

**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

«АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»

**РАБОЧАЯ ТЕТРАДЬ С ЭЛЕМЕНТАМИ МЕТОДИЧЕСКИХ УКАЗАНИЙ
ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ / РАЗДЕЛУ ХИМИЧЕСКОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

для обучающихся заочной формы обучения

Ф.И.О. студента _____

Факультет, курс _____ (полный / сокращенный)

(название специальности или направления подготовки)

(шифр для выбора варианта заданий)

(номера заданий, соответствующие шифру)

Составители: доц. Перегончая О.В., доц. Дьяконова О.В., доц. Соколова С.А., доц. Звягин А.А., доц. Данилова Г.Н.

Рабочая тетрадь для самостоятельной работы по дисциплине для обучающихся заочной формы обучения биологических специальностей и направлений подготовки на факультетах:

- ФВМТЖ: 36.05.01 Ветеринария, 36.03.02 Зоотехния, 36.03.01 Ветеринарно-санитарная экспертиза;
- ФААЭ: 35.03.03 Агрохимия и агропочвоведение, 35.03.04 Агронмия, 35.03.05 Садоводство;
- ФТТ: 35.03.07 Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции, 38.03.07 Товароведение, 19.03.02 Продукты питания из растительного сырья.

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 аналитической химии и химических методов анализа. 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 26. Например, шифру № 53 соответствует вариант № 53, задания: 3, 20, 22, 39, 44.

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.

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	Объем V , мл: 10,208; 10,25; 10,17; 10,225; 10,25	$\pm 0,1$ мл
2	Масса m , г: 3,2352; 3,2348; 3,2340; 3,2342; 3,2345	$\pm 0,001$ г
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	Объем V , мл: 8,208; 8,25; 8,17; 8,225; 8,25	$\pm 0,1$ мл
6	Масса m , г: 13,5352; 13,5348; 13,5340; 13,5342; 13,5345	$\pm 0,001$ г
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%.

Выполнение задания

1).

№ п/п	Правильно записанные значения выборки	Отклонение отдельного измерения	Квадраты отклонений отдельных измерений
1			
2			
3			
4			
5			
Сумма квадратов отклонений отдельных измерений			

2).

3).

4).

Контрольные задания № 11-20

В процессе титрования аликвоты раствора вещества А раствором титранта Т образуется продукт реакции D в соответствии со схемой: $A + T \rightarrow D$.

Для своего задания сделайте расчеты и заполните таблицу 3.

Таблица 3

№ задачи	$c_H(T)$, моль/л	$V(T)$, мл	$c_H(A)$, моль/л	$V(A)$, мл	$T(A)$, г/мл	$T(T)$, г/мл	$T(T/A)$, г/мл	$M_Э(T)$, г/моль	$M_Э(A)$, г/моль
11	0,1005	4,85		5,00				40,00	36,46
12		5,63	0,05500			0,005611		56,11	49,04
13			0,08775	10,00		0,004057		40,00	63,04
14	0,09950	11,53			0,006437			36,46	56,11
15		8,27		8,00		0,005070		49,04	53,00
16	0,1255	16,15		15,00				56,11	63,04
17				10,00	0,006206	0,003485		36,46	53,00
18	0,07585			8,00	0,004088			63,02	40,00
19		19,65	0,05680	20,00				49,04	56,11
20		10,05	0,1055			0,006616		63,02	53,00

c_H – молярная концентрация эквивалента вещества, V – объем раствора, T – титр раствора, $T(T/A)$ – титр раствора вещества А по раствору титранта Т.

Пример. Дано: $c_H(A) = 0,1015$ моль/л, $V(A) = 10,00$ мл, $c_H(T) = 0,09852$ моль/л, $M_Э(T) = 40,00$ г/моль, $M_Э(A) = 49,04$ г/моль.

Найти: $V(T)$, $T(A)$, $T(T)$, $T(T/A)$.

Ответ:

1). Используя закон эквивалентов, найдем объем титранта, израсходованный на титрование аликвоты:

$$V(T) = \frac{c_H(A) \cdot V(A)}{c_H(T)} = \frac{0,1015 \cdot 10,0}{0,09852} = 10,30 \text{ (мл)}$$

2). Найдем значения титров растворов веществ А и Т:

$$T(A) = \frac{m(A)}{V(A)} = \frac{c_H(A) \cdot M_Э(A)}{1000} = \frac{0,1015 \text{ моль/л} \cdot 49,04 \text{ г/моль}}{1000} = 0,004978 \text{ г/мл}$$

$$T(T) = \frac{m(T)}{V(T)} = \frac{c_H(T) \cdot M_Э(T)}{1000} = \frac{0,09852 \text{ моль/л} \cdot 40,0 \text{ г/моль}}{1000} = 0,003941 \text{ г/мл}$$

3). Найдем титр раствора вещества А по раствору титранта Т:

$$T(T/A) = \frac{m(A)}{V(T)} = \frac{T(T) \cdot M_Э(A)}{M_Э(T)} = \frac{0,003941 \text{ г/мл} \cdot 49,04 \text{ г/моль}}{40,0 \text{ г/моль}} = 0,004832 \text{ г/мл}$$

Контрольные задания № 21-30

Для своего задания в соответствии с таблицей 4 решите задачу и ответьте на вопрос.

Таблица 4

№ задачи	Формулировка задачи
21	При проведении титрования была отмерена аликвота HCl объемом 20,00 мл. Опишите процедуру измерения аликвоты раствора. Какую мерную посуду для этого используют? На титрование было затрачено 18,63 мл 0,1020 н. NaOH. Вычислите нормальную концентрацию и титр раствора HCl.
22	При определении временной жёсткости воды в качестве титранта использован раствор HCl, титр которого 0,004023 г/мл. Опишите процедуру заполнения бюретки титрантом. Вычислите временную жёсткость воды, если на титрование ее 100,00 мл израсходовано 3,60 мл раствора кислоты.
23	К 20,00 мл 0,1 н. HCl прилито 20,00 мл 0,1 н. КОН. В какой цвет будет окрашен фенолфталеин в полученном растворе? Обоснуйте выбор фенолфталеина в качестве индикатора в алкалометрии при определении кислот.
24	При приготовлении стандартного раствора Na ₂ CO ₃ была взята навеска массой 0,5299 г и растворена в 500 мл раствора. Опишите процедуру взвешивания на аналитических весах. Вычислите титр и нормальность полученного раствора.
25	В растворе объемом 1 л растворили 6,304 г H ₂ C ₂ O ₄ · H ₂ O. Чему равны нормальность и титр этого раствора? Опишите процедуру растворения навески. Какая мерная посуда используется при приготовлении стандартных растворов?
26	Смешали 25,00 мл 0,1 н. раствора КОН и 2,50 мл 1,00 н. раствора HCl. В какой цвет будет окрашен метиловый оранжевый в полученном растворе? Обоснуйте выбор метилового оранжевого в качестве индикатора в ацидиметрии при определении оснований.
27	При проведении титрования была отмерена аликвота NaOH объемом 10,0 мл. Опишите процедуру взятия аликвоты раствора. Какую мерную посуду для этого используют? В процессе титрования было израсходовано 11,63 мл 0,09985 н. H ₂ SO ₄ . Вычислите нормальную концентрацию и титр раствора NaOH.
28	При определении временной жесткости воды в качестве титранта использован раствор HCl с нормальной концентрацией 0,09788 моль/л. Опишите процедуру заполнения бюретки титрантом. Вычислите временную жёсткость воды, если на титрование ее 100,00 мл израсходовано 4,45 мл раствора кислоты.
29	При приготовлении стандартного раствора Na ₂ CO ₃ была взята навеска массой 0,2699 г и растворена в 250 мл раствора. Опишите процедуру взвешивания на аналитических весах. Вычислите титр и нормальность полученного раствора.
30	В растворе объемом 500 л растворили 3,1520 г H ₂ C ₂ O ₄ · H ₂ O. Чему равны нормальность и титр этого раствора? Опишите процедуру растворения навески и приготовления раствора. Какая мерная посуда используется при приготовлении стандартных растворов?

Контрольные задания № 31-40

Для своего задания в соответствии с таблицей 5 решите задачу и ответьте на вопрос.

Таблица 5

№ задачи	Формулировка задачи
31	Какой объём раствора, молярная концентрация эквивалента которого 0,05 моль/л, можно приготовить из комплексона III*) массой 2,3265 г? Где в сельскохозяйственной практике используют комплексонометрическое титрование?
32	На титрование 20,00 мл раствора, приготовленного из безводного $MgSO_4$ массой 1,5250 г в мерной колбе на 100 мл, расходуется 19,55 мл раствора комплексона III. Определите молярную концентрацию эквивалента раствора комплексона III.
33	На титрование 25,00 мл раствора нитрата кальция (молярная концентрация эквивалента $Ca(NO_3)_2$ равна 0,01059 моль/л) израсходовано 26,47 мл раствора комплексона III. Определите титр раствора комплексона III.
34	Что такое трилон Б? Какова его роль в комплексонометрическом титровании? Рассчитайте массу трилона Б, необходимого для приготовления раствора, молярная концентрация эквивалента которого 0,1 моль/л и объём 2,5 л.
35	На титрование 100 мл природной воды потребовалось 9,60 мл раствора трилона Б, имеющего молярную концентрацию эквивалента 0,05 моль/л. Карбонатная жёсткость воды равна 3,7 ммоль/л. Вычислите общую и некарбонатную жёсткость воды.
36	На титровании 20,00 мл раствора $MgSO_4$ израсходовано 21,22 мл раствора комплексона III, молярная концентрация эквивалента которого 0,02065 моль/л. Определить концентрацию (в г/л) соли магния в растворе.
37	Рассчитайте общую жёсткость воды, если на титрование 100 мл ее расходуется 12,00 мл раствора трилона Б, молярная концентрация эквивалента которого 0,07500 моль/л.
38	Рассчитайте молярную концентрацию эквивалента трилона Б, если на титрование 100 мл природной воды израсходовано 10,86 мл раствора трилона Б и определена общая жёсткость воды, равная 5,7 ммоль/л.
39	Рассчитайте концентрацию (в г/л) раствора $CaCl_2$, если на титрование 20,00 мл его израсходовано 17,26 мл раствора трилона Б, молярная концентрация эквивалента которого 0,06905 моль/л.
40	На титрование 100 мл воды расходуется 12,00 мл раствора трилона Б, молярная концентрация эквивалента которого 0,05500 моль/л. Рассчитайте общую жёсткость воды и жёсткость по магнию, если жёсткость воды по кальцию составляет 5,25 ммоль/л.

*) Комплексон III, трилон Б, ЭДТА - натриевая соль этилендиаминтетрауксусной кислоты $Na_2C_{10}H_{14}O_8N_2 \cdot 2H_2O$ ($M = 372,24$ г/моль).

Контрольные задания № 41-50

Для своего задания в соответствии с таблицей 6 решите задачу и ответьте на вопрос.

Таблица 6

№ задачи	Формулировка задачи
41	Какая окислительно-восстановительная пара обладает наиболее сильными окислительными свойствами? Дайте обоснованный ответ. а) Cl_2/Cl^- ($E^\circ = +1,36 \text{ В}$), б) $\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}$ ($E^\circ = +1,51 \text{ В}$), в) $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ ($E^\circ = +0,77 \text{ В}$).
42	На титрование иода, выделившегося при взаимодействии иодида калия с 12,50 мл раствора KMnO_4 , титр которого 0,001544 г/мл, израсходовано 17,05 мл раствора тиосульфата натрия $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. Определите молярную концентрацию эквивалента раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.
43	Расставьте коэффициенты и определите молярные массы эквивалента окислителя и восстановителя, участвующих в реакции, протекающей по схеме: $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{MnSO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
44	Навеску KMnO_4 массой 1,8750 г растворили в мерной колбе и довели объём раствора водой до 500 мл. Вычислите молярную концентрацию эквивалента полученного раствора для реакции: а) в кислой среде; б) в щелочной среде.
45	Определите массу щавелевой кислоты $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, необходимой для приготовления 500 мл раствора, молярная концентрация эквивалента которого 0,2000 моль/л.
46	Определите, какая масса KMnO_4 требуется для приготовления 500 мл его раствора, молярная концентрация эквивалента которого 0,1000 моль/л (кислая среда).
47	На титрование 23,00 мл раствора щавелевой кислоты $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$, молярная концентрация эквивалента которого 0,1200 моль/л, израсходовано 20,00 мл раствора перманганата калия KMnO_4 . Определите молярную концентрацию эквивалента и титр раствора KMnO_4 .
48	На титрование сульфата железа (II) израсходовано 15,00 мл раствора KMnO_4 , молярная концентрация эквивалента которого 0,05123 моль/л. Определите массу железа в растворе.
49	Навеска иода массой 1,2620 г растворена в мерной колбе объёмом 250 мл. Определите титр и молярную концентрацию эквивалента полученного раствора.
50	К раствору сульфата меди (II) прибавили раствор иодида калия. Выделившийся I_2 оттитровали 10,85 мл раствора тиосульфата натрия, титр которого 0,01205 г/мл. Определите массу меди в растворе.

Варианты контрольных заданий

Шифр	Номера задач для контрольных работ					Шифр	Номера задач для контрольных работ					Шифр	Номера задач для контрольных работ				
00	1	11	21	31	41	34	9	16	22	33	50	68	5	12	22	32	43
01	2	12	22	32	42	35	2	19	26	38	45	69	6	16	29	37	49
02	3	13	23	33	43	36	4	11	29	32	41	70	1	18	30	35	46
03	4	14	24	34	44	37	6	14	21	37	47	71	3	11	24	40	42
04	5	15	25	35	45	38	8	17	25	31	43	72	5	14	28	34	48
05	6	16	26	36	46	39	10	20	27	36	49	73	7	17	22	39	44
06	7	17	27	37	47	40	1	17	24	35	46	74	9	20	26	33	50
07	8	18	28	38	48	41	9	18	28	40	42	75	2	13	23	38	45
08	9	19	29	39	49	42	3	19	22	34	48	76	4	16	21	32	41
09	10	20	30	40	50	43	7	20	26	39	44	77	6	19	25	37	47
10	2	13	24	35	46	44	5	13	30	33	50	78	8	12	29	31	43
11	4	16	28	40	42	45	2	14	21	38	45	79	10	15	27	36	49
12	6	19	22	34	48	46	10	15	25	32	41	80	1	18	30	31	41
13	8	12	26	39	44	47	4	16	29	37	47	81	9	11	24	36	42
14	10	15	30	33	50	48	8	11	23	31	43	82	3	14	28	35	43
15	1	18	21	38	45	49	6	12	27	36	49	83	7	17	22	40	44
16	3	11	25	32	41	50	9	11	30	35	41	84	5	20	26	34	45
17	5	14	29	37	47	51	7	14	24	40	42	85	2	12	23	39	46
18	7	17	23	31	43	52	5	17	28	34	43	86	10	15	21	33	47
19	9	20	27	36	49	53	3	20	22	39	44	87	4	18	25	38	48
20	1	13	30	35	41	54	1	13	26	33	45	88	8	13	29	32	49
21	3	16	24	40	42	55	10	16	23	38	46	89	6	16	27	37	50
22	5	19	28	34	43	56	8	19	21	32	47	90	9	11	30	31	46
23	7	12	22	39	44	57	6	12	25	37	48	91	7	14	24	36	42
24	9	15	26	33	45	58	4	15	29	31	49	92	5	17	28	35	48
25	10	18	30	38	46	59	2	18	27	36	50	93	3	20	22	40	44
26	2	11	21	32	47	60	1	11	27	31	46	94	1	13	26	34	50
27	4	14	25	37	48	61	2	14	30	36	42	95	10	16	23	39	45
28	6	17	29	31	49	62	9	17	24	35	48	96	8	19	21	33	41
29	8	20	23	36	50	63	10	20	28	40	44	97	6	12	25	38	47
30	1	12	27	35	46	64	3	12	26	34	50	98	4	15	29	32	43
31	3	15	30	40	42	65	4	15	23	39	45	99	2	18	27	37	49
32	5	18	24	34	48	66	7	18	21	33	41						
33	7	13	28	39	44	67	8	13	25	38	47						

Рекомендуемая литература

1. Основы аналитической химии: учебник для студентов вузов, обучающихся по химическим направлениям: в 2 томах. Т. 1 / под ред. Ю.А. Золотова . – 5-е изд., стер. – Москва: Академия, 2012 . – 384 с.

2. Васильев В. П. Аналитическая химия: учебник для студентов вузов, обучающихся по химико-технологическим специальностям: Кн. 1[в 2 кн.] / В. П. Васильев. – 7-е изд., стер. – М.: Дрофа, 2009

3. Цитович И. К Курс аналитической химии: учебник / И.К. Цитович . – Изд. 10-е, стер. – Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2009. – 496 с.

4. Ткаченко С. В. Аналитическая химия. Химические методы анализа: [учебное пособие]: для студентов биологического профиля / С. В. Ткаченко, С. А. Соколова . – Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет, 2015. – 189 с.

<URL:<http://catalog.vsau.ru/elib/books/b107265.pdf>

Базы данных и интернет-источники информации

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

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

<http://chemistry.vsau.ru>

Содержание

ОСНОВЫ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ	3
1. Предмет и цели аналитической химии	3
ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА	6
2. Основы количественного анализа	6
3. Обработка результатов измерений.....	8
4. Титриметрический анализ. Основные понятия	12
5. Кислотно-основное титрование (метод нейтрализации).....	16
6. Комплексонометрическое титрование (хелатометрия)	20
7. Окислительно-восстановительное титрование (редоксметрия).....	23
Варианты контрольных заданий.....	26
Рекомендуемая литература	27