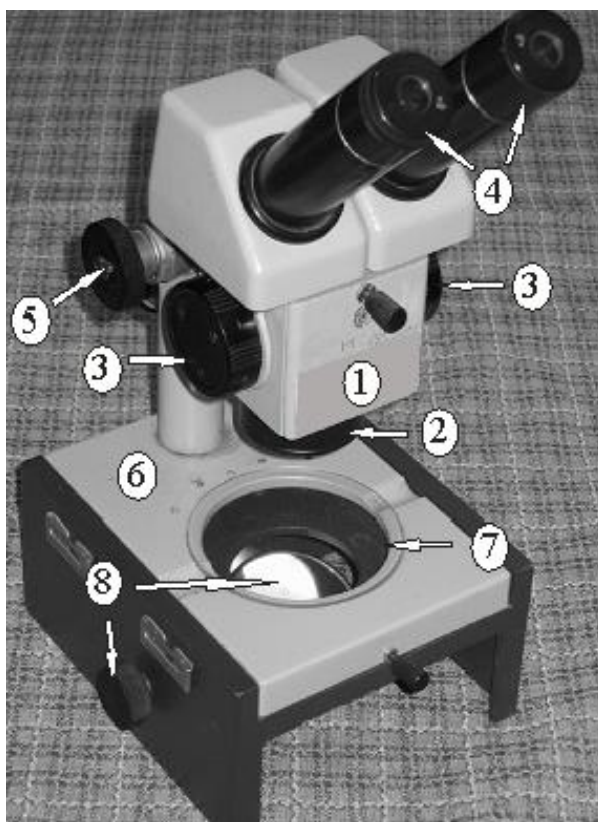


Рис. 2 Внешний вид микроскопа МБС-9

Чтобы установить нужное увеличение, достаточно, вращая барабан, совместить цифру на рукоятке с индексом, нанесенным в виде точки на корпусе микроскопа. При этом перефокусировку микроскопа проводить не нужно. Каждое из положений барабана фиксируется щелчком специального пружинного фиксатора.

Сверху оптической головки установлены две окулярные трубки, в верхней части которых размещаются сменные окуляры 4, увеличение которых указано сверху. В данной работе используется окуляр с увеличением $8^{\times}$. В зависимости от положения рукоятки 3 общее увеличение микроскопа с этим окуляром может быть выбрано: 56; 32; 16; 8; 4,8.

Фокусировка микроскопа, т.е. перемещение оптической головки относительно объекта, производится при помощи рукоятки 5.

В верхней части основания микроскопа 6 имеется круглое окно 7, покрытое стеклом, на которое устанавливаются исследуемые объекты. Под стеклом располагается зеркало с рукояткой вращения 8.

Упражнение 1. Определение линейных размеров и площадей объектов с помощью микроскопа

Для оценки линейных размеров объектов используется специальный окуляр, внутри которого дополнительно помещены стеклянная пластинка со шкалой и диоптрийная трубка (окулярный микрометр). Он установлен в левой окулярной трубке.

Для того, чтобы добиться резкого изображения шкалы следует, удерживая окуляр, вращать диоптрийное кольцо с насечкой.

Для определения величины линейных размеров объектов нужно знать цену деления окулярного микрометра.

Если l – длина предмета в мм, а N – количество делений шкалы окулярного микрометра, то цена деления равна:

$$\alpha \left(\frac{\text{мм}}{\text{дел}} \right) = \frac{l}{N}. \quad (2)$$

В качестве предмета известной длины удобно пластинку с известным расстоянием между делениями.

Порядок выполнения задания:

1. Определить цену деления окулярного микрометра. Для этого установить ручку 3 в положение 1. Затем, рассматривая участок линейки длиной l , по шкале окулярного микрометра отсчитать соответствующее число делений N . По формуле (2) определить цену деления α .
2. Помещая на столик микроскопа предложенные объекты, определить их линейные размеры и площади.

Упражнение 2. Определение коэффициента преломления стеклянной пластинки

1. Измерить толщину пластинки при помощи микрометра в нескольких местах и найти её среднее арифметическое значение $d_{\text{ср}}$.
2. Измерить кажущуюся толщину пластинки при помощи микроскопа и определить показатель преломления. Для этого установить исследуемую

пластинку на предметном столике микроскопа. Исследуемая пластинка имеет две метки, нанесенные на верхней и нижней её поверхностях. Сфокусировать микроскоп сначала на одну метку, потом на другую, фиксируя каждый раз по отсчетному механизму (расположенному около ручки 5) положения объектива микроскопа. Цена деления отсчетного механизма указана на корпусе микроскопа. Разность этих отсчетов, умноженная на цену деления, дает кажущуюся толщину пластинки d_1 .

3. По формуле (1) определить показатель преломления пластинки.

4. Оценить погрешность определения показателя преломления. Привести результат в виде $n = n_{\text{ср}} \pm \Delta n$.

Вопросы для обсуждения с преподавателем:

1. Законы отражения и преломления света.
2. Ход лучей в плоскопараллельной пластинке, тонких собирающих и рассеивающих линзах.
3. Микроскоп. Ход лучей в микроскопе. Увеличение микроскопа.
4. Метод определения показателя преломления с помощью микроскопа.
5. Сформулируйте цель работы, опишите экспериментальную часть и обсудите полученные результаты.

Рекомендуемая литература.

1. Ландсберг Г.С. Оптика, Изд.6, М., Физматлит, 2006. §§75 – 79.
2. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т.4. Оптика. Изд.3. М., Физматлит, 2005. §§2, 9 – 11.
3. Савельев И.В. Курс общей физики. Т.2. Изд-во Лань, СПб, 2008. §§115 – 117.
4. Бутиков Е.И. Оптика. Изд.2, СПб., Невский диалект, 2003. §7.1, §7.2

Составители:

Фишман А.И., Ирисов Д.С.

март, 2023