

54
А64

КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

**Методические указания
для студентов-заочников
нехимических специальностей**

Калининград
2000

Аналитическая химия: Методические указания для студентов-заочников не-химических специальностей / Калинингр. ун-т; Сост. Т.Н. Куркова, Н.В. Чибисова. – Калининград, 2000 г. – 34 с.

Даны общие методические указания к изучению курса аналитической химии, выполнению контрольных работ; основные термины; вопросы и задачи для самостоятельного решения; список рекомендуемой литературы.

Составители: доц., канд. хим. наук Т.Н. Куркова; доц., канд. биол. наук Н.В. Чибисова.

Печатается по решению Редакционно-издательского совета Калининградского государственного университета.

Калининградский государственный
университет, 2000

ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

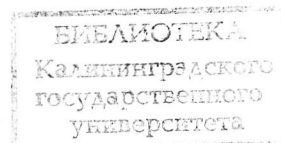
Аналитическая химия относится к числу фундаментальных наук, изучение которых обязательно для специалистов естественнонаучного профиля. Изучение аналитической химии позволяет получить современное научное представление о теории и методах, применяемых в практической деятельности. Необходимо усвоить законы и теории химии, овладеть техникой химических расчетов, выработать навыки самостоятельного выполнения экспериментов и обобщения наблюдаемых фактов. Работа студента над курсом аналитической химии складывается из следующих элементов: самостоятельное изучение материала по учебникам и учебным пособиям; выполнение контрольных заданий, лабораторного практикума, посещение лекций; сдача зачета.

Контрольная работа является формой методической помощи студентам при изучении курса. Решения задач и ответы на теоретические вопросы должны быть коротко и четко обоснованы. При решении задач нужно приводить весь ход решения и математические преобразования, избирая простейший путь решения. Контрольная работа должна быть аккуратно оформлена. Для замечаний рецензента надо оставлять достаточно широкие поля, писать четко и ясно. Номера и условия задач следует переписывать в том порядке, в каком они указаны в задании. В конце работы следует привести список использованной литературы с указанием года издания. Работа должна быть датирована и подписана студентом. Каждый студент выполняет вариант контрольных заданий, обозначенный двумя последними цифрами номера зачетной книжки. Таблица вариантов контрольных заданий приведена в конце пособия. Контрольная работа, выполненная не по своему варианту, преподавателем не рецензируется и не зачитывается. Если контрольная работа не зачтена, ее нужно выполнить повторно с учетом указаний рецензента и выслать на рецензирование вместе с незачтенной работой. Исправления следует выполнять в конце тетради, а не в рецензируемом тексте.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Алексеев В.Н. Курс качественного химического полумикроанализа. – М.: Химия, 1973.
2. Алексеев В.Н. Количественный анализ. – М.: Химия, 1973.
3. Логинов Н.Я., Воскресенский А.Г. Аналитическая химия. – М.: Просвещение, 1975.



4. Васильев А.М. и др. Сборник задач по аналитической химии. – Казань: Изд-во Казанского ун-та. Ч.1, 1970.
5. Ушакова Н.Н., Николаева Е.Р. Пособие по аналитической химии. – М.: Изд-во МГУ, 1973.
6. Задачник по аналитической химии / Н.Ф. Клещев и др. – М.: Химия, 1993.

Дополнительная

1. Васильев В.П. Аналитическая химия: В 2 ч. – М.: Высшая школа, 1989.
2. Основы аналитической химии: В 2 кн. / Ю.А. Золотов и др. – М.: Высшая школа, 1996.
3. Романцева Л.М., Лешинская З.Л., Суханова В.А. Сборник задач и упражнений по общей химии. – М.: Высшая школа, 1991.
4. Ярославцев А.А. Сборник задач и упражнений по аналитической химии. – М.: Высшая школа, 1966.
5. Дорохова Е.Н. Задачи и вопросы по аналитической химии. – М.: Изд-во МГУ, 1984.

КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ

Основные понятия и термины

Аналитическая химия – наука, развивающая теоретические основы химического анализа и разрабатывающая методы определения химического состава веществ и химического строения соединений.

Химический анализ – совокупность готовых приемов анализа, в результате применения которых устанавливается химический состав.

Обнаружение – установление факта присутствия или отсутствия вещества или его компонента в образце.

Определение – установление содержания (количества, концентрации) какого-либо компонента в изучаемом образце.

Химические методы обнаружения – методы, основанные на использовании аналитических реакций; аналитический сигнал наблюдают главным образом визуально.

Физические и физико-химические методы обнаружения – методы, основанные на изучении физических свойств исследуемых веществ (оптические, электрохимические, магнитные и др.); аналитический сигнал получают и регистрируют с помощью специальной аппаратуры.

Реагент специфический – реагент для обнаружения искомых ионов в присутствии других ионов. Применяется при проведении дробного метода анализа.

Реагент избирательный (селективный) – реагент, который реагирует с ограниченным числом ионов. Используют как в дробном, так и в систематическом анализе.

Реагент групповой – реагент на группу ионов с образованием одного и того же аналитического сигнала (чаще всего осадка). Используется в систематическом анализе.

Дробный анализ – анализ, при котором искомые ионы можно обнаружить в отдельной порции исследуемого раствора, не прибегая к определенной схеме обнаружения ионов.

Систематический анализ – определенная последовательность обнаружения ионов – после того, как мешающие обнаружению ионы удалены или замаскированы.

Маскирование – подавление мешающего влияния посторонних ионов путем действия на них окислителей, восстановителей или комплексообразующих веществ.

Микроанализ – количество исследуемого вещества составляет 1 г или 10 мл раствора.

Полумикроанализ – количество исследуемого вещества составляет 0,1 – 0,01 г или 1,0 – 0,1 мл раствора.

Ультрамикроанализ – количество исследуемого вещества $< 10^{-4}$ г или $10^{-3} - 10^{-6}$ мл раствора.

Аналитический сигнал – среднее значение результатов измерения физической величины в заключительной стадии анализа, функционально связанное с содержанием определяемых компонентов.

Градуировочная характеристика – зависимость аналитического сигнала от содержания определяемого компонента, устанавливаемая опытным или расчетным путем и выраженная в виде формул (градуировочная функция), таблиц, графиков. Градуировочный график может представлять зависимость между преобразованными величинами аналитического сигнала и определяемого содержания.

Коэффициент чувствительности (S) – значение первой производной градуировочной функции при данном определяемом содержании. Для градуировочных графиков, построенных без преобразования аналитического сигнала и определяемого содержания, коэффициент чувствительности (S) равен угловому коэффициенту градуировочного графика: $S = (dy/dc)_{c_i}$.

Диапазон определяемых концентраций – предусмотренная данной методикой область значений определяемых содержаний.

Активность (a) – эффективная, кажущаяся концентрация вещества (иона), соответственно которой оно действует в химической реакции. Выражается в тех же единицах, что и концентрация раствора (моль/л).

Коэффициент активности (f) – отношение активности к действительной концентрации иона (c): $f = a/c$.

Ионная сила раствора (m) – полусумма произведений концентраций всех присутствующих в растворе ионов на квадрат заряда данного иона: $m = \frac{1}{2} \sum c_i z_i^2$.

Предел обнаружения ($C_{\text{min, p}}$, мкг/мл) – минимальная концентрация или минимальное количество вещества, которое может быть обнаружено или идентифицировано данным методом с какой-то допустимой погрешностью (p – доверительная вероятность).

Предельное разбавление ($V_{\text{пред}}$, мл/г) – величина, обратная предельной концентрации, которая показывает, в какой массе растворителя содержится 1 г определяемого иона: $V_{\text{пред}} = 1:V \cdot 10^6 / C_{\text{min, p}}$.

Вопросы и задачи для самостоятельного решения

Чувствительность аналитических реакций

1. Открываемый минимум ионов Ag^+ соляной кислотой равен 0,1 мкг. Предельное разбавление раствора равно 10000 мл/г. Вычислить минимальный объем исследуемого раствора. *Ответ:* 0,001 мл.

2. Предельное разбавление ионов Ca^{2+} в растворе равно 50000 мл/г, минимальный объем раствора, необходимый для открытия ионов Ca^{2+} действием оксалата аммония, равен 0,03 мл. Вычислить открываемый минимум. *Ответ:* 0,6 мкг.

3. Микрокристаллоскопическая реакция открытия ионов Ba^{2+} с раствором серной кислоты удается с объемом раствора 0,001 мл. Предельное разбавление равно 20 000 мл/г. Вычислить открываемый минимум. *Ответ:* 0,05 мкг.

4. Открываемый минимум ионов Bi^{3+} с α -нафтиламином составляет 1 мкг. Минимальный объем раствора соли висмута равен 0,001 мл. Вычислить предельную концентрацию и предельное разбавление исследуемого раствора. *Ответ:* 1: 1000 г/мл; 1000 мл/г.

5. Предельная концентрация ионов Ca^{2+} в реакции с оксалатом аммония равна 1:20000. Минимальный объем исследуемого раствора $1 \cdot 10^{-3}$ мл. Вы-

числить открываемый минимум ионов кальция в данной реакции. *Ответ:* 0,05 мкг.

6. Реакция на катион Cd^{2+} с тетрародано-(II)-меркуратом аммония $(\text{NH}_4)_2[\text{Hg}(\text{CNS})_4]$ удается с раствором в $1 \cdot 10^{-3}$ мл. Предельное разбавление равно 1000 мл/г. Вычислить открываемый минимум. *Ответ:* 1 мкг.

7. Предельная концентрация открытия иона Ca^{2+} с пикриновой кислотой составляет 1:6500 г/мл, открываемый минимум 0,3 мкг. Вычислить минимальный объем. *Ответ:* 0,002 мл.

8. Микрокристаллоскопическая реакция в виде $\text{K}_2\text{PbCu}(\text{NO}_2)_6$ характеризуется открываемым минимумом в 0,03 мкг Cu^{2+} в капле, равной 0,001 мл. Вычислить предельную концентрацию. *Ответ:* 1:33000 г/мл.

9. Предельная концентрация при реакции ионов Hg^{2+} в виде $\text{Hg}[\text{Co}(\text{CNS})_4]$ равна 1:50000 г/мл, минимальный объем составляет 0,002 мл. Вычислить открываемый минимум. *Ответ:* 0,04 мкг.

10. Открываемый минимум реакции Ni^{2+} с диметилглиоксимом равен 0,16 мкг, предельное разбавление составляет 300000 мл/г. Вычислить минимальный объем. *Ответ:* 0,05 мл.

11. Открываемый минимум ионов Cu^{2+} в растворе объемом 0,05 мл составляет 0,2 мкг. Вычислить предельное разбавление раствора. *Ответ:* 1:250000 г/мл.

12. Открываемый минимум реакции иона K^+ с кобальтонитритом натрия $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$ составляет 0,12 мкг, предельная концентрация раствора равна 1:8000 г/мл. Вычислить минимальный объем. *Ответ:* $9,6 \cdot 10^{-4}$ мл.

13. Предельная концентрация реакции иона Ni^{2+} с диметилглиоксимом составляет 1:500000 г/мл. Вычислить открываемый минимум, если известно, что реакция удается с каплей объемом 0,001 мл. *Ответ:* 0,002 мкг.

14. Предельная концентрация ионов CN^- в реакции с AgNO_3 составляет 1:50000 г/мл. Вычислить открываемый минимум, если реакция удается с каплей объемом $3 \cdot 10^{-4}$ мл. *Ответ:* 0,006 мкг.

15. Минимальный объем исследуемого раствора, необходимый для открытия ионов меди действием раствора аммиака, равен 0,05 мл. Открывае-

мый минимум – 0,2 мкг. Определить предельную концентрацию ионов меди в растворе. Ответ: 1:250000 г/мл.

Качественные реакции обнаружения ионов

16. Написать качественные реакции обнаружения ионов в растворе с помощью группового, специфического или избирательного реагента, указав аналитический сигнал:

Вариант	Ионы
1	NH_4^+ , Ba^{2+} , Bi^{3+} , Cd^{2+} , CO_3^{2-}
2	K^+ , Mn^{2+} , F^- , Ag^+ , PO_4^{3-}
3	Na^+ , Pb^{2+} , Ca^{2+} , Ni^{2+} , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$
4	Sr^{2+} , Co^{2+} , Mg^{2+} , Cd^{2+} , I^-
5	Cu^{2+} , Hg_2^{2+} , Zn^{2+} , CH_3COO^- , BrO_3^-
6	Ag^+ , NH_4^+ , Cr^{3+} , SiO_3^{2-} , Pb^{2+}
7	K^+ , Ba^{2+} , Sn^{2+} , Al^{3+} , SO_3^{2-}
8	Na^+ , Ca^{2+} , Hg_2^{2+} , $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$, Cl^-
9	Co^{2+} , Zn^{2+} , Sr^{2+} , Cd^{2+} , NO_3^-
10	Ag^+ , Al^{3+} , Cd^{2+} , Sn^{4+} , NO_2^-
11	Hg_2^{2+} , Na^+ , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Br^-
12	Ca^{2+} , Sr^{2+} , Cr^{3+} , Fe^{3+} , SO_4^{2-}
13	NH_4^+ , Ba^{2+} , Sb^{3+} , Co^{2+} , SiO_3^{2-}
14	K^+ , Ag^+ , Zn^{2+} , Bi^{3+} , CH_3COO^-
15	Na^+ , Pb^{2+} , Fe^{3+} , Sn^{2+} , SO_3^{2-}

17. Составить схемы разделения ионов:

Вариант	Катионы	Анионы
1	Ag^+ , Pb^{2+} , Ca^{2+} , K^+ , Sn^{4+}	CO_3^{2-} , F^- , SiO_3^{2-}
2	Al^{3+} , Bi^{3+} , Mn^{2+} , Co^{2+} , Na^+	$\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$, CH_3COO^- , BrO_3^-
3	Na^+ , Sr^{2+} , Fe^{2+} , Sn^{2+} , Cu^{2+}	PO_4^{3-} , CO_3^{2-} , SiO_3^{2-}
4	Sn^{2+} , Zn^{2+} , Hg_2^{2+} , Cd^{2+} , Ba^{2+}	Cl^- , BrO_3^- , NO_3^-
5	NH_4^+ , Ba^{2+} , Sb^{3+} , Na^+ , Pb^{2+}	SiO_3^{2-} , $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$, NO_2^-
6	Ca^{2+} , Sr^{2+} , Cr^{3+} , Fe^{3+} , NH_4^+	SO_3^{2-} , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$
7	Cu^{2+} , Hg_2^{2+} , Zn^{2+} , Mg^{2+} , K^+	NO_2^- , NO_3^- , BrO_3^-
8	NH_4^+ , Ba^{2+} , Bi^{3+} , Cd^{2+} , Mn^{2+}	I^- , F^- , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$
9	K^+ , Ag^+ , Zn^{2+} , Bi^{3+} , Hg_2^{2+}	$\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, Cl^- , SO_3^{2-}
10	Ag^+ , NH_4^+ , Cr^{3+} , Pb^{2+} , Cu^{2+}	SO_4^{2-} , I^- , Cl^-
11	NH_4^+ , Ba^{2+} , Sb^{3+} , Co^{2+} , K^+	I^- , Cl^- , Br^-
12	Ag^+ , Al^{3+} , Cd^{2+} , Sn^{4+} , Ca^{2+}	SO_3^{2-} , NO_2^- , CH_3COO^-
13	Ca^{2+} , Sr^{2+} , Cr^{3+} , Fe^{3+} , Ag^+	SO_3^{2-} , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, CO_3^{2-}
14	Hg_2^{2+} , Na^+ , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Na^+	SO_4^{2-} , F^- , BrO_3^-
15	Sr^{2+} , Co^{2+} , Mg^{2+} , Cd^{2+} , Zn^{2+}	SO_3^{2-} , BrO_3^- , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$

18. Как перевести сульфаты катионов третьей аналитической группы в растворимое состояние?

19. Какую ошибку совершил студент, переоткрыв катион стронция?

20. Как открыть ион бария из смеси катионов S-элементов? На чем основано его открытие?

21. Какую ошибку совершил студент, переоткрыв ион кальция?

22. На чем основано отделение сульфата свинца от сульфатов третьей аналитической группы?

23. Какие ошибки можно ожидать при осаждении катионов группы соляной кислоты при действии малой концентрации кислоты? Концентрированной кислоты?

24. Какова роль азотной кислоты при открытии иона серебра?

25. На чем основано удаление иона аммония и проверка полноты его удаления?

26. Какова растворимость хлоридов второй аналитической группы в воде, и как это используется в анализе?

27. Как получить аммиачный комплекс соли серебра? Каким образом это используется в анализе?

28. Почему при действии иона хлора на аммиачный комплекс соли серебра осадок не образуется, а при действии иона йода выпадает?

29. Почему при удалении иона стронция сульфатом аммония мы не боимся потерять ион кальция?

30. Какие реакции и в какой последовательности будут протекать, если смесь солей AgCl , AgBr , AgI обработать водным раствором аммиака?

31. Каковы пути увеличения полноты осаждения сульфата кальция и хлорида свинца?

32. Каковы условия открытия ионов калия?

Равновесия в гомогенных системах

33. Вычислить pH растворов:

Вариант	Раствор	Ответ
1	NaOH, массовая доля 0,2 %	12,7
2	KOH, массовая доля 0,19 %	12,47
3	HCl, массовая доля 0,36 %	1,0
4	HNO ₃ , массовая доля 0,32 %	1,3
5	H ₂ SO ₄ , массовая доля 0,4 %	1,1
6	NaOH, плотность 1,002 г/см ³	12,95
7	KOH, плотность 1,004 г/см ³	13,0
8	HCl, плотность 1,000 г/см ³	1,0
9	HNO ₃ , плотность 1,003 г/см ³	1,7
10	H ₂ SO ₄ , плотность 1,005 г/см ³	0,7
11	0,1 М HNO ₂ ; K = 6,9·10 ⁻⁴	2,1
12	0,2 М HCN; K = 5·10 ⁻¹⁰	5,0
13	0,01 М HCOOH; K = 1,8·10 ⁻⁴	2,9
14	0,02 М CH ₃ COOH; K = 1,74·10 ⁻⁵	3,24
15	0,5 М NH ₄ OH; K = 1,76·10 ⁻⁵	11,03

34. Вычислить pH растворов следующих протолитов:

Вариант	Раствор	Концентрация	Ответ
1	CH ₃ COONa; K(CH ₃ COOH) = 1,74·10 ⁻⁵	0,1 М	8,88
2	NH ₄ Cl; K(NH ₄ OH) = 1,76·10 ⁻⁵	0,1 М	5,12
3	KCN; K(HCN) = 6,2·10 ⁻¹⁰	0,1 М	11,15
4	NH ₄ CN; K(HCN) = 6,2·10 ⁻¹⁰	0,1 М	9,27
5	Na ₂ SO ₃ ; K(HSO ₃ ⁻) = 6,2·10 ⁻¹⁰	0,1 М	10,1
6	NaHSO ₃ ; K(H ₂ SO ₃) = 1,4·10 ⁻²	0,1 М	7,42
7	Na ₂ CO ₃ ; K(HCO ₃ ⁻) = 4,8·10 ⁻¹¹	0,1 М	11,66
8	NaHCO ₃ ; K(H ₂ CO ₃) = 4,5·10 ⁻⁷	0,1 М	9,67
9	NaClO; K(HClO) = 5,0·10 ⁻⁸	0,1 М	10,26
10	NaHS; K(H ₂ S) = 1,0·10 ⁻⁷	0,1 М	9,99
11	HCOONa; K(HCOOH) = 1,8·10 ⁻⁴	0,1 М	8,37
12	CH ₃ COOK; K(CH ₃ COOH) = 1,74·10 ⁻⁵	0,01 н	8,4
13	CH ₃ COONa; K(CH ₃ COOH) = 1,74·10 ⁻⁵	0,25 н	9,1

Окончание табл.

Вариант	Раствор	Концентрация	Ответ
14	HCOONa; K(HCOOH) = 1,8·10 ⁻⁴	0,03 н	8,1
15	KCN; K(HCN) = 6,2·10 ⁻¹⁰	0,04 н	10,9

35. К 15 мл 0,03 М раствора муравьиной кислоты прибавлено 12 мл 0,15 М раствора формиата калия. Вычислить pH полученной смеси. *Ответ: 4,43.*

36. К 25 мл 0,05 М раствора муравьиной кислоты прибавлено 12 мл 0,25 М раствора формиата калия. Вычислить pH полученной смеси. *Ответ: 4,12.*

37. К 20 мл 0,2 М раствора уксусной кислоты добавлено 5 мл 0,3 М раствора гидроксида натрия. Вычислить pH полученной смеси. *Ответ: 4,33.*

38. К 50 мл 0,2 М раствора однозамещенного фосфата калия добавлено 25 мл 0,3 М раствора двузамещенного фосфата калия. Вычислить pH полученной смеси. *Ответ: 7,09.*

39. К 15 мл 0,28 М раствора гидрокарбоната натрия добавлено 30 мл 0,14 М раствора гидроксида натрия. Вычислить pH полученного раствора. *Ответ: 11,32.*

40. К 25 мл 0,2 М раствора гидрофосфата натрия добавлено 15 мл 0,25 М раствора соляной кислоты. Вычислить pH полученного раствора. *Ответ: 6,73.*

41. К 50 мл 0,15 М раствора уксусной кислоты добавлено 60 мл 0,075 М раствора гидроксида натрия. Вычислить pH полученного раствора. *Ответ: 4,51.*

42. Смешано 10 мл 0,2 М раствора соляной кислоты и 20 мл 0,3 М раствора аммиака. Вычислить pH полученного раствора. *Ответ: 9,54.*

43. К 25 мл 0,2 М раствора гидрофосфата калия прибавлено 15 мл 0,2 М раствора дигидрофосфата калия. Вычислить pH полученного раствора. *Ответ: 6,99.*

44. К 30 мл 0,03 М раствора муравьиной кислоты прибавлено 24 мл 0,15 М раствора формиата калия. Вычислить pH полученного раствора. *Ответ:* 4,43.

45. К 25 мл 0,1 М раствора уксусной кислоты добавлено 10 мл 0,15 М раствора едкого натра. Вычислить pH полученного раствора. *Ответ:* 4,94.

46. Смешано 20 мл 0,2 М раствора соляной кислоты и 40 мл 0,3 М раствора аммиака. Вычислить pH полученного раствора. *Ответ:* 9,55.

47. Вычислить pH буферной смеси, содержащей равные объемы 5,0%-ных растворов гидроксида аммония и хлорида аммония. *Ответ:* 9,41.

48. Смешаны равные объемы 0,02 М раствора хлорноватистой кислоты и 0,2 М раствора ее калиевой соли. Вычислить pH полученного раствора. *Ответ:* 8,53.

49. Вычислить pH буферной смеси, содержащей равные объемы 0,5%-ных растворов бензойной кислоты и ее натриевой соли. *Ответ:* 4,13.

Равновесия в гетерогенных системах

50. Рассчитать растворимость CaCO_3 в воде и в 0,05 М растворе KNO_3 . *Ответ:* $6,16 \cdot 10^{-5}$; $1,4 \cdot 10^{-4}$.

51. Рассчитать растворимость AgCl в воде и в 0,05 М растворе KNO_3 . *Ответ:* $1,34 \cdot 10^{-5}$; $1,65 \cdot 10^{-5}$.

52. Рассчитать растворимость CdC_2O_4 в воде и в 0,03 М растворе $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$. *Ответ:* $1,2 \cdot 10^{-4}$; $2,8 \cdot 10^{-6}$.

53. Рассчитать растворимость $\text{Cd}(\text{CN})_2$ в воде и в 0,05 М растворе KCN . *Ответ:* $1,35 \cdot 10^{-3}$; $9,90 \cdot 10^{-6}$.

54. Рассчитать растворимость Ag_2CrO_4 в воде и в 0,1 М растворе KCl . *Ответ:* $6,5 \cdot 10^{-5}$; $1,09 \cdot 10^{-4}$.

55. Рассчитать растворимость $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$ при следующих условиях: а) ионная сила равна 0; б) в присутствии 0,01 М раствора KCl ; в) в присутствии 0,01 М раствора NH_4Cl . *Ответ:* а) $1,9 \cdot 10^{-7}$; б) $3,5 \cdot 10^{-4}$; $1,7 \cdot 10^{-5}$.

56. Рассчитать растворимость $\text{Mg}(\text{OH})_2$ при следующих условиях: а) ионная сила равна 0; б) в присутствии 0,05 М раствора KCl ; в) в присутствии 0,0 М раствора NH_4Cl . *Ответ:* а) $1,4 \cdot 10^{-4}$; б) $2 \cdot 10^{-4}$; $2,2 \cdot 10^{-4}$.

57. Рассчитать растворимость BaCrO_4 при следующих условиях: а) ионная сила равна 0; б) при $\text{pH} = 4$ (образованием $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ пренебречь). *Ответ:* а) $3,3 \cdot 10^{-4}$; б) $3,6 \cdot 10^{-4}$.

58. Выпадет ли осадок SrSO_4 , если к 1 мл 0,01 М раствора $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ прибавить равный объем насыщенного раствора CaSO_4 . *Ответ:* да.

59. Рассчитать pH полного осаждения оксалата кальция 0,1 М раствором оксалата аммония. *Ответ:* 2,6.

60. Рассчитать pH полного осаждения $\text{Mg}(\text{OH})_2$. *Ответ:* 11,53.

61. Рассчитать растворимость MgNH_4PO_4 в 0,1 М растворе NH_4Cl . *Ответ:* $7,2 \cdot 10^{-2}$.

62. Можно ли разделить Mg^{2+} и Fe^{3+} осаждением в виде гидроксидов из раствора, содержащего по 0,1 М хлоридов железа и магния. *Ответ:* да.

63. Рассчитать pH начала и конца осаждения $\text{Cu}(\text{OH})_2$ из 0,1 М раствора хлорида меди. *Ответ:* 4,66; 7,16.

64. Рассчитать pH начала и конца осаждения $\text{Pb}(\text{OH})_2$ из 0,2 М раствора PbCl_2 . *Ответ:* 6,70; 12,35.

Равновесия в окислительно-восстановительных системах

65. Рассчитать стандартный потенциал полуреакции $\text{Ag}_2\text{S} + 2\text{e} \leftrightarrow 2\text{Ag} + \text{S}^{2-}$ исходя из величины стандартного потенциала полуреакции $\text{Ag}^+ + \text{e} \leftrightarrow \text{Ag}$. *Ответ:* -2,16 В.

66. Рассчитать «реальную» константу для реакции $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{Fe}^{2+} \leftrightarrow$ при $\text{pH}=3$. *Ответ:* $3,6 \cdot 10^{15}$.

67. Рассчитать стандартный потенциал полуреакции $\text{Ag}_2\text{CrO}_4 + 2\text{e} \leftrightarrow 2\text{Ag} + \text{CrO}_4^{2-}$ исходя из стандартного потенциала полуреакции $\text{Ag}^+ + \text{e} \leftrightarrow \text{Ag}$. *Ответ:* 0,446 В.

68. Рассчитать стандартный потенциал полуреакции $\text{AgI} + e \leftrightarrow \text{Ag} + \text{I}^-$ исходя из величины стандартного потенциала полуреакции: $\text{Ag}^+ + e \leftrightarrow \text{Ag}$.
Ответ: $-0,15 \text{ В}$.

69. Рассчитать стандартный потенциал полуреакции $\text{SO}_4^{2-} + 10 \text{H}^+ + 8e \leftrightarrow \text{H}_2\text{S} + 4 \text{H}_2\text{O}$ исходя из стандартных потенциалов полуреакций: $\text{H}_2\text{SO}_3 + 6 \text{H}^+ + 6e \leftrightarrow \text{H}_2\text{S} + 3 \text{H}_2\text{O}$, $E^0 = 0,35 \text{ В}$; $\text{SO}_4^{2-} + 4 \text{H}^+ + 2e \leftrightarrow \text{H}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$, $E^0 = 0,17 \text{ В}$.
Ответ: $0,305 \text{ В}$.

70. Рассчитайте стандартный потенциал полуреакции $2 \text{HNO}_2 + 6 \text{H}^+ + 6e \leftrightarrow \text{N}_2 + 4 \text{H}_2\text{O}$ исходя из величины E^0 полуреакции: $2 \text{NO}_2^- + 8 \text{H}^+ + 6e \leftrightarrow \text{N}_2 + 4 \text{H}_2\text{O}$, $E^0 = 1,52 \text{ В}$.
Ответ: $1,488 \text{ В}$.

71. Вычислить константу равновесия для реакции $\text{FeCl}_3 + \text{KI} \rightarrow$.
Ответ: $8,5 \cdot 10^7$.

72. Вычислить константу равновесия для реакции $\text{FeSO}_4 + \text{Ge}(\text{SO}_4)_2 \rightarrow$.
Ответ: $3,4 \cdot 10^{11}$.

73. Вычислить «реальную» константу для реакции $\text{H}_2\text{SO}_3 + \text{I}_2 \rightarrow$ при $\text{pH} = 2,0$.
Ответ: $4,5 \cdot 10^{16}$.

74. Вычислить «реальную» константу для реакции $\text{KMnO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_3 \rightarrow$ при $\text{pH} = 1,0$.
Ответ: $1 \cdot 10^{231}$.

75. Рассчитать формальный потенциал полуреакции $\text{NO}_2^- + 2 \text{H}^+ + e \rightarrow \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$ при $\text{pH} = 10$, $E^0 = 1,20 \text{ В}$.
Ответ: $0,02 \text{ В}$.

76. Рассчитать формальный потенциал полуреакции $\text{Cu}^{2+} + 4 \text{CN}^- + e \leftrightarrow [\text{Cu}(\text{CN})_4]^{3-}$ в 1 М растворе цианида калия.
Ответ: $-1,56 \text{ В}$.

77. Рассчитать стандартный потенциал полуреакции $\text{Al}^{3+} + 3e \leftrightarrow \text{Al}$ исходя из величины стандартного потенциала полуреакции $[\text{AlF}_6]^{3-} + 6e \leftrightarrow \text{Al} + 6 \text{F}^-$ ($E^0 = -2,076 \text{ В}$).
Ответ: $-1,669 \text{ В}$.

78. Рассчитать стандартный потенциал полуреакции $\text{Cd}^{2+} + 2e \leftrightarrow \text{Cd}$, если известен стандартный потенциал полуреакции $[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + 2e \leftrightarrow \text{Cd} + 4 \text{NH}_3$, $E^0 = -0,61 \text{ В}$.
Ответ: $-0,415 \text{ В}$.

79. Вычислить «реальную» константу для реакции $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{KI} \rightarrow$ при $\text{pH} = 4$.
Ответ: $2,5 \cdot 10^{23}$.

Равновесия в растворах комплексных соединений

80. Вычислите концентрацию ионов серебра в $0,1 \text{ М}$ $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$, если константа неустойчивости комплексного иона равна $5,89 \cdot 10^{-8}$. Раствор соли содержит 5 г/л NH_3 .
Ответ: $7,01 \cdot 10^{-8}$.

81. Константа неустойчивости иона $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$ составляет $1,0 \cdot 10^{-21}$. Вычислите концентрацию ионов серебра в $0,01 \text{ М}$ $\text{K}[\text{Ag}(\text{CN})_2]$, содержащем, кроме того, $0,05 \text{ моль}$ NaCN в 1 л . Степень диссоциации комплексной соли принять равной 1 .
Ответ: $0,4 \cdot 10^{-20}$.

82. Определите концентрацию ионов цинка в $0,5 \text{ л}$ $0,05 \text{ М}$ $\text{K}_2[\text{Zn}(\text{CN})_4]$, содержащем $0,05 \text{ моль}$ KCN . Степень диссоциации KCN равна 85% . $K_{\text{н}}[\text{Zn}(\text{CN})_4]^{2-} = 1,0 \cdot 10^{-16}$.
Ответ: $9,21 \cdot 10^{-11}$.

83. Произойдет ли образование осадка CdCO_3 , если к 2 л $0,05 \text{ М}$ раствора $\text{K}_2[\text{Cd}(\text{CN})_2]$, содержащего избыток $0,6 \text{ М}$ KCN , добавить 1 л $0,03 \text{ М}$ раствора K_2CO_3 . $K_{\text{н}}[\text{Cd}(\text{CN})_4] = 7,66 \cdot 10^{-18}$; $K_{\text{с}}(\text{CdCO}_3) = 2,5 \cdot 10^{-14}$.
Ответ: нет.

84. Произойдет ли образование осадка ZnCO_3 , если к $0,005 \text{ М}$ раствору $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4](\text{NO}_3)_2$, содержащему $0,05 \text{ моль}$ NH_3 , прибавить равный объем $0,001 \text{ М}$ раствора K_2CO_3 ? Константа неустойчивости $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ равна $2 \cdot 10^{-9}$. Произведение растворимости ZnCO_3 составляет $6,0 \cdot 10^{-11}$.
Ответ: да.

85. Константа неустойчивости иона $[\text{CdI}_4]^{2-}$ составляет $7,94 \cdot 10^{-7}$. Вычислить концентрацию ионов кадмия в $0,1 \text{ М}$ растворе $\text{K}_2[\text{CdI}_4]$, содержащем $0,1 \text{ моль}$ KI в 1 л раствора.
Ответ: $7,94 \cdot 10^{-4}$.

86. Рассчитать равновесную концентрацию $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ в $0,01 \text{ М}$ растворе AgNO_3 в присутствии 2 М NH_3 .
Ответ: $2,3 \cdot 10^{-9}$.

87. При какой концентрации ионов S^{2-} произойдет выпадение осадка FeS из $0,003 \text{ М}$ раствора $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, содержащего $0,01 \text{ моль}$ KCN в 2 литрах

раствора. Произведение растворимости FeS равно $3,7 \cdot 10^{-19}$; константа нестойкости комплексного иона $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ равна $1,0 \cdot 10^{-24}$. *Ответ:* $1,85 \cdot 10^{-6}$.

88. Вычислить концентрацию ионов цинка в растворе, содержащем 0,02 моль/л сульфата цинка и 0,1 моль/л аммиака. *Ответ:* $1,0 \cdot 10^{-5}$.

89. Образуется ли осадок AgI при смешении 0,2 М раствора $\text{K}[\text{Ag}(\text{CN})_2]$ с равным объемом 0,2 М раствора KI . *Ответ:* да.

90. Имеются два 0,1 М раствора $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$ и $\text{K}[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]$. В каком растворе концентрация ионов серебра больше? *Ответ:* в растворе аммиака.

91. Рассчитайте условную константу устойчивости FeF_5^{2-} при $\text{pH}=1$. *Ответ:* $1,24 \cdot 10^{16}$.

92. Рассчитать условную константу устойчивости $\text{Fe}[\text{H}_2\text{PO}_4]^{4-}$ при $\text{pH}=5,0$. *Ответ:* $3,15 \cdot 10^3$.

93. Будет ли выпадать осадок при пропускании H_2S через 0,1 М раствор $\text{K}_2[\text{Cd}(\text{CN})_4]$, если $[\text{S}^{2-}] = 10^{-2}$ М. *Ответ:* да.

94. Рассчитать равновесную концентрацию FeF^{2+} в 0,100 М растворе хлорида железа (III) в присутствии 1 М фторида аммония. *Ответ:* $2,0 \cdot 10^{-5}$.

КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ

Гравиметрический метод анализа

Основные понятия и термины

Гравиметрия – метод количественного анализа, основанный на определении содержания вещества путем его осаждения с последующим выделением и взвешиванием осадка. Общая схема определения по методу осаждения:



Гравиметрический фактор (F) – отношение молекулярной массы определяемого вещества к молярной массе гравиметрической формы с коэффициентами a и b , на которые нужно умножить это отношение, чтобы молекулярные массы были эквивалентны друг другу:

$$F = a \cdot M(\text{опр.в-ва}) / b \cdot M(\text{г.ф.})$$

Расчет массы определяемого вещества $[m(x), \text{г}]$:

$$m(x) = m(\text{г. ф.}) \cdot F$$

Расчет массовой доли определяемого вещества $(\omega, \%)$:

$$\omega = m(\text{г. ф.}) \cdot F \cdot 100 / m(\text{нав.}), \%$$

Вопросы и задачи для самостоятельной работы

95. При определении алюминия массой 0,010 г один студент использовал гравиметрический метод, основанный на осаждении аммиаком, другой – метод, основанный на осаждении оксихинолином. В каком случае можно ожидать более точный результат?

96. Какой из методов более точен и почему: а) метод, основанный на осаждении гидроксида никеля; б) метод, основанный на осаждении диметилглиоксимата никеля?

97. Какие преимущества имеет гомогенный осадитель $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ по сравнению с аммиаком при осаждении гидроксида железа (III)?

98. В каком случае образуется более чистый крупнокристаллический осадок сульфата бария по сравнению с осадком, полученным при осаждении серной кислотой?

100. Какие требования предъявляются к осаждаемой и гравиметрической формам?

101. От каких факторов зависят размер и число частиц осадка?

102. Какие требования предъявляются к осадителю в гравиметрическом анализе?

103. Какими преимуществами обладают органические осадители перед неорганическими? Приведите примеры органических осадителей.

104. Составьте схему гравиметрического определения магния в сплаве.

105. Составьте схему гравиметрического определения фосфора в апатите.

106. Составьте схему гравиметрического определения никеля в стали.

107. Составьте схему гравиметрического определения серы в руде.

108. Составьте схему гравиметрического определения кремния.

109. Составьте схему гравиметрического определения кобальта в сплаве.

110. Какой объем соляной кислоты ($\rho = 1,17 \text{ г/см}^3$) потребуется для осаждения серебра в виде AgCl из 2,0 г сплава, содержащегося 22 % Ag , при использовании полуторного избытка осадителя? *Ответ:* 0,56 мл.

111. Какой объем H_2SO_4 ($\rho = 1,24 \text{ г/см}^3$) потребуется для превращения 0,350 г CaO в CaSO_4 ? *Ответ:* 1,5 мл.

112. Какую массу тиомочевина $(\text{NH}_4)_2\text{CS}$ следует добавить к раствору, содержащему 0,12 г иридия, для осаждения Ir_2S_3 десятикратным количеством осадителя? *Ответ:* 0,71 г.

113. Из навески криолита массой 0,4525 г получили 0,0809 г Al_2O_3 . Вычислить массовую долю (%) Na_3AlF_6 в криолите. *Ответ:* 73,62 %.

114. Вычислить массовую долю (%) Ag в сплаве, если из навески сплава массой 0,2466 г после соответствующей обработки получили 0,2675 г хлорида серебра. *Ответ:* 81,64%.

115. Из навески цемента массой 1,500 г получили 0,2105 г пирофосфата магния. Вычислить массовую долю (%) оксида магния в цементе. *Ответ:* 5,08%.

116. Какую массу Fe_3O_4 следует взять для получения 0,200 г Fe_2O_3 . *Ответ:* 0,19 г.

117. Вычислить фактор пересчета для вычисления массы HF , определяемого по схеме: $\text{HF} \rightarrow \text{CaF}_2 \rightarrow \text{CaSO}_4$. *Ответ:* 0,2939.

118. Вычислить фактор пересчета для вычисления массы мышьяка, определяемого по схеме: $\text{As} \rightarrow \text{As}_2\text{S}_3 \rightarrow \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{BaSO}_4$. *Ответ:* 0,2140.

119. Вычислить фактор пересчета для вычисления массы CaC_2 , определяемого по схеме: $\text{CaC}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{C}_2 \rightarrow \text{Ag}_2\text{C}_2 \rightarrow \text{AgCl}$. *Ответ:* 0,2236.

120. Из навески 1,2250 г суперфосфата получили прокаленный осадок CaSO_4 массой 0,3756 г. Вычислить массовую долю (%) $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ в суперфосфате. *Ответ:* 23,29%.

121. Из раствора хлорида магния получили осадок оксихинолината магния $\text{Mg}(\text{C}_9\text{H}_6\text{ON})_2$ массой 0,2872 г. Сколько граммов магния содержится в исследуемом растворе? *Ответ:* 0,0223 г.

122. Технический хлорид бария содержит около 97% $\text{BaCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$. Какую навеску его следует взять для получения 0,300 г осадка BaSO_4 . *Ответ:* 0,320 г.

123. Какой объем 0,5 М Na_2HPO_4 потребуется для осаждения магния в виде MgNH_4PO_4 из сплава, содержащего 90% магния. *Ответ:* 37,0 мл.

124. Вычислить фактор пересчета для определения P_2O_5 , если анализ выполняли по схеме: $\text{P}_2\text{O}_5 \rightarrow \text{PO}_4^{3-} \rightarrow (\text{NH}_4)_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{PbMoO}_4$. *Ответ:* 0,0161.

Титриметрический анализ

Основные понятия и термины

Титрование – процесс определения содержания вещества по количеству израсходованного стандартного реагента. При титровании расходуется количество реагента, эквивалентное количеству титруемого вещества, в соответствии со стехиометрией реакции между ними при условии, что эта реакция практически необратима. Конечную точку титрования фиксируют по изменению окраски титруемого раствора или индикатора, который добавляют в ходе реакции, или устанавливают по излому или скачку на кривой титрования. По типу реакции, используемой при титровании, различают кислотно-основное, окислительно-восстановительное, осадительное и комплексонометрическое титрование; по способу индикации конечной точки титрования – визуальное, потенциометрическое, фотометрическое, кондуктометрическое, амперометрическое титрование. Титрование проводят двумя способами: пипетирования и отдельных навесок.

Стандартный раствор (титрант) – раствор с точно известной концентрацией.

Исходное вещество – химическое соединение, используемое для приготовления раствора с точно известной концентрацией (первичный стандарт), удовлетворяющее ряду требований: 1) вещество должно быть химически чистым; 2) состав вещества должен точно соответствовать формуле; 3) вещество должно быть устойчивым при хранении; 4) должно иметь возможно большую молярную массу эквивалента. Лишь немногие вещества удовлетворяют этим требованиям.

Первичный стандарт – раствор, концентрация которого точно известна, приготовленный из исходного вещества. Первичные стандарты используют как для обычных титриметрических определений, так и для установления точной концентрации растворов вторичных стандартов.

Фиксанал – запаянная ампула, в которой находится определенное количество соответствующего вещества. Фиксаналы используют для приготовления растворов первичных стандартов.

Вторичные стандарты – растворы, приготовленные с примерно известной концентрацией, а затем их точную концентрацию устанавливают (стандартизируют) по раствору первичного стандарта.

Титр (Т) стандартного (рабочего) раствора – масса вещества (в граммах), содержащаяся в одном миллилитре данного раствора, г/мл.

Титр по определяемому веществу ($T_{A/B}$) – масса определяемого вещества (А), с которой реагирует один миллилитр данного раствора (В).

Эквивалент – реальная или условная частица вещества, которая в кислотно-основной реакции эквивалентна одному иону водорода или (в окислительно-восстановительной реакции) одному электрону.

Фактор эквивалентности $[f_{\text{эквив.}(A)}]$ – число, обозначающее, какая доля реальной частицы вещества А эквивалентна одному иону водорода или одному электрону.

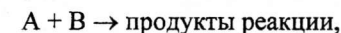
Молярная масса эквивалента $[M(A) \cdot f_{\text{эквив.}(A)}]$ – масса моля эквивалента, численно равная произведению фактора эквивалентности на молярную массу вещества.

Правило эквивалентов – вещества реагируют в объемах, обратно пропорциональных молярным концентрациям их эквивалентов:

$$C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2.$$

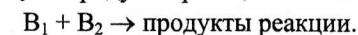
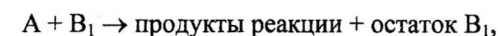
Молярная концентрация эквивалента $[C(A) \cdot f_{\text{эквив.}}]$ – число молей эквивалентов в 1 л раствора, моль/л.

Прямое титрование – определяемое вещество в процессе титрования непосредственно реагирует с раствором титранта:

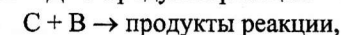


где А – раствор определяемого вещества; В – раствор титранта.

Обратное титрование – к раствору определяемого вещества добавляют точно известное количество другого вещества в избытке (титрант 1); не вступившее в реакцию количество титранта 1 оттитровывают титрантом 2:



Титрование заместителя (косвенное титрование) – к раствору определяемого вещества добавляют вспомогательный раствор реагента (заведомо в избытке, для смещения равновесия реакции вправо). Продукт реакции (заместитель), количество эквивалентов которого в точности равно количеству эквивалентов определяемого вещества, оттитровывают раствором титранта:



где D – раствор вспомогательного реагента; C – заместитель; В – раствор титранта.

Точка эквивалентности (т. эк.) – момент, когда определяемое вещество полностью прореагировало с раствором титранта. Т. эк. – понятие теоретическое.

Точка конца титрования (т. к. т.) – момент изменения физического свойства (изменение окраски) титруемого раствора, связанный с эквивалентностью. Чаще всего это изменение фиксируется индикаторным или инструментальным способом. Следовательно, т. к. т. – понятие практическое. Разность объемов титранта в т. эк. и т. к. т. мала, но она существует из-за неадекватности изменения физического свойства и нашей способности наблюдать его. $V(\text{т. эк.}) \neq V(\text{т. к. т.})$. Этим обуславливается наличие индикаторной ошибки титрования.

Индикаторы – химические вещества, изменяющие окраску, люминесцирующие или образующие осадок при изменении концентрации того или иного компонента в растворе. Существуют кислотно-основные, окислительно-восстановительные, адсорбционные и комплексометрические (металл индикаторы) индикаторы.

Вычисления в титриметрическом анализе

Количество определяемого вещества в титриметрическом анализе рассчитывают несколькими способами:

1. По нормальности раствора титранта $[N(B)]$.
2. По титру раствора титранта $[T(B)]$ или по титру, выраженному по определяемому веществу $[T(B/A)]$.
3. С помощью поправочного коэффициента $[K]$.

При вычислениях в титриметрическом анализе приняты следующие обозначения:

- $m(\text{нав})$ – масса навески образца анализируемого вещества, г;
- ΣM – эквивалентная масса, г/моль;
- $N(A)$ – нормальность раствора определяемого вещества, моль/л;
- $T(A)$ – титр раствора определяемого вещества, г/мл;
- $V(A)$ – аликвотная часть раствора определяемого вещества, мл;
- $m(A)$ – содержание определяемого вещества в анализируемом образце, г;
- $V(K)$ – общий объем анализируемого раствора, мл;
- $N(B)$ – нормальность раствора титранта, моль/л;
- $T(B)$ – титр раствора титранта, г/мл;
- $T(B/A)$ – титр раствора титранта по определяемому веществу, выраженный в граммах определяемого вещества A , эквивалентного количеству вещества B , содержащегося в 1 мл раствора титранта B , г/мл;
- $K(B)$ – поправочный коэффициент раствора титранта;
- $m(B)$ – масса вещества в растворе титранта, г;
- $V(B)$ – объем раствора титранта, мл.

Расчетные формулы

Исходные величины	Определение способом		Выражение нормальности, титра и поправочного коэффициента
	отдельных навесок	пипетирования	
$N(B)$	$m(A) = [H(B) \cdot V(B) \cdot \Sigma M(A)] / 1000$	$m(A) = [H(B) \cdot V(B) \times \Sigma M(A) \cdot V(K)] / [1000 \cdot V(A)]$	$H(B) = [T(B) \cdot 1000] / \Sigma M(B);$ $H(A) = [H(B) \cdot V(B)] / V(A)$
$T(B)$	$m(A) = [T(B) \cdot V(B) \cdot M(A)] / \Sigma M(B)$	$m(A) = [T(B) \cdot V(B) \cdot \Sigma M(A) \times V(K)] / [\Sigma M(B) \cdot V(A)]$	$T(B) = [H(B) \cdot \Sigma M(A)] / 1000$ $m(A) = T(A) \cdot V(K)$ $T(A) = [T(B) \cdot V(B) \cdot \Sigma M(A)] / [\Sigma M(B) \cdot V(A)]$
$T(B/A)$	$m(A) = T(B/A) \cdot V(B)$	$m(A) = T(B/A) \cdot V(B) \cdot V(K) / V(A)$	$T(B/A) = [T(B) \cdot \Sigma M(A)] / \Sigma M(B)$
$K(B)$	$m(A) = [H(B)_{\text{теор}} \cdot K(B) \cdot V(B) \times \Sigma M(A)] / 1000$	$m(A) = [H(B)_{\text{теор}} \cdot K(B) \cdot V(B) \times \Sigma M(A) \cdot V(K)] / [V(A) \cdot 1000]$	$K(B) = H_{\text{практ.}} / H_{\text{теор.}} =$ $= T_{\text{практ.}} / T_{\text{теор.}} = m_{\text{практ.}} / m_{\text{теор.}}$
$H(B)$ и $H(B_1)$ обратное титрование	$m(A) = \{ [H(B) \cdot V(B) - (B_1) \cdot V(B_1)] / 1000 \} \cdot \Sigma M(A)$	$m(A) = \{ [H(B) \cdot V(B) - H(B_1) \cdot V(B_1)] / 1000 \} \times \Sigma M(A) \cdot [V(K) / V(A)]$	
$T(B)$ и $T(B_1)$ обратное титрование	$m(A) = \{ [T(B) \cdot V(B)] / \Sigma M(B) - [T(B_1) \cdot V(B_1)] / \Sigma M(B_1) \} \cdot \Sigma M(A)$	$m(A) = \{ [T(B) \cdot V(B)] / \Sigma M(B) - [T(B_1) \cdot V(B_1)] / \Sigma M(B_1) \} \times \Sigma M(A) \cdot [V(K) / V(A)]$	
$C(B) \cdot f_{\text{эквив.}}(B)$	$m(A) = [C(B) \cdot V(B) \times M(A) \cdot f_{\text{эквив.}}(A)] / 1000$	$m(A) = [C(B) \cdot V(B) \cdot M(A) \times f_{\text{эквив.}}(A)] / [1000 \cdot [V(K) / V(A)]]$	
Определение массовой доли определяемого вещества (A), %:			
$\omega(A) = [m(A) / m(\text{нав})] \cdot 100$			

Вопросы и задачи для самостоятельной работы

125. Построить кривые титрования и подобрать индикатор:

Вариант	Определяемое вещество	Титрант
1	0,1 М НСООН	0,2 М КОН
2	0,3 М C_6H_5COOH	0,3 М NaOH
3	0,1 М HF	0,1 М NaOH
4	0,1 М CH_3NH_2	0,1 М HCl
5	0,3 М $C_2H_5NH_2$	0,3 М HCl
6	0,1 М $H_2NCH_2CH_2OH$	0,1 М HCl
7	0,2 М $(C_2H_5)_2NH$	0,2 М HCl
8	0,2 М KCN	0,2 М HCl
9	0,1 М NH_4Cl	0,1 М NaOH
10	0,2 М CH_3COONa	0,2 М HCl
11	0,1 М NH_2CH_2COONa	0,1 М HCl
12	0,2 М Na_2CO_3	0,2 М HCl
13	0,1 М K_2HPO_4	0,1 М HCl
14	0,1 М H_2TeO_3	0,1 М NaOH
15	0,1 М $Na_2H_2ЭДТА$	0,1 М NaOH

126. Пересчитать концентрации:

Вариант	Дано	Вычислить молярную концентрацию раствора
1	$T(NaOH) = 0,004020$	$C(NaOH)$
2	$T(HCl/KOH) = 0,01353$	$C(HCl)$
3	$T(NaOH/CaO) = 0,002914$	$C(NaOH)$
4	$T(NaOH/SO_3) = 0,2174$	$C(NaOH)$
5	$T(NaOH) = 0,003992$	$C(NaOH)$
6	$T(NaOH/SO_3) = 0,004087$	$C(NaOH)$
7	$T(HCl/K_2O) = 0,004615$	$C(HCl)$
8	$C(1/2 H_2SO_4) = 0,09812$	$T(H_2SO_4/CaO)$
9	$T(HCl) = 0,03798$	$T(HCl/K_2O)$
10	$T(H_2SO_4/KOH) = 0,005643$	$T(H_2SO_4)$
11	$T(NaOH/HCl) = 0,003645$	$T(NaOH)$
12	$T(1/2 H_2SO_4) = 0,01; K = 0,9123$	$T(H_2SO_4)$
13	$T(H_2SO_4) = 0,004852$	$T(H_2SO_4/CaO)$
14	$C(1/2 H_2SO_4) = 0,1; K = 0,9808$	$T(H_2SO_4/NaOH)$
15	$T(KOH) = 0,005572$	$T(KOH/HCl)$

127. К 20 мл 0,1 н HCl прилито 30 мл 0,1 н NaOH. Чему равен pH полученного раствора?

128. К 55 мл 0,2 н КОН прибавлено 45 мл 0,2 н HCl. Чему равен pH полученного раствора?

129. Смешали 20 мл 0,1 н NaOH и 10 мл 0,15 н раствора HCl. Вычислить pH полученного раствора.

130. К 500 мл 0,05 н КОН прибавлено 500 мл 0,04 н HNO_3 . Чему равен pH полученного раствора?

131. К 0,2 н HCl прибавлен равный объем 0,15 н NaOH. Определить pH и pOH полученного раствора.

132. К 1 л 0,001 н HNO_3 прибавлен 1 мл 1 н КОН. Чему равны pH и pOH полученного раствора?

133. К 20 мл 0,04 н HCl прибавлено 45 мл 0,02 н КОН. Найти pH и pOH полученного раствора.

134. К 15 мл 0,025 н HCl прибавлено 10 мл 0,050 н NaOH. Найти pH и pOH полученного раствора.

135. Определить $[H^+]$ и $[OH^-]$ раствора, если $pH=2,6$.

136. Определить $[H^+]$ и $[OH^-]$ раствора, если $pH=5,2$.

137. Определить $[H^+]$ и $[OH^-]$ раствора, если $pH=8,3$.

138. Определить $[H^+]$ и $[OH^-]$ раствора, если $pH=9,4$.

139. Определить $[H^+]$ и $[OH^-]$ раствора, если $pH=12,2$.

140. Определить $[H^+]$ и $[OH^-]$ раствора, если $pH=11,8$.

141. Определить $[H^+]$ и $[OH^-]$ раствора, если $pH=10,3$.

142. К 25,00 мл раствора КОН неизвестной концентрации прибавлено 50,00 мл раствора H_2SO_4 ($K=0,9500$ к 0,1 н). На титрование избытка кислоты израсходовано 28,90 мл раствора NaOH ($K=0,8570$ к 0,1 н). Какова нормальность раствора КОН? *Ответ:* 0,09092 н.

143. К 20,00 мл раствора HCl неизвестной концентрации прилито 25,00 мл раствора KOH ($K=0,8000$ к 0,1 н). Для обратного титрования избытка щелочи пришлось израсходовать 1,55 мл раствора H_2SO_4 ($K=1,200$ к 0,1 н). Определить $K(HCl)$ к 0,1 н. *Ответ:* 0,9070 к 0,1 н.

144. Навеска кальцита 1,5780 г растворена в 50,00 мл соляной кислоты ($T=0,04000$). По окончании реакции раствор переведен в мерную колбу на 500,0 мл и доведен до метки. На титрование 50,00 мл полученного раствора расходуется 23,45 мл раствора NaOH ($T=0,00400$). Вычислить массовое содержание $CaCO_3$ в образце (в %). *Ответ:* 99,59 %

145. Навеску фосфорной кислоты массой 0,1182 г растворили в воде и на ее титрование по фенолфталеину израсходовали 22,18 мл 0,1 М NaOH ($K=0,9519$). Определить массовую долю (в %) фосфорной кислоты в пересчете на P_2O_5 . *Ответ:* 87,52% H_3PO_4 ; 63,39% P_2O_5 .

146. Вычислить массовую долю (%) свободного SO_3 в oleуме, если на титрование 1,200 г oleума в присутствии метилового оранжевого израсходовано 49,25 мл 0,5202 М NaOH. *Ответ:* 20,85%.

147. Какую массу KH_2PO_4 нужно взять на анализ, чтобы на титрование ее с фенолфталеином потребовалось 20,00 мл 0,1 М KOH. *Ответ:* 0,2700 г.

148. Вычислить концентрацию N_2O_5 в г/л раствора HNO_3 , если на титрование 20,00 мл раствора кислоты израсходовано 21,12 мл 0,1120 М NaOH. *Ответ:* 6,387 г/л.

149. На титрование раствора, содержащего 3,158 г технического KOH, израсходовали 27,45 мл раствора HCl [$T(HCl/NaOH)=0,07862$]. Вычислить массовую долю (в %) KOH в образце. *Ответ:* 95,86%.

150. Навеску $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ массой 0,600 г растворили в мерной колбе вместимостью 100,0 мл. На титрование 20,00 мл полученного раствора израсходовали 18,34 мл NaOH. Определить молярную концентрацию раствора NaOH и его титр по $H_2C_2O_4$. *Ответ:* 0,1038; 0,004673 г/мл.

151. Навеска мрамора 0,5668 г растворена в 30,00 мл HCl ($T=0,02871$). На титрование избытка HCl израсходовано 14,10 мл 0,8818 н NaOH. Определить массовое содержание примесей в образце (в %). *Ответ:* 1,23%.

152. К 50,00 мл раствора HCl ($K=0,9500$ к 0,2 н) прибавлено 25,00 мл раствора NaOH неизвестной концентрации. При этом среда раствора оста-

лась кислой. На титрование оставшейся кислоты затрачено 2,50 мл раствора KOH ($K=1,2780$ к 0,1 н). Определить $K(NaOH)$. *Ответ:* 0,7344 к 0,5 н.

153. Навеска каустика 2,1060 г растворена в мерной колбе на 500,0 мл. Полученным раствором титруют 25,00 мл раствора HCl ($K=0,9850$ к 0,1 н), на это расходуется 24,50 мл раствора анализируемой щелочи. Вычислить массовое содержание Na_2O в образце (в %). *Ответ:* 73,95%.

154. Для установки титра раствора NaOH навеска в 0,4826 г янтарной кислоты растворена в мерной колбе на 200,0 мл. На титрование 20,00 мл полученного раствора расходуется 21,05 мл раствора NaOH. Определить: а) нормальность NaOH; б) $K(NaOH)$; в) $T(NaOH/H_2SO_4)$. *Ответ:* 0,03884 н; 0,7767 к 0,5 н; 0,001905.

155. На титрование раствора, полученного разбавлением 1,000 мл H_2SO_4 плотностью 1,716 г/см³, расходуется 49,00 мл раствора NaOH ($K=1,1280$ к 0,5 н). Вычислить массовое содержание SO_3 в образце (в %). *Ответ:* 64,48%.

156. Навеска калийной щелочи массой 7,6240 г растворена в мерной колбе на 500,0 мл. На титрование 25,00 мл полученного раствора расходуется 32,20 мл HCl. $T(HCl/Na_2O) = 0,006442$. Вычислить массовое содержание KOH в образце (в %). *Ответ:* 98,52%.

157. Какие титранты-окислители применяются в окислительно-восстановительных методах? Их характеристика и примеры определений с использованием титрантов-окислителей.

158. Какие вещества применяют для установки характеристик раствора $KMnO_4$? Напишите уравнения реакций стандартизации раствора $KMnO_4$.

159. Каковы особенности приготовления стандартного раствора $KMnO_4$ и условия его хранения?

160. Каковы особенности приготовления стандартного раствора йода и условия его хранения?

161. Каковы особенности приготовления стандартного раствора тиосульфата натрия и условия его хранения?

162. Какими способами фиксируется точка эквивалентности в методах окисления-восстановления? Приведите примеры.

163. Как подбираются редокс-индикаторы? Приведите примеры.

164. Как зависит величина скачка титрования от произведения растворимости, температуры и концентрации раствора в осадительном титровании?

165. Как зависит величина скачка титрования от константы устойчивости комплексного соединения, температуры, концентрации и pH среды?

166. Какие индикаторы применяются в комплексонометрии? Каков механизм их действия?

167. Как рассчитывается потенциал в точке эквивалентности в редоксметрии?

168. Рассчитайте pBr при титровании 0,1 М KBr 0,1 н раствором $Hg(NO_3)_2$ ($f_{экр.} = 1/2$), если определяемое вещество оттитровано на 99,9; 100; 101,1%.

169. Почему фактор эквивалентности $KMnO_4$ различен? Рассчитайте его значение в разных средах.

170. Рассчитайте значение потенциала в точке эквивалентности при перманганатометрическом титровании нитрит-ионов.

171. Рассчитайте значение потенциала в точке эквивалентности при бихроматометрическом титровании железа (II).

172. Какой объем 0,5000 н $KMnO_4$ ($f_{экр.} = 1/5$) необходимо прибавить к 500,0 мл раствора с $T(KMnO_4/Fe) = 0,00280$, чтобы получить: а) раствор с $T(KMnO_4) = 0,004250$; б) раствор с $T(KMnO_4/Fe) = 0,00400$. *Ответ:* а) 115,35 мл; б) 25,07 мл.

173. До какого объема следует разбавить 500,0 мл 0,1000 н $K_2Cr_2O_7$ ($f_{экр.} = 1/6$), чтобы получить: а) раствор с $T(K_2Cr_2O_7) = 0,003922$; б) раствор с $T(K_2Cr_2O_7/Fe) = 0,00500$? *Ответ:* а) 625,1 мл; б) 558,5 мл.

174. Какую массу $Na_2S_2O_3 \cdot 5 H_2O$ следует взять для приготовления: а) 500,0 мл 0,02 н раствора ($f_{экр.} Na_2S_2O_3 = 1$); б) 200,0 мл раствора с $T(Na_2S_2O_3/I_2) = 0,006432$; в) 250,0 мл раствора с $T(Na_2S_2O_3/Cu) = 0,001345$? *Ответ:* а) 2,4818 г; б) 2,5157 г; в) 1,3132 г.

175. На титрование 20,00 мл раствора $FeSO_4$ в сернокислой среде израсходовали 22,50 мл 0,1000 н $K_2Cr_2O_7$ ($f_{экр.} = 1/6$). Сколько воды нужно

добавить к 200,0 мл раствора сульфата железа, чтобы сделать раствор точно 0,0500 н ($f_{экр.} = 1$)? *Ответ:* 250,0 мл.

176. Вычислить молярную концентрацию раствора I_2 , если на титрование 0,1008 г As_2O_3 израсходовано 20,00 мл этого раствора? *Ответ:* 0,1019 моль/л.

177. Какую массу руды, содержащей 60% Fe_2O_3 , следует взять для анализа, чтобы после соответствующей обработки на титрование полученной соли железа (II) израсходовать 20,00 мл 0,1 н раствора $KMnO_4$ ($f_{экр.} = 1/5$). *Ответ:* 0,27 г.

178. Навеску пергидроля массой 2,500 г перенесли в мерную колбу на 500,0 мл. На титрование 25,00 мл раствора израсходовали 18,72 мл 0,1 н $KMnO_4$ ($K = 1,124$). Вычислить массовую долю (в %) H_2O_2 в пергидроле. *Ответ:* 28,63%.

179. Определить массовую долю (в %) Sn в образце бронзы, если на титрование раствора, полученного из 0,9122 г бронзы, израсходовали 15,73 мл 0,03523 н раствора йода. *Ответ:* 3,61 %.

180. Серу из навески угля массой 0,1906 г перевели в SO_2 , который поглотили разбавленным раствором крахмала и оттитровали 20,45 мл 0,02088 н раствором йода ($f_{экр.} = 1/2$). Рассчитать массовую долю (в %) серы в угле. *Ответ:* 3,59 %.

181. К раствору $KClO_3$ прибавили 50,00 мл 0,1048 М раствора $FeSO_4$, избыток оттитровали 20,00 мл 0,09450 н $KMnO_4$ ($f_{экр.} = 1/5$). Какая масса $KClO_3$ содержалась в растворе? *Ответ:* 0,0684 г.

182. К 25,00 мл раствора H_2S прибавили 50,00 мл 0,01960 н раствора йода и избыток йода оттитровали 11,00 мл 0,02040 $Na_2S_2O_3$, $f_{экр.}(I_2) = 1/2$. Вычислить концентрацию H_2S в растворе (г/л). *Ответ:* 0,5150 г/л.

183. К подкисленному раствору H_2O_2 прибавили избыточное количество KI и несколько капель раствора соли молибдена в качестве катализатора. Выделившийся I_2 оттитровали 22,40 мл 0,1010 н $Na_2S_2O_3$ ($f_{экр.} = 1$). Какая масса H_2O_2 содержалась в растворе? *Ответ:* 0,03848 г.

184. Какой объем хлорной воды, содержащей около 2% хлора, следует взять, чтобы на ее йодометрическое титрование израсходовать около

20,00 мл раствора тиосульфата натрия $T(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}) = 0,02453$? Ответ: 3,50 мл.

185. Навеску руды, содержащей MnO_2 , массой 0,1000 г обработали концентрированной HCl . Образовавшийся хлор отогнали и поглотили раствором KI . Выделившийся йод оттитровали 21,25 мл 0,05200 н $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ($f_{\text{экв.}}=1$). Вычислить массовую долю (в %) MnO_2 в руде. Ответ: 48,03 %.

186. Навеску технического Na_2SO_3 массой 0,4680 г прибавили к 100,0 мл 0,1000 н раствора I_2 ($f_{\text{экв.}}=1/2$). Избыток йода оттитровали 42,40 мл раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, имеющего $T(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3/\text{Cu}) = 0,006215$. Вычислить массовую долю (в %) Na_2SO_3 в образце. Ответ: 80,53 %.

187. Навеска NaCl массой 2,4080 г растворена в мерной колбе на 500 мл. На титрование 25,00 мл полученного раствора расходуется 20,35 мл раствора AgNO_3 ($K=0,9860$ к 0,1000 н). Вычислить массовое содержание хлора в образце. Ответ: 59,09%.

188. Навеска $\text{BaCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ массой 6,7000 г растворена в мерной колбе на 100 мл. На титрование 25,00 мл этого раствора расходуется 28,95 мл раствора AgNO_3 ($T \text{ AgNO}_3/\text{Ag} = 0,005120$). Вычислить массовое содержание хлора в образце. Ответ: 29,08 %.

189. Для анализа образца рассола 10,0 мл его разбавили в колбе на 500,0 мл. На титрование 25,00 мл полученного раствора расходуется 24,42 мл раствора AgNO_3 ($K=0,9245$ к 0,1000 н). Сколько граммов NaCl содержится в 1 л образца? Ответ: 263,9 г.

190. Сколько граммов HCl содержится в 1 л раствора HCl , если 25,00 мл соляной кислоты нейтрализовано и разбавлено водой в мерной колбе на 250,0 мл. На титрование 20,00 мл полученного раствора расходуется 24,37 мл 0,9850 н AgNO_3 . Ответ: 437,7 г.

191. Навеска серебряного сплава 1,7450 г растворена в азотной кислоте. Раствор разбавлен водой в колбе на 200,0 мл. На титрование 10,00 мл полученного раствора расходуется 11,75 мл раствора роданида аммония ($K=0,9344$ к 0,05 н). Вычислить массовое содержание серебра в сплаве (в %). Ответ: 67,88%.

192. Из 1,5150 г соли серебра приготовлено 250 мл раствора. На титрование 15,00 мл полученного раствора расходуется 11,25 мл раствора рода-

нида аммония ($T \text{ NH}_4\text{CNS} = 0,003568$). Вычислить массовое содержание (в %) AgNO_3 в образце. Ответ: 98,51%.

193. На титрование раствора, приготовленного растворением 0,0973 г хлорида в произвольном объеме воды, расходуется 28,60 мл раствора AgNO_3 ($K=0,9120$ к 0,5 н). Вычислить массовое содержание (%) хлора в образце. Ответ: 47,53%.

194. Для определения содержания основного продукта в бромиде калия 0,3038 г его растворено в воде. Полученный раствор оттитрован 23,80 мл раствора AgNO_3 ($T \text{ AgNO}_3/\text{Cl} = 0,003546$). Вычислить массовое содержание (в %) KBr в образце. Ответ: 93,24%.

195. На титрование раствора, полученного растворением 0,1160 г поваренной соли и обработкой его 40,00 мл 0,09540 н AgNO_3 , расходуется 19,35 мл раствора роданида аммония ($K = 1,0500$ к 0,1000 н). Вычислить массовое содержание NaCl в образце. Ответ: 89,89%.

196. Навеска смеси хлористых солей 0,1730 г растворена и обработана 50,00 мл раствора AgNO_3 ($T = 0,01721$). На титрование избытка серебра расходуется 56,40 мл раствора роданида аммония ($K = 0,8532$ к 0,5000 н). Вычислить массовое содержание хлора в смеси. Ответ: 54,50%.

197. Для анализа соды на содержание NaCl навеска 2,1010 г растворена, подкислена азотной кислотой и обработана 5,00 мл раствора AgNO_3 ($K = 1,0220$ к 0,1000 н). На титрование избытка AgNO_3 израсходовано 2,40 мл раствора роданида аммония ($T = 0,007598$). Вычислить массовое содержание NaCl в образце. Ответ: 0,75%.

198. Навеска каменной соли 3,2680 г растворена в колбе на 250 мл. 10,00 мл полученного раствора обработано 20,00 мл раствора AgNO_3 ($K = 1,0040$ к 0,1 н). На обратное титрование избытка серебра израсходовано 2,12 мл 0,09950 н NH_4CNS . Вычислить массовое содержание (в %): а) иона Cl^- и б) NaCl в образце. Ответ: а) 48,74%; б) 80,35%.

199. Сколько граммов чистого серебра следует растворить в азотной кислоте и разбавить в мерной колбе емкостью 100 мл, чтобы на титрование полученного раствора расходовалось столько же миллилитров раствора NH_4CNS ($T = 0,00400$)? Ответ: 0,5667 г.

200. Сколько граммов сплава, содержащего 90% Ag, следует растворить, чтобы на титрование полученного раствора расходовалось 25,0 мл 0,1000 н NH_4CNS ? *Ответ:* 0,3 г.

201. Рассчитать навеску карналита для анализа на содержание хлора, чтобы после растворения ее и осаждения 20,00 мл 0,1000 н AgNO_3 потребовалось на титрование избытка серебра 25,00 мл раствора NH_4CNS ($T = 0,003808$)? *Ответ:* 0,0695 г.

Таблица вариантов контрольных заданий

Номер варианта	Номера задач, относящихся к данному варианту
01	1, 16 (15), 18, 33 (1), 35, 65, 95, 110, 125 (1), 127, 157, 187
02	2, 16 (14), 19, 33 (2), 36, 66, 96, 111, 125 (2), 128, 158, 188
03	3, 16 (13), 20, 33 (3), 37, 67, 97, 112, 125 (3), 129, 159, 189
04	4, 16 (12), 21, 33 (4), 38, 68, 98, 113, 125 (4), 130, 160, 190
05	5, 16 (11), 22, 33 (5), 39, 69, 99, 114, 125 (5), 131, 161, 191
06	6, 16 (10), 23, 33 (6), 40, 70, 100, 115, 125 (7), 132, 162, 192
07	7, 16 (9), 24, 33 (7), 41, 71, 101, 116, 125 (8), 133, 163, 193
08	8, 16 (8), 25, 33 (8), 42, 72, 102, 117, 125 (9), 134, 164, 194
09	9, 16 (7), 26, 33 (9), 43, 73, 103, 118, 125 (10), 135, 165, 195
10	10, 16 (6), 27, 33 (10), 44, 74, 104, 119, 125 (11), 136, 166, 196
11	11, 16 (5), 28, 33 (11), 45, 75, 105, 120, 125 (12), 137, 167, 197
12	12, 16 (4), 29, 33 (12), 46, 76, 106, 121, 125 (13), 138, 168, 198
13	13, 16 (3), 30, 33 (13), 47, 77, 107, 122, 125 (14), 139, 169, 199
14	14, 16 (2), 31, 33 (15), 48, 78, 108, 123, 125 (15), 140, 170, 200
15	15, 16 (1), 32, 34 (1), 49, 80, 109, 124, 126 (1), 141, 171, 201
16	10, 17 (1), 18, 34 (2), 50, 81, 95, 110, 126 (2), 142, 172, 187
17	11, 17 (2), 19, 34 (3), 51, 82, 96, 111, 126 (3), 143, 173, 188
18	12, 17 (3), 20, 34 (4), 52, 83, 97, 112, 126 (4), 144, 174, 189
19	13, 17 (4), 21, 34 (5), 53, 84, 98, 113, 126 (5), 145, 175, 190
20	14, 17 (5), 22, 34 (6), 54, 85, 99, 114, 126 (6), 146, 176, 191
21	15, 17 (6), 23, 34 (7), 55, 86, 100, 115, 126 (7), 147, 177, 192
22	1, 17 (7), 24, 34 (8), 56, 87, 101, 116, 126 (8), 148, 178, 193
23	2, 17 (8), 25, 34 (9), 57, 88, 102, 117, 126 (9), 149, 179, 194
24	3, 17 (9), 26, 34 (10), 58, 89, 103, 118, 126 (10), 150, 180, 195
25	4, 17 (10), 27, 34 (11), 59, 90, 104, 119, 126 (11), 151, 181, 196
26	5, 17 (11), 28, 34 (12), 60, 91, 105, 120, 126 (12), 152, 182, 197
27	6, 17 (12), 29, 34 (13), 61, 92, 106, 121, 126 (13), 153, 183, 198
28	7, 17 (13), 30, 34 (14), 62, 93, 107, 122, 126 (14), 154, 184, 199
29	8, 17 (14), 31, 34 (15), 63, 94, 108, 123, 126 (15), 155, 185, 200
30	9, 17 (15), 32, 34 (1), 64, 65, 109, 124, 125 (1), 156, 186, 201

Окончание табл.

Номер варианта	Номера задач, относящихся к данному варианту
31	15, 16 (1), 28, 34 (2), 35, 66, 95, 110, 125 (2), 127, 157, 187
32	14, 16 (2), 29, 34 (3), 36, 67, 96, 111, 125 (3), 128, 158, 188
33	13, 16 (3), 30, 34 (4), 37, 68, 97, 112, 125 (4), 129, 159, 189
34	12, 16 (4), 31, 34 (5), 38, 69, 98, 113, 125 (5), 130, 160, 190
35	11, 16 (5), 32, 34 (6), 39, 70, 99, 114, 125 (6), 131, 161, 191
36	10, 16 (6), 18, 34 (7), 40, 71, 100, 115, 125 (7), 132, 162, 192
37	9, 16 (7), 19, 34 (8), 41, 72, 101, 116, 125 (8), 133, 163, 193
38	8, 16 (8), 20, 34 (9), 42, 73, 102, 117, 125 (9), 134, 164, 194
39	7, 16 (9), 21, 34 (10), 43, 74, 103, 118, 125 (10), 135, 165, 195
40	6, 16 (10), 22, 34 (11), 44, 75, 104, 119, 125 (11), 136, 166, 196
41	5, 16 (11), 23, 34 (12), 45, 76, 105, 120, 125 (12), 137, 167, 197
42	4, 16 (12), 24, 34 (13), 46, 77, 106, 121, 125 (13), 138, 168, 198
43	3, 16 (13), 25, 34 (14), 47, 78, 107, 122, 125 (14), 139, 169, 199
44	2, 16 (14), 26, 34 (15), 48, 79, 108, 123, 125 (15), 140, 170, 200
45	1, 16 (15), 27, 33 (1), 49, 80, 109, 124, 126 (1), 141, 171, 201
46	5, 17 (1), 18, 33 (2), 50, 81, 95, 110, 126 (2), 142, 172, 187
47	6, 17 (2), 19, 33 (3), 51, 82, 96, 111, 126 (3), 143, 173, 188
48	7, 17 (3), 20, 33 (4), 52, 83, 97, 113, 126 (4), 144, 174, 189
49	8, 17 (4), 21, 33 (5), 53, 84, 98, 114, 126 (5), 145, 175, 190
50	9, 17 (5), 22, 33 (6), 54, 85, 99, 115, 126 (6), 146, 176, 191
51	10, 17 (6), 23, 33 (7), 55, 86, 100, 116, 126 (7), 147, 177, 192
52	11, 17 (7), 24, 33 (8), 56, 87, 101, 117, 126 (8), 148, 178, 193
53	12, 17 (8), 25, 33 (9), 57, 88, 102, 118, 126 (9), 149, 179, 194
54	13, 17 (9), 26, 33 (10), 58, 89, 103, 119, 126 (10), 150, 180, 195
55	14, 17 (10), 27, 33 (11), 59, 90, 104, 120, 126 (11), 151, 181, 196
56	15, 17 (11), 28, 33 (12), 60, 91, 105, 121, 126 (12), 152, 182, 197
57	1, 17 (12), 29, 33 (13), 61, 92, 106, 122, 126 (13), 153, 183, 198
58	2, 17 (13), 30, 33 (14), 62, 93, 107, 123, 126 (14), 154, 184, 199
59	3, 17 (14), 31, 33 (15), 63, 94, 108, 124, 126 (15), 155, 185, 200
60	4, 17 (15), 32, 33 (14), 64, 79, 109, 112, 125 (6), 156, 186, 201

АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Методические указания для студентов-заочников
нехимических специальностей

Составители: Татьяна Николаевна Куркова
Наталья Викторовна Чибисова

Лицензия № 020345 от 14.01.1997 г.

Редактор Л.Г. Ванцева.

Подписано в печать 21.06.2000 г. Формат 60×90 ¹/₁₆.

Гарнитура "Таймс". Бумага для множительных аппаратов. Ризограф.

Усл. печ. л. 2,1. Уч.-изд. л. 1,1. Тираж 150 экз. Заказ 168 .

Калининградский государственный университет,
236041, г. Калининград, ул. А. Невского, 14.