

## ЗАДАЧА 128

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ, ДИСПЕРСИИ И РАЗРЕШАЮЩЕЙ СИЛЫ СТЕКЛЯННОЙ ПРИЗМЫ СПЕКТРОМЕТРОМ

В задаче излагается метод определения показателя преломления изотропного твердого, прозрачного вещества по измеренному преломляющему углу призмы из данного вещества и по углу наименьшего отклонения параллельного пучка монохроматического света, прошедшего призму. Дается понятие об определении дисперсии стеклянной призмы и определении разрешающей способности призмы, если известна ширина светового пучка, падающего на призму.

**Описание прибора.** Гониометр-спектрометр ГС-30 (рис. 1) служит для измерения двугранных углов оптическим методом с точностью до  $30''$ . Он состоит из следующих основных частей: основания 1, коллиматора 2, корпуса 3 с оптической трубой и отсчетным микроскопом 8, столика 4 и скрытого под

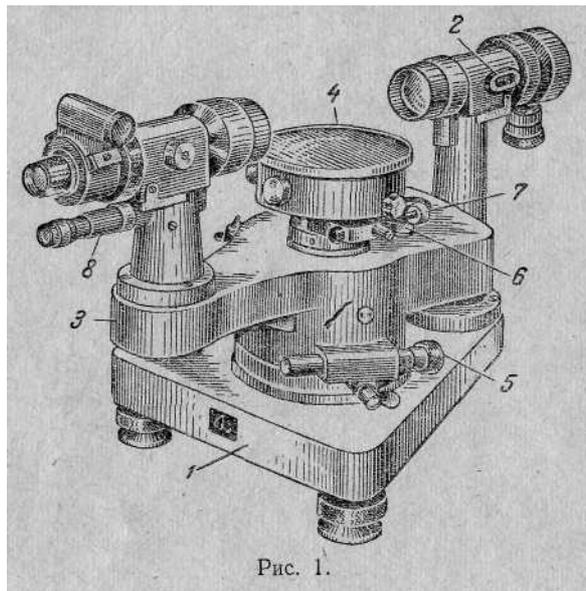


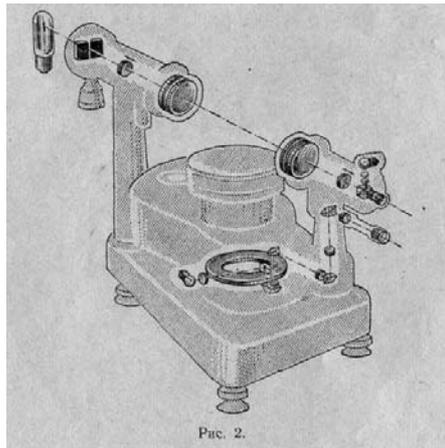
Рис. 1.

корпусом лимба. На основании укреплены: колонка коллиматора и вертикальная ось прибора, вокруг которой могут вращаться лимб, корпус и столик. На конце коллиматора имеется щель, ширину которой можно регулировать с помощью микрометрического винта. Коллиматор служит для создания параллельного пучка света. Для этого щель должна быть установлена в фокальной плоскости системы линз коллиматора с помощью бокового винта. Наклон коллиматора в вертикальной плоскости можно изменять, вращая винт, находящийся под трубой коллиматора, около его фронтальной линзы.

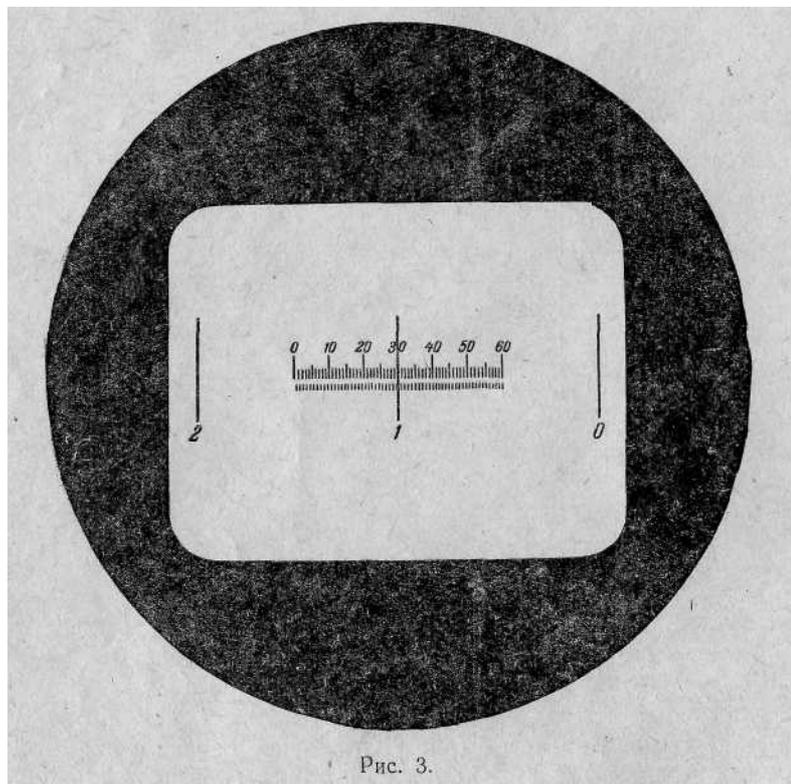
Корпус 3 может вращаться вместе с оптической трубой относительно основания. Плавное перемещение корпуса осуществляется от руки или

микрометрическим винтом 5, расположенным в нижней части корпуса. Под микрометрическим винтом расположен перпендикулярно к нему зажимной винт корпуса. Фокусировка оптической трубы производится с помощью винта сбоку трубы. Положение оптической трубы в вертикальной плоскости можно изменять, вращая винт, находящийся внизу около объектива трубы.

Стеклянный лимб с делениями установлен на вертикальной оси прибора в ее нижней части. Отсчет по лимбу ведется через перископическую систему (рис. 2) с помощью отсчетного микроскопа 8, расположенного на корпусе под оптической



трубой (рис. 1). Лимб подсвечивается электрической лампочкой, закрепленной на основании прибора. В поле зрения микроскопа (рис. 3) видны деления лимба (крупные цифры 0, 1, 2), цена которых равна одному градусу, и мелкие деления шкалы, расположенной в перископической системе прибора. Вся меньшая шкала,



видимая в поле зрения микроскопа, равна одному делению лимба. Она имеет два ряда расположенных друг над другом делений, цена которых равна  $1'$ . Нижний ряд

делений сдвинут по горизонтали по отношению к верхнему ряду на 0,5 деления, что дает возможность производить отсчет с точностью до 30".

Лимб может быть закреплен относительно основания и перемещаться с помощью микрометрического винта 5 (рис. 1). Столик 4 можно вращать вокруг общей оси прибора, кроме того, его можно также поднимать или опускать и закреплять в желаемом положении на оси зажимным винтом 6 (рис. 1). Плавное перемещение столика производится винтом 7. Установка столика горизонтально производится двумя винтами сбоку столика. Оптическая труба снабжена автоколлимационным окуляром Гаусса (рис. 4). Свет лампочки 1, пройдя матовую

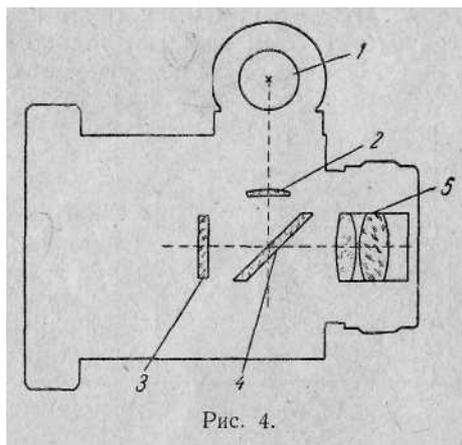


Рис. 4.

пластинку 2, отражается от плоскопараллельной пластинки 4, проходит через пластинку 3 с нанесенным на ней крестом, находящуюся вблизи фокальной плоскости окуляра 5 и, пройдя объектив зрительной трубы, попадает на плоскую зеркальную поверхность объекта, установленного, на столике гониометра.

Труба установлена на бесконечность, если в поле зрения окуляра одновременно видны крест и его отражение. Действительно, в этом случае плоскости креста и его изображения совпадают, а это может быть только тогда, когда обе эти плоскости совпадают с фокальной плоскостью объектива трубы. При этом отражающая поверхность объекта должна быть строго перпендикулярна к оптической оси трубы.

**Установка прибора.** Гониометр требует очень тщательной установки, которая состоит в отдельности из установки оптической трубы на бесконечность, установки оси трубы перпендикулярно к оси вращения прибора и установки коллиматора. Вращая установочные винты под основанием прибора, устанавливают его горизонтально по уровню на корпусе.

1) Установка трубы на бесконечность. Устанавливают на глаз столик и трубу горизонтально. Приблизительную установку оптической трубы на бесконечность производят с помощью фокусирующего винта трубы, совмещая в окошке сбоку на тубусе трубы метку «0» на неподвижной шкале с меткой «∞» на подвижной шкале. Включают подсветку окуляра и наводят его на резкую видимость креста.

Ставят на столик плоскопараллельную стеклянную пластинку перпендикулярно к линии, соединяющей два установочных винта столика. Вращая столик и изменяя наклон трубы или столика, ловят отражение от передней грани плоскопараллельной пластинки светового пучка, освещающего крест. Если это отражение расплывчато, то фокусирующим винтом трубы устанавливают его на ясную видимость. В этом случае труба установлена на бесконечность.

2) Установка оси трубы перпендикулярно к оси вращения прибора. Вращая, столик с пластинкой и наклоняя его или трубу, совмещают крест с его отражением. Затем поворачивают столик на  $180^\circ$  и ловят отражение от второй грани пластинки. Указанного выше совпадения крестов, вообще говоря, не будет. Его восстанавливают, действуя одним из винтов столика и винтом трубы. Первым винтом наклоняют столик на столько, чтобы расстояние между горизонтальной чертой и ее отражением сократилось наполовину, а затем совмещают горизонтальную черту с ее отражением, наклоняя трубу. После этого снова поворачивают столик на  $180^\circ$  и, если кресты немного расходятся, совмещают их точно таким же методом. Труба установлена перпендикулярно к оси вращения столика, если отражение креста от обеих граней плоскопараллельной пластинки совпадает с крестом в окуляре. После этого пластинку снимают со столика.

3) Установка коллиматора. Щель должна находиться в фокальной плоскости, объектива коллиматора. Для этого совмещают в окошке сбоку на тубусе коллиматора «О» и «∞» двух шкал. Затем освещают щель, ловят ее изображение в трубу и, *не трогая фоку справочного винта трубы*, с помощью фокусирующего винта коллиматора добиваются резкого изображения щели.

Для установления оси коллиматора перпендикулярно к оси вращения столика предварительно уменьшают вертикальный размер щели, вдвигая пластинку с треугольным вырезом («ласточкин хвост»), а затем, изменяя наклон коллиматора, добиваются того, чтобы горизонтальная нить креста в окуляре разделяла щель пополам.

4) Установка призмы. Призма помещается на столике и должна быть установлена так, чтобы ее преломляющее ребро было расположено параллельно оси вращения столика или, что то же, перпендикулярно к оптической оси трубы. Для этого, предварительно установив спектрометр, как указано выше, ставят призму на столик так, чтобы ось вращения одного из установочных винтов столика была перпендикулярна к плоскости одной из преломляющих граней призмы. Тогда вращение этого винта не будет наклонять грань призмы относительно оси вращения прибора. Вращая столик, поворачивают призму этой гранью к трубе, и, действуя вторым установочным винтом столика, совмещают отражение креста с самим крестом (не трогая винтов трубы). Затем поворачивают столик второй

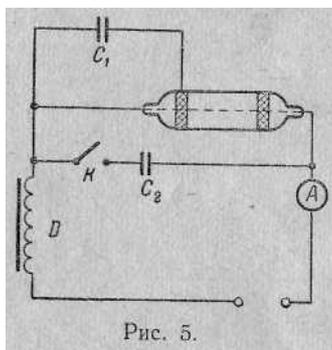
гранью призмы к трубе и, совмещая отражение от второй грани с крестом, вращают только первый установочный винт столика. Наконiec снова поворачивают столик с призмой первой гранью к трубе, устраняют возникшее небольшое расхождение и затем проверяют вторую грань.

Источником света с линейчатым спектром служит ртутнокварцевая лампа, в которой используется дуговой разряд в парах ртути.

**Описание ртутной лампы.** В лампе, наполненной аргоном до давления нескольких мм ртутного столбца, имеется некоторое количество ртути, которая во время работы полностью испаряется

дает нужное для данной лампы давление паров ртути. Аргон введен в лампу для начального зажигания разряда. Потенциал зажигания у аргона в присутствии небольшого количества ртутного пара снижается, и лампа в нормальных условиях легко зажигается при включении ее в цепь переменного тока (лампы типа ПРК-2, ПРК-4, ДРС-50).

В момент зажигания дугового разряда через ртутную лампу идет ток силой в несколько ампер, электроды накаляются и становятся источниками электронов, питающих разряд. Температура ртутной лампы повышается, давление паров ртути увеличивается, напряжение на лампе начинает расти, ток падает и свечение, заполняющее сначала все пространство лампы, стягивается в яркий шнур шириной от 2 до 4 мм, идущий по оси трубки. Режим лампы становится устойчивым, когда вся ртуть испарится. Схема включения лампы изображена на рис. 5.



Имеющиеся в схеме конденсаторы облегчают зажигание лампы. Если лампа не загорелась сразу после включения напряжения на клеммы схемы, то нажимают несколько раз ключ *K*. Удобнее пользоваться трансформатором Тесла или индукционной катушкой.

Повторное включение горевшей лампы, возможно только после того, как она охладится и давление паров ртути понизится настолько, что напряжение зажигания разряда станет ниже напряжения цепи, питающей лампу. Для этого обычно требуется не более 10 минут.

В целях предохранения окружающих от ожогов и от действия на глаза ультрафиолетового излучения лампу помещают в специальный кожух, если окошко

кожуха не снабжено защитным стеклом, то работающему необходимо надевать защитные очки.

### Упражнение 1

#### Определение преломляющего угла призмы

Преломляющий угол призмы можно определить двумя способами.

**С п о с о б 1.** Освещают крест окуляра и закрепляют трубу неподвижно. Поворачивают столик с призмой до тех пор, пока изображение креста, отраженное от одной из граней призмы, не совпадает в поле зрения окуляра с самим крестом. В этом положении столик закрепляют и производят отсчет по лимбу.

Пусть отсчет будет  $a^\circ$ . Вращая столик, поворачивают призму другой гранью к трубе и производят такую же установку; пусть отсчет этого положения этого положения призмы  $b^\circ$ .

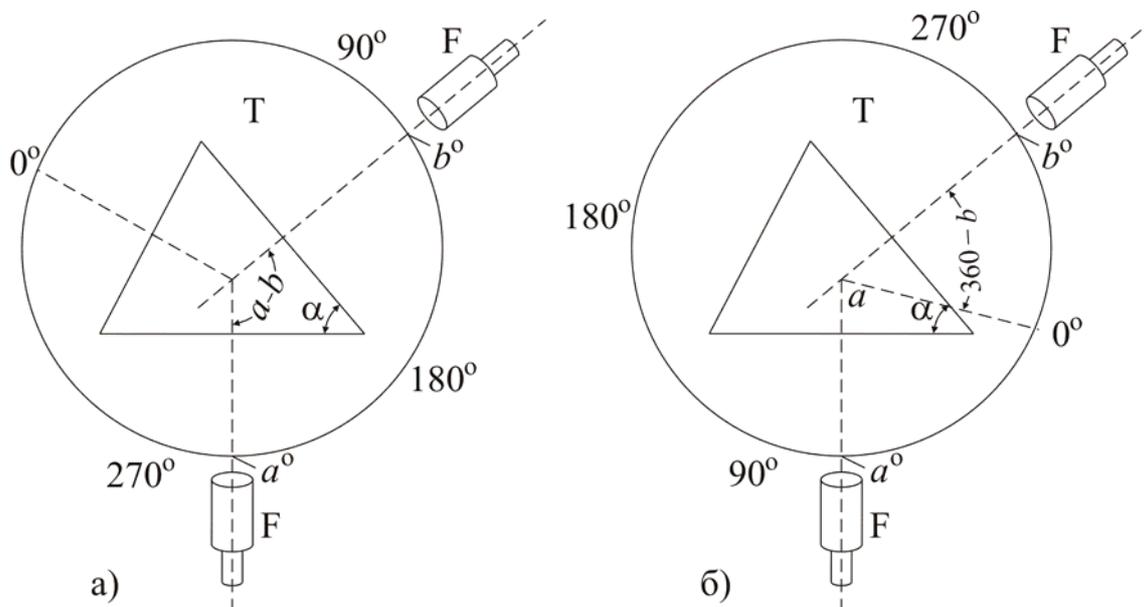


Рис. 6.

Если деления на лимбе идут, убывая от  $a$  к  $b$  то измеряемый угол призмы будет равен

$$\alpha = 180^\circ - (a^\circ - b^\circ). \quad (1)$$

Это видно из рис. 6, а, на котором для простоты представления движение обращено, т. е. считается, что столик Т с призмой неподвижен, а труба F вращается вокруг него.

Если же, переходя от  $a$  к  $b$  мы перешли через нуль делений лимба (рис. 6,б), тогда

$$\alpha = 180^\circ - [a^\circ + (360^\circ - b^\circ)] = b^\circ - (180^\circ + a^\circ).$$

Вычисляют преломляющий угол призмы и, повторяя измерения два или три раза,

берут среднее значение преломляющего угла  $\alpha$ .

**С п о с о б 2.** Освещают щель коллиматора и поворачивают столик с призмой таким образом, чтобы падающий из коллиматора на одну из ее граней пучок света образовал с этой гранью угол приблизительно в  $45^\circ$ . Закрепив столик, вращают оптическую трубу, чтобы получить в ней изображение щели коллиматора, отраженное от грани призмы; совмещают это изображение с крестом и, закрепив трубу, производят отсчет. Поворачивают столик с призмой второй гранью в то положение, в котором находилась перед тем первая грань, устанавливают крест на изображение щели и снова отсчитывают. Вычисление преломляющего угла производится также по формулам (1) и (1').

Измерив тем и другим способами преломляющий угол призмы несколько раз, берут из всех полученных результатов среднее арифметическое.

Когда преломляющий угол призмы измерен, приступают к определению показателя преломления.

### *Упражнение 2*

#### **Определение показателя преломления, дисперсии и разрешающей способности стеклянной призмы**

Это упражнение целесообразно выполнять с призмой из тяжелого стекла (флинта).

1. Помещают ртутную лампу перед щелью коллиматора, зажигают ее и повертывают столик так, чтобы биссектриса преломляющего угла призмы образовала с осью коллиматора острый угол, близкий к прямому. Пусть при этом основание призмы лежит вправо от наблюдателя.
2. Закрепив столик, вращают трубу вправо (к основанию призмы) до тех пор, пока зеленая линия ртути ( $\lambda = 5460 \overset{\circ}{\text{Å}}$ ) не появится в поле зрения трубы. Установив на нее крест, закрепляют трубу и, освободив столик, поворачивают его вместе с призмой в ту или другую сторону и наблюдают, куда движется линия, т. е. увеличивается или уменьшается отклонение. Столик с призмой следует вращать так, чтобы спектральная линия приближалась к направлению неотклоненного светового пучка: при этом может случиться, что линия выйдет из поля зрения трубы; в этом случае, продолжая вращать столик с призмой в том же направлении, открепляют зажимной винт трубы и ведут ее вслед за линией. Пройдя некоторое пространство, линия остановится и затем начнет возвращаться назад; в этом положении призма установлена на угол наименьшего отклонения для зеленой

линии ртути. Столик с призмой закрепляют и, вращая трубу, совмещают крест с наблюдаемой линией; после этого, закрепив трубу, пробуют вращать столик с призмой, чтобы убедиться, соответствует ли установка углу наименьшего отклонения. Если окажется, что линия при вращении немного сошла с креста в сторону уменьшения отклонения, то исправляют установку на наименьшее отклонение и, закрепив столик с призмой, вновь наводят линию на крест трубы.

3. Закрепив окончательно столик и трубу, производят отсчет и затем снимают призму со столика и поворачивают трубу так, чтобы непосредственно видеть щель коллиматора, наводят на него крест окуляра трубы и снова производят отсчет. Разность этих двух отсчетов и будет определять угол наименьшего отклонения  $\delta^1$  для данной спектральной линии. Если высота призмы позволяет делать отсчеты неотклоненного светового пучка, не снимая призмы, то призму со столика можно не удалять.
4. Вновь устанавливают призму на столике, поворачивают столик с призмой в симметричное положение — основанием призмы влево и, закрепив его, повторяют предыдущие измерения.

Таким образом, получаются два значения угла наименьшего отклонения: вправо  $\delta_1$  и влево  $\delta_2$ ; из них берут среднее.

**Вычисления.** Показатель преломления  $n$  для данной длины волны при преломляющем угле  $\alpha$  призмы и угле  $\delta$  минимального отклонения пучка света этой длины волны определяется по формуле

$$n = \frac{\sin \frac{1}{2}(a + \delta)}{\sin \frac{1}{2}a}$$

Затем определяют углы наименьшего отклонения для фиолетовой, красной и желтой линий ртутного спектра и вычисляют соответствующее значение показателей преломления  $n$ . Строят график, откладывая по оси абсцисс длину волны, а по оси ординат  $(n - 1)$  для всех вычисленных значений показателя преломления. Из графика определяют дисперсию материала, из которого сделана призма,  $dn/d\lambda$ . Зная  $dn/d\lambda$ , оценивают разрешающую способность призмы

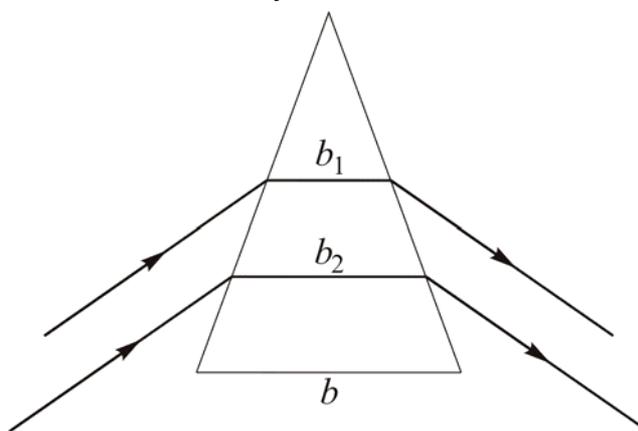


Рис. 7.

$R = b(dn/d\lambda)$ , где  $b$  — основание призмы, вдоль которого идет свет. Если световой

пучок не заполняет всей призмы (рис. 7), то ее разрешающая способность вычисляется по формуле  $R = (b_2 - b_1)dn/d\lambda$ . При этом ширину пучка можно определять, поставив на его пути лист белой бумаги.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Г.С. Ландсберг, Оптика, гл. XII, Гостехиздат, 1957.
2. Т.Н. Богданова и Е. П. Субботина, Руководство к практическим занятиям по физике, часть II, «Советская наука», 1950.