

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ИМПЕРАТОРА ПЕТРА I»**

ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНОЛОГИИ И ТОВАРОВЕДЕНИЯ

Кафедра химии

РАБОЧАЯ ТЕТРАДЬ

ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

ПО ДИСЦИПЛИНЕ:

«ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА»

для обучающихся заочной формы обучения

биологических специальностей и направлений подготовки

Ф.И.О. студента _____

Факультет, курс _____ (полный / сокращенный)

(название специальности или направления подготовки)

(шифр для выбора варианта заданий)

(номера заданий, соответствующие шифру)

Составители:

доц. Соколова С. А., Перегончая О. В

Правила заполнения рабочей тетради

В процессе самостоятельного изучения дисциплины обучающийся выполняет задания, представленные в рабочей тетради, в соответствии с программой учебного курса. Задания, представленные в данной рабочей тетради, касаются основ физической химии и коллоидной химии.

Перед выполнением заданий необходимо ознакомиться с теоретическим материалом и разобрать примеры, приведенные в данной методической разработке.

При оформлении рабочей тетради ответы на теоретические вопросы записываются кратко, ясно и по существу. При решении задач приводятся ход расчетов, математические преобразования и размерности величин. Рабочая тетрадь с полностью выполненными заданиями подписывается студентом и предоставляется на проверку в период экзаменационной сессии.

Вариант выполняемых заданий определяется по последним двум цифрам шифра (номера зачетной книжки) с помощью таблицы на странице 48. Например, шифру № 53 соответствует вариант № 53, задания: 4, 16, 25, 34, 45, 56, 67, 77, 85, 94, 109.

При возникновении трудностей в ходе выполнения заданий следует обратиться на кафедру химии за консультацией, воспользовавшись контактной информацией:

Почтовый адрес: 394087, Воронеж, ул. Мичурина, д.1, ФГБОУ ВО ВГАУ, главный корпус, кафедра химии, 156 ауд.

Телефон: при наборе с городского / мобильного — 8(473) 253 87 97 (деканат ФТТ) добавочный кафедры химии 1155

e-mail: chem-vsau@mail.ru

При обращении с вопросом по электронной почте просьба предоставлять информацию о себе: направление подготовки, фамилию, имя и отчество, обратный адрес.

1. Классификация методов анализа

Дайте письменные ответы на вопросы.

Приведите классификацию методов аналитической химии и физико-химических методов анализа (ФХМА). Что такое инструментальные методы анализа? В чём заключаются преимущества ФХМА по сравнению с химическими методами?

This image shows a full page of white paper with horizontal blue or grey ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page, typical of notebook paper. There are no margins, text, or other markings on the page.

2. Математическая обработка результатов анализа

Дайте письменные ответы на вопросы.

Что такое измерение? В каком виде необходимо представлять результаты измерений? Какие виды ошибок (погрешностей) существуют?

[illegible]

Контрольные задания № 1-10

В соответствии со своим заданием проведите статистическую обработку результатов пяти измерений (выборки данных), представленных в таблице 1, при значении коэффициента Стьюдента $t = 2,776$ (доверительная вероятность 0,95).

Таблица 1

№ задачи	Выборка данных	Погрешность определения
1	Оптическая плотность, D : 0,415; 0,420; 0,417; 0,415; 0,420	$\pm 0,01$
2	Показатель преломления, n : 1,4352; 1,4348; 1,4340; 1,4342; 1,4345	$\pm 0,001$
3	Объем V , мл: 15,408; 15,45; 15,37; 15,325; 15,45	$\pm 0,1$ мл
4	Масса m , г: 1,8552; 1,8548; 1,8540; 1,8542; 1,8545	$\pm 0,001$ г
5	Водородный показатель, pH : 5,25; 5,27; 5,26; 5,27; 5,30	$\pm 0,1$
6	Показатель содержания нитратов $p(\text{NO}_3^-)$: 4,29; 4,25; 4,27; 4,23; 4,22	$\pm 0,01$
7	Объем V , мл: 14,708; 14,85; 14,77; 14,725; 14,65	$\pm 0,1$ мл
8	Масса m , г: 1,5372; 1,5388; 1,5360; 1,5352; 1,5395	$\pm 0,001$ г
9	Объем V , мл: 12,380; 12,355; 12,470; 12,275; 12,250	$\pm 0,1$ мл
10	Масса m , г: 23,4352; 23,4343; 23,4340; 23,4344; 23,4345	$\pm 0,001$ г

Пример. Выборка данных содержит следующие значения объема V , мл: 5,340; 5,415; 5,370; 5,44; 5,385, измеренные с погрешностью $\pm 0,1$ мл.

Ответ:

1). Правильно записанные данные должны содержать все значащие цифры, которые включают достоверно измеренные цифры числа и одну недостоверную. С учетом погрешности измерения при округлении получим:

$$5,340 = 5,34; \quad 5,415 = 5,42; \quad 5,370 = 5,37; \quad 5,44 = 5,44; \quad 5,385 = 5,39.$$

Для данной выборки вычислим среднее арифметическое значение:

$$V_{\text{ср.}} = \frac{V_1 + V_2 + \dots + V_n}{n} = \frac{5,34 + 5,42 + 5,37 + 5,44 + 5,39}{5} = 5,39 \text{ (мл)}$$

Запишем полученные результаты в таблицу 2 и вычислим отклонения отдельных измерений от среднего арифметического, а также квадраты отклонений:

Таблица 2

№ п/п	Правильно записанные значения выборки, V	Отклонение отдельного измерения, $ V_{\text{ср.}} - V_n $	Квадраты отклонений отдельных измерений $(V_{\text{ср.}} - V_n)^2$
1	5,34	0,05	0,0025
2	5,42	0,03	0,0009
3	5,37	0,02	0,0004
4	5,44	0,05	0,0025
5	5,39	0	0
$V_{\text{ср.}}$	5,39	-	-
Сумма квадратов отклонений отдельных измерений			0,0063

2). Вычислим стандартное отклонение S для пяти измерений ($n = 5$) от среднего арифметического всей выборки по формуле:

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (V_{\text{ср.}} - V_n)^2} = \sqrt{\frac{1}{5-1} \cdot 0,0063} = 0,0397$$

3). Для характеристики воспроизводимости результатов находим **относительное стандартное отклонение** S_r по формуле:

$$S_r = \frac{S}{V_{\text{ср.}}} \cdot 100\% = \frac{0,0397}{5,39} \cdot 100\% = 0,736 \%$$

Таким образом, погрешность измерения, связанная с проявлением случайных ошибок, составляет 0,736%.

4). Для характеристики точности измерений вычислим:

- **абсолютную погрешность**, которую можно выразить с помощью доверительного интервала ΔV по формуле:

$$\Delta V = \frac{S_r \cdot t}{100\%} = \frac{0,736 \cdot 2,776}{100\%} = 0,02$$

, где t – коэффициент Стьюдента,

- **относительную погрешность** измерения по формуле:

$$S_{r\%} = \frac{\Delta V}{V_{\text{ср.}}} \cdot 100\% = \frac{0,02}{5,39} \cdot 100\% = 0,37\%$$

Таким образом, точность выполнения анализа можно охарактеризовать величинами абсолютной погрешности $5,39 \pm 0,02$ мл и относительной погрешности 0,37%.

[illegible]

3. Спектральные методы анализа

3.1 Фотометрия

Приведите письменные ответы на вопросы.

1). Сформулируйте закон Бугера-Ламберта-Бера, приведите его математическое выражение. Что называют оптической плотностью раствора? Как называются приборы для её измерения и соответствующие инструментальные методы? Укажите их области применения. Какова связь оптической плотности с величиной светопропускания?

[illegible]

This image shows a full page of blank handwriting practice paper. It features multiple sets of horizontal lines, each consisting of three parallel lines: two solid outer lines and one dashed middle line. These sets are repeated down the entire length of the page, providing a guide for letter height and placement. The background is white, and the lines are printed in a light gray or blue color. There is no text or other markings on the page.

Контрольные задания № 11-15

В соответствии со своим номером задания в таблице 3, решите задачу

Таблица 3

№ задачи	Условия задачи
11	Чему равна оптическая плотность раствора, содержащего 0,02 г определяемого иона $[\text{Co}(\text{SCN})_4]^{2-}$ в 200 см ³ раствора, если толщина поглощающего слоя 10 мм, а молярный коэффициент светопоглощения $1,00 \cdot 10^3$ л/см·моль.
12	Вычислите молярный коэффициент светопоглощения раствора, в 50 см ³ которого содержится 0,005 г Fe^{2+} , если $D=0,75$, а рабочая длина кюветы $l=5$ мм.
13	Рассчитайте оптимальную длину кюветы (мм), необходимую для измерения оптической плотности раствора, содержащего 0,04 мг $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ в 500 см ³ , $\epsilon=1200$ л/см·моль, $D=0,71$.
14	Чему равна оптическая плотность раствора, содержащего 0,05 г определяемого иона $[\text{Ni}(\text{SCN})_4]^{2-}$ в 200 см ³ раствора, если толщина поглощающего слоя 10 мм, а молярный коэффициент светопоглощения $1,00 \cdot 10^3$ л/см·моль.
15	Чему равна оптическая плотность раствора, содержащего 0,05 г определяемого иона $[\text{Fe}(\text{SCN})_2]^+$ в 1000 см ³ раствора, если толщина поглощающего слоя 10 мм, а молярный коэффициент светопоглощения $9,8 \cdot 10^2$ л/см·моль.

Пример:

Рассчитайте оптимальную длину кюветы (мм), необходимую для измерения оптической плотности раствора, содержащего 4 мг $[\text{Fe}(\text{SCN})_2]^+$ в 50 см³, $\epsilon=980$ л/см·моль, $D=0,46$.

Ответ:

Рассчитаем молярную массу иона $[\text{Fe}(\text{SCN})_2]^+$:

$$M = 56 + (32 + 12 + 14) \cdot 2 = 172 \text{ г/моль}$$

Запишем математическое выражение основного закона светопоглощения:

$$D = \epsilon \cdot l \cdot c = \frac{\epsilon \cdot l \cdot m}{M \cdot V}$$

Выразим из формулы величину l (длина кюветы, равная толщине поглощающего слоя) и подставим числовые значения:

$$l = \frac{D \cdot M \cdot V}{\epsilon \cdot m} = \frac{0,46 \cdot \frac{172 \text{ г}}{\text{моль}} \cdot 0,05 \text{ л}}{\frac{980 \text{ л}}{\text{см} \cdot \text{моль}} \cdot 4 \cdot 10^{-3} \text{ г}} = 1,009 \text{ см} = 10 \text{ мм}$$

Контрольные задания № 16-20

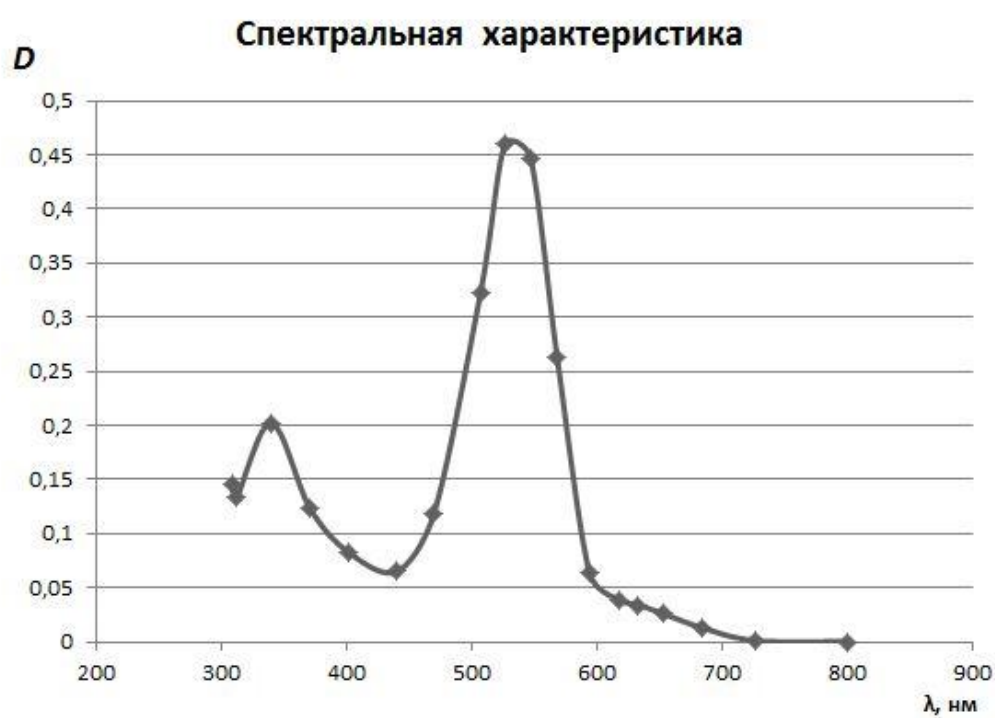
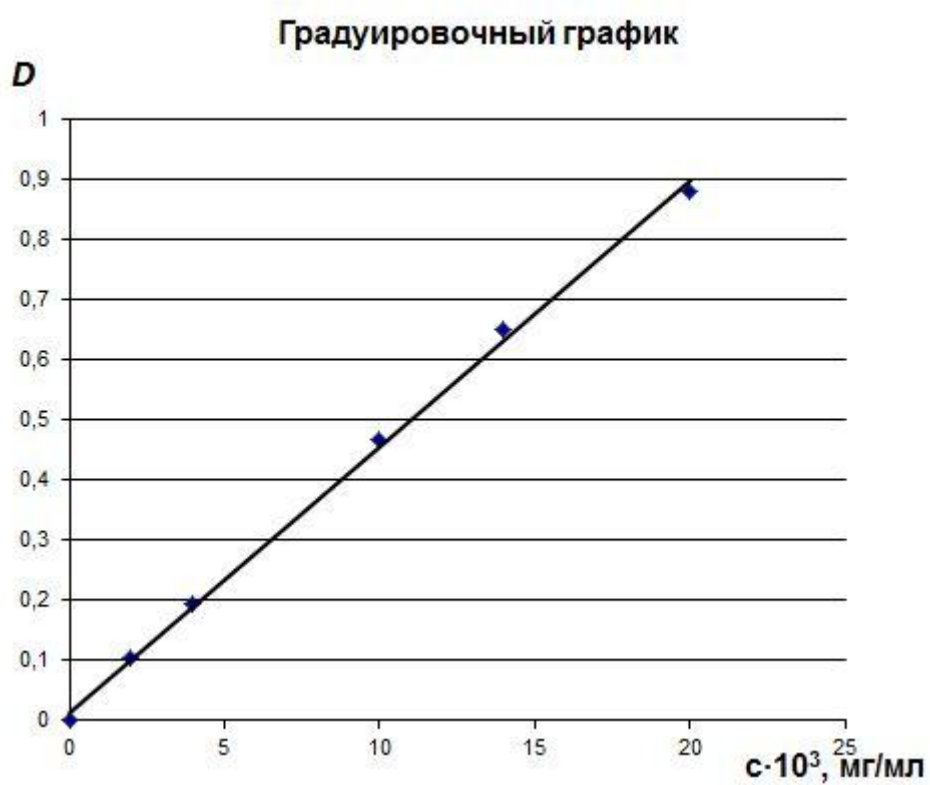
В соответствии со своим номером задания в таблице 4, постройте на миллиметровой бумаге, в среде MS Office Excel (любой версии) спектральную характеристику раствора или градуировочный график, распечатайте и вклейте график в рабочую тетрадь

Таблица 4

№ задачи	Оптическая плотность растворов D	Длина волны λ , нм	Концентрация светопоглощающего раствора $c \cdot 10^3$, мг/мл
16	0,016	649,2	-
	0,023	625,4	
	0,034	602,4	
	0,203	576,9	
	0,263	554,6	
	0,360	539,2	
	0,402	533,5	
	0,425	528,0	
	0,379	523,1	
	0,328	517,6	
	0,325	512,4	
	0,301	506,9	
	0,236	501,6	
	0,206	496,8	
	0,108	476,7	
	0,051	456,2	
	0,033	436,7	
	0,038	416,1	
	0,071	397,6	
	0,153	377,1	
17	0,000	-	0
	0,071		2
	0,152		4
	0,439		10
	0,606		14
	0,877		20
18	0,001	801,4	-
	0,013	727,3	
	0,026	684,2	
	0,034	653,5	
	0,039	633,6	
	0,064	617,9	
	0,263	594,4	
	0,447	568,7	
	0,460	547,5	
	0,322	527,1	

	0,119 0,065 0,082 0,123 0,202 0,134 0,146	507,5 470,5 441,0 402,8 371,5 340,4 312,9	
19	0,000 0,114 0,216 0,460 0,661 0,903	-	0 2 4 10 14 20
20	0,023 0,033 1,380 0,667 0,567 0,526 0,473 0,405 0,370 0,300 0,242 0,144 0,076 0,058 0,064 0,094 0,173 0,230 0,153 0,159 0,148 0,020	659,3 634,3 602,6 569,9 556,3 544,5 526,4 521,0 513,2 503,4 495,2 477,1 454,2 430,2 412,7 399,0 378,1 348,5 319,6 309,8 300,1 296,6	-

Примеры графиков, построенных в среде Excel:



Место для вклеивания графика:

3.2. Методы атомной спектроскопии

Приведите письменные ответы на вопросы.

Какие методы анализа основаны на явлениях атомной эмиссии или абсорбции? В чём заключается отличие атомно-абсорбционной спектроскопии от эмиссионной спектроскопии? Атомно-абсорбционный спектральный анализ (ААС). Сущность метода. Пламенная фотометрия. Сущность метода. Какие элементы можно определить методом пламенной фотометрии и ААС?

This image shows a full page of blank handwriting practice paper. It features multiple sets of horizontal lines across the entire page. Each set consists of three lines: two solid black outer lines and one dashed purple middle line, providing a guide for letter height and placement. The background is white, and there are no margins or other markings present.

[illegible]

Приведите письменные ответы на вопросы.

[illegible]

This image shows a full page of blank white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page, providing a template for writing or drawing. There are no margins, text, or other markings present.

Контрольные задания № 21-25

В соответствии со своим номером задания в таблице 5, решите задачу

Таблица 5

№ задания	Условие задачи
21	Рассчитайте коэффициент удельного вращения плоскости поляризации для раствора неизвестного углевода, если угол поворота $\beta = 1,04^\circ$, $c = 0,3 \text{ г/100 мл}$, $l = 2 \text{ дм}$.
22	Вычислите концентрацию (в г/мл) раствора сахарозы, если при поляриметрировании в кювете длиной 1 дм и удельном вращении угла поляризации $+66,5^\circ$ измеренный угол вращения плоскости поляризации света β составляет $3,325^\circ$.
23	Студент определял содержание глюкозы в водном растворе рефрактометрическим методом. В результате было получено среднее арифметическое значение показателя преломления, равное 1,341. Зная, что показатель преломления для стандартного раствора с массовой долей глюкозы 10% равен 1,350, рассчитайте массовую долю глюкозы в исследуемом растворе.
24	Студент определял содержание этанола в водном растворе рефрактометрическим методом. В результате было получено среднее арифметическое значение показателя преломления, равное 1,338. Зная, что показатель преломления для стандартного раствора с объемной долей спирта 20% равен 1,342, рассчитайте объемную долю спирта в исследуемом растворе.
25	Вычислите значение показателя преломления растворителя (n_0), если при объемной доле $\omega = 0,1$ показатель преломления раствора составляет 1,340, а при $\omega = 0,2$ $n = 1,350$.

Пример 1: Вычислите концентрацию (в г/мл) раствора фруктозы, если при поляриметрировании в кювете длиной 2 дм и удельном вращении угла поляризации -93° измеренный угол вращения плоскости поляризации света β составляет $-2,415^\circ$.

Ответ:

Запишем математическое выражение зависимости угла вращения плоскополяризованного света от концентрации оптически активного вещества в растворе:

$$\beta = \alpha \cdot c \cdot l,$$

где α – удельное вращение плоскости поляризации, характеризующее природу растворённого вещества, c – концентрация растворённого вещества в г/мл, l – толщина слоя или длина поляриметрической трубки в дм. **$1 \text{ см}^3 = 1 \text{ мл}$!**

Выразим из данной формулы величину концентрации и подставим числовые значения:

$$c = \frac{\beta}{\alpha \cdot l} = \frac{-2,415^\circ}{-93^\circ \text{см}^3 \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{дм}^{-1} \cdot 2 \text{ дм}} = 0,013 \text{ г/мл}$$

Пример: Вычислите значение показателя преломления растворителя (n_0), если при объёмной доле $\omega = 0,1$ показатель преломления раствора составляет 1,340, а при $\omega = 0,5$ $n = 1,380$.

Ответ:

Запишем математические выражения зависимости показателя преломления от объёмной доли растворенного вещества в растворе для двух случаев:

$$n_1 = n_0 + k\omega_1$$

$$n_2 = n_0 + k\omega_2$$

Произведя несложные преобразования, получим формулу для расчёта n_0 и подставим числовые значения:

$$n_0 = \frac{n_1 \cdot \omega_2 - n_2 \cdot \omega_1}{\omega_2 - \omega_1} = \frac{1,340 \cdot 0,5 - 1,380 \cdot 0,1}{1,380 - 1,340} = 1,330$$

Контрольные задания № 26-30

Ответьте письменно на вопросы, соответствующие вашему заданию в таблице 6

Таблица 6

№ задачи	Вопросы
26	Какие физические явления лежат в основе методов рентгеноструктурного анализа? Какие свойства образца можно исследовать с помощью рентгено-структурного анализа?
27	В чём разница между турбидиметрией и нефелометрией? В чём особенность смесей, анализируемых этими методами? Области применения данных методов.
28	Что такое рефракция? Опишите, в чём заключается явление полного внутреннего отражения света. Приведите примеры веществ, которые можно определять рефрактометрически.
29	Какую область спектра используют при исследовании светорассеивания? В чём сущность нефелометрии? Где этот метод используют на практике?
30	Что такое оптическая активность вещества? Приведите примеры соединений, обладающих оптической активностью.

This image shows a full page of blank handwriting practice paper. It features multiple sets of horizontal lines across the entire page. Each set consists of three lines: two solid black outer lines and one dashed purple middle line, providing a guide for letter height and placement. The sets are repeated down the page with small gaps between them. There is no text or other markings on the paper.

4. Электрохимические методы анализа

4.1. Потенциометрия

Приведите письменные ответы на вопросы.

Приведите уравнение Нернста. Как измеряют электродный потенциал? Чем индикаторный электрод отличается от электрода сравнения? В каких областях аналитической практики используется прямая потенциометрия? Сравните достоинства и недостатки ионометрии и потенциометрического титрования. В чём заключаются преимущества потенциометрического метода определения конечной точки титрования? Какие графические способы обработки результатов потенциометрического титрования Вы знаете? Назовите области применения потенциометрического титрования.

This image shows a full page of blank white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page, providing a template for writing or drawing. There are no margins, text, or other markings on the page.

This image shows a full page of blank handwriting practice paper. It features multiple sets of horizontal lines, each set consisting of three lines: two outer lines and one central midline. These sets are repeated down the entire page, providing a guide for letter height and placement. The lines are evenly spaced and extend across the width of the page.

Контрольные задания № 31-35

В соответствии со своим номером задания в таблице 7, решите задачу

Таблица 7

№ задачи	Условие задачи
31	Определите величину потенциала кальциевого электрода в стандартных условиях в растворе сульфата кальция, если активность иона Ca^{2+} равна 0,5 моль/л.
32	Определите величину потенциала калиевого электрода в стандартных условиях в растворе нитрата калия, если активность иона K^{+} равна 0.6.
33	Определите величину потенциала магниевое электрода в стандартных условиях в растворе хлорида магния, если активность иона Mg^{2+} равна 0,1 моль/л.
34	Определите величину потенциала медного электрода в стандартных условиях в растворе хлорида меди(II), если активность иона Cu^{2+} равна 0,1 моль/л.
35	Определите величину потенциала серебряного электрода в стандартных условиях в растворе нитрата серебра, если активность иона Ag^{+} равна 0,05 моль/л.

Пример: Определите величину потенциала никелевого электрода в растворе хлорида никеля, если активность иона Ni^{2+} равна 0,1 моль/л.

Ответ:

Запишем уравнение Нернста, применительно к данному случаю и подставим числовые значения:

$$E = E^0 + \frac{0,059}{n} \lg a_{Ni^{2+}} = -0,250 + \frac{0,059}{2} \lg 0,1 = -0,2795 \text{ В}$$

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

4.2. Кондуктометрия. Кулонометрия. Вольтамперометрия

Приведите письменные ответы на вопросы.

Какие электрические характеристики используются в качестве аналитического сигнала в кондуктометрии, кулонометрии, полярографии? Какой из методов прямая кондуктометрия или кондуктометрическое титрование обладает большей селективностью? Что такое электролиз? Сформулируйте объединенный закон Фарадея. Какие разновидности кулонометрического анализа Вы знаете, и где они применяются? Какую зависимость называют полярограммой и как её получают? Какие параметры полярограммы используют при характеристике качественного состава раствора и при определении концентрации компонентов?

[illegible]

[illegible]

Контрольные задания № 41-45

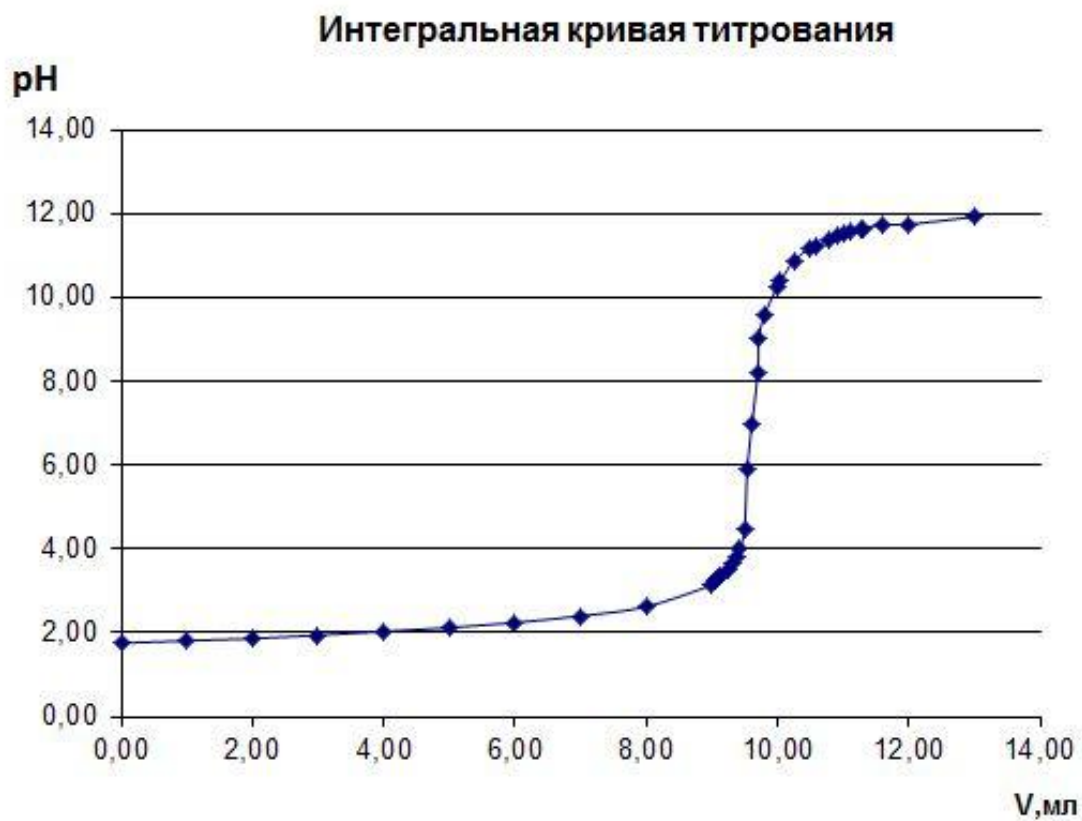
В соответствии с номером своего задания в таблице 8, на миллиметровой бумаге или в среде MS Office Excel (любой версии) постройте кривые потенциометрического титрования в интегральной или дифференциальной (по первой производной) форме. Полученный график вклейте в рабочую тетрадь.

Таблица 8

№ задачи	V титранта, мл	pH	№ задачи	V титранта, мл	pH	№ задачи	V титранта, мл	pH
41	0,00	1,75	42	0,00	1,75	43	5,00	2,12
	2,00	1,86		1,00	1,81		6,00	2,24
	4,00	2,03		2,00	1,86		7,00	2,40
	6,00	2,24		3,00	1,94		8,00	2,62
	7,00	2,40		4,00	2,03		9,00	3,14
	8,00	2,62		5,00	2,12		9,07	3,24
	9,00	3,14		6,00	2,24		9,10	3,30
	9,07	3,24		7,00	2,40		9,12	3,36
	9,10	3,30		8,00	2,62		9,25	3,48
	9,12	3,36		9,00	3,14		9,32	3,67
	9,25	3,48		9,07	3,24		9,39	3,79
	9,32	3,67		9,10	3,30		9,43	3,99
	9,39	3,79		9,12	3,36		9,50	4,49
	9,43	3,99		9,25	3,48		9,54	5,90
	9,50	4,49		9,32	3,67		9,61	6,96
	9,54	5,90		9,39	3,79		9,70	8,20
	9,61	6,96		9,50	4,49		9,72	9,04
	9,70	8,20		9,54	5,90		9,80	9,57
	9,72	9,04		9,61	6,96		10,00	10,26
	9,80	9,57		9,70	8,20		10,05	10,40
	10,00	10,26		9,72	9,04		10,25	10,87
	10,05	10,40		9,80	9,57		10,50	11,18
	10,25	10,87		10,00	10,26		10,60	11,24
	10,50	11,18		10,05	10,40		10,77	11,36
	10,60	11,24		10,25	10,87		10,92	11,47
	10,77	11,36		10,50	11,18		11,01	11,52
	10,92	11,47		10,60	11,24		11,10	11,55
	11,01	11,52		10,77	11,36		11,28	11,61
	11,10	11,55		10,92	11,47		11,30	11,64
	11,28	11,61		11,01	11,52		11,60	11,73
	11,30	11,64		11,10	11,55		12,00	11,74
	11,60	11,73		11,28	11,61		13,00	11,92
	12,00	11,74		11,60	11,73			
	13,00	11,92		13,00	11,92			

№ задачи	V титранта, мл	$\frac{\Delta pH}{\Delta V}$	№ задачи	V титранта, мл	$\frac{\Delta pH}{\Delta V}$
44	1,00	0,06	45	4,00	0,09
	2,00	0,05		5,00	0,09
	3,00	0,08		6,00	0,12
	4,00	0,09		7,00	0,16
	5,00	0,09		8,00	0,22
	6,00	0,12		9,00	0,52
	7,00	0,16		9,07	1,43
	8,00	0,22		9,10	2,00
	9,00	0,52		9,12	3,00
	9,07	1,43		9,25	0,92
	9,10	2,00		9,32	2,71
	9,12	3,00		9,39	1,71
	9,25	0,92		9,43	5,00
	9,32	2,71		9,50	7,14
	9,39	1,71		9,54	3,70
	9,43	5,00		9,61	10,14
	9,50	7,14		9,70	16,70
	9,54	3,70		9,72	42,00
	9,61	10,14		9,80	6,63
	9,70	16,70		10,00	3,45
	9,72	42,00		10,05	3,80
	9,80	6,63		10,25	2,35
	10,00	3,45		10,50	1,24
	10,05	3,80		10,60	6,00
	10,25	2,35		10,77	0,70
	10,50	1,24		10,92	0,70
	10,60	6,00		11,01	0,50
	10,77	0,70		11,10	3,00
	10,92	0,70		11,28	0,30
	11,01	0,50		11,30	1,50
	11,10	3,00			
	11,28	0,30			
	11,30	1,50			
	11,60	3,33			
	12,00	0,03			
	13,00	0,18			

Примеры графиков, построенных в среде Excel:



Место для вклеивания графика:

Приведите письменные ответы на вопросы.

This image shows a full page of blank white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page, providing a template for writing or drawing. There are no margins, text, or other markings present.

[illegible]

[illegible]

5. 1. Ионнообменная хроматография

Приведите письменные ответы на вопросы.

Что такое иониты? В чём заключается процесс ионного обмена? Составьте схемы ионного обмена для катионообменника в водородной форме ($\text{R-SO}_3^- \text{H}^+$) и анионообменника в гидроксильной форме ($\text{R-NH}^+ \text{OH}^-$) с раствором хлорида натрия. Какие вещества можно разделить с помощью ионообменной хроматографии, приведите примеры.

This image shows a full page of white paper with horizontal blue ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page, providing a template for handwriting practice or general writing. There are no margins, text, or other markings on the page.

5.2. Высокоэффективная жидкостная хроматография

Приведите письменные ответы на вопросы.

К каким видам хроматографии относится ВЭЖХ по агрегатному состоянию фаз, механизму разделения и форме проведения процесса? Какие вещества используют в качестве неподвижной фазы в ВЭЖХ? Какие вещества используют в качестве подвижной фазы в ВЭЖХ? Какие вещества применяют для заполнения колонки в методе ВЭЖХ? Что называется временем удерживания? Какие параметры и как влияют на время удерживания компонента в колонке? Что представляет собой хроматограмма? Какие вещества анализируют методом ВЭЖХ? В чём преимущества ВЭЖХ по сравнению с жидкостной хроматографией? Каковы области применения ВЭЖХ?

This image shows a full page of blank, lined paper. It features approximately 20 horizontal black lines spaced evenly across the page, typical of notebook or legal pad paper. The lines are thin and extend from the left edge to the right edge. There are no margins, text, or other markings on the page.

[illegible]

5.3. Бумажная и тонкослойная виды хроматографии

Приведите письменные ответы на вопросы.

В чём заключается принцип разделения веществ методом бумажной хроматографии? Что показывает коэффициент R_f ? Какие варианты реализации бумажной хроматографии вы знаете? Что является неподвижной фазой в бумажной хроматографии? Что является подвижной фазой в бумажной хроматографии? С помощью какого реактива можно проявить катионы Fe^{3+} ? Укажите специфический проявитель при определении Ni^{2+} ? Что такое тонкослойная хроматография? В чём её преимущества по сравнению с бумажной?

[illegible]

This image shows a full page of blank handwriting practice paper. It features multiple sets of horizontal lines. Each set consists of three lines: two solid black outer lines and a dashed purple middle line, providing a guide for letter height and placement. The lines are evenly spaced across the entire page, leaving no margins or additional markings.

Приведите ответ на качественную задачу и обоснуйте его.

Выполнение задания

[illegible]

Варианты контрольных заданий

Шифр	Номера заданий				
00	1	11	21	31	41
01	2	12	22	32	42
02	3	13	23	33	43
03	4	14	24	34	44
04	5	15	25	35	45
05	6	16	26	36	46
06	7	17	27	37	47
07	8	18	28	38	48
08	9	19	29	39	49
09	10	20	30	40	50
10	1	12	23	34	45
11	2	13	24	35	46
12	3	14	25	36	47
13	4	15	26	37	48
14	5	16	27	38	49
15	6	17	28	39	50
16	7	18	29	40	41
17	8	19	30	31	42
18	9	20	21	32	43
19	10	11	22	33	44
20	1	13	25	35	46
21	2	14	26	36	47
22	3	15	27	37	48
23	4	16	28	38	49
24	5	17	29	39	50
25	6	18	30	40	49
26	7	19	24	31	48
27	8	20	23	32	47
28	9	11	22	33	46
29	10	12	21	34	45
30	1	14	27	36	45
31	2	15	28	37	46
32	3	16	29	38	47
33	4	17	30	39	48

Шифр	Номера заданий				
34	5	18	26	40	49
35	6	19	25	35	50
36	7	20	21	34	44
37	8	11	22	33	43
38	9	12	23	32	41
39	10	13	24	31	42
40	1	18	24	36	45
41	2	20	25	40	44
42	3	11	26	39	43
43	4	12	27	38	42
44	5	13	28	37	41
45	6	14	29	31	46
46	7	15	30	35	47
47	8	16	21	34	48
48	9	17	22	33	49
49	10	18	23	32	50
50	1	19	28	37	48
51	2	18	27	37	47
52	3	17	26	35	46
53	4	16	25	34	45
54	5	14	24	33	44
55	6	15	23	32	43
56	7	13	22	31	42
57	8	12	21	38	50
58	10	11	30	39	41
59	9	19	29	40	49
60	1	20	23	35	47
61	1	20	25	34	47
62	9	19	24	35	48
63	8	18	23	36	49
64	7	17	22	37	50
65	6	16	21	38	46
66	5	15	26	39	44
67	4	14	27	40	45
68	3	13	28	31	43

Шифр	Номера заданий				
69	2	12	30	32	41
70	1	11	29	33	42
71	5	11	26	33	42
72	6	12	27	34	49
73	7	13	28	35	48
74	8	14	29	36	41
75	9	15	30	37	42
76	10	16	35	38	43
77	4	17	24	39	44
78	3	18	23	40	45
79	2	19	22	31	46
80	1	20	21	32	47
81	7	14	30	39	48
82	8	15	29	31	49
83	9	16	28	32	50
84	10	17	21	33	41
85	1	18	22	34	42
86	2	19	23	35	43
87	3	20	24	36	44
88	4	11	25	37	45
89	5	12	26	38	46
90	6	13	27	40	47
91	8	14	29	31	49
92	9	15	28	32	41
93	10	16	21	33	42
94	1	17	22	34	43
95	2	18	23	35	44
96	3	19	24	36	45
97	4	20	25	37	46
98	5	13	26	38	47
99	6	12	27	39	48

Справочные данные

Ряд стандартных электродных потенциалов

Электрод, Red/Ox	Уравнение электродного процесса	Стандартный потенциал E° при 25°C, В
Li^+/Li	$\text{Li}^+ + \bar{e} \rightleftharpoons \text{Li}$	-3,045
Rb^+/Rb	$\text{Rb}^+ + \bar{e} \rightleftharpoons \text{Rb}$	-2,925
K^+/K	$\text{K}^+ + \bar{e} \rightleftharpoons \text{K}$	-2,924
Cs^+/Cs	$\text{Cs}^+ + \bar{e} \rightleftharpoons \text{Cs}$	-2,923
Ca^{2+}/Ca	$\text{Ca}^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Ca}$	-2,866
Na^+/Na	$\text{Na}^+ + \bar{e} \rightleftharpoons \text{Na}$	-2,714
Mg^{2+}/Mg	$\text{Mg}^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Mg}$	-2,363
Al^{3+}/Al	$\text{Al}^{3+} + 3\bar{e} \rightleftharpoons \text{Al}$	-1,662
Ti^{2+}/Ti	$\text{Ti}^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Ti}$	-1,630
Mn^{2+}/Mn	$\text{Mn}^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Mn}$	-1,179
Cr^{2+}/Cr	$\text{Cr}^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Cr}$	-0,913
Zn^{2+}/Zn	$\text{Zn}^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Zn}$	-0,763
Cr^{3+}/Cr	$\text{Cr}^{3+} + 3\bar{e} \rightleftharpoons \text{Cr}$	-0,744
Fe^{2+}/Fe	$\text{Fe}^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Fe}$	-0,440
Cd^{2+}/Cd	$\text{Cd}^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Cd}$	-0,403
Co^{2+}/Co	$\text{Co}^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Co}$	-0,277
Ni^{2+}/Ni	$\text{Ni}^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Ni}$	-0,250
Sn^{2+}/Sn	$\text{Sn}^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Sn}$	-0,136
Pb^{2+}/Pb	$\text{Pb}^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Pb}$	-0,126
Fe^{3+}/Fe	$\text{Fe}^{3+} + 3\bar{e} \rightleftharpoons \text{Fe}$	-0,037
$2\text{H}^+/\text{H}_2$	$2\text{H}^+ + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{Pt})$	0
Bi^{3+}/Bi	$\text{Bi}^{3+} + 3\bar{e} \rightleftharpoons \text{Bi}$	0,215
Cu^{2+}/Cu	$\text{Cu}^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Cu}$	0,337
Ag^+/Ag	$\text{Ag}^+ + \bar{e} \rightleftharpoons \text{Ag}$	0,799
Hg^{2+}/Hg	$\text{Hg}^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Hg}$	0,854
Pt^{2+}/Pt	$\text{Pt}^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Pt}$	1,188
Au^+/Au	$\text{Au}^+ + \bar{e} \rightleftharpoons \text{Au}$	1,692

Рекомендуемая литература

1. Соколова С. А., Перегончая О. В. Физико-химические методы анализа: учебное пособие. Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2012, 270 с.
2. Перегончая О. В., Соколова С. А. Аналитическая химия. Инструментальные методы анализа. Учебное пособие. Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2013, 122 с.

Базы данных и интернет-источники информации

<http://www.xumuk.ru/encyklopedia>

<http://ru.wikipedia.org/wiki>

<http://chemistry.vsau.ru>

Содержание

1. Классификация методов анализа.....	3
3. Спектральные методы анализа	8
4. Электрохимические методы анализа	22
5. Хроматография.....	36
Варианты контрольных заданий.....	41
Справочные данные	44
Рекомендуемая литература	45