

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР

КУЙБЫШЕВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ имени академика С. П. КОРОЛЕВА

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН С ВЕЩЕСТВОМ

У т в е р ж д е н о
редакционно-издательским
советом института
в качестве методических
указаний к лабораторным
работам № 3-14, 3-15, 3-16
для студентов

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ СТЕКЛЯННОЙ ПРИЗМЫ ПРИ ПОМОЩИ ГОНИОМЕТРА

Приборы и принадлежности: гониометр-спектрометр ГС-5, стеклянная призма, электрическая лампа накаливания, неоновая лампа.

ОПИСАНИЕ МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЙ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ

Дисперсией света называются явления, обусловленные зависимостью показателя преломления вещества от длины световой волны. Свет разных длин волн преломляется неодинаково на границе прозрачных веществ. Для каждого данного вещества показатель преломления n является определенной функцией длины волны λ :

$$n = f(\lambda). \quad (1)$$

Дисперсию света можно наблюдать при прохождении света через призму. Если пропустить пучок белого света через призму (рис. 1), то на экране, установленном позади призмы, наблюдается радужная полоска, которая называется спектром. Призма является главной частью всех спектральных аппаратов, которые служат для получения и наблюдения спектра. Очень часто в приборах используют трехгранную призму. На рис. 2 изображено сечение трехгранной призмы и ход лучей через нее.

AB и AC — плоские преломляющие поверхности призмы, перпендикулярные к плоскости чертежа. Эти поверхности ограничивают преломляющий угол призмы φ .

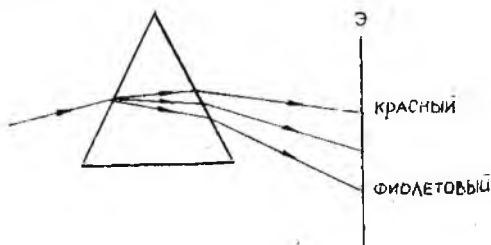


Рис. 1

Пусть луч падает на призму под углом α_1 . По выходе из призмы луч оказывается отклоненным на некоторый угол δ (по отношению к первоначальному направлению) и выходит из призмы под углом α_2 . Из рис. 2 видно, что

$$\delta = \alpha_1 - \beta_1 + \alpha_2 - \beta_2.$$

Оказывается, что угол отклонения δ зависит от угла падения луча α_1 на грань призмы. Эта зависимость выражается кривой (рис. 3). Из рис. 3 видно, что угол отклонения δ может иметь наименьшее значение — δ_{\min} , которое получается тогда, когда луч света внутри призмы идет параллельно основанию призмы. Если призма равнобедренная ($AB = AC$), в этом случае угол падения луча α_1 равен углу выхода α_2 .

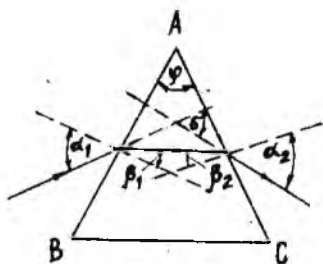


Рис. 2

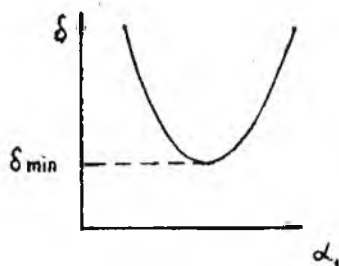


Рис. 3

Опыт и расчеты показывают, что когда луч идет под углом наименьшего отклонения δ_{\min} , изображение спектра в спектральном аппарате получается наиболее качественным и четким. Поэтому для исключения всевозможных искажений спектра призму в спектральных аппаратах устанавливают под углом наименьшего отклонения. Угол наименьшего отклонения зависит также от параметров призмы — преломляющего угла φ и показателя преломления призмы, а n определяется через соотношение

$$n = \frac{\sin \frac{\varphi + \delta}{2}}{\sin \frac{\varphi}{2}}. \quad (2)$$

Из соотношения (2) видно, что угол наименьшего отклонения для данной призмы зависит от длины волны через показатель преломления n . Таким образом, для каждой λ угол наименьшего отклонения свой, определенный.

На призму обычно падает какой-то интервал длин волн. В таком случае угол наименьшего отклонения рассчитывается для средней длины волны, т. е. такой λ , для которой n имеет среднее значение.

Соотношение (2) может быть использовано для определения показателя преломления призмы. Если экспериментально определить угол наименьшего отклонения для средней λ , то можно по соотношению (2), зная преломляющий угол призмы φ , определить средний показатель преломления стекла призмы.

Целью данной работы являются:

определение преломляющего угла призмы методом отражения;
определение среднего показателя преломления призмы по измерению преломляющего угла призмы и угла наименьшего отклонения.

ОПИСАНИЕ ПРИБОРА

В данной работе для измерения преломляющего угла призмы и угла наименьшего отклонения луча призмой используется гониометр-спектрометр ГС-5 (рис. 4).

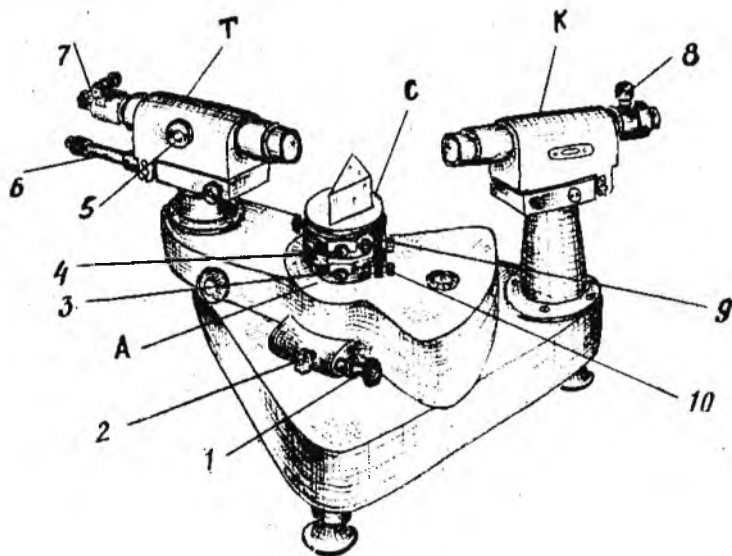


Рис. 4

Он состоит из коллиматора К, алидады А и зрительной трубы Т. В центре алидады помещается предметный столик С, который может вращаться. С вращением столика связан скрытый внутри прибора стеклянный лимб, на поверхности которого нанесена круговая шкала с делениями. На столик ставится призма.

Коллиматор К представляет собой трубу, снабженную объективом и щелью. Регулировка щели коллиматора осуществляется

с помощью микрометрического винта 8. Щель коллиматора должна быть расположена в главной фокальной плоскости коллиматора. Тогда лучи, идущие после объектива коллиматора, будут представлять параллельный пучок и в окуляре зрительной трубы мы будем видеть четкое изображение щели.

Зрительная труба Т может вращаться относительно вертикальной оси, проходящей через центр круга алидады. Причем вместе со зрительной трубой поворачивается также соединенный с ней стеклянный лимб.

Зрительная труба состоит из объектива и окуляра. Окуляр 7 можно перемещать относительно объектива вручную. Внутри зрительной трубы находится перекрестие нитей, служащих для точной наводки зрительной трубы на щель коллиматора. Четкое изображение щели в зрительной трубе достигается винтом 5, расположенным сбоку на трубе. Под трубой расположен отсчетный микроскоп 6.

Алидада А и столик С с призмой могут также вращаться относительно вертикальной оси. На алидаде имеется зажимной винт 2, с помощью которого можно жестко закрепить алидаду.

Положение столика или зрительной трубы можно характеризовать углом. Для этого на шкале лимба нанесены деления от 0 до 360°. Каждое деление, соответствующее одному градусу, разделено на три части. Таким образом, цена одного деления лимба 20'.

Изображение штрихов линий от двух диаметрально противоположных участков лимба передается с помощью призмного блока и объективов в микроскоп 6.

Прибор позволяет измерить углы с точностью до секунд. Для этого в поле зрения микроскопа видны два зеленых окна: левое для отсчета градусов и десятков минут и маленькое правое для отсчета единиц минут и секунд (рис 5).

В данной работе достаточно измерить углы с точностью до десятков минут. Поэтому будем пользоваться только левым большим окном. Отсчет производится по верхней шкале лимба следующим образом: число градусов равно видимой ближайшей левой от вертикального индекса цифре верхней шкалы. Число десятков и, приблизительно, единиц минут отсчитывается по числу целых интервалов и доле интерва-

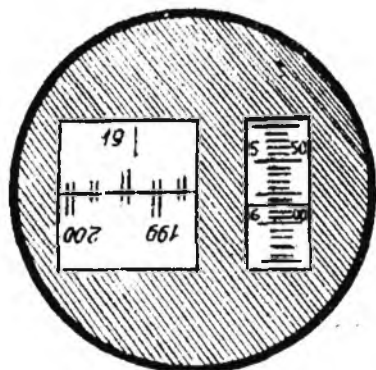


Рис. 5

сов равно видимой ближайшей левой от вертикального индекса цифре верхней шкалы. Число десятков и, приблизительно, единиц минут отсчитывается по числу целых интервалов и доле интерва-

ла, заключенных между отсчитанными градусами и вертикальным индексом.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомившись с гониометром и применением винтов, необходимо подготовить зрительную трубу к наблюдению. С этой целью поставить зрительную трубу против коллиматора и осветить щель электрической лампой. С помощью винтов добиться четкого изображения щели. Винтом 8 сузить щель так, чтобы в зрительной трубе ее ширина казалась равной приблизительно 1 мм.

2. Определить преломляющий угол призмы. Поставить призму преломляющимся ребром к коллиматору так, чтобы преломляющие грани AB и AC образовали с лучами, идущими из коллиматора, примерно равные углы, а преломляющее ребро призмы находилось на середине столика (рис. 6), т. е. направить параллельный пучок света, идущий из коллиматора, на ребро призмы так, чтобы происходило одновременное отражение от обеих преломляющих граней. Затем отпускают зажимной винт 2 и, поворачивая зрительную трубу, находят направление отраженного луча 1. Делают отсчет по шкале лимба ψ_1 . Затем переводят зрительную трубу на луч 2 и делают отсчет по шкале лимба ψ_2 .

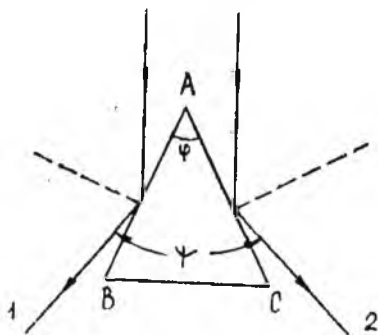


Рис. 6

Таким образом измеряют угол ψ (рис. 6):

$$\psi = \psi_2 - \psi_1.$$

Можно доказать (см. рис. 2), что преломляющий угол

$$\varphi = \frac{\psi_2 - \psi_1}{2} = \frac{\psi}{2}.$$

3. Определить угол наименьшего отклонения. Для определения угла наименьшего отклонения δ_{\min} необходимо снять призму, освободить зажимной винт алидады и установить зрительную трубу напротив коллиматора. Затем поставить призму в центр столика так, чтобы биссектриса преломляющего угла призмы была перпендикулярна к оси коллиматора (рис. 7, положение 1).

Перед щелью поставить неоновую лампу. Луч света от щели, проходя через коллиматор и призму, отклоняется к ее основанию. При этом лучи разного цвета преломляются в призме по-разному.

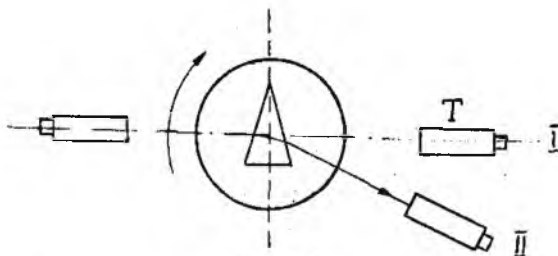


Рис. 7

В окуляре зрительной трубы можно наблюдать спектр неоновой лампы. Направить зрительную трубу на проходящий луч и наблюдать спектр. Зрительную трубу установить так, чтобы спектр был посредине поля зрения окуляра. Перекрестие нитей установить на одну из ярких красных линий в середине спектра (положение *II*). Закрепить зрительную трубу зажимным винтом 2. Следует заметить, что в положении *II* луч внутри призмы идет не параллельно основанию призмы (рис. 7) и, таким образом, преломленный луч идет не под углом наименьшего отклонения δ_{\min} . Для нахождения δ_{\min} фиксируем глаз на выбранной красной линии спектра. Отпускаем зажимные винты 3, 10 и медленно поворачиваем левой рукой столик с призмой так, чтобы преломленный луч в призме шел параллельно основанию. Скорее всего это будет вращение столика с призмой по часовой стрелке, как указано на рис. 7. При этом вращении спектр в поле окуляра начнет перемещаться. Когда угол отклонения достигнет наименьшего значения, т. е. луч будет идти параллельно основанию, спектр остановится и затем начнет возвращаться назад, несмотря на то, что мы продолжаем поворачивать столик с призмой в ту же сторону — по часовой стрелке.

Очевидно, что перемещение спектра происходит в соответствии с зависимостью δ от α (рис. 3). Момент остановки спектра и соответствует углу наименьшего отклонения.

Примечание: возможно, что для измерения угла наименьшего отклонения придется поворачивать призму против часовой стрелки. Это, очевидно, зависит от расположения призмы относительно оси коллиматора. Столик с призмой в момент остановки спектра следует закрепить зажимным винтом 3, 10. Выбранную красную линию совместить микрометрическим винтом 6 с линией перекрестия и сделать отсчет угла по лимбу Θ_1 .

Затем снять со столика призму, открепить винт 2. Поворачивая зрительную трубу, совместить изображение щели с перекрестием сетки окуляра и сделать отсчет Θ_2 .

4. Вычислить угол наименьшего отклонения для выбранной средней спектральной линии по формуле $\delta_{\max} = \Theta_2 - \Theta_1$.

По формуле (2) рассчитать показатель преломления.
 Результаты измерений и расчеты занести в таблицу.

№ п/п	Длина	ψ_2	ψ_1	$\varphi = \frac{\psi_2 - \psi_1}{2}$	$\bar{\varphi}$	θ_2	θ_1	δ_{\min}	$\bar{\delta}_{\min}$	$\sin \frac{\varphi}{2}$	$\sin \frac{\varphi + \delta}{2}$	n
1												
2												
3												

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1) В чем заключается явление дисперсии света?
- 2) Что называется дисперсией света?
- 3) В каком случае дисперсию вещества называют нормальной, а в каком аномальной?
- 4) Что называется углом наименьшего отклонения и преломляющим углом призмы?
- 5) От чего зависит показатель преломления призмы?
- 6) Каково устройство гониометра?
- 7) Как получают параллельные лучи, падающие на призму?
- 8) Каков ход белого луча, прошедшего сквозь призму?
- 9) С какой точностью и как измерялись углы?
- 10) Как определяется экспериментально угол наименьшего отклонения?

ЛИТЕРАТУРА

1. Ландсберг Г. С. Оптика. — М.: Наука, 1976, гл. IX, § 50, гл. XXVIII, № 154—156.
2. Савельев И. В. Курс общей физики. — М.: Наука, 1968, т. 3, § 43, 45.
3. Яворский Б. М., Детлаф А. А. Курс общей физики. — М.: Высшая школа, 1971, т. 3, § 7.1, 7.2.

Составители: *Маргарита Александровна Левченко,*
Татьяна Сергеевна Соломеина

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ СТЕКЛЯННОЙ ПРИЗМЫ ПРИ ПОМОЩИ ГОНИОМЕТРА

Редактор Т. К. К р е т и н н а
Техн. редактор Н. М. К а л е н ю к
Корректор Н. С. К у п р и я н о в а

Сдано в набор 16.10.85 г.
Подписано в печать 28.11.85 г.
Формат 60×84 1/16. Бумага оберточная.
Гарнитура литературная. Печать высокая.
Усл. п. л. 0,5. Уч.-изд. л. 0,4. Заказ 842.
Т. 2000 экз. Бесплатно.

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт имени академика С. П. Королева,
г. Куйбышев, ул. Молодогвардейская, 151.

Тип. УЭЗ КуАИ, г. Куйбышев, ул. Ульяновская, 18.

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРОВ ПОГЛОЩЕНИЯ РАСТВОРОВ С ПОМОЩЬЮ ФОТОМЕТРА

Приборы и принадлежности: горизонтальный фотометр типа ФМС-56, набор кювет, исследуемый раствор.

ПОГЛОЩЕНИЕ СВЕТА

При прохождении светового пучка сквозь вещество его интенсивность уменьшается вследствие превращения световой энергии в различные формы внутренней энергии вещества и в энергию вторичного излучения атомов. Уменьшение энергии световой волны, происходящее по мере проникновения ее в глубь вещества, получило название поглощения света. Опыт показывает, что интенсивность света на пути dx убывает пропорционально величине этого пути и величине самой интенсивности:

$$dI = -aI dx, \quad (1)$$

где a — коэффициент поглощения, который зависит от свойств поглощающего вещества и длины волны.

Пусть на входе в поглощающий слой интенсивность света равна I_0 . Найдем интенсивность I света, прошедшего слой вещества толщиной x . Для этого проинтегрируем выражение (1), предварительно разделив переменные:

$$\int_{I_0}^I \frac{dI}{I} = -a \int_0^x dx.$$

В результате получим $\ln I - \ln I_0 = -ax$,

откуда
$$I = I_0 e^{-ax}. \quad (2)$$

Соотношение (2) носит название закона Бугера. Физический смысл коэффициента поглощения легко установить, преобразовав уравнение (2) к следующему виду:

$$a = \frac{1}{x} \ln \frac{I_0}{I}.$$

Если $I_0/I = e$, то $a = 1/x$.

Таким образом, коэффициент поглощения света есть величина, обратная толщине слоя, при прохождении которого интенсивность света убывает в e раз. Зависимость коэффициента поглощения от длины волны имеет сложный характер: в спектре существуют довольно узкие области сильного поглощения (большие значения a), в то время как в других частях спектра заметного ослабления света нет.

Если белый свет с непрерывным спектром пропустить через поглощающее вещество, а прошедший свет разложить в спектр, то в областях сильного поглощения в спектре появятся темные полосы или линии. Такой спектр называется спектром поглощения.

Жидкости и твердые тела дают широкие полосы поглощения, коэффициент поглощения газов и паров при низких давлениях почти для всех длин волн очень мал (практически равен нулю) и только для узких областей шириной в несколько сотых ангстрема он достаточно велик. В спектре поглощения газов и паров при низком давлении имеются узкие темные линии. Они располагаются в тех местах, где лежат светлые линии в спектре излучения газа или пара (обращение спектральных линий). В разреженных газах или парах атомы вещества находятся далеко друг от друга и почти не взаимодействуют. По мере повышения давления газов максимумы поглощения, первоначально очень узкие, все более расширяются и при высоких давлениях спектр поглощения газов приближается к спектру поглощения жидкостей. Этот факт указывает на то, что расширение полос поглощения есть результат взаимодействия атомов друг с другом. В слабых растворах, т. е. когда взаимодействие молекул растворенного вещества мало, коэффициент поглощения оказывается пропорциональным концентрации раствора C :

$$a = k C,$$

где k — новый коэффициент, не зависящий от концентрации и характерный для молекул поглощающего вещества.

В этом случае закон Бугера приобретает вид

$$I = I_0 e^{-kCx}. \quad (3)$$

Закон Бугера можно использовать для определения концентрации поглощающего вещества путем фотометрических измерений, которые можно выполнить с большой степенью точности. Этим приемом часто пользуются в лабораторной и промышленной практике для быстрого определения концентрации растворов, химический анализ которых оказывается очень сложным.

ОПИСАНИЕ ПРИБОРА И МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЯ

В данной работе исследуется зависимость коэффициента пропускания τ и оптической плотности D растворов красителей от

длины волны падающего света. Кривые, изображающие такую зависимость, называются спектральными кривыми пропускания или поглощения.

Коэффициент пропускания можно выразить как отношение интенсивности света, прошедшего через раствор I , к интенсивности света, входящего в раствор I_0 :

$$\tau = I/I_0.$$

Согласно закону Бугера, коэффициент пропускания τ связан с коэффициентом поглощения a соотношением:

$$\tau = \frac{I}{I_0} = e^{-ax}.$$

Величина $D = -\lg \tau$ называется оптической плотностью вещества:

$$D = -\lg \frac{I}{I_0} = -\lg e^{-ax} = ax \lg e = \frac{ax}{2,3}.$$

Оптическая плотность характеризует поглощение вещества и также является функцией длины волны. Измерения выполняются с помощью горизонтального фотометра типа ФМС-56. Оптическая схема прибора изображена на рис. 1.

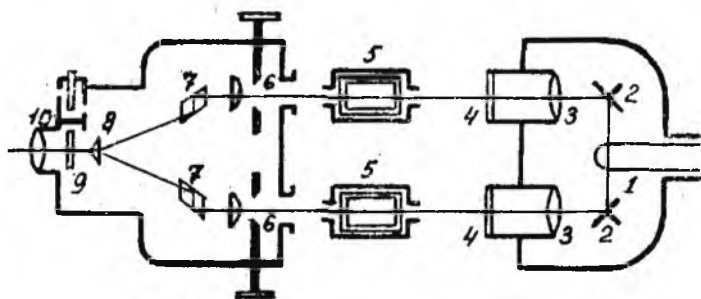


Рис. 1

Пучок света от лампы осветителя 1 раздваивается зеркалами 2, после чего каждая часть проходит через конденсор, состоящий из объектива 3 и матового стекла 4, отверстия столика 5 с кюветами, и регулируемые диафрагмы 6. После диафрагм обе части объединяются с помощью оптических призм 7 и направляются в бипризму 8. Пройдя сменный фильтр 9, свет попадает в окуляр 10. Наблюдатель видит в окуляр два поля зрения с резкой границей раздела (грань бипризмы). Левое поле зрения освещено световым пучком, прошедшим через правую диафрагму фотометра, а правое поле зрения — пучком, прошедшим через левую диафрагму. Изменяя отверстие каждой диафрагмы, т. е. сечение соот-

ветствующего пучка, можно изменять яркость любой половины поля зрения. Это позволяет производить фотометрическое сравнение интенсивности обоих световых пучков.

Если один из пучков имеет меньшую интенсивность, чем другой, например, за счет поглощения в стоящей на его пути кювете с раствором, то уменьшая отверстие диафрагмы на пути второго пучка, можно уравнивать яркость обоих полей. По величине изменения отверстия диафрагмы можно определить относительную интенсивность обоих световых пучков. Сменные фильтры, помещенные перед окуляром, позволяют производить эти измерения в различных спектральных участках. Конструкция раздвижной диафрагмы изображена на рис. 2. Полное открытие диафрагмы происходит за один оборот барабана.

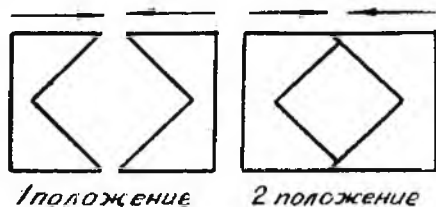


Рис. 2

Диафрагма полностью открыта, когда две ее половины не накладываются друг на друга, а лишь соприкасаются, образуя квадратное отверстие. Интенсивность света, проходящего через диафрагму, пропорциональна площади отверстия. Отверстие диафрагмы изменяется враще-

нием барабана. Черная шкала барабана проградуирована таким образом, что ее показания пропорциональны интенсивности проходящего света.

Если при измерении поглощения раствор помещен в одном пучке, диафрагма которого стоит на делении 100, и поворотом второго барабана уравниены яркости обоих полей, то отсчет по черной шкале дает непосредственно коэффициент пропускания раствора τ , выраженный в процентах. Отсчет по красной шкале дает оптическую плотность раствора D .

Для получения спектральной кривой пропускания или оптической плотности используются фильтры 9, укрепленные в револьверном диске. Область пропускания этих фильтров довольно узка, так что при исследовании растворов со сравнительно широкими и плавными полосами поглощения можно пользоваться эффективной длиной волны, которая указывается в табл. 1.

Для получения достаточно точных результатов необходимо обеспечить одинаковую начальную яркость обоих полей. Это достигается тщательной настройкой прибора. В нашем приборе соответствующая установка уже сделана. При фотометрировании критерием равенства яркости полей является исчезновение границы раздела полей.

Таблица 1

Номер фильтра	Марки- ровка	Эффективная длина волны, Å	Примерная ширина области пропускания, Å
1	M-72	7260	650
2	M-66	6650	650
3	M-61	6190	400
4	M-57	5740	350
5	M-53	5350	350
6	M-50	4960	400
7	M-47	4650	450
8	M-43	4320	550
9	K-2	6330	850
10	K-4	5500	500
11	K-6	4780	750

Во время фотометрирования глаз наблюдателя должен быть прижатым к наглазнику окуляра и по возможности всегда принимать при измерениях одно и то же положение. Лицам, носящим очки, рекомендуется при фотометрировании их снять.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Установить кюветы с исследуемым раствором и дистиллированной водой на столик фотометра 5. С помощью откидной лупы у окуляра 10 получить резкое изображение квадратного выреза диафрагмы и проверить полное и равномерное заполнение действующих отверстий кювет светом.

2. Установить барабан диафрагмы в световом плече, где стоит кювета с раствором, на деление 100. Вводя в поле зрения первый светофильтр, произвести вращением второго барабана уравнивание яркости обоих полей. При измерениях одновременно отсчитывают τ и D . Ввести в поле зрения последовательно все фильтры и произвести измерения.

3. Поменять местами кюветы и произвести все измерения в том же порядке, как указано в п. 2.

4. Из обеих серий измерений найти результат для каждой длины волны по формулам:

$$\tau = \sqrt{\tau' \tau''} \quad \text{и} \quad D = \frac{D' + D''}{2},$$

где τ' — коэффициент пропускания при первом положении кювет;
 τ'' — коэффициент пропускания при втором положении кювет;
 D' — оптическая плотность в первой серии измерений;
 D'' — оптическая плотность во второй серии измерений.

5. Все результаты измерений занести в табл. 2.

Номер фильтра	Эффективная длина волны, λ	Кюветы в первом положении		Кюветы во втором положении		Среднее из двух измерений	
		τ	D'	τ''	D''	$\sqrt{\tau\tau''}$	$\frac{D'+D''}{2}$
1							
2							
3							

Построить графики зависимости коэффициента пропускания τ и оптической плотности D раствора от длины волны λ .

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Выведите закон Бугера. Какой физический смысл имеет знак минус в этом законе?
2. Каков физический смысл коэффициента поглощения?
3. От чего зависит коэффициент поглощения?
4. Какая связь между коэффициентом поглощения и концентрацией раствора?
5. Что называется коэффициентом пропускания и как он связан с коэффициентом поглощения?
6. Что называется оптической плотностью вещества и как она связана с коэффициентом поглощения?
7. Почему кривые поглощения и пропускания имеют резонансный характер?
8. Какова конструкция диафрагмы в фотометре?
9. Как в данной работе определяется коэффициент пропускания?
10. Объясните принцип действия фотометра ФМС-56.

ЛИТЕРАТУРА

1. Савельев И. В. Курс общей физики. — М.: Наука, 1978, т. 2; с. 452—454.
2. Ландсберг Г. С. Оптика. — М.: Наука, 1976, с. 563—571.
3. Корсунский М. И. Оптика. Строение атома. Атомное ядро. — М.: Наука, 1967, с. 95—98.
4. Яворский Б. М., Детлаф А. А. Курс физики. — М.: Высшая школа, 1967, т. 3, с. 143—146.

Составитель: *Петр Яковлевич Нечаев*

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРОВ ПОГЛОЩЕНИЯ РАСТВОРОВ С ПОМОЩЬЮ ФОТОМЕТРА

Редактор Т. К. Кретьнина
Техн. редактор Н. М. Каленюк
Корректор Н. С. Куприянова

Сдано в набор 16.10.85 г. Подписано в печать 29.11.85 г.
Формат 60×84 1/16. Бумага оберточная.
Гарнитура литературная. Печать высокая.
Усл. п. л. 0,5. Уч.-изд. л. 0,4. Заказ 843.
Т. 2000 экз. Бесплатно.

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт имени академика С. П. Королева,
г. Куйбышев, ул. Молодогвардейская, 151.

Тип. УЭЗ КуАИ, г. Куйбышев, ул. Ульяновская, 18.

ИЗУЧЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ КОЭФФИЦИЕНТА ПРОПУСКАНИЯ ИССЛЕДУЕМОГО ОБРАЗЦА ОТ ДЛИНЫ ВОЛНЫ

Приборы и принадлежности: универсальный фотометр ФМ-56, исследуемые образцы (цветные стекла).

ОПИСАНИЕ ПРИБОРА

В работе используется фотометр ФМ-56, который предназначен для измерения коэффициентов пропускания твердых и жидких прозрачных сред, коэффициентов яркости светорассеивающих образцов и их блеска, а также для спектрофотометрических работ. В основу работы прибора положен принцип уравнивания двух световых потоков путем изменения одного из них с помощью диафрагмы с переменным отверстием. Оптическая схема фотометра ФМ-56 изображена на рис. 1. Два параллельных световых пучка *A* и *B*, выходящие из осветителя, отражаются от зеркала и проходят через исследуемые образцы *OO*, отверстия диафрагм, степень раскрытия которых регулируется поворотом барабанов *1*. Далее световые пучки *A* и *B* проходят через объективы *2* и ромбические призмы *3*. Пройдя последние, световые пучки идут под углом друг к другу и попадают на призму *4*, которая сводит два пучка к оси окуляра *6*.

В поле зрения окуляра образуются два поля с резкой границей (грань призмы). При этом левое поле создается правым пучком, правое — левым. После бипризмы пучки света проходят через один из одиннадцати светофильтров *5*, смена которых производится поворотом револьверного диска. Каждый светофильтр имеет свой номер, видимый в специальное окошечко около окуляра.

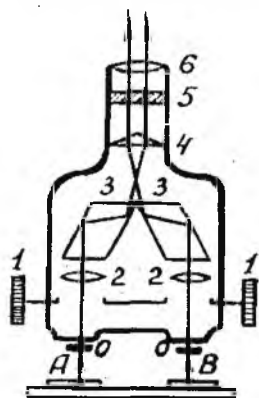


Рис. 1

Изменяя величину отверстия каждой диафрагмы, можно менять яркость каждого поля. Это дает возможность производить фотометрическое сравнение интенсивностей обоих световых пучков. Если один пучок имеет меньшую интенсивность (например, из-за поглощения в исследуемом веществе), то, изменяя отверстие диафрагмы на пути другого пучка, можно уравнивать яркости обоих полей, т. е. добиться фотометрического равновесия, и по величине изменения отверстия определить отношение интенсивностей обоих пучков.

На измерительных барабанах нанесены две шкалы — черная и красная. Отсчет по черной шкале дает непосредственно коэффициент пропускания τ исследуемого образца, выраженный в процентах.

Коэффициент пропускания τ — отношение интенсивности света, прошедшего через слой вещества I , к интенсивности света, входящего в вещество I_0 :

$$\tau = \frac{I}{I_0}.$$

Деления черной шкалы (от 0 до 100) соответствуют площади отверстия диафрагмы. Например, деление 50 означает, что площадь отверстия диафрагмы составляет 50% максимально возможной, которой отвечает деление 100. Другая шкала — красная — соответствует оптической плотности образца D , под которой понимают отрицательный десятичный логарифм коэффициента пропускания:

$$D = -\lg \tau.$$

В данной работе предлагается изучить зависимость коэффициента пропускания τ исследуемого образца (цветного стекла) от длины волны λ .

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Включить через трансформатор 220/8 В лампу осветителя. Пользуясь выключателем, находящемся на крышке трансформатора, можно включать и выключать прибор без отключения трансформатора от сети.

2. Осветитель 1 (рис. 2) установить так, чтобы световые лучи, направленные зеркалом 2 снизу, давали бы одинаковую освещенность отверстий диафрагм фотометра (при этом оба барабана должны стоять на делении 100, что соответствует одинаковой максимальной степени раскрытия диафрагм).

3. Ввести светофильтр под номером 1, поворачивая револьверный диск 3.

4. Произвести фокусировку окуляра с помощью кольца 4 так, чтобы линия раздела поля была четко видна.

5. Исследуемый образец (цветное стекло) поместить на предметный столик 5 под левой диафрагмой, прозрачное стекло — под правой диафрагмой. При этом правая половина поля зрения потемнеет. Вращая правый измерительный барабан, добиться равенства яркостей обеих половин поля зрения и снять отсчет τ_1 по черной шкале правого барабана.

6. Измерить коэффициенты пропускания данного образца для различных длин волн. Для этого, поворачивая револьверный диск 3, включать поочередно светофильтры от № 1 до № 8; для каждого светофильтра произвести установку фотометра на фотометрическое равновесие и каждый раз снимать показания τ_1 по черной шкале правого барабана.

7. Все результаты измерений занести в таблицу.

8. Измерить коэффициенты пропускания τ_2 другого цветного стекла для различных длин волн. Для этого надо произвести все измерения в том же порядке, как указано в пп. 3—7.

9. Вычислить коэффициенты пропускания τ_{12} системы двух цветных стекол для различных длин волн по формуле $\tau_{12} = \tau_1 \tau_2$. Результаты вычислений занести в таблицу.

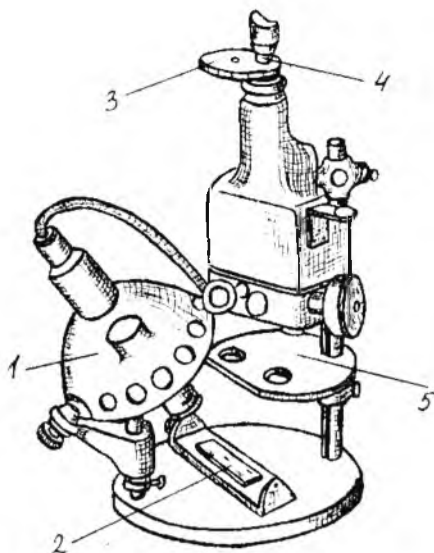


Рис. 2

Номер фильтра	Эффектив- ная длина волны, нм	Исследуемый образец			Система стекол № 1 и 2 τ_{12}'' экспер.
		Стекло № 1	Стекло № 2	$\tau_{12}' = \frac{\tau_1 \tau_2}{100}$	
		τ_1	τ_2		
1	726				
2	665				
3	619				
4	574				
5	533				
6	496				
7	465				
8	432				

10. Измерить коэффициенты пропускания τ_{12} системы двух цветных стекол. Для этого все измерения произвести в том же порядке, как указано в пп. 3—7, поместив на предметный столик под левой диафрагмой оба исследуемых цветных стекла одно на другое. Результаты измерений занести в таблицу.

11. Построить графики зависимости коэффициента пропускания от длины волны: $\tau_1 = f(\lambda)$; $\tau_2 = f(\lambda)$; $\tau_{12}' = f(\lambda)$, $\tau_{12}'' = f(\lambda)$, откладывая по оси абсцисс длину волны, а по оси ординат — коэффициенты пропускания.

Примечание: Справедливость формулы $\tau_{12} = \tau_1 \tau_2$ можно доказать следующим образом. Пусть на систему двух сред с коэффициентами пропускания τ_1 и τ_2 падает световой поток интенсивности I_0 . Коэффициент пропускания системы двух сред τ_{12} можно выразить как отношение интенсивности света, прошедшего через систему I_2 , к интенсивности света, входящего в систему I_0 :

$$\tau_{12} = \frac{I_2}{I_0}.$$

С другой стороны, коэффициент пропускания первой среды можно выразить как отношение $\tau_1 = I_1/I_0$, а коэффициент пропускания второй среды — $\tau_2 = I_2/I_1$. Перемножив левые и правые части этих равенств: $\tau_1 \tau_2 = I_2/I_0$. Сравнивая полученное равенство с формулой (1), получим

$$\tau_{12} = \tau_1 \tau_2.$$

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислите явления, сопровождающие прохождение света через вещество.
2. Дайте определение коэффициента пропускания.
3. Дайте определение коэффициента поглощения.
4. Почему кривые пропускания имеют резонансный характер?
5. Начертите оптическую схему фотометра ФМ-56 и объясните принцип его действия.
6. Выведите формулу для расчета коэффициента пропускания системы двух сред.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зисман Г. А., Тодес О. М. Курс общей физики. — М.: Наука, 1962, т. 3, § 21.
2. Ландсберг Г. С. Оптика. — М.: Наука, 1976, § 157.
3. Савельев И. В. Курс общей физики. — М.: Наука, 1971, т. 3, § 46.