

М.У
№2590
015601

Иванова М.А. уч.б
Фотоэлектроколориметрия
107



УНИВЕРСИТЕТ
(ИТ)

Факультет экологической безопасности

Кафедра химии

М.А. ИВАНОВА, С.Б. ОПАЛЕВ, С.А. ФОМИН

ФОТОЭЛЕКТРОКОЛОРИМЕТРИЯ

*Рекомендовано
редакционно-издательским советом университета
в качестве методических указаний
для студентов специальности
«Безопасность и защита окружающей среды»*

МОСКВА – 2007

УДК 543
И 21

Иванова М.А., Кривоносов А.И., Опалев С.Б., Фомин С.А. Фотоэлектроколориметрия. Методические указания к лабораторным работам. – М.: МИИТ, 2007. – 20 с.

Работа предназначена для студентов первых курсов специальности «Безопасность и защита окружающей среды» и является руководством к выполнению лабораторных работ на фотоэлектроколориметрах КФК-2, КФК-5. Данная приборная техника широко используется при выполнении количественного анализа природных и сточных вод.

© Московский государственный университет
путей сообщения (МИИТ), 2007

Подписано в печать - 19.02.07.	Формат 60x84/16.	Тираж 100 экз.
Усл.-печ. л. – 1,25	Заказ – 142.	Изд. № 350-06.

127994, Москва, ул. Образцова, 15
Типография МИИТа

ВВЕДЕНИЕ

Фотоэлектроколориметрия относится к *физико-химическим методам анализа*, в которых химический состав анализируемой системы определяется по ее физическим свойствам (светопоглощению, электро- и теплопроводности и т.д.). В частности, при фотоэлектроколориметрии изучается зависимость изменения интенсивности светового потока прошедшего через окрашенный раствор. Чем больше окрашенных частиц в растворе, тем в большей степени поглощается световой поток, тем сильнее падает его интенсивность на выходе из раствора. Изучением этой зависимости занимались ученые Бугер, Ламберт и Бер, которые открыли *закон поглощения света*, названный именами этих ученых – **закон Бугера-Ламберта-Бера**:

Интенсивность светового потока, прошедшего через слой окрашенного раствора зависит от концентрации окрашенных частиц в растворе и толщины поглощающего слоя раствора.

Математически эта зависимость выражается следующей формулой:

$$(1) \boxed{D = \epsilon Cl}$$

где: D – оптическая плотность, безразмерная величина, представляющая десятичный логарифм отношения интенсивности светового потока на входе в раствор (I_0) к интенсивности светового потока на выходе из раствора (I), т.е. $\lg I_0 / I$; ϵ – молярный коэффициент светопоглощения; C – концентрация окрашенного вещества в растворе, в моль/л; l – толщина слоя раствора, в см.

Иногда вместо оптической плотности – D измеряют величину свето-пропускания раствора – T , которая представляет:

$T = I / I_0$ и чаще выражается в процентах путем умножения на 100.

Для проведения фотоколориметрического метода анализа требуется предварительное определение диапазона концентраций определяемого компонента в растворах, в пределах которого соблюдается прямолинейная зависимость $D = f(C)$.

С этой целью готовится серия стандартных растворов (от

7-10 растворов), с различным содержанием определяемого компонента. Затем для этих растворов определяют величину оптической плотности (D) на приборе фотоэлектроколориметре и строят графическую зависимость $D = f(C)$, называемую в дальнейшем *калибровочной кривой* (см. рис. 1). На этой кривой отмечают прямолинейный участок АВ, называемый *рабочим*, т.к. область концентраций определяемого компонента в растворах, соответствующая этому участку, находится в прямой зависимости от значения их оптической плотности.

При фотометрировании исследуемых растворов необходимо подготовить пробу таким образом, чтобы концентрация определяемого компонента попадала на рабочий участок калибровочной кривой. В противном случае, требуется предварительная концентрация или разбавление пробы анализируемого раствора. При этом степень разбавления или концентрации пробы следует учесть при окончательном выведении результата анализа.

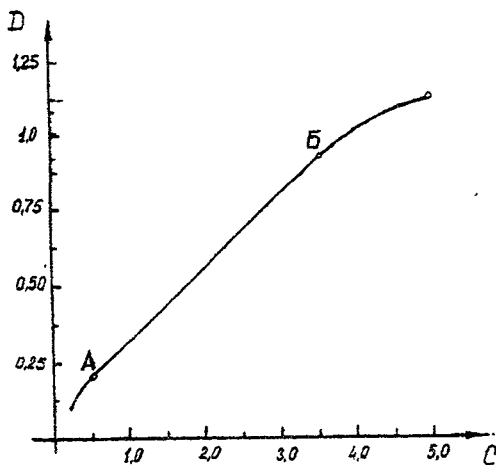


Рис. 1. Зависимость величины оптической плотности (D) от концентрации раствора (C)

Для определения концентрации анализируемого вещества наиболее часто используют следующие методы: 1) метод молярного коэффициента светопоглощения; 2) метод градуировочного графика; 3) метод добавок; 4) метод дифференциальной фотометрии; 5) метод фотометрического титрования.

Фотометрическим методом можно определять также компоненты смеси двух и более веществ. Эти определения основаны на свойстве *аддитивности оптической плотности*:

$$(2) D_{\text{см.}} = D_1 + D_2 + \dots + D_n$$

или

$$(3) D_{\text{см.}} = l(\varepsilon_1 C_1 + \varepsilon_2 C_2 \dots + \varepsilon_n C_n)$$

где: $D_{\text{см.}}$ – оптическая плотность смеси; D_1, ε_1, C_1 – соответственно оптическая плотность, молярный коэффициент светопоглощения и концентрация первого компонента смеси; D_2, ε_2, C_2 – те же величины для второго компонента смеси и т.д.

УСТРОЙСТВО ФОТОЭЛЕКТРОКОЛОРИМЕТРА КФК-2 И ПОРЯДОК РАБОТЫ НА НЕМ

Устройство фотоэлектрocolориметра

На рис. 2 показан внешний вид фотоэлектрocolориметра КФК-2.

Основными элементами прибора являются: лампа накаливания, как источник светового потока, микроамперметр регистрирующий сигнал, поступающий с фотоэлемента или с фотодиода, кюветное отделение, для установки кювет с пробами растворов, набор светофильтров, пропускающих световой поток определенного спектра, фотоэлемент и фотодиод, как приемники светового потока, прошедшего через кюветы с растворами.

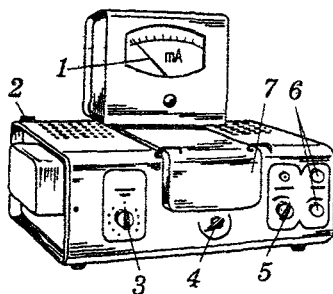


Рис. 2. Внешний вид фотоколориметра КФК-2:

1 – шкала микроамперметра; 2 – кнопка включения прибора в сеть; 3 – ручка переключателя светофильтров; 4 – ручка перемещения кювет; 5 – ручка включения фотоприемников; 6 – ручки установки 100%-го светопропускания; 7 – крышка кюветного отделения

Принцип работы фотоэлектрocolориметра можно пояснить на его оптической схеме, показанной на рис. 3:

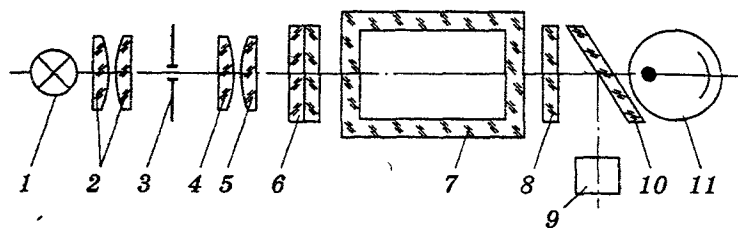


Рис. 3. Оптическая схема фотоэлектроколориметра КФК-2:
 1 – источник света; 2 – конденсатор; 3 – диафрагма; 4, 5 – линзы объектива; 6 – светофильтр; 7 – кювета; 8 – защитное стекло; 9 – фотодиод;
 10 – пластинка, делящая световой поток на два; 11 – фотоэлемент

Согласно этой схеме, световой поток, поступающий от источника света (1) проходит последовательно через конденсатор (2), диафрагму (3), линзы объектива (4, 5), светофильтр (6) и затем попадает в кюветное отделение. Проходя через кювету с раствором, часть светового потока поглощается окрашенным раствором, часть отражается от внешней стороны стенок кюветы и, таким образом, на выходе из кюветы интенсивность светового потока падает. Далее световой поток поступает через защитное стекло (8) на пластинку (10) направляющую его на фотоэлемент (11) при работе с длинами волн 315-540 нм или на фотодиод (9) при работе с длинами волн (590-980 нм). Изменение интенсивности светового потока вызывает пропорциональное изменение силы тока, которое регистрируется микроамперметром.

Порядок работы на фотоэлектроколориметре КФК-2 следующий:

1. Включить прибор в сеть с помощью шнура и выключателя (2) и прогреть его 15 мин.(см. рис. 2) при открытой крышке (7) кюветного отделения.

2. Скорректировать установку стрелки микроамперметра (1) на нуль по шкале коэффициентов пропускания (верхняя шкала).

3. С помощью ручки (3) ввести необходимый светофильтр.

4. Установить минимальную чувствительность прибора. Для этого ручку (5) установить в положение «1» и ручки «6» в крайнее левое положение. При этом положения «1», «2», «3» ручки (5), отмеченные на лицевой панели черным цветом, должны использоваться при работе со светофильтрами в области 315-540 нм, а положения «1», «2», «3», отмеченные красным цветом, при работе со светофильтрами в области 590-980 нм.

5. В кюветное отделение поместить кюветы с исследуемым раствором и с раствором сравнения (обычно с дистиллированной водой) Крышку кюветного отделения закрыть.

6. Ручкой (4) в световой поток вводят кювету с раствором сравнения и ручками (6) и (5) устанавливают отсчет «0» по нижней шкале (шкале оптической плотности) микроамперметра.

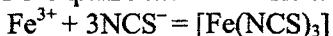
7. Поворотом ручки (4) заменяют кювету с раствором сравнения кюветой с исследуемым раствором и снимают отсчет по шкале оптической плотности.

Внимание: Для получения достоверных результатов необходимо: а) следить за чистотой внешних сторон стенок кювет, тщательно протирая их кусочком фильтровальной бумаги перед помещением в кюветное отделение прибора; б) после каждого проведенного измерения, при переходе к измерению оптической плотности другого раствора, необходимо три раза промыть кювету дистиллированной водой из промывалки, затем ополоснуть небольшим количеством измеряемого раствора.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Работа № 1. Определение содержания железа (III) методом калибровочного графика

Определение ионов Fe^{3+} в водных растворах основано на переводе этих ионов в окрашенный комплекс по реакции:



Кроваво-красная окраска комплекса в растворе неустойчива и быстро бледнеет вследствие перехода железа (III) в железа (II). Поэтому эту реакцию проводят в присутствии окислителя HNO_3 .

Практическое выполнение работы предполагает следующие этапы:

а) приготовление стандартных растворов (7-10 растворов) с различным содержанием в них ионов железа (III). Стандартные растворы железа готовятся путем различных разбавлений эталонного раствора железосамонийных квасцов $[\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}]$ с титром

$$T_{\text{Fe}} = 0,1 \text{ мг/л};$$

- б) подбор светофильтра;
- в) подбор размера кюветы;
- г) измерение оптической плотности стандартных растворов на фотоэлектроколориметре КФК-2;
- д) построение калибровочной кривой графической зависимости $D=f(C_{\text{Fe}})$ по результатам фотометрирования стандартных растворов;
- е) измерение оптической плотности исследуемого раствора ;
- ж) определение искомой концентрации исследуемого раствора по калибровочному графику.

Приготовление стандартных растворов проводят для получения в них следующих концентраций ионов Fe^{3+} , мг/50мл: 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0. Для этого в 10-ти мерных колбах, емкостью 50 мл, поочередно вводят соответственно

0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0 мл эталонного раствора, прибавляют к этим объемам по 1 мл разб. (1:1) HNO_3 и 5 мл 10%-го раствора NH_4NCS . Последний реагент добавляют непосредственно перед измерением оптической плотности из-за быстрого разрушения окрашенного комплекса. Объем в мерных колбах доводят до метки, завершая, таким образом, приготовление стандартных растворов.

Подбор светофильтра проводят по стандартному раствору с максимальной концентрацией железа (5,0 мг Fe^{3+} /50 мл), который помещают в кювету, размером 1 см. и ставят в кюветное отделение фотоэлектро-колориметра. Затем, меняя светофильтры поворотом ручки 3, (см. рис. 2), отмечают по шкале микроамперметра значения оптической плотности. Полученные результаты заносят в табл. 1. Пример составления таблицы показан ниже:

Таблица 1

ПОДБОР СВЕТОФИЛЬТРА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗА (III)

Светофильтр, λ , нм	Оптическая плотность, D	Светофильтр, λ , нм	Оптическая плотность, D
315	0,124	540	0,230
364	0,079	590	0,090
400	0,267	670	0,015
440	0,375	750	0,070
490	0,410		

Используя данные таблицы подбора светофильтров строится графическая зависимость $D=f(\lambda)$ (см. рис. 4), по которой выбирается светофильтр, показывающий максимальное значение оптической плотности для раствора железа. В нашем примере это светофильтр, пропускающие лучи длиной волны 490 нм.

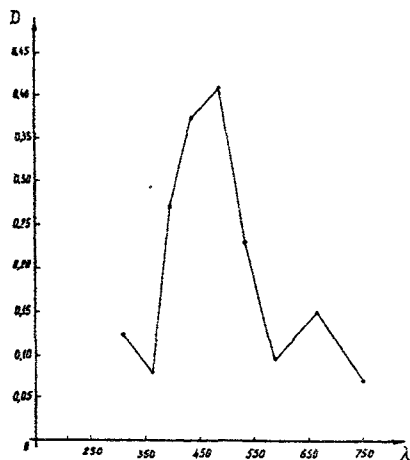


Рис. 4. График зависимости $D=f(\lambda)$

В аналитической практике часто пользуются таблицей ориентировочного подбора светофильтров (по цвета раствора):

Таблица 2

ОРИЕНТИРОВОЧНЫЙ ПОДБОР СВЕТОФИЛЬТРОВ

Цвет раствора	Светофильтр	Цвет раствора	Светофильтр
Синий	Желто-зеленый	Желто-зеленый	Фиолетовый
Синий	Желтый	Желтый	Синий
Зелено-синий	Оранжевый	Оранжевый	Зелено-синий
Сине-зеленый	Красный	Красный	Сине-зеленый
Зеленый	Пурпурный	Пурпурный	Зеленый

Подбор размера кюветы необходим для определения оптимальной толщины окрашенного раствора, показывающего оптическую плотность в пределах значений от 0,2 до 1,5.

Измерение оптической плотности стандартных растворов проводят в выбранной кювете и светофильтре. Результаты измерений заносят в таблицу (см. пример табл. 3), по которой затем строят графическую зависимость $D=f(C_{Fe})$ (см. рис. 6).

Таблица 3

РЕЗУЛЬТАТЫ ФОТОМЕТРИРОВАНИЯ СТАНДАРТНЫХ РАСТВОРОВ

Концентрация, C_{Fe} мг/50 мл	Оптическая плотность, D	Концентрация, C_{Fe} мг/50 мл	Оптическая плотность, D
0,5	0,20	3,0	0,81
1,0	0,34	3,5	0,94
1,5	0,46	4,0	1,01
2,0	0,57	4,5	1,09
2,5	0,70	5,0	1,12

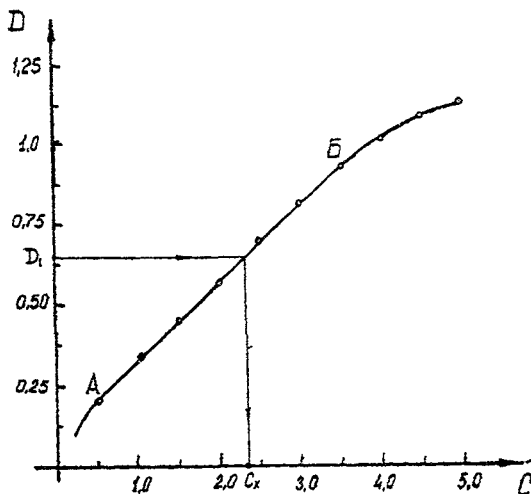


Рис. 5. График зависимости величины оптической плотности от концентрации стандартных растворов железа (III)

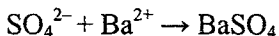
Измерение оптической исследуемого раствора проводят в выбранной кювете с подобранным светофильтром. Полученный результат наносят на ось ординат (т. D на рис. 5).

Определение искомой концентрации исследуемого раствора по калибровочному графику. Из т. D (рис. 5) проводят линию, параллельную оси абсцисс, до пересечения с калибровочной кривой, а затем, из точки пересечения, опускают перпендикуляр на ось абсцисс, где находят искомую концентрацию исследуемого раствора (C_x). В нашем примере искомая концентрация Fe^{3+} в исследуемом растворе составила 2,3 мг/50 мл.

Работа № 2. Определение концентрации сульфат-ионов в водном растворе

Фотокolorиметр КФК-2 может работать в режиме нефелометра, т.е. определять концентрации взвешенных частиц в анализируемых растворах. В этом случае ослабление интенсивности светового потока, прошедшего через раствор объясняется отражением его частицами взвеси. Чем выше концентрация взвешенных частиц в фотометрируемом растворе, тем в большей степени падает интенсивность светового потока на выходе из него. Этим методом можно определять, например, концентрацию сульфат-ионов в водных растворах.

В работе используется реакция образования дисперсной системы малорастворимого сульфата бария в кислых растворах ($IP=1,1 \times 10^{-10}$)



Реакция проводится в кислых растворах для обеспечения избирательности относительно карбонатов, фосфатов, хроматов.

Порядок выполнения работы

1. Подготовка прибора к работе.

Включить колориметр в сеть за 15 минут до начала измерений. Во время прогрева кюветное отделение должно быть от-

крыто (при этом шторка перед фотоприемниками перекрывает световой пучок).

Ввести светофильтр ($\lambda = 540\text{нм}$).

Установить минимальную чувствительность колориметра. Для этого ручку «ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ» установить в положение «2», ручку «УСТАНОВКА 100 ГРУБО» – в крайнее левое положение.

В кюветодержатель прибора поместить кюветы с дистиллированной водой раствором по отношению к которому производятся измерения. Причем кювета с раствором должны быть помещена в ближнее от себя гнездо.

Закрыть крышку кюветного отделения.

Поворотом ручки 5 поместить в световой поток кювету с дистиллированной водой и установить нулевое значение оптической плотности ручками «УСТАНОВКА 100 ГРУБО» и «ТОЧНО».

Затем ручкой 5 поместить в световой поток кювету с раствором и снять показания оптической плотности.

2. *Приготовление стандартных растворов.* В мерные колбы, емкостью 100 мл влить, поочередно в каждую, по 10 мл 10%-го раствора BaCl_2 и 10 мл дистиллированной воды. **Объемы растворов BaCl_2 и дистиллированной воды отмерить цилиндром.** Затем из бюретки в мерные колбы добавить определенные объемы рабочего раствора (см. табл. 4).

Рабочим раствором в этой работе является раствор серной кислоты с титром $T_{\text{SO}_4} \approx 0,05$ мг/мл.

Для предотвращения оседания осадка в каждую колбу внести по 3 мл раствора желатина, замеряя объем по бюретке. Объемы в мерных колбах довести до метки дистиллированной водой, колбы закрыть резиновой пробкой и тщательно перемешать содержимое. Колбы со стандартными растворами пронумеровать (карандашом по стеклу) с целью предотвращения путаницы в определениях.

Таблица 4

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ СТАНДАРТОВ

№ стандартного раствора (колбы)	Объем рабочего раствора серной кислоты, мл	Концентрация стандартного раствора $\text{mgSO}_4^{2-}/100$ мл
1	20,0	1,000
2	17,1	0,855
3	14,2	0,710
4	11,3	0,565
5	8,4	0,420
6	5,5	0,275
7	2,6	0,130

3. Измерение оптической плотности стандартных растворов и построение градуировочного графика.

По истечении 5 минут, после приготовления стандартных растворов, измерить оптическую плотность их по отношению к раствору сравнения в порядке понижения величин концентрации SO_4^{2-} в них. Измерение оптической плотности провести в кювете с толщиной поглощающего слоя 3 см со светофильтром, характеризующимся областью максимального поглощения $\lambda = 540$ нм и чувствительностью «2» по черной шкале чувствительности прибора. В качестве раствора сравнения используется дистиллированная вода.

Полученные значения оптической плотности для стандартных растворов заносятся в табл. 5.

Таблица 5

РЕЗУЛЬТАТЫ ФОТОМЕТРИРОВАНИЯ
СТАНДАРТНЫХ РАСТВОРОВ

№ стандартного раствора (колбы)	Содержание SO_4^{2-} в $\text{mg}/100$ мл р-ра	Оптическая плотность
1	1,000	0,310
2	0,855	0,255
3	0,710	0,235
4	0,565	0,170
5	0,420	0,140
6	0,275	0,057
7	0,130	0,050

По данным табл. 5 строят градуировочный график зависимости $D = f(C_{\text{ср}}^2)$.

4. *Определение содержания ионов SO_4^{2-} в исследуемом растворе.*

1) в мерную колбу, емкостью 100 мл, поместить 10 мл раствора BaCl_2 и 10 мл дистиллированной воды. Добавить к этому объему 3 мл раствора желатина из бюретки;

2) внести из бюретки в колбу указанный преподавателем объем рабочего раствора серной кислоты;

3) объем раствора в колбе довести до метки дистиллированной водой;

4) закрыть колбу резиновой пробкой и тщательно перемешать содержимое колбы;

5) по истечению 5 минут измерить оптическую плотность этого раствора;

6) полученное значение оптической плотности нанести на ось ординат градуировочного графика и по нему найти соответствующее значение содержания SO_4^{2-} в анализируемом растворе.

Выполнить следующие задания:

Задание № 1. Построить градуировочный график по данным табл. 5.

Задание № 2. Приготовить рабочий раствор с заданной преподавателем концентрацией H_2SO_4 .

Задание № 3. Определить концентрацию SO_4^{2-} в растворе.

Задание № 4. Сравнить полученное значение концентрации SO_4^{2-} с ПДК для растворимых солей бария.

Пример. Оптическая плотность исследуемого раствора серной кислоты составила 0,31. Проба этого раствора подготавливалась по методике, описанной выше. Определить с помощью градуировочного графика концентрации ионов SO_4^{2-} и Ba^{2+} в моль/л, содержание Ba^{2+} в мг/л в этом растворе. Сравнить значение последнего параметра с ПДК для растворимых соединений бария.

Решение. На ось ординат градуировочного графика $D = f(C)$ нанести значение оптической плотности $D=0,31$, из этой

точки провести линию параллельную оси абсцисс до пересечения с градуировочной кривой. Из точки пересечения восстановить перпендикуляр на ось абсцисс и прочесть искомую концентрацию сульфат-ионов в анализируемом растворе, которая составила 1,000 мг SO_4^{2-} в 100 мл раствора.

Выразить концентрацию сульфат-ионов в моль/л, для чего сначала вычислить титр раствора: $T_{\text{SO}_4^{2-}} = 1,000:100 = 10^{-2}$ мг/мл или 10^{-5} г/мл.

Молярная концентрация SO_4^{2-} :

$$C_M = (T_{\text{SO}_4^{2-}} \times 1000):M_{\text{SO}_4^{2-}} = 10^{-5} \times 1000/96 = 0,104 \times 10^{-3} \text{ моль/л.}$$

Из справочной таблицы найти значение $\text{PP}_{\text{BaSO}_4} = 1,1 \times 10^{-10}$.

Выражение произведения растворимости для соли BaSO_4 :

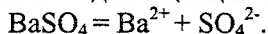
$$\text{PP}_{\text{BaSO}_4} = [\text{Ba}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}].$$

Подставить в это выражение известные численные значения:

$$1,1 \times 10^{-10} = [\text{Ba}^{2+}] \times 0,104 \times 10^{-3}.$$

Откуда: $[\text{Ba}^{2+}] = 0,106 \times 10^{-5}$ моль/л

Исходя из уравнения диссоциации сульфата бария:



Можно заключить, что молярные концентрации соли и катионов бария равны и составляют $0,106 \times 10^{-5}$ моль/л.

Масса соли определится по формуле:

$$C_M \times M_{\text{BaSO}_4} = 0,106 \times 10^{-5} \times 233,3$$

$$m_{\text{BaSO}_4} = 24,73 \times 10^{-5} \text{ г/л или } \underline{0,247 \text{ мг/л.}}$$

По существующим нормам ПДК для растворимых солей бария должна находиться в пределах 3-5 мг/м³ или $3-5 \times 10^{-3}$ мг/л.

Таким образом исследуемый раствор превышает ПДК сульфата бария.

Указанные выше работы могут быть выполнены на фотоэлектроколориметре КФК-5. Принцип работы этого прибора аналогичен КФК-2.

Фотоэлектроколориметр КФК-5 может работать от стационарного и автономного источника электрической энергии, например, от бортовой сети автомобиля, что позволяет его использование в полевых условиях.

Общий вид фотоэлектроколориметра КФК-5 представлен на рис. 6

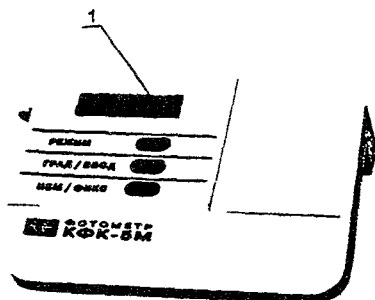


Рис. 6

На лицевой панели прибора расположены: индикатор (1), клавиша «РЕЖИМ», используемая для выбора работы, клавиша «ГРАД/ВВОД», предназначенная для включения режима градуировки прибора или ввода цифровой информации, а также клавиша «ИЗМ./ФИКС» для включения режима измерения и фиксации вводной информации. На задней стенке прибора находится тумблер «СЕТЬ» для включения прибора, разъем для подключения согласующего устройства, ручка для фиксации задней крышки.

На боковой стенке слева расположен разъем для подключения внешней ЭВМ, переключатель «ПИТАНИЕ» для переключения электро-схемы прибора в режим автономного питания.

Прибор снабжен кюветами и светофильтрами (девять узкополосных светофильтров в оправках 2, см. рис. 7). Значения номинальных длин волн светофильтров награвированы на оправках.

Также имеются контрольные светофильтры 6 (см. рис. 7) с коэффициентами пропускания близкими к 80 и 15%, которые используются при периодической проверке технического состояния колориметра в процессе его эксплуатации.

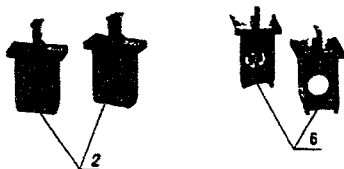


Рис. 7

Порядок работы на фотоэлектроколориметре КФК-5

1. Подготовка прибора к работе.

При работе от сети 220В.

Тумблер «СЕТЬ» установить в выключенном положении. Переключатель «ПИТАНИЕ» в положение «ВНЕШ». Фотометр подключить к сетевой розетке 220 В. При этом на индикаторе должна отобразиться надпись «КФК-5М», затем надпись «ПРОГРЕВ», которая сохраняется в течении всего времени прогрева. По истечении времени самопрогрева на индикаторе отображается надпись «ВВЕДИТЕ РЕЖИМ». После этого фотометр готов к работе.

2. Измерение оптической плотности.

Проводят в следующем порядке.

В кюветное отделение установить кювету с «холостой» пробой.

Клавишей «РЕЖИМ» выбрать режим измерения оптической плотности. При этом на индикаторе отобразится «А =».

Нажать клавишу «ГРАДУВВОД». На индикаторе отобразится «А =****». По истечении 3-5 сек. Данная информация исчезает и на индикаторе отобразится значение полного выходного сигнала в вольтах в виде четырехзначного числа «U=X,XXX В».

По истечении следующих 3-5 сек. Данная информация исчезнет и на индикаторе отобразится «А= ,».

Нажать клавишу «ИЗМ/ФАКС». На индикаторе вначале отобразится «А=****», через 3-5 сек. Эта информация исчезнет и на индикаторе отобразится «А=0,000%» с отклонением не более 0,002.

Если значение «А=0,000%» отобразилось с большим отклонением, повторно нажать клавиши «ГРАД/ВВОД» и «ИЗМ/ФАКС».

Кювету с «холостой» пробой заменить на кювету с исследуемым раствором. На индикаторе отобразится значение оптической плотности исследуемого раствора в виде четырехзначного числа «А=X,XXX%».

Далее, заменяя кюветы с исследуемыми растворами, снять отсчеты, соответствующие значениям оптической плотности растворов.