

**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 ИЛИ ЧАСТИ ДИСЦИПЛИНЫ
«АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»**

**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. Перегончая О.В., доц. Соколова С.А.

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 3. Например, шифру № 53 соответствует вариант № 53, задания: 4, 16, 25, 34, 45, 56, 67, 77.

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.

Варианты контрольных заданий

Шифр	Номера заданий							
	00	1	11	21	31	41	51	61
01	2	12	22	32	42	52	62	72
02	3	13	23	33	43	53	63	73
03	4	14	24	34	44	54	64	74
04	5	15	25	35	45	55	65	75
05	6	16	26	36	46	56	66	76
06	7	17	27	37	47	57	67	77
07	8	18	28	38	48	58	68	78
08	9	19	29	39	49	59	69	79
09	10	20	30	40	50	60	70	80
10	1	12	23	34	45	56	67	78
11	2	13	24	35	46	57	68	79
12	3	14	25	36	47	58	69	80
13	4	15	26	37	48	59	70	71
14	5	16	27	38	49	60	61	72
15	6	17	28	39	50	51	62	73
16	7	18	29	40	41	52	63	74
17	8	19	30	31	42	53	64	75
18	9	20	21	32	43	54	65	76
19	10	11	22	33	44	55	66	77
20	1	13	25	35	46	57	68	79
21	2	14	26	36	47	58	69	80
22	3	15	27	37	48	59	70	71
23	4	16	28	38	49	60	67	72
24	5	17	29	39	50	56	66	73
25	6	18	30	40	49	55	65	74
26	7	19	24	31	48	54	64	75
27	8	20	23	32	47	53	63	76
28	9	11	22	33	46	52	62	77
29	10	12	21	34	45	51	61	78
30	1	14	27	36	45	53	67	71
31	2	15	28	37	46	51	63	74
32	3	16	29	38	47	55	64	72

Шифр	Номера заданий							
33	4	17	30	39	48	56	65	73
34	5	18	26	40	49	57	62	75
35	6	19	25	35	50	58	61	76
36	7	20	21	34	44	59	68	78
37	8	11	22	33	43	60	66	77
38	9	12	23	32	41	54	69	80
39	10	13	24	31	42	55	70	79
40	1	18	24	36	45	54	63	72
41	2	20	25	40	44	53	62	71
42	3	11	26	39	43	52	61	73
43	4	12	27	38	42	51	64	74
44	5	13	28	37	41	60	65	76
45	6	14	29	31	46	59	66	75
46	7	15	30	35	47	58	67	78
47	8	16	21	34	48	57	68	77
48	9	17	22	33	49	56	70	79
49	10	18	23	32	50	55	69	80
50	1	19	28	37	48	59	68	79
51	2	18	27	37	47	58	69	80
52	3	17	26	35	46	57	70	78
53	4	16	25	34	45	56	67	77
54	5	14	24	33	44	55	66	76
55	6	15	23	32	43	54	65	74
56	7	13	22	31	42	53	64	75
57	8	12	21	38	50	52	63	71
58	10	11	30	39	41	51	62	72
59	9	19	29	40	49	60	61	73
60	1	20	23	35	47	52	66	74
61	1	20	25	34	47	52	63	78
62	9	19	24	35	48	53	62	79
63	8	18	23	36	49	54	61	80
64	7	17	22	37	50	55	70	77
65	6	16	21	38	46	51	65	76
66	5	15	26	39	44	56	67	74
67	4	14	27	40	45	57	66	75

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

Lined writing area with horizontal dotted lines.

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	$M_{\Sigma}(T)$, г/моль	$M_{\Sigma}(A)$, 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, $M_{\Sigma}(T) = 40,00$ г/моль, $M_{\Sigma}(A) = 49,04$ 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:

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

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

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

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

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 Na₂C₁₀H₁₄O₈N₂·2H₂O (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.

2). Что такое спектральная характеристика раствора? С какой целью снимают спектральную характеристику? С какой целью используют градуировочные (калибровочные) графики? Правила их построения.

A series of horizontal lines for writing the answer to the question.

Контрольные задания № 51-55

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

Таблица 7

№ задачи	Условия задачи
51	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.
52	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.
53	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, $D=0,71$.
54	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.
55	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 № 56-60

В соответствии со своим номером задания в таблицах 8 и 9 постройте спектральную характеристику раствора или градуировочный график, используя для этого миллиметровую бумагу или компьютерную программу, например, MS Office Excel любой версии, распечатайте и вклейте график в рабочую тетрадь.

Таблица 8

Данные для построения спектральной характеристики: D – оптическая плотность поглощающего раствора, λ – длина волны падающего света.

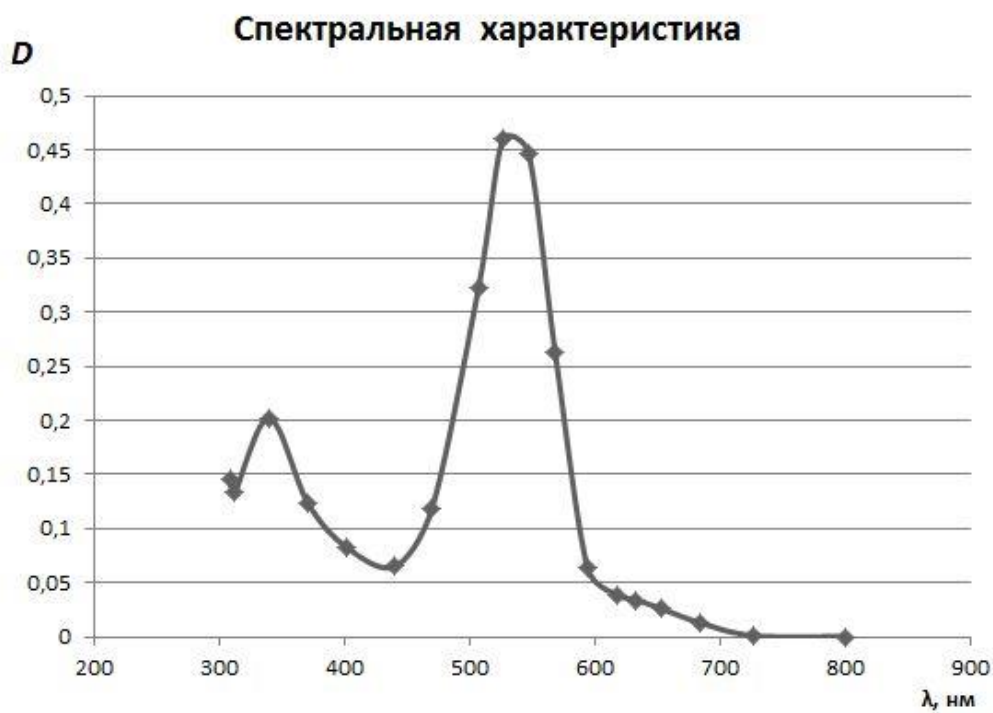
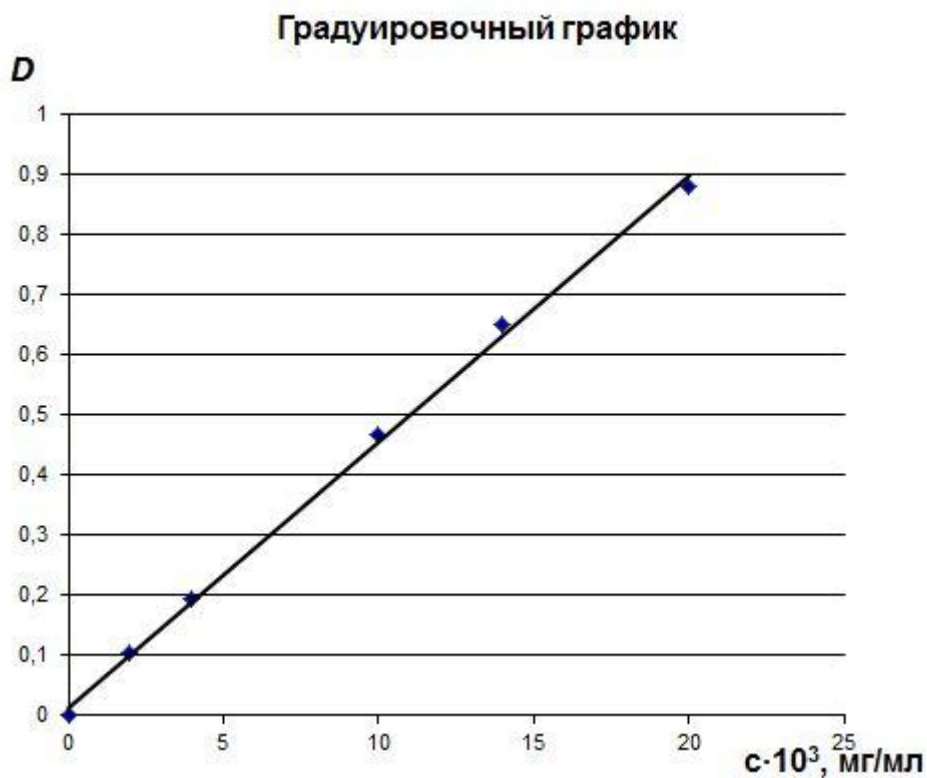
Задача № 56		Задача № 57		Задача № 58	
D	λ , нм	D	λ , нм	D	λ , нм
0,016	649,2	0,001	801,4	0,023	659,3
0,023	625,4	0,013	727,3	0,033	634,3
0,034	602,4	0,026	684,2	1,380	602,6
0,203	576,9	0,034	653,5	0,667	569,9
0,263	554,6	0,039	633,6	0,567	556,3
0,360	539,2	0,064	617,9	0,526	544,5
0,402	533,5	0,263	594,4	0,473	526,4
0,425	528,0	0,447	568,7	0,405	521,0
0,379	523,1	0,460	547,5	0,370	513,2
0,328	517,6	0,322	527,1	0,300	503,4
0,325	512,4	0,119	507,5	0,242	495,2
0,301	506,9	0,065	470,5	0,144	477,1
0,236	501,6	0,082	441,0	0,076	454,2
0,206	496,8	0,123	402,8	0,058	430,2
0,108	476,7	0,202	371,5	0,064	412,7
0,051	456,2	0,134	340,4	0,094	399,0
0,033	436,7	0,146	312,9	0,173	378,1
0,038	416,1			0,230	348,5
0,071	397,6			0,153	319,6
0,153	377,1			0,159	309,8
0,202	357,6			0,148	300,1
0,182	333,7			0,020	296,6
0,133	312,7				

Таблица 9

Данные для построения градуировочного графика: c – концентрация светопоглощающего слоя, D – оптическая плотность.

Задача № 59		Задача № 60	
$c \cdot 10^3$, мг/мл	D	$c \cdot 10^3$, мг/мл	D
0	0,000	0	0,000
2	0,071	2	0,114
4	0,152	4	0,216
10	0,439	10	0,460
14	0,606	14	0,661
20	0,877	20	0,903

Примеры графиков, построенных в среде Excel:



Место для вклеивания графика:

Blank lined paper for writing or drawing.

Blank lined writing area consisting of multiple horizontal lines.

Контрольные задания № 61-65

В соответствии со своим номером задания в таблице 10, решите задачу

Таблица 10

№ задания	Условие задачи
61	Рассчитайте коэффициент удельного вращения плоскости поляризации для раствора неизвестного углевода, если угол поворота $\beta=1,04^\circ$, $c=0,3\text{г}/100\text{ мл}$, $l=2\text{ дм}$.
62	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 $3,325^\circ$.
63	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.
64	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.
65	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 № 66-70

Ответьте письменно на вопросы, соответствующие вашему заданию в таблице 11

Таблица 11

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

11 Электрохимические методы анализа

Приведите письменные ответы на вопросы.

Кратко охарактеризуйте электрохимические методы анализа, заполнив таблицу:

Название метода анализа:	1. Аналитический сигнал, измеряемый на приборе:
• Потенциометрия	
• Кондуктометрия	
• Кулонометрия	
• Вольтамперометрия	
Название метода анализа:	2. Физический закон или соотношение, связывающее аналитический сигнал и концентрацию аналита:
• Потенциометрия	
• Кондуктометрия	
• Кулонометрия	
• Вольтамперометрия	
Название метода анализа:	3. Приборы и методики измерений, применяемые на практике:
• Потенциометрия	
• Кондуктометрия	
• Кулонометрия	

• Вольтамперометрия	
---------------------	--

Название метода анализа:	4. Аналиты и области применения методов анализа:
---------------------------------	--

• Потенциометрия	
------------------	--

• Кондуктометрия	
------------------	--

• Кулонометрия	
----------------	--

11.1 Потенциометрия

Приведите письменные ответы на вопросы.

Как измеряют электродный потенциал? Чем индикаторный электрод отличается от электрода сравнения? В каких областях аналитической практики используется прямая потенциометрия? В чём заключаются преимущества потенциометрического метода определения конечной точки титрования? Какие графические способы обработки результатов потенциометрического титрования Вы знаете?

Lined writing area consisting of multiple horizontal lines for text entry.

Контрольные задания № 71-75

В соответствии со своим номером задания в таблице 12, решите задачу

Таблица 12

№ задачи	Условие задачи
71	Определите величину потенциала кальциевого электрода в стандартных условиях в растворе сульфата кальция, если активность иона Ca^{2+} равна 0,5 моль/л.
72	Определите величину потенциала калиевого электрода в стандартных условиях в растворе нитрата калия, если активность иона K^+ равна 0.6.
73	Определите величину потенциала магниевого электрода в стандартных условиях в растворе хлорида магния, если активность иона Mg^{2+} равна 0,1 моль/л.
74	Определите величину потенциала медного электрода в стандартных условиях в растворе хлорида меди(II), если активность иона Cu^{2+} равна 0,1 моль/л.
75	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:

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

Выполнение задания:

Контрольные задания № 76-80

В соответствии с номером своего задания в таблице 13, 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.

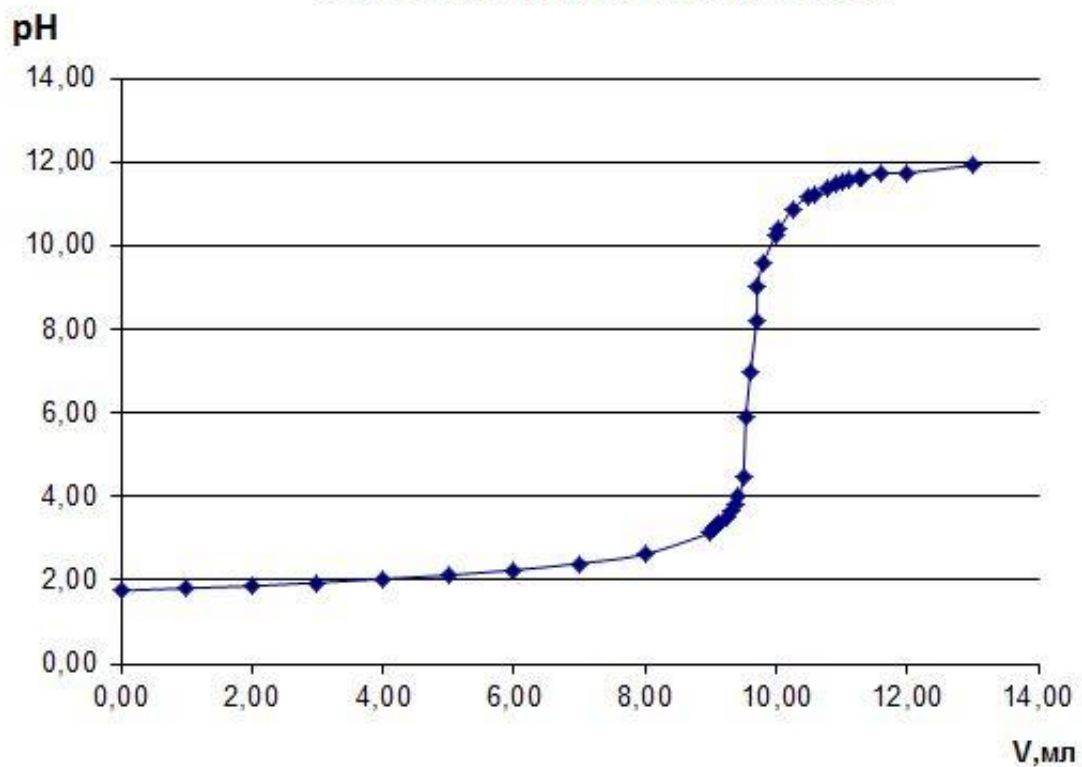
Таблица 13

№ 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					

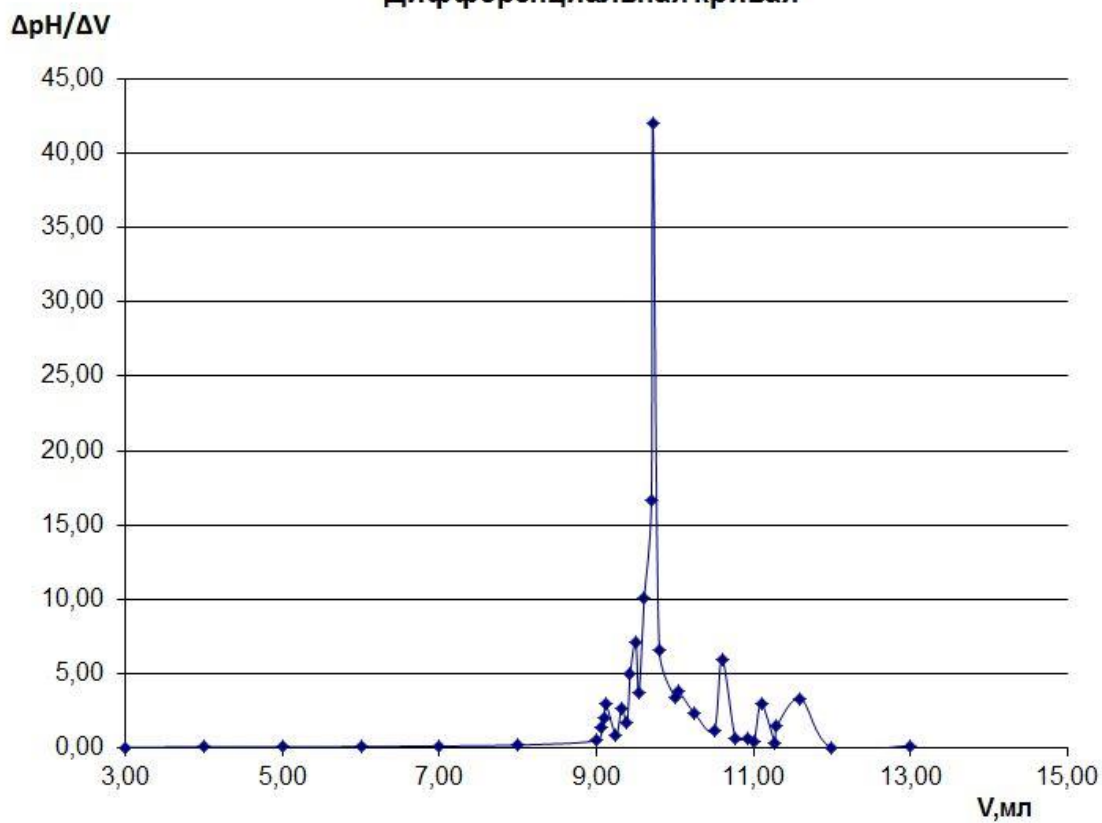
№ задачи	V титранта, мл	$\frac{\Delta pH}{\Delta V}$	№ задачи	V титранта, мл	$\frac{\Delta pH}{\Delta V}$
44	1,00	0,06	45	4,00	0,09
	2,00	0,05		5,00	0,09
	3,00	0,08		6,00	0,12
	4,00	0,09		7,00	0,16
	5,00	0,09		8,00	0,22
	6,00	0,12		9,00	0,52
	7,00	0,16		9,07	1,43
	8,00	0,22		9,10	2,00
	9,00	0,52		9,12	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:

Интегральная кривая титрования



Дифференциальная кривая



Место для вклеивания графика:

Приведите письменные ответы на вопросы.

2). Приведите определение и сравните разные виды хроматографии, заполнив таблицу:

Ионообменная хроматография –

<ul style="list-style-type: none">Используемые сорбенты (иониты)	
<ul style="list-style-type: none">Механизм взаимодействия сорбента и сорбата (ионный обмен)	
<ul style="list-style-type: none">Разделяемые компоненты и элюент	

Высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ) –

<ul style="list-style-type: none">Используемые сорбенты и элюенты в разных видах ВЭЖХ	
---	--

<ul style="list-style-type: none"> • Особенности ВЭЖХ, позволяющие эффективно разделять компоненты 	
---	--

Бумажная и тонкослойная виды хроматографии –

<ul style="list-style-type: none"> • Виды сорбентов в бумажной и тонкослойной хроматографиях 	
---	--

<ul style="list-style-type: none"> • Разделяемые компоненты и области применения бумажной и тонкослойной хроматографий 	
---	--

Рекомендуемая литература

1. Основы аналитической химии: учебник для студентов вузов, обучающихся по химическим направлениям: в 2 томах. Т. 1, 2 / 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>>
5. Перегончая О. В. Аналитическая химия. Инструментальные методы анализа : [учебное пособие] / О. В. Перегончая, С. А. Соколова.— Воронеж : Воронежский государственный аграрный университет, 2013 .— 121 с.
<URL:<http://catalog.vsau.ru/elib/books/b82401.pdf>>.
6. Перегончая О. В. Физико-химические методы анализа : [учебное пособие] / О. В. Перегончая, С. А. Соколова .— Воронеж : Воронежский государственный аграрный университет, 2017 .— 100 с. : <URL:<http://catalog.vsau.ru/elib/books/b128924.pdf>>.

Базы данных и интернет-источники информации

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

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

<http://chemistry.vsau.ru>

Содержание

Варианты контрольных заданий.....	3
ОСНОВЫ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ	6
1. Предмет и цели аналитической химии	6
2. Основы количественного анализа	9
3. Обработка результатов измерений	11
ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА	15
4. Титриметрический анализ. Основные понятия.....	15
5. Кислотно-основное титрование (метод нейтрализации).....	19
6. Комплексонометрическое титрование (хелатометрия).....	23
7. Окислительно-восстановительное титрование (редоксметрия)	26
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ (ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ) МЕТОДЫ АНАЛИЗА.....	29
8. Классификация методов анализа	29
9. Спектральные методы анализа	30
10. Оптические методы анализа	38
11. Электрохимические методы анализа	43
12. Хроматография.....	52
Рекомендуемая литература.....	56

