

# ГОНИОМЕТР

## §1. Оптическая схема гониометра.

Гониометрами называются оптические приборы для измерения углов. В нашей лаборатории применяются однокружные гониометры или спектрогониометры, позволяющие измерять углы между направлениями, лежащими в одной плоскости и используемые в основном для спектральных исследований.

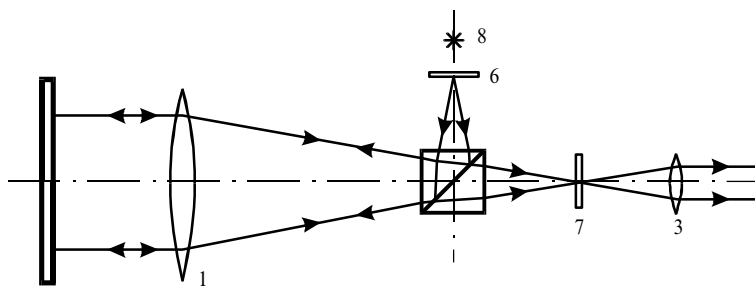


Рис. 1

Зрительная труба гониометра (см. рис.1) представляет собой телескопическую систему с длиннофокусным объективом (1) и короткофокусным окуляром (3).

В отличие от обычных зрительных труб, труба гониометра имеет автоколлимационный окуляр с кубиком. Этот окуляр состоит из двух склеенных прямоугольных призм (4, 5), сеток (6) и (7), лампы подсветки (8) и окуляра (3). Сетка (6) представляет собой прозрачный крест, прорезанный в непрозрачном слое. Сетка (7) - прозрачную стеклянную пластину с черным крестом. Сетка (7) находится в фокальной плоскости окуляра. Это устройство позволяет установить оптическую ось трубы перпендикулярно любой плоскости, обладающей способностью зеркально отражать свет. Пусть, например, перед объективом трубы помещена стеклянная призма. Свет от лампы (8) освещает сетку (6). Рассмотрим ход лучей, прошедших через какую либо точку прозрачного креста. (См. рис.2).

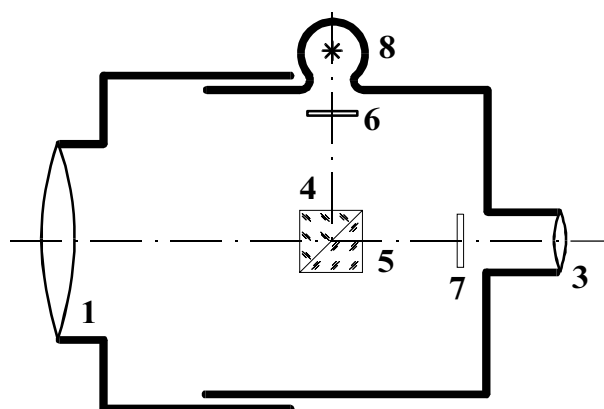


Рис.2

Расходящийся от центра креста пучок лучей отражается от полупрозрачной диагональной грани кубика и проходит через объектив трубы и грань призмы (5). Если грань перпендикулярна оси трубы, то свет, отразившись от нее, образует изображение сетки (6) (светлый крест на темном фоне) в плоскости сетки (7). Полученное таким образом изображение наблюдается с помощью окуляра (3).

Рис.2 относится к случаю, когда фокусы объектива и окуляра совпадают (труба сфокусирована на бесконечность). Только в этом случае изображение сетки (6) попадает в фокальную плоскость окуляра и мы наблюдаем резкий крест.

Когда труба сфокусирована на бесконечность, мы можем, наклоняя столик, вывести изображение светлого креста в центр сетки (7), теперь отражающая грань точно перпендикулярна оси трубы. Последовательно наводя трубу на разные грани призмы и отсчитывая углы поворота трубы, легко измерить углы между гранями.

Точность измерения углов, при хорошем качестве изображения, определяется фокусным расстоянием объектива и толщиной нити креста. Так, если нити имеют толщину  $50\mu\text{к}$  (человеческий волос), а фокусное расстояние равно 40 см., то ось трубы можно совместить с нормалью к отражающей поверхности с точностью до

$$\frac{50}{2 \cdot 40\text{см}} = \frac{5}{8} \cdot 10^{-4} \text{ т.е. } 10^{11}(\text{сек})$$

(двойка в знаменателе появляется из-за удвоения углов при отражении).

Эта погрешность несколько преувеличена, т.к. вполне можно заметить и меньшее, чем толщина нитей, расстояние между крестом и сеткой. Для гониометра ГС-5 точность измерения углов составляет  $5''$ . Таким образом, гониометр с автоколлимационной\*) трубой позволяет с большей точностью измерять углы между гранями призм, кристаллов и других объектов с вертикально отражающими плоскими поверхностями. С помощью автоколлимационного окуляра производится также юстировка гониометра для спектральных исследований; процесс юстировки будет описан ниже.

Для спектральных исследований на столик гониометра ставится призма или дифракционная решетка, которые нужно осветить параллельным пучком лучей. Для создания такого пучка служит коллиматор. Он представляет собой трубу, на одном конце которого помещается узкая щель, а на другом объектив, превращающий расходящийся пучок лучей от каждой точки щели в параллельный. Щель для этого должна быть установлена в фокальной плоскости объектива, т.е. в плоскости, перпендикулярной его оптической оси и проходящей через главный

---

\*) Слово автоколлимационный означает, что параллельные пучки лучей от точек рассматриваемого объекта (в данном случае прозрачного креста) создаются тем же объективом, который в дальнейшем вновь собирает их для получения изображения.

фокус. Ход лучей показан на рис.3.

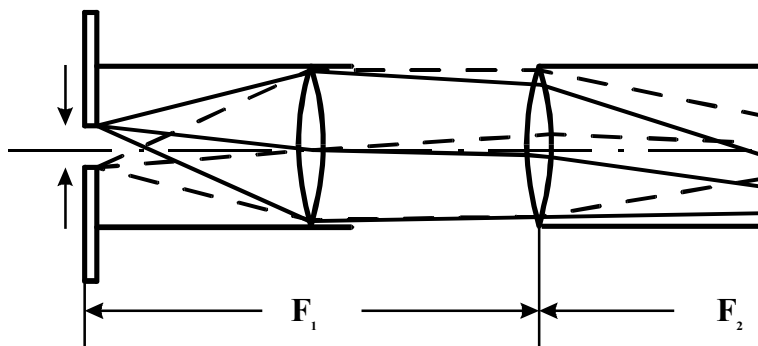


Рис.3.

Параллельные пучки лучей, выходящие из объектива коллиматора, преломляются объективом трубы и дают в его фокальной плоскости изображение щели. Таким образом, если труба сфокусирована на бесконечность, в нее будет видно резкое изображение коллиматора. Докажите самостоятельно, что увеличение системы коллиматор-объектив трубы, т.е. отношение изображения к размерам щели равно отношению фокусных расстояний объектива трубы и коллиматора.

## §2. Устройство гониометра ГС-5

Фотография одного из имеющихся в нашей лаборатории гониометров ГС-5 приведена на рис.4,5. Прибор состоит из следующих основных узлов: зрительная труба (1), коллиматор для создания параллельного пучка лучей (2), столика (3) для установки исследуемого объекта и отсчетного лимба.

Фокусировка зрительной трубы и коллиматора производится маховичками (4 и 5) по шкалам (6 и 7). Винты (8 и 9) служат для юстировки зрительной трубы и коллиматора относительно горизонтальной оси.

Зрительная труба со стойкой, в которой смонтирован микроскоп (10), крепится к алидаде (11). Коллиматор закреплен неподвижно на основании (12). В

средней части основания жестко закреплена цилиндрическая ось, на которой установлены лимб, алидада и столик.

При юстировки гониометра нам нужно будет вращать алидаду относительно неподвижного столика. Столик закрепляется винтом (13). Алидаду можно вращать грубо, от руки и точно, микрометрическим винтом (14), при зажатом винте (15). Точное вращение столика осуществляется микро-

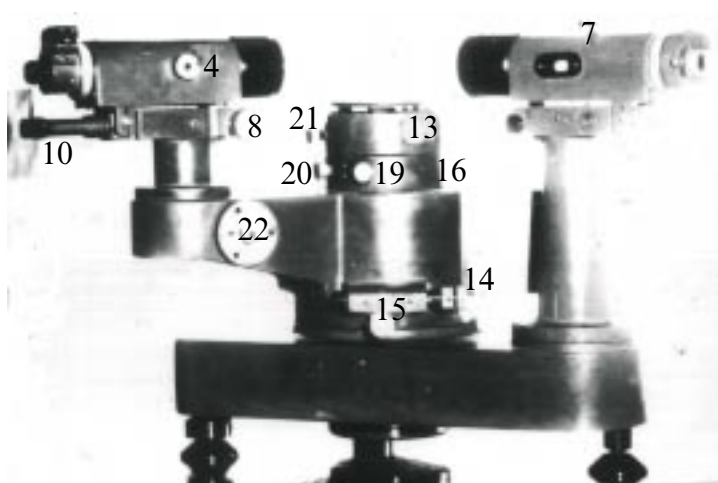


Рис.4.

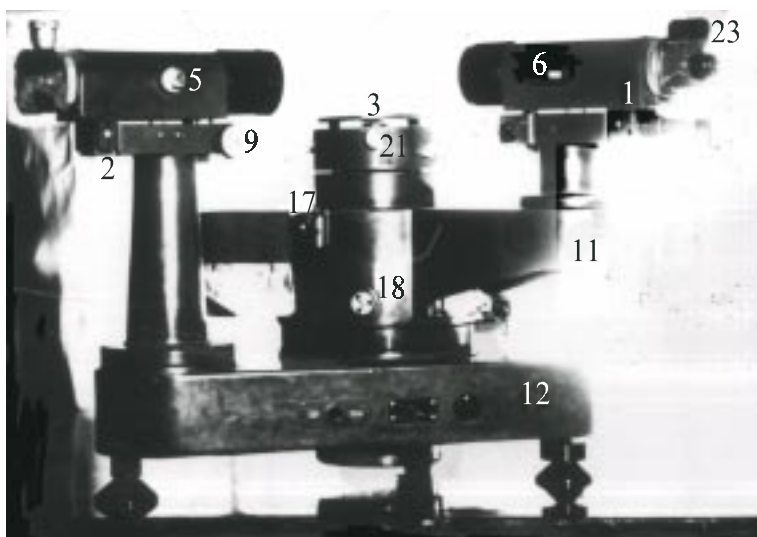


Рис.5.

который сцепляет лимб с алидадой;

4) не трогать маховичок (18), которым осуществляется самостоятельное вращение лимба.

Для правильной установки измеряемого предмета, предусмотрен наклон столика в двух взаимно перпендикулярных направлениях, осуществляемый винтами (21).

Отсчетное устройство гониометра состоит из лимба, оптического микрометра и микроскопа (10). Поле зрения отсчетного микроскопа изображено на рис.6.

В левом окошке видны изображения диаметрально противоположных участков лимба\*) и вертикальный индекс. В правом окне - деления шкалы оптического микрометра и горизонтальный индекс. Цена деления лимба  $20''$ .

Шкала оптического микрометра устроена так, что ее перемещение на 600 делений смещает верхнее изображение штрихов лимба относительно нижнего на  $10'$ . Каждое деление шкалы соответствует  $1/600$  от  $10'$ , т.е.  $1''$ .

Чтобы снять отсчет по лимбу, необходимо повернуть маховичок (22) оптического микрометра настолько, чтобы верхние и нижние изображения штрихов лимба в левом окне точно совместились (как на рис.6). Число градусов будет равно ближайшей левой от вертикального индекса цифре. Число десятков минут равно числу интервалов, заключенных между верхним штрихом, который соответствует отсчитанному числу градусов и нижним оцифрованным штрихом, отличающегося от верхнего на  $180^\circ$ . Число единиц минут отсчитывается по шкале микрометра в правом окне по левому ряду чисел. Число десятков секунд в том же окне по правому ряду чисел. Число единиц секунд равно числу делений между штрихами, соответствующими отсчету десятков секунд и неподвижным горизон-

\*)Использование противоположных участков лимба исключает ошибку эксцентриситета лимба.

метрическим винтом (16) при зажатом (13).

При измерениях нужно закрепить столик и винт, а вращать только алидаду. Чтобы в процессе измерений не сдвинуть лимб, нужно:

1) чтобы винт (26) все время был зажат;

2) не крутить микрометрический винт (13), который вращает лимб вместе со столиком;

3) не нажимать на рычаг (7),

тальным индексом. Положение, показанное на рис.6 соответствует отсчету  $0^{\circ}15'55''$ .

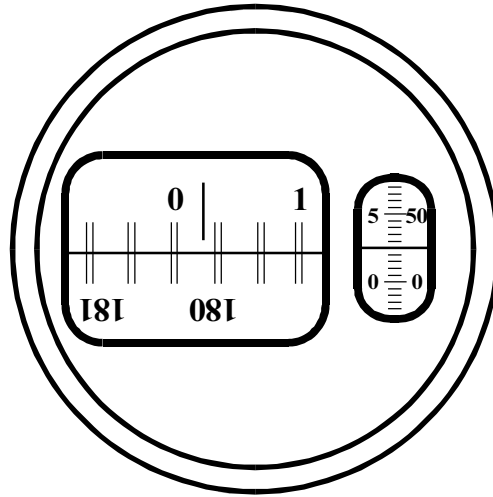


рис.6

### §3. Юстировка гониометра.

1. Юстировка трубы. Труба гониометра фокусируется на бесконечность. Предварительно производится глубокая фокусировка винтом (4) (см. рис.5) по шкале (6) (см. рис.4). Для фокусировки на бесконечность нужно поставить на столик гониометра плоскопараллельную пластинку. Затем небольшими поворотами и наклонами столика вывести изображение светлого креста в поле зрения трубы. Эта задача осложняется тем, что поле зрения трубы очень мало ( $0^{\circ}50'$ ). Поэтому сначала подбирают наклон столика грубо, освещая плоскопараллельную пластинку зрительной трубой под небольшим углом и наблюдая отраженный пучок лучей простым глазом. При этом надо наклоны столика стремиться вывести изображение креста в горизонтальную плоскость, проходящую через ось трубы. Эту операцию легче выполнить, когда отражающая поверхность перпендикулярна одной из осей наклона столика.

После того, как изображение креста попало в поле зрения трубы, маховичок (4) поворачивают так, чтобы получить резкое изображение креста.

Окончательная фокусировка производится по отсутствию параллакса: когда изображение сетки (6) находится в плоскости сетки (7), то при движении глаза вправо и влево или вверх и вниз, не должно наблюдаться их взаимного смещения.

В гониометре ГС-5 труба и коллиматор имеют одинаковые объективы.

2. Установка трубы. Оптическая ось трубы должна быть установлена строго перпендикулярно оси гониометра (т.е. оси вращения алидады и столика). Эта установка осуществляется с помощью плоскопараллельной стеклянной пластинки. Пластинку ставят на столик гониометра и устанавливают перпендикулярно

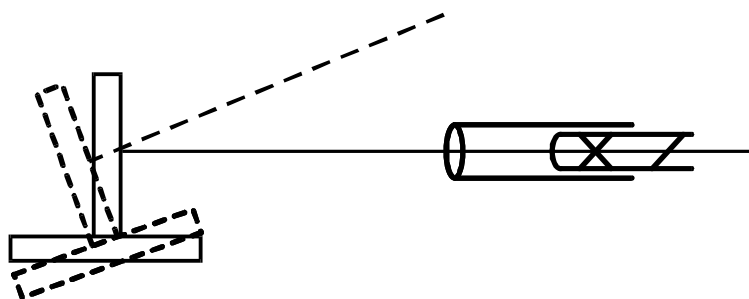


рис.7

ей ось трубы. При этом, если труба не установлена, пластинка оказывается не параллельной оси гониометра (рис.7).

После этого столик поворачивают на  $180^\circ$ . На рис. 7 видно, что после поворота (пунктир) пластинка уже не будет перпендикулярна оси трубы и белый крест уже не будет совпадать с центром сетки.

Изменяя наклон трубы маховичком (8), следует уничтожить половину расхождения между положением креста и сетки (подумайте, почему половину?); вторую половину расхождения уничтожают, изменяя наклон столика. Затем вновь поворачивают столик на  $180^\circ$  и т.д. до тех пор, пока поворот столика не перестанет вызывать расхождения между положениями креста и сетки. Тогда плоскость пластинки будет параллельна оси гониометра, а ось трубы перпендикулярна ей.

3. Фокусировка коллиматора. Осветив щель коллиматора, наблюдают ее изображение в сфокусированной на бесконечность трубу. Вращая маховичок (5) добиваются максимальной резкости ее изображения. Окончательная фокусировка и здесь проверяется по отсутствию параллакса.

4. Установка коллиматора. Оптическая ось коллиматора устанавливается перпендикулярно оси гониометра. Осветив щель коллиматора, устанавливают его таким образом, чтобы изображение щели располагалось симметрично в поле зрения правильно установленной трубы. При высокой щели, изображение которой не помещается в поле зрения трубы, эту установку трудно выполнить с большой точностью, поэтому щель коллиматора снабжена специальным устройством (ласточкин хвост) для измерения ее высоты.

5. Установка призмы. Призма устанавливается так, чтобы обе ее преломляющие грани были параллельны оси вращения трубы. Для этого наводят трубу с автоколлимационным окуляром поочередно на эти грани и, действуя установочными винтами столика, устанавливают каждую из них перпендикулярно оптической оси трубы (последняя, конечно, должна уже быть установлена перпендикулярно оси гониометра).

Призму нужно расположить на столике гониометра разумно, так, чтобы вращением каждого из установочных винтов изменялся наклон только одной из преломляющих граней, тогда задача одновременной правильной установки двух граней не вызовет затруднений. На рис.8 показано наиболее выгодное положение

ние осей, вокруг которых должна поворачиваться призма при установке каждой из преломляющих граней. Как располагаются эти оси относительно установочных винтов, зависит от конструкции столика.

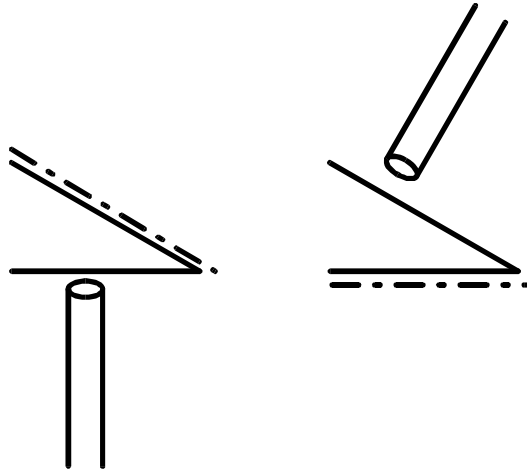


рис.8

6. Установка решетки. Дифракционная решетка ставится так, чтобы ее плоскость, а также и штрихи были параллельны оси гониометра. Плоскость решетки устанавливается с помощью трубы при автоколлимационном ходе лучей. Для проверки правильности установки штрихов наблюдают дифракционные спектры, все спектральные линии - изображения щели должны располагаться на одной и той же высоте. Для того, чтобы выправляя наклон штрихов решетки, не сбить установку ее плоскости, следует поставить решетку перпендикулярно одной из осей, вокруг которых поворачивается столик при наклоне. Очень удобно делать эту установку, если посередине щели наклеена нить: тогда каждая спектральная линия будет пересечена нитью - все эти нити должны быть параллельны горизонтальной нити окуляра. Если нити на щели нет, можно пользоваться какой-нибудь пылинкой на щели.

7. Выбор ширины щели. Ширину щели коллиматора следует подобрать так, чтобы линии в спектре были, возможно, более узкими, но не теряли яркости. При постоянном сужении щели, линии вначале сужаются, не меняя яркости, а начиная с некоторого предела, ширина линии перестает уменьшаться, зато яркость быстрее падает. На этом пределе (так называемая "нормальная ширина щели") и следует остановиться. Установив гониометр, следует показать качество его юстировки преподавателю и только после этого приступить к измерениям.