

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Комин Андрей Эдвардович  
Должность: ректор  
Дата подписания: 17.03.2021 15:13:23  
Уникальный программный ключ:  
f6c6d686f0c899fdf76a1ed8b4484b2ab8ca6fb1af8547bbd40cdf1dd60bae2

1

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
Приморская государственная сельскохозяйственная  
академия**

Кафедра химии и генетики

# **ХИМИЯ**

Методические указания  
для выполнения контрольной работы  
обучающимися по направлениям подготовки:  
35.03.06 – Агроинженерия;  
20.03.02 – Природообустройство и водопользование  
заочной формы обучения  
по дисциплине (модулю) «Химия»

*Электронное  
издание*

Уссурийск 2019

УДК 547

Составитель: Никулина О.А., канд.с.-х. наук, доцент кафедры химии и генетики ФГБОУ ВО ПГСХА.

Химия [Электронный ресурс]: методические указания для выполнения контрольной работы обучающимися по направлениям подготовки: 35.03.06 – Агроинженерия; 20.03.02 – Природообустройство и водопользование по дисциплине (модулю) «Химия» / ФГБОУ ВО ПГСХА; сост. О.А. Никулина. – Электрон. текст. дан. – Уссурийск: ПГСХА, 2019. – 55 с. - Режим доступа: [www.elib.primacad.ru](http://www.elib.primacad.ru).

Рецензент:

Подвалова В.В., кандидат с.-х. наук, доцент, зав. кафедрой зоотехнии и переработки продукции животноводства ФГБОУ ВО ПГСХА.

Издается в электронном виде по решению методического совета ФГБОУ ВО Приморская государственная сельскохозяйственная академия.

## **Общие методические рекомендации по изучению дисциплины и выполнению контрольной работы**

Химия – одна из фундаментальных естественных наук, знание которой необходимо для плодотворной творческой деятельности студентов. Курс химии является базой для изучения общетехнических дисциплин таких как «Материаловедение», «Технология конструкционных материалов», «Теплотехника», а также специальных дисциплин, основывающихся на курсе химии или в той или иной мере использующих химические знания.

Основная форма работы студента – заочника над изучением курса химии – самостоятельная работа с учебником и учебным пособием. Для успешной сдачи экзамена студент – заочник должен до сессии проработать рекомендуемую литературу, приобрести необходимые знания и навыки и самостоятельно выполнить контрольную работу.

### **Работа с учебником**

Весь материал, в соответствии с программой по химии разбит на отдельные темы. Прочитайте весь материал, относящийся к данной теме.

При первом чтении не задерживайтесь на математических выводах, составлении уравнений реакций: старайтесь получить общее представление об излагаемых вопросах, а также отметьте трудные или неясные места. При повторном изучении темы усвойте все теоретические положения, математические зависимости и их выводы, а также принцип составления уравнений химических реакций. Чтобы лучше запомнить и усвоить изучаемый материал, необходимо иметь рабочую тетрадь и заносить в нее формулировки законов и основных понятий химии, формулы и уравнения химических реакций, математические зависимости и их выводы и т.п. Для поиска необходимых сведений в учебнике пользуйтесь предметным указателем в конце книги.

Пока та или иная тема не усвоена, не следует переходить к изучению новой темы. Разберите примеры решения типовых задач,

приведенных в данном методическом пособии по изучаемой теме, и решите на черновике задачи контрольного задания, относящиеся к данной теме.

## **Выполнение контрольной работы**

Каждый студент должен самостоятельно выполнить свой вариант контрольной работы. Контрольная работа, выполненная не по своему варианту, преподавателем не рецензируется и не засчитывается как сданная.

Вариант контрольного задания определяется по последним двум цифрам номера зачетной книжки (шифра). Например, для студента с номером шифра 613015, соответствует вариант контрольного задания 15, приведенного в таблице «Варианты контрольных работ».

Контрольная работа должна быть аккуратно оформлена в отдельной тетради, для замечаний преподавателя обязательно оставляются поля. Необходимо писать четко и ясно, номера и условия задач переписывать в том порядке, в каком они указаны в контрольном задании.

При оформлении контрольной работы обязательно полностью перепишите условие каждой задачи и приведите решение. Ответ нужно давать без лишних подробностей, а четко, ясно и по существу. При решении расчетных задач, нужно приводить весь ход решения, указать размерность величин.

Для окислительно-восстановительных реакций необходимо приводить уравнения электронного баланса.

В конце работы приведите список использованной литературы с указанием года издания, поставьте свою подпись и дату выполнения работы.

При получении проверенной работы внимательно ознакомьтесь с замечаниями. Если вам возвращена не зачтенная контрольная работа, то при ее доработке нет необходимости заново переписывать правильно решенные задачи. Вы должны представить на повторную проверку эту же работу, в конце которой сделаны дополнения с учетом всех замечаний.

Например: доработка к задаче № ..., далее излагается исправленный текст. В процессе защиты контрольной работы преподаватель смотрит всю доработку и может попросить выполнить аналогичную задачу.

## Рекомендуемая литература

### Основная:

1. Вольхин В.В. Общая химия. Основной курс / В.В. Вольхин. – СПб.: «Лань», 2008.
2. Глинка Н.Л. Общая химия / Н.Л. Глинка. – М.: «КНОРУС», 2011.
3. Глинка Н.Л. Задачи и упражнения по общей химии / Н.Л. Глинка. – М.: «Интеграл-пресс», 2008.
4. Коровин В.Н. Общая химия / В.Н. Коровин. - М.: Высшая школа, 2009.

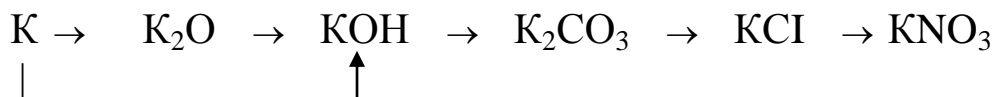
### Дополнительная:

1. Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия / Н.С. Ахметов. – М.: Высшая школа, 2008.
2. Гельфман М.И. Неорганическая химия / М.И. Гельфман, В.П. Юстратов. - СПб.: «Лань», 2009.
3. Саргаев П.М. Неорганическая химия / П.М. Саргаев. – СПб.: «Лань», 2013.
4. Хомченко Г.П. Неорганическая химия / Г.П. Хомченко, И.К. Цитович. СПб.: ООО «ИТК ГРАНИТ», ООО «ИПК КОСТА», 2009.

## Контрольные задания

### Классы сложных неорганических соединений

**Пример.** Составьте уравнения реакций, позволяющих осуществить следующие превращения:



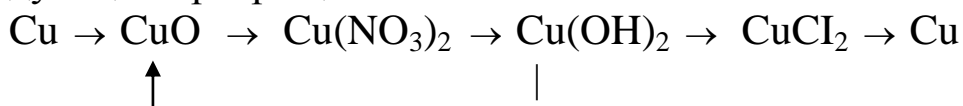
**Решение.** При составлении уравнений реакций необходимо к данному веществу добавить такое вещество, чтобы получить продукт реакции. При необходимости используйте «Таблицу растворимости» в Приложении.

1.  $4 \text{K} + \text{O}_2 = 2 \text{K}_2\text{O}$
2.  $\text{K}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} = 2 \text{KOH}$
3.  $2 \text{K} + 2 \text{H}_2\text{O} = 2 \text{KOH} + \text{H}_2 \uparrow$
4.  $2 \text{KOH} + \text{CO}_2 = \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
5.  $\text{K}_2\text{CO}_3 + 2 \text{HCl} = 2 \text{KCl} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
6.  $\text{KCl} + \text{AgNO}_3 = \text{AgCl} \downarrow + \text{KNO}_3$

### Контрольные вопросы

1. Составьте формулы высших оксидов элементов II периода. Изобразите их графически. Укажите характер этих оксидов (кислотный, основной, амфотерный). Напишите возможные реакции их взаимодействия с водой.
2. Как взаимодействием только оксидов получить следующие соли:  $\text{K}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ? Напишите уравнения реакций и назовите оксиды и полученные соли.
3. С какими из перечисленных ниже веществ будет вступать в реакцию соляная кислота: медь, цинк, оксид кальция, азотная кислота, гидроксид меди(II), нитрат серебра, оксид серы (IV), гидроксид алюминия, карбонат калия? Написать уравнения возможных реакций, назвать продукты реакции.

4. Составьте уравнения реакций, позволяющих осуществить следующие превращения:

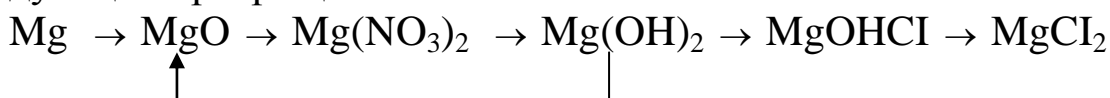


Назовите продукты реакции.

5. Напишите уравнения реакций  $\text{H}_3\text{PO}_4$  с гидроксидом натрия, при которых образуются следующие соединения:  
 а) дигидроортофосфат натрия; б) гидроортофосфат натрия;  
 в) ортофосфат натрия. Изобразите графически формулы данных солей.
6. Напишите уравнения реакций образования всех возможных типов солей при взаимодействии:  
 а) гидроксида меди (II) и серной кислоты;  
 б) гидроксида алюминия и соляной кислоты.

Назовите полученные соли.

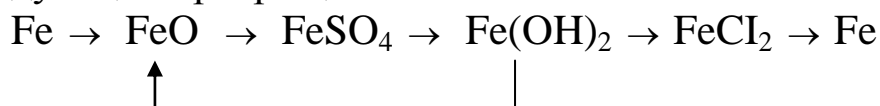
7. Составьте формулы высших оксидов элементов III периода. Изобразите их графически. Укажите характер этих оксидов (кислотный, основной, амфотерный). Напишите возможные реакции их взаимодействия с водой.
8. С какими из перечисленных ниже веществ будет вступать в реакцию гидроксид калия: гидроксид цинка, оксид магния, ортофосфорная кислота, оксид углерода (IV), гидроксид бария, хлорид меди (II), оксид серы (IV). Напишите уравнения возможных реакций, назовите продукты реакции.
9. Составьте уравнения реакций, позволяющих осуществить следующие превращения:



Назовите продукты реакции.

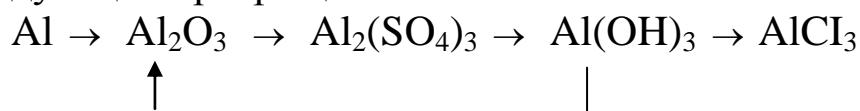
10. Составьте формулы оксидов переходных металлов: Cr (+2, +3, +6), Mn (+2, +3, +4, +6, +7). Сделайте выводы о характере их свойств, приведите формулы соответствующих им гидроксидов.
11. Напишите уравнения реакций получения гидроксонитрата железа (II) и дигидрохлорида железа (II) из соответствующих кислот и оснований. Изобразите графически формулы данных солей.

12. Составьте уравнения реакции, позволяющих осуществить следующие превращения:



Назовите продукты реакции.

13. Какие кислоты соответствуют следующим оксидам: оксид азота (III), оксид азота (V), оксид серы (IV), оксид серы (VI), оксид углерода (IV), оксид фосфора (V)? Составьте молекулярные и графические формулы этих кислот и назовите их.
14. С какими из перечисленных ниже веществ будет вступать в реакцию азотная кислота: оксид серы (IV), оксид магния, гидроксид цинка, оксид алюминия, сероводород, гидроксид бария, оксид свинца (IV). Напишите уравнения возможных реакций. Назовите продукты реакции.
15. Составьте уравнения реакции, позволяющих осуществить следующие превращения:



Назовите продукты реакции.

## Строение атома и периодическая система химических элементов. Химическая связь

### Контрольные вопросы

16. Составьте электронные формулы атомов кислорода и серы. Покажите распределение электронов этих атомов по квантовым ячейкам. Объясните, почему сера проявляет переменную валентность, а кислород – постоянную.
17. Какой энергетический подуровень в атоме заполняется раньше:  $4d$  или  $6s$ ;  $6s$  или  $5p$ ? Почему? Составьте электронную формулу и представьте графическое размещение электронов по квантовым ячейкам для элемента с порядковым номером 43.
18. В чем заключается принцип Паули? Может ли быть на каком-нибудь подуровне атома  $p^7$ - или  $d^{12}$ -электроны? Почему? Со-



ставьте электронную формулу атома элемента с порядковым номером 22 и укажите его валентные электроны.

19. Что такое квантовые числа? Какие значения они могут принимать? Сколько значений магнитного квантового числа возможно для электронов энергетического подуровня, орбитальное квантовое число которого  $l = 2$  и  $l = 3$ ?
20. На каком основании фосфор и ванадий расположены в одной группе периодической системы элементов? Почему их размещают в разных подгруппах? Дайте ответ, исходя из строения атомов этих элементов.
21. Какое максимальное число электронов могут занимать  $s$ -,  $p$ -,  $d$ - и  $f$ - орбитали данного энергетического уровня? Почему? Напишите электронную формулу атома элемента с порядковым номером 31. К какому электронному семейству относится этот элемент?
22. Составьте электронные формулы и представьте графическое размещение электронов по квантовым ячейкам для элементов с порядковым номером 15 и 38. Проанализируйте возможности распаривания валентных электронов при возбуждении атомов.
23. На каком основании хлор и марганец помещают в одной группе периодической системы элементов? Почему их помещают в разных подгруппах? К какому электронному семейству относится каждый из этих элементов? Дайте мотивированный ответ.
24. Сколько и какие значения может принимать магнитное квантовое число  $m$  при орбитальном квантовом числе  $l = 0; 1; 2$  и  $3$ ? Какие элементы в периодической системе носят название  $s$ -,  $p$ -,  $d$ -,  $f$ - элементов? Приведите примеры.
25. Распределите электроны в квантовых ячейках атомов фтора и хлора. Объясните, почему хлор проявляет переменную валентность, а фтор – постоянную.
26. Какую химическую связь называют ковалентной? Опишите свойства ковалентной связи. Приведите примеры соединений с ковалентной полярной и неполярной связью.
27. Какую химическую связь называют водородной? Как она образуется? Приведите примеры ее влияния на свойства веществ.
28. Какие из перечисленных веществ имеют ковалентную связь:  $\text{NaF}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{CCl}_4$ ? В каких молекулах связь является полярной? К какому из атомов смещены электронные пары?

29. Какую химическую связь называют ионной? Каков механизм ее образования? Какие свойства ионной связи отличают ее от ковалентной? Приведите примеры типичных ионных соединений.
30. Какие типы химической связи в молекулах следующих веществ:  $\text{SCl}_4$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Br}_2$ ,  $\text{HF}$ ? Изобразите схемы строения этих молекул.

## Энергетика химических реакций. Термохимические расчеты

### Пример 1.

Напишите термохимическое уравнение реакции между  $\text{CO}_{(г)}$  и водородом, в результате которой образуются  $\text{CH}_{4(г)}$  и  $\text{H}_2\text{O}_{(г)}$ . Рассчитайте тепловой эффект этой реакции, если известны стандартные энтальпии образования реагирующих веществ.

Решение. Составим уравнение химической реакции  
 $\text{CO}_{(г)} + 3\text{H}_{2(г)} = \text{CH}_{4(г)} + \text{H}_2\text{O}_{(г)}$   
 Из таблицы 1 Приложения выпишите стандартные энтальпии образования исходных веществ и продуктов реакции:

$$\Delta H_{\text{обр}}^{\circ}(\text{CO}_{(г)}) = - 110,52 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta H_{\text{обр}}^{\circ}(\text{H}_{2(г)}) = 0 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta H_{\text{обр}}^{\circ}(\text{CH}_{4(г)}) = - 74,85 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta H_{\text{обр}}^{\circ}(\text{H}_2\text{O}_{(г)}) = - 241,83 \text{ кДж/моль}$$

Согласно следствию из закона Гесса тепловой эффект химической реакции равен разности между суммой энтальпий образования продуктов реакции и суммой энтальпий образования исходных веществ с учетом стехиометрических коэффициентов в уравнении реакции:

$\Delta H_{x.p.}^{\circ} = \sum_j n_j \Delta H_{обр}^{\circ}$  (продуктов реакции) –  $\sum_i n_i \Delta H_{обр}^{\circ}$  (исходных веществ), где  $n_i$  и  $n_j$  – стехиометрические коэффициенты перед исходными веществами и продуктами реакции. Рассчитаем тепловой эффект данной химической реакции:

$$\Delta H_{x.p.}^{\circ} = \Delta H_{обр}^{\circ}(\text{CH}_4) + \Delta H_{обр}^{\circ}(\text{H}_2\text{O}) - (\Delta H_{обр}^{\circ}(\text{CO}) + 3\Delta H_{обр}^{\circ}(\text{H}_2)) =$$

$$= -74,85 + 110,52 - 241,83 - 3 \cdot 0 = -206,16 \text{ кДж}$$

Ответ:  $\Delta H_{x.p.}^{\circ} = -206,16$

### Пример 2.

Реакция горения этана выражается термохимическим уравнением  $\text{C}_2\text{H}_6(\text{г}) + 7/2 \text{O}_2(\text{г}) = 2\text{CO}_2(\text{г}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{ж})$ ;

$\Delta H_{x.p.}^{\circ} = -1559,87$  кДж. Вычислите энтальпию образования этана.

Решение:

Из таблицы 1 Приложения выпишем стандартные энтальпии образования остальных веществ:

$$\Delta H_{обр}^{\circ}(\text{O}_2(\text{г})) = 0 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta H_{обр}^{\circ}(\text{CO}_2(\text{г})) = -393,51 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta H_{обр}^{\circ}(\text{H}_2\text{O}(\text{ж})) = -285,84 \text{ кДж/моль}$$

Согласно следствию из закона Гесса

$$\Delta H_{x.p.}^{\circ} = \sum_j n_j \Delta H_{обр}^{\circ}$$
 (продуктов реакции) –  $\sum_i n_i \Delta H_{обр}^{\circ}$  (исходных веществ)

Отсюда

$$\Delta H_{x.p.}^{\circ} = 2\Delta H_{обр}^{\circ}(\text{CO}_2) + 3\Delta H_{обр}^{\circ}(\text{H}_2\text{O}) - (\Delta H_{обр}^{\circ}(\text{C}_2\text{H}_6) + 7/2\Delta H_{обр}^{\circ}(\text{O}_2))$$

Выразим  $\Delta H_{обр}^{\circ}(\text{C}_2\text{H}_6)$ , учитывая, что  $\Delta H_{обр}^{\circ}(\text{O}_2) = 0$  кДж/моль

$$\Delta H_{\text{обр}}^{\circ}(\text{C}_2\text{H}_6) = 2\Delta H_{\text{обр}}^{\circ}(\text{CO}_2) + 3\Delta H_{\text{обр}}^{\circ}(\text{H}_2\text{O}) - \Delta H_{\text{х.р.}}^{\circ} =$$

$$= 2 \cdot (-393,51) + 3 \cdot (-285,84) + 1559,87 = -84,67 \text{ кДж/моль}$$

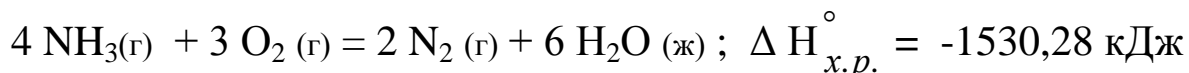
Ответ:  $\Delta H_{\text{обр}}^{\circ}(\text{C}_2\text{H}_6) = -84,67 \text{ кДж/моль}$ .

## Контрольные вопросы

31. Газообразный этиловый спирт  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  можно получить при взаимодействии этилена  $\text{C}_2\text{H}_4$  (г) и водяных паров. Напишите термохимическое уравнение этой реакции и вычислите ее тепловой эффект.
32. Определите стандартную энтальпию образования сероуглерода  $\text{CS}_2$ , если известно:
- $$\text{CS}_2(\text{ж}) + 3 \text{O}_2(\text{г}) = \text{CO}_2(\text{г}) + 2 \text{SO}_2(\text{г}); \quad \Delta H_{\text{х.р.}}^{\circ} = -1075 \text{ кДж}$$
33. При сгорании газообразного аммиака образуются пары воды и газообразный оксид азота (II). Напишите термохимическое уравнение этой реакции и вычислите ее тепловой эффект в расчете на 1 моль аммиака.
34. Тепловой эффект реакции сгорания жидкого бензола с образованием паров воды и оксида углерода (IV) равен  $-3135,58 \text{ кДж}$ . Составьте термохимическое уравнение этой реакции и вычислите стандартную энтальпию образования бензола  $\text{C}_6\text{H}_6$  (ж).
35. При взаимодействии газообразных сероводорода и оксида углерода (IV) образуются сероуглерод  $\text{CS}_2$  (г) и пары воды. Напишите термохимическое уравнение этой реакции и вычислите ее тепловой эффект.
36. Рассчитайте стандартную энтальпию образования гидразина  $\text{N}_2\text{H}_4$  (ж), если известно:
- $$\text{N}_2\text{H}_4(\text{ж}) + 2 \text{I}_2(\text{к}) = 4 \text{HI}(\text{г}) + \text{N}_2(\text{г}); \quad \Delta H_{\text{х.р.}}^{\circ} = 55,66 \text{ кДж}$$
37. При сгорании газообразного ацетиленов  $\text{C}_2\text{H}_2$ (г) образуются пары воды и оксид углерода (IV). Напишите термохимическое уравнение этой реакции и вычислите ее тепловой эффект. Рас-

считайте, сколько теплоты выделится при сгорании 165 литров ацетилена при нормальных условиях.

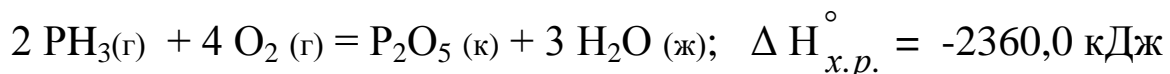
38. Реакция горения аммиака выражается термохимическим уравнением:



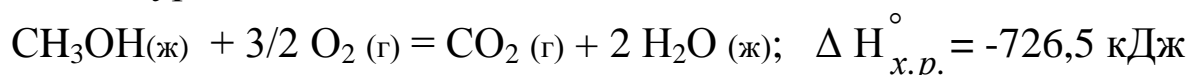
Вычислите стандартную энтальпию образования аммиака.

39. При сгорании одного литра ацетилена  $\text{C}_2\text{H}_2(\text{г})$  (н.у.) выделяется 53,053 кДж теплоты. Напишите термохимическое уравнение этой реакции и вычислите стандартную энтальпию образования ацетилена.

40. Рассчитайте стандартную энтальпию образования  $\text{PH}_3(\text{г})$ , если известно:



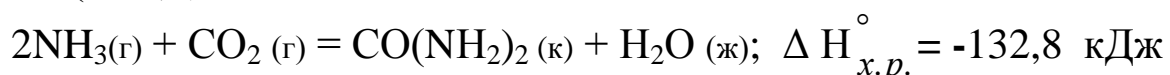
41. Реакция горения метилового спирта выражается термохимическим уравнением:



Вычислите стандартную энтальпию образования метилового спирта.

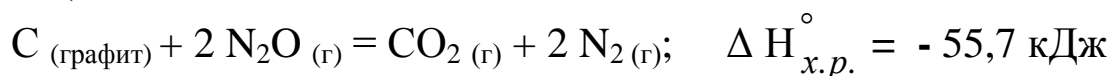
42. При восстановлении 12,7 г оксида меди (II) углем с образованием оксида углерода (II) поглощается 8,24 кДж теплоты. Вычислите стандартную энтальпию образования оксида меди (II).

43. Вычислите стандартную энтальпию образования мочевины  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ , если известно:



44. При сгорании 11,5 г жидкого этилового спирта выделилось 308,71 кДж теплоты. Напишите термохимическое уравнение реакции, в результате которой образуются пары воды и оксид углерода (IV). Вычислите стандартную энтальпию образования  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{ж})$ .

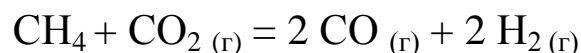
45. Вычислите стандартную энтальпию образования оксида азота (I), если известно:



## Термодинамические расчеты

### Пример 1.

Прямая или обратная реакция будет протекать при стандартных условиях в системе



Решение.

Для ответа на вопрос следует вычислить  $\Delta G_{298}^\circ$  прямой реакции. Из таблицы 1 Приложения выпишем стандартные значения энергии Гиббса образования исходных веществ и продуктов реакции.

$$\Delta G_{обр.}^\circ (\text{CH}_4 (\text{г})) = - 50,79 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta G_{обр.}^\circ (\text{CO}_2 (\text{г})) = - 394,38 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta G_{обр.}^\circ (\text{CO} (\text{г})) = - 137,27 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta G_{обр.}^\circ (\text{H}_2 (\text{г})) = 0 \text{ кДж/моль}$$

Изменение энергии Гиббса для химической реакции вычислим по формуле:

$$\Delta G_{х.р.}^\circ = \sum_j n_j \Delta G_{обр.}^\circ (\text{продуктов реакции}) - \sum_i n_i \Delta G_{обр.}^\circ (\text{исходных веществ})$$

Для данной химической реакции

$$\begin{aligned} \Delta G_{х.р.}^\circ &= 2 \Delta G_{обр.}^\circ (\text{CO}) + 2 \Delta G_{обр.}^\circ (\text{H}_2) - (\Delta G_{обр.}^\circ (\text{CH}_4) + \Delta G_{обр.}^\circ (\text{CO}_2)) = \\ &= 2 \cdot (-137,27) + 2 \cdot 0 - (- 50,79 - 394,38) = 170,63 \text{ кДж} \end{aligned}$$

То, что  $\Delta G_{х.р.}^\circ > 0$ , указывает на невозможность самопроизвольного протекания прямой реакции при стандартных условиях. Возможно самопроизвольное протекание при данных условиях только обратной реакции.

### Пример 2.

На основании стандартных энтальпий образования веществ и абсолютных стандартных энтропий соответствующих веществ

вычислить  $\Delta G_{298}^{\circ}$  химической реакции, протекающей по уравнению:  $\text{CO}(\text{г}) + \text{H}_2\text{O}(\text{ж}) = \text{CO}_2(\text{г}) + \text{H}_2(\text{г})$

Решение.

Изменение энергии Гиббса для химической реакции будем вычислять по формуле:  $\Delta G_{x.p.}^{\circ} = \Delta H_{x.p.}^{\circ} - T \Delta S_{x.p.}^{\circ}$ .

Для расчета  $\Delta H_{x.p.}^{\circ}$  и  $\Delta S_{x.p.}^{\circ}$  воспользуемся формулами:

$$\Delta H_{x.p.}^{\circ} = \sum_j n_j \Delta H_{обр}^{\circ} (\text{продуктов реакции}) - \sum_i n_i \Delta H_{обр}^{\circ} (\text{исходных веществ})$$

$$\Delta S_{x.p.}^{\circ} = \sum_j n_j \Delta S^{\circ} (\text{продуктов реакции}) - \sum_i n_i \Delta S^{\circ} (\text{исходных веществ})$$

Из таблицы 1 Приложения выпишем стандартные энтальпии образования и абсолютные стандартные энтропии исходных веществ и продуктов реакции:

$$\Delta H_{обр}^{\circ} (\text{CO}(\text{г})) = -110,52 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta H_{обр}^{\circ} (\text{H}_2\text{O}(\text{ж})) = -285,84 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta H_{обр}^{\circ} (\text{CO}_2(\text{г})) = -393,51 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta H_{обр}^{\circ} (\text{H}_2(\text{г})) = 0 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta S^{\circ} (\text{CO}(\text{г})) = 197,91 \text{ кДж/(моль}\cdot\text{К)}$$

$$\Delta S^{\circ} (\text{H}_2\text{O}(\text{ж})) = 69,94 \text{ кДж/(моль}\cdot\text{К)}$$

$$\Delta S^{\circ} (\text{CO}_2(\text{г})) = 213,65 \text{ кДж/(моль}\cdot\text{К)}$$

$$\Delta S^{\circ} (\text{H}_2(\text{г})) = 130,59 \text{ кДж/(моль}\cdot\text{К)}$$

Для данной химической реакции

$$\Delta H_{x.p.}^{\circ} = \Delta H_{обр}^{\circ} (\text{CO}_2) + \Delta H_{обр}^{\circ} (\text{H}_2) - (\Delta H_{обр}^{\circ} (\text{CO}) - \Delta H_{обр}^{\circ} (\text{H}_2\text{O})) =$$

$$= -(-110,52 - 285,84) = 2,85 \text{ кДж}$$

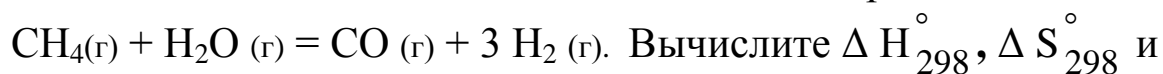
$$\Delta S_{x.p.}^{\circ} = S^{\circ} (\text{CO}_2) + S^{\circ} (\text{H}_2) - (S^{\circ} (\text{CO}) - S^{\circ} (\text{H}_2\text{O})) = 213,65 + 130,59 -$$

$$197,91 - 69,94 = 76,39 \text{ Дж/}\cdot\text{К} = 0,07639 \text{ кДж/К}$$

$$\Delta G_{x.p.}^{\circ} = 2,85 - 298 \cdot 0,07639 = -19,91 \text{ кДж}$$

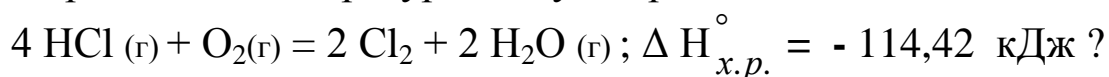
## Контрольные вопросы

46. Одним из способов промышленного получения водорода является взаимодействие метана с водяным паром:



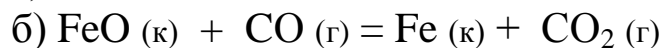
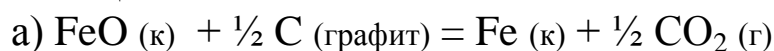
Вычислите  $\Delta H_{298}^\circ$ ,  $\Delta S_{298}^\circ$  и  $\Delta G_{298}^\circ$  этой реакции и установите, будет ли она самопроизвольно протекать при стандартных условиях.

47. При какой температуре наступит равновесие системы



48. На основании стандартных энтальпий образования веществ и абсолютных стандартных энтропий соответствующих веществ вычислить  $\Delta G_{298}^\circ$  химической реакции, протекающей по уравнению  $\text{CH}_4(\text{г}) + \text{CO}_2(\text{г}) = 2 \text{CO}(\text{г}) + 2 \text{H}_2(\text{г})$ . Возможна ли эта реакция при стандартных условиях?

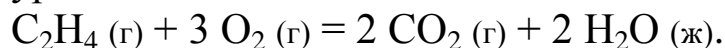
49. Вычислить значения  $\Delta G_{298}^\circ$  для следующих химических реакций:



Протекание какой из этих реакций наиболее вероятно при стандартных условиях?

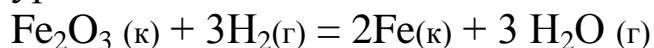
50. На основании стандартных энтальпий образования веществ и абсолютных стандартных энтропий соответствующих веществ вычислить  $\Delta G_{298}^\circ$  химической реакции, протекающей по

уравнению



Возможна ли эта реакция при стандартных условиях?

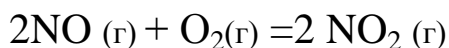
51. Реакция восстановления  $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{к})$  водородом протекает по уравнению



Вычислите  $\Delta H_{298}^\circ$ ,  $\Delta S_{298}^\circ$  и  $\Delta G_{298}^\circ$  этой химической реакции. При какой температуре начнется восстановление  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ?

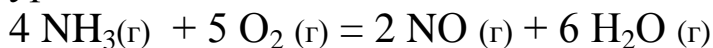
52. Прямая или обратная реакция будет протекать при стандартных условиях в системе





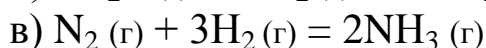
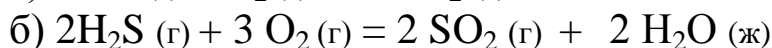
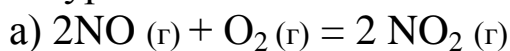
Ответ мотивируйте, вычислив  $\Delta G_{298}^\circ$  прямой реакции.

53. На основании стандартных энтальпий образования веществ и абсолютных стандартных энтропий соответствующих веществ вычислить  $\Delta G_{298}^\circ$  химической реакции, протекающей по уравнению

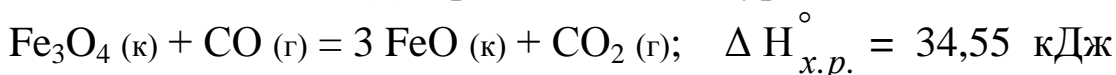


Возможна ли эта реакция при стандартных условиях?

54. Вычислите  $\Delta S_{298}^\circ$  для химических реакций, протекающих по уравнениям:



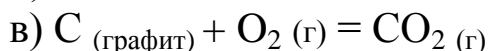
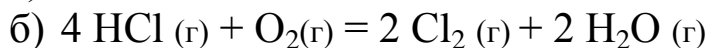
55. Определите, при какой температуре начнется реакция восстановления  $\text{Fe}_3\text{O}_4(\text{к})$ , протекающая по уравнению



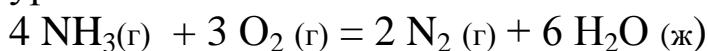
56. Реакция горения ацетилена  $\text{C}_2\text{H}_2(\text{г})$  идет по уравнению  $\text{C}_2\text{H}_2(\text{г}) + 5/2\text{O}_2(\text{г}) = 2\text{CO}_2(\text{г}) + \text{H}_2\text{O}(\text{ж})$ .

Вычислите  $\Delta H_{298}^\circ$ ,  $\Delta S_{298}^\circ$  и  $\Delta G_{298}^\circ$  этой химической реакции и установите, будет ли она самопроизвольно протекать при стандартных условиях.

57. Вычислите  $\Delta S_{298}^\circ$  для химических реакций, протекающих по уравнениям:

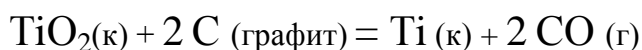


58. На основании стандартных энтальпий образования веществ и абсолютных стандартных энтропий соответствующих веществ вычислить  $\Delta G_{298}^\circ$  химической реакции, протекающей по уравнению:



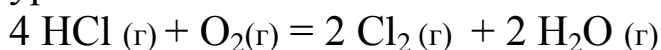
Возможна ли эта реакция при стандартных условиях?

59. Вычислите  $\Delta H_{298}^\circ$ ,  $\Delta S_{298}^\circ$  и  $\Delta G_{298}^\circ$  для реакции, протекающей по уравнению



Возможна ли реакция восстановления  $\text{TiO}_2$  углеродом при температурах 1000 К и 3000 К?

60. На основании стандартных энтальпий образования веществ и абсолютных стандартных энтропий соответствующих веществ вычислить  $\Delta G_{298}^\circ$  химической реакции, протекающей по уравнению:



Возможна ли эта реакция при стандартных условиях?

## Химическая кинетика и равновесие

### Пример 1.

Как изменится скорость прямой химической реакции

$2 \text{NO} (\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) \rightarrow 2 \text{NO}_2 (\text{г})$ , если объем газовой смеси уменьшить в три раза?

Решение. Обозначим концентрации исходных веществ

$$C_{(\text{NO})} = a, C_{(\text{O}_2)} = b.$$

Согласно закону действия масс, скорость прямой реакции до изменения объема  $v_1 = ka^2b$ .

После уменьшения объема гомогенной системы в 3 раза, концентрация каждого из реагирующих веществ увеличится в три раза  $C_{(\text{NO})} = 3a, C_{(\text{O}_2)} = 3b$ .

При новых концентрациях скорость прямой реакции будет

$$v_2 = k(3a)^2 3b = 27 ka^2b, \text{ отсюда}$$

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{27ka^2b}{ka^2b} = 27$$

Скорость прямой реакции увеличится в 27 раз.

**Пример 2.**

Константа равновесия гомогенной системы

$\text{CO}(\text{г}) + \text{H}_2\text{O}(\text{г}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{г}) + \text{H}_2(\text{г})$  при  $850^\circ\text{C}$  равна 1. Вычислите равновесные концентрации всех веществ, если исходные концентрации  $C(\text{CO}) = 3$  моль/л,  $C(\text{H}_2\text{O}) = 2$  моль/л.

Решение.

При химическом равновесии скорости прямой и обратной реакций равны, а отношение констант скоростей этих реакций постоянно и называется константой равновесия данной системы:

$$v_{\text{пр.}} = k_1 \cdot [\text{CO}] \cdot [\text{H}_2\text{O}], \quad v_{\text{обр.}} = k_2 \cdot [\text{CO}_2] \cdot [\text{H}_2], \quad v_{\text{пр.}} = v_{\text{обр.}}$$

Отсюда

$$K_{\text{равн}} = \frac{k_1}{k_2} = \frac{[\text{CO}_2] \cdot [\text{H}_2]}{[\text{CO}] \cdot [\text{H}_2\text{O}]}$$

В условии задачи даны исходные концентрации, тогда как в выражении  $K_{\text{равн}}$  входят только равновесные концентрации всех веществ системы. Пусть к моменту равновесия концентрация  $[\text{CO}_2] = x$  моль/л. Согласно уравнению реакции  $[\text{H}_2] = x$  моль/л. Столько же моль ( $x$  моль/л)  $\text{CO}$  и  $\text{H}_2\text{O}$  расходуется на образование  $x$  моль  $\text{CO}$  и  $\text{H}_2\text{O}$ .

Следовательно, равновесные концентрации всех четырех веществ:

$$[\text{CO}_2] = [\text{H}_2] = x \text{ моль/л}$$

$$[\text{CO}] = (3 - x) \text{ моль/л}$$

$$[\text{H}_2\text{O}] = (2 - x) \text{ моль/л}$$

Подставляем их в выражение для константы равновесия:

$$\frac{x^2}{(3-x) \cdot (2-x)} = 1$$

$$x^2 = 6 - 2x - 3x + x^2$$

$$5x = 6$$

$$x = 1,2 \text{ моль/л}$$

Таким образом, искомые равновесные концентрации:

$$[\text{CO}_2] = [\text{H}_2] = 1,2 \text{ моль/л}$$

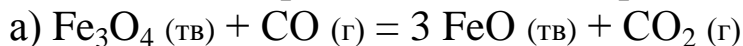
$$[\text{CO}] = 3 - 1,2 = 1,8 \text{ моль/л}$$

$$[\text{H}_2\text{O}] = 2 - 1,2 = 0,8 \text{ моль/л.}$$

### Контрольные вопросы

61. Во сколько раз изменится скорость реакции  $2\text{A} + \text{B} \rightarrow \text{A}_2\text{B}$ , если концентрацию вещества А увеличить в 2 раза, а концентрацию вещества В уменьшить в 2 раза?
62. Температурный коэффициент скорости некоторой реакции равен 2,3. Во сколько раз увеличится скорость этой реакции, если повысить температуру с  $25^\circ\text{C}$  до  $50^\circ\text{C}$ .
63. Как изменится скорость прямой реакции  $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{SO}_3(\text{г})$ , если объем системы увеличить в три раза?
64. Две химические реакции протекают при  $25^\circ\text{C}$  с одинаковой скоростью. Температурный коэффициент скорости первой реакции равен 2,0, а второй – 2,5. Найдите отношение скоростей этих реакций при  $95^\circ\text{C}$ .
65. Рассчитайте, как изменится скорость прямой реакции  $2\text{NO}(\text{г}) + \text{Br}_2(\text{г}) \rightarrow 2\text{NOBr}(\text{г})$ , если увеличить давление в системе в 3 раза.
66. Вычислите, во сколько раз уменьшится скорость реакции, протекающей в газовой фазе, если понизить температуру от  $120^\circ\text{C}$  до  $80^\circ\text{C}$ . Температурный коэффициент скорости реакции равен 3.
67. Напишите выражение для констант равновесия гомогенной системы  $\text{N}_2(\text{г}) + 3\text{H}_2(\text{г}) \rightarrow 2\text{NH}_3(\text{г})$ . Как изменится скорость прямой реакции – образования аммиака, если увеличить концентрацию водорода в 3 раза.
68. Вычислить температурный коэффициент скорости реакции, зная, что с повышением температуры от  $20^\circ\text{C}$  до  $80^\circ\text{C}$  скорость реакции возрастает в 64 раза.
69. При некоторой температуре равновесие гомогенной системы  $2\text{NO}(\text{г}) + \text{Cl}_2(\text{г}) \rightarrow 2\text{NOCl}(\text{г})$  установилось при следующих концентрациях веществ:  $[\text{NO}] = 2 \text{ моль/л}$ ;  $[\text{Cl}_2] = 0,1 \text{ моль/л}$ ;  $[\text{NOCl}] = 0,1 \text{ моль/л}$ . Вычислить константу равновесия системы и исходные концентрации оксида азота (II) и хлора.

70. Напишите выражения констант равновесия для реакций:



Как отразится повышение давления на равновесие этих систем?

71. Составьте выражение константы равновесия для системы  $4 \text{NH}_3(\text{г}) + 5 \text{O}_2 (\text{г}) = 4 \text{NO} (\text{г}) + 6 \text{H}_2\text{O} (\text{ж})$ .

Как изменится скорость прямой реакции с увеличением концентрации кислорода в 2 раза?

72. Равновесие гомогенной системы

$4 \text{HCl} (\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) = 2 \text{Cl}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} (\text{г})$  установилось при следующих концентрациях реагирующих веществ:

$[\text{HCl}] = 0,2$  моль/л;  $[\text{O}_2] = 0,32$  моль/л;  $[\text{Cl}_2] = 0,14$  моль/л;

$[\text{H}_2\text{O}] = 0,14$  моль/л. Вычислите константу равновесия системы и исходные концентрации хлороводорода и кислорода.

73. Составьте выражение для константы равновесия гетерогенной системы  $\text{CO}_2 (\text{г}) + \text{C}(\text{тв}) \rightarrow 2\text{CO} (\text{г})$ . Как изменится скорость прямой реакции – образования CO, если концентрацию  $\text{CO}_2$  уменьшить в четыре раза? Как следует изменить давление, чтобы повысить выход CO?

74. При некоторой температуре равновесие гомогенной системы  $2 \text{NO} (\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) \rightarrow 2 \text{NO}_2 (\text{г})$  установилось при следующих концентрациях реагирующих веществ:  $[\text{NO}] = 0,2$  моль/л;  $[\text{O}_2] = 0,1$  моль/л;  $[\text{NO}_2] = 0,1$  моль/л. Вычислите константу равновесия системы и исходные концентрации NO и  $\text{O}_2$ .

75. Напишите выражение константы равновесия гомогенной системы  $\text{CH}_4(\text{г}) + 2 \text{H}_2\text{S} (\text{г}) \rightarrow \text{CS}_2 (\text{г}) + \text{H}_2 (\text{г})$ ;  $\Delta H_{\text{x.p.}}^\circ = 230$  кДж.

Укажите направление смещения равновесия:

а) при повышении температуры, если давление постоянно;

б) при понижении давления, если температура постоянна.

## Способы выражения состава раствора

### Пример 1.

Сколько миллилитров 98 % - ного раствора серной кислоты плотностью 1,84 г/мл взять, чтобы приготовить 200 мл 0,1 М раствора.

Решение.

Рассчитаем молярную массу серной кислоты

$$M_{(H_2SO_4)} = 1 \cdot 2 + 32 + 16 \cdot 4 = 98 \text{ г/моль}$$

Из формулы для молярной концентрации

$$C_M = \frac{m_{(в - ва)}}{M_{(в - ва)} \cdot V_{(л)}}$$

находим массу  $H_2SO_4$ , необходимую для приготовления 0,1 М раствора  $m_{(в - ва)} = C_M \cdot M \cdot V_{(л)}$ ;  $m(H_2SO_4) = 0,1 \cdot 98 \cdot 0,2 = 1,96 \text{ г}$

Из формулы для массовой доли растворенного вещества

$$\omega(\%) = \frac{m_{(в - ва)}}{m_{(р - ра)}} \cdot 100\%$$

находим массу раствора  $H_2SO_4$   $m_{(р - ра)} = \frac{m_{(в - ва)} \cdot 100\%}{\omega(\%)}$ ;

$$m_{(р - ра)} = \frac{1,96 \cdot 100}{98} = 2 \text{ г}$$

Массу раствора переводим в объем  $V = \frac{m_{(р - ра)}}{\rho}$ ;

$$V(H_2SO_4) = \frac{2}{1,84} = 1,08 \text{ мл}$$

### Пример 2.

Рассчитать молярную, нормальную концентрацию и титр 6 %-ного раствора серной кислоты, плотность которого равна 1,040 г/мл.

Решение.

Рассчитаем массу 1000 мл раствора  $H_2SO_4$  по формуле

$$m_{(р - ра)} = \rho \cdot V, \quad m_{(р - ра)} = 1,040 \cdot 1000 = 1040 \text{ г}$$

Найдем массу серной кислоты в 1 литре 6 %-ного раствора из формулы для массовой доли растворенного вещества

$$\omega(\%) = \frac{m_{(в - ва)}}{m_{(р - ра)}} \cdot 100\% ; \quad m_{(в - ва)} = \frac{\omega(\%) \cdot m_{(р - ра)}}{100\%}$$

$$m(H_2SO_4) = \frac{1040 \cdot 6}{100} = 62,4 \text{ г}$$

Найдем молярную концентрацию раствора  $H_2SO_4$

$$C_M = \frac{m_{(в - ва)}}{M_{(в - ва)} \cdot V_{(л)}} ; \quad M(H_2SO_4) = 98 \text{ г/моль}; \quad C_M = \frac{62,4}{98 \cdot 1} = 0,64 \text{ М}$$

Найдем нормальную концентрацию раствора  $H_2SO_4$

$$C_N = \frac{m_{(в - ва)}}{M_{э}(в - ва) \cdot V_{(л)}} ; \quad M_{э}(H_2SO_4) = \frac{M(H_2SO_4)}{2} = 49 \text{ г/моль}$$

$$C_N = \frac{62,4}{49 \cdot 1} = 1,28 \text{ Н}$$

Найдем титр раствора  $H_2SO_4$

$$T = \frac{m_{(в - ва)}}{V_{(мл)}} ; \quad T = \frac{62,4}{1000} = 0,0624 \text{ г/мл}$$

### Контрольные вопросы

76. Вычислить массовую долю полученного раствора азотной кислоты, если к 500 мл 32 %-ного раствора этой кислоты (плотность 1,2 г/мл) добавили 1 литр воды.
77. Сколько граммов сульфата натрия потребуется для приготовления 5 л 8 %-ного раствора (плотность 1,075 г/мл)?
78. Сколько граммов гидроксида натрия нужно взять для приготовления 2 л 10 %-ного раствора, плотность которого 1,15 г/мл?
79. Сколько миллилитров 20 %-ного раствора серной кислоты (плотность 1,14 г/мл) нужно взять, чтобы приготовить 1 л 0,1 н раствора?

80. Чему равна нормальная концентрация раствора соляной кислоты, содержащей 36,5 % кислоты, плотность которого 1,18 г/мл?
81. Вычислить молярную, нормальную и моляльную концентрации 20 %-ного раствора азотной кислоты (плотность 1,12 г/мл). Сколько граммов кислоты содержится в 4 л этого раствора?
82. Вычислить массовую долю  $n$  раствора гидроксида натрия, плотность которого равна 1,08 г/мл?
83. Вычислить молярную, нормальную концентрации и титр 20 %-ного раствора хлорида кальция, плотность которого равна 1,178 г/мл?
84. Сколько граммов нитрата натрия потребуется для приготовления 800 мл 0,2 М раствора?
85. Чему равна нормальная концентрация 30 %-ного раствора гидроксида натрия с плотностью 1,33 г/мл? К 1 литру этого раствора добавили 5 литров воды. Вычислить массовую долю полученного раствора.
86. Какой объем 18%-ного раствора соляной кислоты плотностью 1,09 г/мл потребуется для приготовления 250 мл 0,1 н раствора?
87. Рассчитать молярную, нормальную концентрации и титр 10 %-ного раствора сульфата меди (II), плотность которого равна 1,059 г/мл.
88. Какой объем 30%-ного раствора азотной кислоты плотностью 1,18 г/мл потребуется для приготовления 250 мл 0,2 н раствора?
89. Сколько граммов сульфата меди (II) потребуется взять для приготовления 500 мл 0,5 н раствора?
90. Вычислить молярную, моляльную и нормальную концентрации 16 %-ного раствора хлорида алюминия (плотность 1,149 г/мл).



## Свойства разбавленных растворов неэлектролитов

### Пример 1.

Определить осмотическое давление раствора, в 250 мл которого содержится 17,1 г сахарозы  $C_{12}H_{22}O_{11}$  при  $7^\circ C$ .

Решение.

Величину осмотическое давление раствора вычислим по формуле Вант-Гоффа:

$$P_{\text{осм}} = C_M RT$$

где  $C_M$  - молярная концентрация раствора;

$R$  - универсальная газовая постоянная ( $8,31 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К}$ );

$T$  - абсолютная температура ( $273 \text{ К} + t^\circ C$ )

Найдем молярную концентрацию раствора по формуле:

$$C_M = \frac{m(\text{в-ва})}{M(\text{в-ва})V(\text{л})}; \quad M(C_{12}H_{22}O_{11}) = 342 \text{ г/мл}$$

$$C_M = \frac{17,1}{342 \cdot 0,25} = 0,2 \text{ моль/л.}$$

Найдем осмотическое давление раствора

$$P_{\text{осм}} = 0,2 \cdot 8,31 \cdot (273+7) = 465,4 \text{ кПа}$$

### Пример 2.

Вычислить температуру кипения 2%-ного водного раствора глюкозы  $C_6H_{12}O_6$ . Эбуллиоскопическая константа воды равна  $0,52 \frac{\text{град} \cdot \text{кг}}{\text{моль}}$ .

Решение.

Согласно второму закону Рауля, повышение температуры кипения раствора, по сравнению с температурой кипения чистого растворителя, определяется по формуле:

$$\Delta t_{\text{кип}} = E \cdot C_m,$$

где  $E$ - эбуллиоскопическая константа растворителя;  
 $C_m$ -моляльная концентрация раствора.

Вычислим моляльную концентрацию раствора по формуле:

$$C_m = \frac{m(v - va) \cdot 1000}{M(v - va) \cdot m(p - ля)}; \quad M(C_6H_{12}O_6) = 180 \text{ г/моль}$$

Массу вещества и массу растворителя можно найти, исходя из массовой доли растворенного вещества в растворе.  
 В 100 г раствора содержится 2 г глюкозы и 98 г воды

$$C_m = \frac{2 \cdot 1000}{180 \cdot 98} = 0,11 \text{ моль/кг};$$

$$\text{тогда } \Delta t_{\text{кип}} = 0,52 \cdot 0,11 = 0,06^\circ$$

Найдем температуру кипения раствора по формуле:

$$t_{\text{кип}}(p\text{-ра}) = 100 + 0,06 = 100,06^\circ \text{C}.$$

### Контрольные вопросы

91. Раствор, в 100 которого содержится 2,3 г неэлектролита, обладает при  $25^\circ\text{C}$  осмотическим давлением, равным 618,5 кПа. Определить молярную массу вещества.
92. К 100 мл 0,5 М раствора сахарозы  $C_{12}H_{22}O_{11}$  добавили 300 мл воды. Чему равно осмотическое давление полученного раствора при  $25^\circ\text{C}$ .
93. Вычислить величину осмотического давления раствора, в 1 литре которого содержится 34,2 г сахарозы  $C_{12}H_{22}O_{11}$  при температуре  $27^\circ\text{C}$ .
94. Сколько моль неэлектролита должен содержать 1 литр раствора, чтобы его осмотическое давление при  $25^\circ\text{C}$  было равно 2,47 кПа?
95. При какой температуре осмотическое давление раствора, содержащего в 1 литре 45 г глюкозы  $C_6H_{12}O_6$ , станет равным 607,8 кПа?

96. При 315 К давление насыщенного пара над водой равно 8,2 кПа. На сколько оно понизится при указанной температуре, если в 540 г воды растворить 36 г глюкозы  $C_6H_{12}O_6$ ?
97. Вычислить давление насыщенного пара над 10%-ным раствором сахарозы  $C_{12}H_{22}O_{11}$  при температуре 100°C.
98. Вычислить при 65°C давление насыщенного пара над раствором, содержащим 13,68 г сахарозы  $C_{12}H_{22}O_{11}$  в 90 г воды, если давление насыщенного пара над водой, при той же температуре равно 25 кПа.
99. При 293 К давление насыщенного пара над водой равно 2,34 кПа. Сколько граммов глицерина  $C_3H_5(OH)_3$  нужно растворить в 180 г воды, чтобы понизить давление пара на 133,3Па?
100. Вычислить температуру кипения и кристаллизации 40%-ного водного раствора формальдегида  $HCHO$  (формалина). Эбуллиоскопическая константа воды равна  $0,52 \frac{\text{град} \cdot \text{кг}}{\text{моль}}$ , криоскопическая -  $1,86 \frac{\text{град} \cdot \text{кг}}{\text{моль}}$ .
101. При растворении 0,4 г некоторого вещества в 10 г воды температура кристаллизации раствора понижается на 1,24°C. Вычислить молярную массу растворенного вещества. Криоскопическая константа воды равна  $1,86 \frac{\text{град} \cdot \text{кг}}{\text{моль}}$ .
102. При какой температуре будет кристаллизоваться 6%-ный раствор фенола  $C_6H_5OH$ ? Криоскопическая константа воды равна  $1,86 \frac{\text{град} \cdot \text{кг}}{\text{моль}}$ .
103. Вычислить массовую долю водного раствора глицерина  $C_3H_5(OH)_3$ , зная, что раствор кипит при температуре 100,39°C. Эбуллиоскопическая константа воды равна  $0,52 \frac{\text{град} \cdot \text{кг}}{\text{моль}}$ .
104. Раствор, содержащий 5,4 г неэлектролита в 200 г воды, кипит при 100,078°C. Вычислить молярную массу растворенного вещества. Эбуллиоскопическая константа воды равна  $0,52 \frac{\text{град} \cdot \text{кг}}{\text{моль}}$ .
105. При какой температуре будет кристаллизоваться 40%-ный водный раствор этиленгликоля  $C_2H_4(OH)_2$ ? Криоскопическая константа воды равна -  $1,86 \frac{\text{град} \cdot \text{кг}}{\text{моль}}$ .

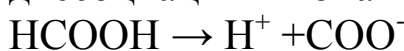
## Сильные и слабые электролиты. Водородный показатель рН

### Пример 1.

Вычислить степень диссоциации и концентрацию ионов  $\text{H}^+$  в 0,1 М растворе муравьиной кислоты.

Решение.

Муравьиная кислота  $\text{НСООН}$  относится к слабым электролитам. В водном растворе этой кислоты устанавливается равновесие между недиссоциированными молекулами и продуктами их диссоциации – ионами:



Вычислим степень диссоциации  $\alpha$  по закону разбавления Оствальда

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_{\text{дис}}}{C_{\text{М}}}}$$

где  $K_{\text{дис}}$  – константа диссоциации электролита, её находим по таблице № 2 (см. Приложение);

$C_{\text{М}}$  – молярная концентрация раствора электролита.

$$\alpha = \sqrt{\frac{1,8 \cdot 10^{-4}}{0,1}} = 4,24 \cdot 10^{-2}$$

Находим  $[\text{H}^+]$  в 0,1 М растворе  $\text{НСООН}$

$$[\text{H}^+] = C_{\text{М}} \cdot \alpha$$

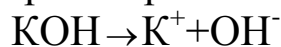
$$[\text{H}^+] = 0,1 \cdot 4,24 \cdot 10^{-2} = 4,24 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л}$$

### Пример 2.

Вычислить рН 0,01 М раствора гидроксида калия.

Решение.

Гидроксид калия  $\text{КОН}$  относится к сильным электролитам, его молекулы в растворе полностью диссоциируют на ионы:



Из соотношения  $\text{pH} + \text{pOH} = 14$  находим рН

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH}$$

Найдем рОН по формуле  $\text{pOH} = -\lg [\text{OH}^-]$

Для сильных электролитов  $[\text{OH}^-] = C_M$

$$\text{pOH} = -\lg C_M = -\lg(0,01) = -\lg(10^{-2}) = 2$$

$$\text{pH} = 14 - 2 = 12$$

### Контрольные вопросы

106. Какие вещества называют электролитами? Что такое степень электролитической диссоциации? Вычислить степень диссоциации 0,5 М раствора хлорноватистой кислоты  $\text{HClO}$ .
107. Вычислить концентрацию ионов водорода в 0,02 М растворе сернистой кислоты. Диссоциацией кислоты по второй ступени пренебречь.
108. Какие электролиты называются сильными? Что такое активность иона, коэффициент активности иона и ионная сила раствора? Вычислить рН 0,001 М раствора гидроксида натрия.
109. Чему равна концентрация ионов водорода в водном растворе муравьиной кислоты, если степень диссоциации равна 0,03?
110. Что такое водородный показатель? Какими величинами рН характеризуется нейтральная, кислая и щелочная среда? Вычислить рН растворов, в которых концентрация ионов  $\text{OH}^-$  (в моль/л) равна: а)  $10^{-3}$ ; б)  $2 \cdot 10^{-2}$ ; в)  $10^{-12}$ ; г)  $5 \cdot 10^{-10}$ .
111. Что такое константа диссоциации и степень диссоциации электролита? Какова взаимосвязь между ними? Вычислите константу диссоциации уксусной кислоты, если степень ее диссоциации в 0,1 М растворе равна  $1,32 \cdot 10^{-2}$ .
112. При какой концентрации раствора степень диссоциации азотной кислоты будет равна 0,2?
113. Вычислить степень диссоциации и рН 0,5 М раствора гидроксида аммония.
114. Найти молярную концентрацию ионов  $\text{H}^+$  в водных растворах, в которых концентрация ионов гидроксила (моль/л) равна: а)  $10^{-4}$ ; б)  $3,2 \cdot 10^{-6}$ ; в)  $10^{-11}$ ; г)  $2 \cdot 10^{-8}$ .

115. Найдите молярную концентрацию ионов  $\text{OH}^-$  в водных растворах, в которых концентрация ионов водорода (моль/л) составляет: а)  $10^{-10}$ ; б)  $1,5 \cdot 10^{-3}$ ; в)  $3 \cdot 10^{-9}$ ; г)  $10^{-5}$ .
116. Вычислите степень диссоциации и рН раствора азотистой кислоты, в 200 мл которого содержится 1,88 г азотистой кислоты.
117. В 0,1 М растворе уксусной кислоты степень диссоциации равна  $1,32 \cdot 10^{-2}$ . При какой концентрации азотистой кислоты ее степень диссоциации будет такой же?
118. Что такое ионное произведение воды? Дайте вывод ионного произведения воды. Как влияет температура на ионное произведение воды? Найти концентрацию ионов водорода в растворе, если концентрация ионов гидроксила равна  $2 \cdot 10^{-9}$  моль/л.
119. Вычислить рН раствора, в 1 л которого содержится 7,3 г соляной кислоты.
120. Вычислите степень диссоциации, концентрацию ионов  $\text{OH}^-$  и рН в 0,01 М растворе гидроксида аммония.

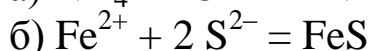
## Реакции ионного обмена в растворах электролитов

### Контрольные вопросы

121. Составьте молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакций взаимодействия в растворах между: а)  $\text{HCOONa}$  и  $\text{HCl}$ ; б)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  и  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ; в)  $\text{NiCl}_2$  и  $\text{K}_2\text{S}$ ; г)  $\text{ZnCl}_2$  и  $\text{NaOH}$ .
122. Составьте молекулярные уравнения реакций, которые выражаются следующими ионно-молекулярными уравнениями:
- а)  $\text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+ = \text{Fe}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O}$
- б)  $\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ = \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- в)  $\text{Cu}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{Cu}(\text{OH})_2$
- г)  $\text{H}^+ + \text{CH}_3\text{COO}^- = \text{CH}_3\text{COOH}$
123. Составьте по два молекулярных уравнения реакций, которые выражаются следующими ионно-молекулярными уравнениями:
- а)  $\text{Cu}^{2+} + 2\text{S}^{2-} = \text{CuS}$
- б)  $\text{Al}^{3+} + 3\text{OH}^- = \text{Al}(\text{OH})_3$

124. Какие из веществ:  $\text{KHCO}_3$ ;  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ;  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ;  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$  – будут взаимодействовать с раствором гидроксида натрия? Запишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения этих реакций.
125. Составьте молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакций взаимодействия в растворах между: а)  $\text{NaOH}$  и  $\text{HCl}$ ; б)  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  и  $\text{Na}_2\text{S}$ ; в)  $\text{K}_2\text{CO}_3$  и  $\text{HCl}$ ; г)  $\text{CH}_3\text{COONa}$  и  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .
126. Составьте молекулярные уравнения реакций, которые выражаются следующими ионно-молекулярными уравнениями:
- $\text{Pb}^{2+} + 2 \text{S}^{2-} = \text{PbS}$
  - $\text{CaCO}_3 + 2\text{H}^+ = \text{Ca}^{2+} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
  - $\text{H}^+ + \text{NO}_2 = \text{HNO}_2$
  - $\text{Cu}(\text{OH})_2 + 2 \text{H}^+ = \text{Cu}^{2+} + 2 \text{H}_2\text{O}$
127. Какие из веществ :  $\text{LiOH}$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  – будут взаимодействовать с раствором серной кислоты? Запишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения этих реакций.
128. Составьте по два молекулярных уравнения реакций, которые выражаются следующими ионно-молекулярными уравнениями:
- $\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$
  - $\text{Mg}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} = \text{MgCO}_3$
129. Какие из веществ:  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ;  $\text{CuCl}_2$ ;  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ;  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$  – будут взаимодействовать с раствором гидроксида калия? Запишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения этих реакций.
130. Составьте молекулярные уравнения реакций, которые выражаются следующими ионно-молекулярными уравнениями:
- $\text{Fe}^{3+} + 3\text{OH}^- = \text{Fe}(\text{OH})_3$
  - $\text{Zn}^{2+} + 2 \text{S}^{2-} = \text{ZnS}$
  - $\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ = \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
  - $\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$
131. Составьте по два молекулярных уравнения реакций, которые выражаются следующими ионно-молекулярными уравнениями:
- $\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} = \text{BaSO}_4$
  - $\text{SiO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ = \text{H}_2\text{SiO}_3$
132. Составьте молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакций взаимодействия в растворах между: а)  $\text{AgNO}_3$  и  $\text{KCl}$ ; б)  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  и  $\text{KI}$ ; в)  $\text{CH}_3\text{COOK}$  и  $\text{HCl}$ ; г)  $\text{K}_2\text{CO}_3$  и  $\text{HNO}_3$ .
133. Какие из веществ:  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ;  $\text{H}_2\text{S}$ ;  $\text{CaCO}_3$ ;  $\text{LiOH}$  – будут взаимодействовать с раствором азотной кислоты? Запишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения этих реакций.

134. Составьте по два молекулярных уравнения реакций, которые выражаются следующими ионно-молекулярными уравнениями:



135. Составьте молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакций взаимодействия в растворах между: а)  $\text{CaCl}_2$  и  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ; б)  $\text{Li}_2\text{SiO}_3$  и  $\text{HNO}_3$ ; в)  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  и  $\text{KOH}$ ; г)  $\text{NiCl}_2$  и  $\text{K}_2\text{S}$ .

## Гидролиз солей

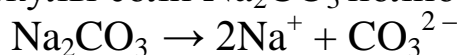
### Пример.

Составьте ионно-молекулярные и молекулярные уравнения гидролиза солей: а)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ; б)  $\text{ZnSO}_4$ .

Укажите значение рН растворов этих солей.

Решение.

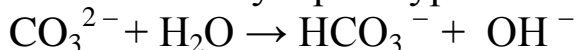
а) Карбонат натрия  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  - соль слабой многоосновной кислоты  $\text{H}_2\text{CO}_3$  и сильного основания  $\text{NaOH}$ . При растворении в воде молекулы соли  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  полностью диссоциируют на ионы:



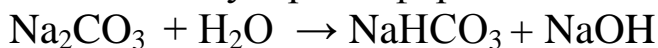
Катионы  $\text{Na}^+$  не могут связывать ионы  $\text{OH}^-$  воды, так как  $\text{NaOH}$  - сильный электролит. Анионы  $\text{CO}_3^{2-}$  связывают ионы  $\text{H}^+$  воды, образуя анионы кислой соли  $\text{HCO}_3^-$ .

В обычных условиях гидролиз идет только по первой ступени. Соль гидролизуется по аниону слабой кислоты.

Ионно-молекулярное уравнение гидролиза



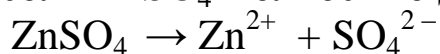
или в молекулярной форме



В растворе появляется избыток ионов  $\text{OH}^-$ , поэтому раствор

$\text{Na}_2\text{CO}_3$  имеет щелочную среду ( $\text{pH} > 7$ )

б) Сульфат цинка  $\text{ZnSO}_4$  - соль слабого многокислотного основания  $\text{Zn}(\text{OH})_2$  и сильной кислоты  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . При растворении в воде молекулы соли  $\text{ZnSO}_4$  полностью диссоциируют на ионы:

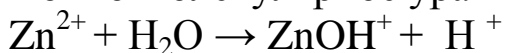


Катионы  $\text{Zn}^{2+}$  связывают ионы  $\text{OH}^-$  воды, образуя катионы основной соли  $\text{ZnOH}^+$ . В обычных условиях гидролиз идет только по пер-

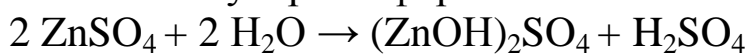


вой ступени. Соль гидролизуеться по катиону слабого основания.

Ионно-молекулярное уравнение гидролиза



или в молекулярной форме



В растворе появляется избыток ионов  $\text{H}^+$ , поэтому раствор соли  $\text{ZnSO}_4$  имеет кислую среду ( $\text{pH} < 7$ ).

## Контрольные вопросы

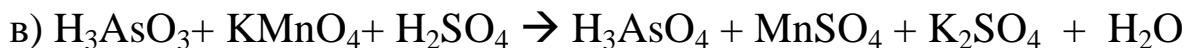
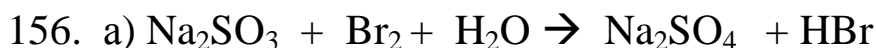
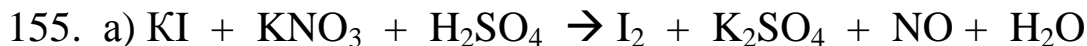
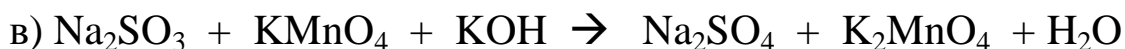
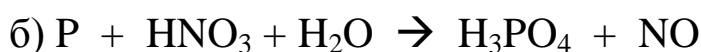
136. Какие из перечисленных солей подвергаются гидролизу:  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{KCl}$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{S}$ ? Составьте ионно-молекулярные и молекулярные уравнения гидролиза соответствующих солей. Какое значение pH имеют растворы этих солей?
137. Составьте ионно-молекулярные и молекулярные уравнения гидролиза солей:  $\text{Na}_2\text{S}$ ,  $\text{K}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{CuCl}_2$ . Укажите значение pH растворов этих солей.
138. Составьте ионно-молекулярные и молекулярные уравнения гидролиза солей, в результате которых образуются: а) кислая соль; б) основная соль.
139. Какая из двух солей при равных условиях в большей степени подвергается гидролизу:  $\text{KNO}_2$  или  $\text{CH}_3\text{COOK}$ ? Почему? Составьте ионно-молекулярные и молекулярные уравнения гидролиза этих солей.
140. Составьте ионно-молекулярные и молекулярные уравнения гидролиза солей:  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ . Укажите значение pH растворов этих солей.
141. Составьте ионно-молекулярное и молекулярное уравнение гидролиза соли, раствор которой имеет: а) щелочную реакцию; б) кислую реакцию.
142. Составьте ионно-молекулярные и молекулярные уравнения совместного гидролиза, происходящего при смешивании растворов  $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$  и  $\text{Na}_2\text{S}$ . Каждая из взятых солей гидролизуеться необратимо до конца с образованием соответствующей кислоты и основания.

143. Какое значение pH имеют растворы солей:  $MgCl_2$ ,  $NaClO$ ,  $Zn(NO_3)_2$ ? Составьте ионно-молекулярные уравнения гидролиза этих солей.
144. Составьте ионно-молекулярные и молекулярные уравнения гидролиза солей, в результате которых образуются: а) кислая соль; б) основная соль.
145. Какие из перечисленных солей подвергаются гидролизу:  $FeCl_3$ ,  $Li_2SO_4$ ,  $NH_4NO_2$ ,  $Na_3PO_4$ ,  $BaCl_2$ ? Составьте ионно-молекулярные и молекулярные уравнения гидролиза соответствующих солей. Какое значение pH имеют растворы этих солей?
146. Составьте ионно-молекулярное и молекулярное уравнение гидролиза соли, раствор которой имеет: а) щелочную реакцию; б) кислую реакцию.
147. Какая из двух солей при равных условиях в большей степени подвергается гидролизу:  $NaCN$  или  $NaClO$ ? Почему? Составьте ионно-молекулярные и молекулярные уравнения гидролиза этих солей.
148. Составьте ионно-молекулярные и молекулярные уравнения совместного гидролиза, происходящего при смешивании растворов  $AlCl_3$  и  $K_2S$ . Каждая из взятых солей гидролизуется необратимо до конца с образованием соответствующей кислоты и основания.
149. Составьте ионно-молекулярные и молекулярные уравнения гидролиза солей:  $HCOOK$ ,  $Cr(NO_3)_3$ ,  $(NH_4)_2CO_3$ . Укажите значение pH растворов этих солей.
150. Какие из перечисленных солей подвергаются гидролизу:  $SnCl_2$ ,  $NaCl$ ,  $K_2SO_3$ ,  $CH_3COONH_4$ ,  $KNO_3$ ? Составьте ионно-молекулярные и молекулярные уравнения гидролиза соответствующих солей. Какое значение pH имеют растворы этих солей?

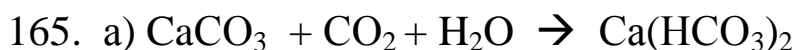
## Окислительно-восстановительные реакции

### Контрольные вопросы

151 – 165. Какие реакции называются окислительно-восстановительными? Для окислительно-восстановительных реакций составьте электронные уравнения, расставьте коэффициенты в схемах реакций. Укажите, какое вещество является окислителем, какое – восстановителем. Укажите процесс окисления и восстановления.



157. a)  $\text{KHCO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{KCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$   
 б)  $\text{KBr} + \text{KBrO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Br}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$   
 в)  $\text{KMnO}_4 + \text{H}_3\text{PO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
158. а)  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{S} + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{O}$   
 б)  $\text{CO}_2 + \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$   
 в)  $\text{KMnO}_4 + \text{HNO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MnO}_2 + \text{KNO}_3 + \text{KOH}$
159. а)  $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2 + \text{Br}_2 + \text{NaOH} \rightarrow \text{MnO}_2 + \text{NaBr} + \text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$   
 б)  $\text{FeCl}_3 + \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{FeCl}_2 + \text{S} + \text{HCl}$   
 в)  $\text{CH}_3\text{COONa} + \text{HCl} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaCl}$
160. а)  $\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{KNO}_3 + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{KNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$   
 б)  $\text{CdO} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Cd}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O}$   
 в)  $\text{H}_2\text{SO}_3 + \text{HClO}_4 \rightarrow \text{HCl} + \text{H}_2\text{SO}_4$
161. а)  $\text{NaCrO}_2 + \text{Br}_2 + \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{CrO}_4 + \text{NaBr} + \text{H}_2\text{O}$   
 б)  $\text{I}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{KIO}_3 + \text{KI} + \text{H}_2\text{O}$   
 в)  $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaAlO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
162. а)  $\text{MnO}_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$   
 б)  $\text{AgNO}_3 + \text{KI} \rightarrow \text{AgI} + \text{KNO}_3$   
 в)  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_3\text{PO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{O}$
163. а)  $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$   
 б)  $\text{KMnO}_4 + \text{HNO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$   
 в)  $\text{FeSO}_4 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
164. а)  $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{Br}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{HBr}$   
 б)  $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{KOH} \rightarrow \text{KAlO}_2 + \text{H}_2\text{O}$   
 в)  $\text{P} + \text{HIO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{HI}$



## Гальванические элементы

### Пример.

Гальванический элемент состоит из металлической кобальтовой пластинки, погруженной в 0,001 М раствор нитрата кобальта (III) и металлической оловянной пластинки, погруженной в 0,01 М раствор нитрата олова (II). Составьте схему гальванического элемента, напишите уравнения электродных процессов и вычислите ЭДС гальванического элемента.

Решение. Потенциал металлического электрода зависит от концентрации его ионов в растворе. Эта зависимость выражается уравнением Нернста и при  $T = 298 \text{ K}$  имеет вид

$$E_{\text{Me}^{n+}/\text{Me}} = E_{\text{Me}^{n+}/\text{Me}}^{\circ} + \frac{0,059}{n} \lg C_M,$$

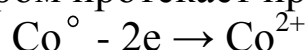
где  $E_{\text{Me}^{n+}/\text{Me}}^{\circ}$  — стандартный электродный потенциал металлического электрода;

$C_M$  — молярная концентрация ионов соли в растворе электролита  
Вычислим электродные потенциалы металлов при данных услови-

$$\text{ях: } E_{\text{Co}^{2+}/\text{Co}} = E_{\text{Co}^{2+}/\text{Co}}^{\circ} + \frac{0,059}{n} \lg C_{M(\text{Co}^{2+})} = -0,28 + \frac{0,059}{2} \lg 10^{-3} = -0,37 \text{ B}$$

$$E_{\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}} = E_{\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}}^{\circ} + \frac{0,059}{n} \lg C_{M(\text{Sn}^{2+})} = -0,14 + \frac{0,059}{2} \lg 10^{-2} = -0,2 \text{ B}$$

Кобальт имеет меньший электродный потенциал и является анодом, на котором протекает процесс окисления:



Олово имеет больший электродный потенциал и является катодом, на котором протекает процесс восстановления:

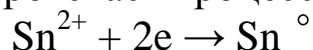


Схема данного гальванического элемента

A (-) Co / Co(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> // Sn(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> / Sn (+) K

Для определения ЭДС гальванического элемента из потенциала катода следует вычесть потенциал анода

$$\mathcal{E} = E_K - E_A = E_{\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}} - E_{\text{Co}^{2+}/\text{Co}} = -0,2 - (-0,37) = 0,17 \text{ В} .$$

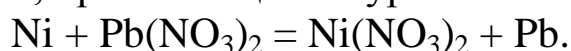
## Контрольные вопросы

166. Марганцевый электрод в растворе его соли имеет потенциал – 1,23 В. Вычислите концентрацию ионов Mn<sup>2+</sup> (в моль/л).
167. При какой концентрации ионов Zn<sup>2+</sup> (моль/л) потенциал цинкового электрода будет на 0,015 В меньше его стандартного электродного потенциала?
168. При какой концентрации ионов Cu<sup>2+</sup> (моль/л) значение потенциала медного электрода станет равным стандартному потенциалу водородного электрода?
169. Составьте схему, напишите уравнения электродных процессов и вычислите ЭДС медно-кадмиевого гальванического элемента, в котором [Cd<sup>2+</sup>] = 0,8 моль/л, а [Cu<sup>2+</sup>] = 0,01 моль/л.
170. Составьте схемы двух гальванических элементов, в одном из которых медь служила бы катодом, а в другом – анодом. Напишите для каждого из этих элементов уравнения электродных процессов и вычислите значения стандартных ЭДС.
171. Какой гальванический элемент называется концентрационным? Составьте схему, напишите уравнения электродных процессов и вычислите ЭДС гальванического элемента, состоящего из серебряных электродов, опущенных: первый в 0,01 М, а второй в 0,1 М растворы AgNO<sub>3</sub>.
172. Гальванический элемент составлен из стандартного цинкового электрода и хромового электрода, погруженного в раствор, содержащий ионы Cr<sup>3+</sup>. При какой концентрации ионов Cr<sup>3+</sup> ЭДС этого гальванического элемента будет равна 0В.
173. Гальванический элемент состоит из металлического цинка, погруженного в 0,1 М раствор нитрата цинка и металлического свинца, погруженного в 0,02 М раствор нитрата свинца (II). Составьте схему гальванического элемента, напишите уравнения

электродных процессов и вычислите ЭДС гальванического элемента.

174. При каком условии будет работать гальванический элемент, электроды которого сделаны из одного и того же металла? Составьте схему, напишите уравнения электродных процессов и вычислите ЭДС гальванического элемента, в котором один никелевый электрод находится в 0,001 М растворе, а другой такой же электрод – в 0,01 М растворе хлорида никеля (II).

175. Составьте схему гальванического элемента, в основе которого лежит реакция, протекающая по уравнению



Напишите уравнения анодного и катодного процессов. Вычислите ЭДС этого элемента, если  $[\text{Ni}^{2+}] = 0,01$  моль/л,  $[\text{Pb}^{2+}] = 0,0001$  моль/л.

176. Составьте схему, напишите уравнения электродных процессов и вычислите ЭДС гальванического элемента, состоящего из свинцовой и магниевой пластин, опущенных в растворы своих солей с концентрацией  $[\text{Pb}^{2+}] = [\text{Mg}^{2+}] = 0,01$  моль/л.

177. Составьте схемы двух гальванических элементов, в одном из которых никель является катодом, а в другом – анодом. Напишите для каждого из этих элементов уравнения электродных процессов и вычислите значения стандартных ЭДС.

178. Гальванический элемент состоит из серебряного электрода, погруженного в 1 М раствор  $\text{AgNO}_3$ , и стандартного водородного электрода. Составьте схему гальванического элемента, напишите уравнения электродных процессов и вычислите ЭДС гальванического элемента.

179. Составьте схему, напишите уравнения электродных процессов и вычислите ЭДС гальванического элемента, состоящего из пластин кадмия и магния, опущенных в растворы своих солей с концентрацией  $[\text{Mg}^{2+}] = [\text{Cd}^{2+}] = 0,1$  моль/л.

180. Какие химические процессы протекают на электродах при зарядке и разрядке свинцового аккумулятора?

## Электролиз расплавов и растворов электролитов

### Пример.

Какая масса меди выделится на катоде при электролизе раствора  $\text{CuSO}_4$  в течение 1 часа при силе тока 4 А?

Решение.

По первому закону Фарадея

$$m = \frac{M_{\text{э}}}{F} \cdot I \cdot t ;$$

где  $m$  – масса вещества, окисленного или восстановленного на электроде;

$M_{\text{э}}$  – молярная масса эквивалента вещества;

$F$  – постоянная Фарадея;

$I$  – сила тока;

$t$  – время проведения электролиза, в секундах.

$$M_{\text{э}}(\text{Cu}) = \frac{Ar(\text{Cu})}{2} = \frac{64}{2} = 32 \text{ г / моль}$$

$$F = 96500 \text{ Кл/моль}$$

$$t = 3600 \text{ с}$$

$$m_{(\text{Cu})} = \frac{32}{96500} \cdot 4 \cdot 3600 = 4,78 \text{ г}$$

## Контрольные вопросы

181. Электролиз раствора  $\text{K}_2\text{SO}_4$  проводили при силе тока 5 А в течение 3 часов. Составьте электронные уравнения процессов, происходящих на электродах. Какая масса воды при этом разложилась и чему равны объемы газов (н.у.), выделившихся на катоде и аноде?
182. При электролизе соли некоторого металла в течение 1,5 часа при силе тока 1,8 А на катоде выделилось 1,75 г этого металла. Вычислите молярную массу металла.
183. При электролизе раствора  $\text{CuSO}_4$  на аноде выделилось 168 мл газа (н.у.). Составьте электронные уравнения процессов, проис-



- ходящих на электродах, и вычислите массу меди, выделившейся на катоде.
184. Электролиз раствора  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  проводили в течение 5 часов при силе тока 7 А. Составьте электронные уравнения процессов, происходящих на электродах. Какая масса воды при этом разложилась и чему равны объемы газов (н.у.), выделившихся на катоде и аноде?
185. Электролиз раствора нитрата серебра проводили при силе тока 2 А в течение 4 часов. Составьте электронные уравнения процессов, происходящих на электродах. Какая масса серебра выделилась на катоде и каков объем газа (н.у.), выделившегося на аноде?
186. Ток силой 2,5 А, проходя через раствор электролита, за 30 минут выделяет из раствора 2,77 г металла. Вычислите молярную массу эквивалента металла.
187. Ток силой 6 А пропускали через водный раствор серной кислоты в течение 1,5 часа. Какая масса воды при этом разложилась и чему равны объемы газов (н.у.), выделившихся на электродах?
188. Электролиз раствора соли некоторого металла проводили при силе тока 6 А. в течение 45 мин., в результате чего на катоде выделилось 5,49 г металла. Вычислите молярную массу эквивалента металла.
189. Электролиз раствора сульфата цинка проводили в течение 5 часов, в результате чего выделилось 6 л кислорода (н.у.). Составьте уравнения электродных процессов и вычислите силу тока.
190. Электролиз раствора  $\text{CuSO}_4$  проводили с медным анодом в течение 4 часов при силе тока 50 А, при этом выделилось 224 г меди. Вычислите выход по току и составьте электронные уравнения процессов, происходящих на электродах.
191. Электролиз раствора  $\text{CuSO}_4$  проводили в течение 15 минут при силе тока 2,5 А, при этом выделилось 0,72 г меди. Вычислите выход по току и составьте электронные уравнения процессов, происходящих на электродах.
192. Составьте электронные уравнения процессов, происходящих на угольных электродах при электролизе  $\text{CuCl}_2$ . Вычислите массу меди, выделившейся на катоде, если на аноде выделилось 560 мл газа (н.у.).

193. При электролизе соли трехвалентного металла при силе тока 1,5 А в течение 30 минут на катоде выделилось 1,071 г металла. Вычислите относительную атомную массу металла.
194. Составьте электронные уравнения процессов, происходящих на угольных электродах при электролизе раствора  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . Вычислите массу вещества, выделившегося на катоде, если на аноде выделилось 1,12 л газа (н.у.).
195. При электролизе раствора соли кадмия было израсходовано 3434 Кл электричества и выделилось 2 г кадмия. Вычислите молярную массу эквивалента кадмия.

## Коррозия металлов и сплавов и методы защиты от коррозии

### Пример.

Как происходит коррозия цинка, находящегося в контакте с кадмием во влажном воздухе и в кислой среде? Составьте электронные уравнения анодного и катодного процессов.

Решение.

Коррозия – это нежелательный самопроизвольный процесс разрушения металлов и сплавов при химическом и электрохимическом взаимодействии с окружающей средой. Выпишем из таблицы № стандартные электродные потенциалы данных металлов

$$E_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}}^{\circ} = -0,76\text{В}$$

$$E_{\text{Cd}^{2+}/\text{Cd}}^{\circ} = -0,40\text{В}$$

Цинк имеет более отрицательное значение стандартного электродного потенциала, чем кадмий, следовательно, в самопроизвольно возникшей гальванопаре цинк будет выполнять роль анода, а никель – катода.

а) При атмосферной коррозии во влажном воздухе деполяризатором является атмосферный кислород.

Анодный процесс:  $\text{Zn}^{\circ} - 2\bar{e} \rightarrow \text{Zn}^{2+}$  (процесс окисления)

Катодный процесс:  $\text{O}_2 + 4\bar{e} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{OH}^-$  (процесс восстановления)

Побочный процесс:  $\text{Zn}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{Zn}(\text{OH})_2$  (продукт коррозии).

б) При коррозии в кислой среде деполяризатором являются катионы водорода  $H^+$ .

Анодный процесс:  $Zn^0 - 2\bar{e} \rightarrow Zn^{2+}$  (процесс окисления)

Катодный процесс:  $2H^+ + 2\bar{e} \rightarrow H_2$  (процесс восстановления)

### Контрольные вопросы

196. Как происходит атмосферная коррозия луженого и оцинкованного железа при нарушении покрытия? Составьте электронные уравнения анодного и катодного процессов.
197. Медь не вытесняет водород из разбавленных растворов кислот. Почему? Однако, если к медной пластинке, опущенной в кислоту, прикоснуться цинковой пластинкой, то на меди начинается бурное выделение водорода. Дайте этому объяснение, составив электронные уравнения анодного и катодного процессов.
198. Как происходит атмосферная коррозия луженого железа и луженой меди при нарушении покрытия? Составьте электронные уравнения анодного и катодного процессов.
199. В чем сущность протекторной защиты металлов от коррозии? Приведите пример протекторной защиты железа в электролите, содержащем растворенный кислород. Составьте электронные уравнения анодного и катодного процессов.
200. Железное изделие покрыли никелем. Какое это покрытие – анодное или катодное? Почему? Составьте электронные уравнения анодного и катодного процессов коррозии этого изделия при нарушении покрытия во влажном воздухе и кислой среде. Какие продукты коррозии образуются в первом и во втором случаях?
201. Составьте электронные уравнения анодного и катодного процессов с кислородной и водородной деполяризацией при коррозии пары магний – никель. Какие продукты коррозии образуются в первом и во втором случаях?
202. Какое покрытие металла называется анодным и какое – катодным? Назовите по два металла, которые могут служить для анодного и катодного покрытия железа. Составьте электронные уравнения анодного и катодного процессов, происходящих при коррозии железа, покрытого медью, во влажном воздухе и в кислой среде.
203. Железное изделие покрыли кадмием. Какое это покрытие – анодное или катодное? Почему? Составьте электронные уравне-

- ния анодного и катодного процессов коррозии этого изделия при нарушении покрытия во влажном воздухе и в кислой среде. Какие продукты коррозии образуются в первом и во втором случаях?
204. Две железные пластинки, частично покрытые одна оловом, другая – медью, находятся во влажном воздухе. На какой из этих пластинок быстрее образуется ржавчина? Почему? Составьте электронные уравнения анодного и катодного процессов коррозии этих пластинок. Каков состав продуктов коррозии железа?
205. Железное изделие покрыли свинцом. Какое это покрытие – анодное или катодное? Почему? Составьте электронные уравнения анодного и катодного процессов коррозии этого изделия во влажном воздухе и в кислой среде. Какие продукты коррозии образуются в первом и во втором случаях?
206. Какой металл целесообразней выбрать для протекторной защиты от коррозии свинцовой оболочки кабеля: цинк, магний или хром? Почему? Составьте электронные уравнения анодного и катодного процессов атмосферной коррозии.
207. Составьте электронные уравнения анодного и катодного процессов с кислородной и водородной деполяризацией при коррозии пары алюминий – железо. Какие продукты коррозии образуются в первом и во втором случаях?
208. Как протекает атмосферная коррозия железа, покрытого слоем никеля, если покрытие нарушено? Составьте электронные уравнения анодного и катодного процессов. Каков состав продуктов коррозии?
209. Если опустить в разбавленную серную кислоту пластинку из чистого железа, то выделение на ней водорода идет медленно и со временем почти прекращается. Однако, если к железной пластинке прикоснуться цинковой пластинкой, то на железной пластинке начинается бурное выделение водорода. Почему? Какой металл при этом растворяется? Составьте электронные уравнения анодного и катодного процессов.
210. Железное изделие покрыли титаном. Какое это покрытие анодное или катодное? Почему? Составьте электронные уравнения анодного и катодного процессов коррозии этого изделия при нарушении покрытия во влажном воздухе и в кислой среде. Какие продукты коррозии образуются в первом и во втором случаях?

## ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

№ варианта	Номера задач, относящихся к данному варианту													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
01	1	16	31	46	61	76	91	106	121	136	151	166	181	196
02	2	17	32	47	62	77	92	107	122	137	152	167	182	197
03	3	18	33	48	63	78	93	108	123	138	153	168	183	198
04	4	19	34	49	64	79	94	109	124	139	154	169	184	199
05	5	20	35	50	65	80	95	110	125	140	155	170	185	200
06	6	21	36	51	66	81	96	111	126	141	156	171	186	201
07	7	22	37	52	67	82	97	112	127	142	157	172	187	202
08	8	23	38	53	68	83	98	113	128	143	158	173	188	203
09	9	24	39	54	69	84	99	114	129	144	159	174	189	204
10	10	25	40	55	70	85	100	115	130	145	160	175	190	205
11	11	26	41	56	71	86	101	116	131	146	161	176	191	206
12	12	27	42	57	72	87	102	117	132	147	162	177	192	207
13	13	28	43	58	73	88	103	118	133	148	163	178	193	208
14	14	29	44	59	74	89	104	119	134	149	164	179	194	209
15	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210
16	14	17	43	59	61	88	92	119	132	137	162	169	184	199
17	13	18	42	58	62	87	93	118	131	138	161	170	185	200
18	12	19	41	57	63	86	94	117	130	139	160	171	186	201
19	11	20	40	56	64	85	95	116	129	140	159	172	187	202
20	10	21	39	55	65	84	96	115	128	141	158	173	188	203
21	9	22	38	54	66	83	97	114	127	142	157	174	189	204
22	8	23	37	53	67	82	98	113	126	143	156	175	190	205
23	9	24	36	52	68	81	99	112	125	144	155	176	191	206
24	8	25	35	51	69	80	100	111	124	145	154	177	192	207
25	7	26	34	50	70	79	101	110	123	146	153	178	193	208

<b>№ варианта</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>
<b>26</b>	6	27	33	49	71	78	102	109	122	147	152	179	194	209
<b>27</b>	5	28	32	48	72	77	103	108	121	148	151	180	195	210
<b>28</b>	4	29	31	47	73	76	104	107	123	149	155	179	194	209
<b>29</b>	3	30	34	46	74	87	105	106	124	148	156	178	193	208
<b>30</b>	2	29	35	60	75	86	93	109	125	147	157	177	192	207
<b>31</b>	1	28	36	59	62	85	94	110	126	146	158	176	191	206
<b>32</b>	15	27	37	58	63	84	95	111	127	145	159	175	190	205
<b>33</b>	14	26	38	57	64	83	96	112	128	144	160	174	189	204
<b>34</b>	13	25	39	56	65	82	97	113	129	143	161	173	188	203
<b>35</b>	12	24	40	55	66	81	98	114	130	142	162	172	187	202
<b>36</b>	11	23	41	54	67	80	99	115	131	141	163	171	176	201
<b>37</b>	10	22	42	53	68	79	100	116	132	140	164	170	185	200
<b>38</b>	9	21	43	52	69	78	101	117	133	139	165	169	184	199
<b>39</b>	8	20	44	51	70	77	102	118	134	138	164	168	183	198
<b>40</b>	7	19	45	50	71	76	103	119	135	137	163	167	182	197
<b>41</b>	6	18	44	49	72	90	104	120	124	136	162	166	181	196
<b>42</b>	5	17	43	48	73	89	105	110	125	138	161	169	182	199
<b>43</b>	4	16	42	47	74	88	94	111	126	139	160	170	183	200
<b>44</b>	3	17	41	46	75	87	95	112	127	140	159	171	184	201
<b>45</b>	2	18	40	48	70	86	96	113	128	141	158	172	185	202
<b>46</b>	1	19	39	49	69	85	97	114	129	142	157	173	186	203
<b>47</b>	2	20	38	50	68	84	98	115	130	143	156	174	187	204
<b>48</b>	3	21	37	51	67	83	99	116	131	144	155	175	188	205
<b>49</b>	4	22	36	52	66	82	100	117	132	145	154	176	189	206
<b>50</b>	5	23	35	53	65	81	101	118	133	146	153	177	190	207

<b>№ варианта</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>
<b>51</b>	6	24	34	54	64	80	102	119	132	147	152	178	191	208
<b>52</b>	7	25	33	55	63	79	103	120	131	148	153	179	192	209
<b>53</b>	8	26	32	56	62	78	104	119	130	149	154	178	193	210
<b>54</b>	9	27	31	57	61	77	105	118	129	150	155	177	194	196
<b>55</b>	10	28	34	58	62	76	104	117	128	148	156	176	195	197
<b>56</b>	11	29	35	59	63	78	103	116	127	147	157	175	193	198
<b>57</b>	12	30	36	58	64	79	102	115	126	146	158	174	192	199
<b>58</b>	13	19	37	57	65	80	101	114	125	145	159	173	191	200
<b>59</b>	14	20	38	56	66	81	100	113	124	144	160	172	190	201
<b>60</b>	15	21	39	55	67	82	99	112	123	143	161	171	189	202
<b>61</b>	2	22	40	54	68	83	98	111	122	142	162	170	188	203
<b>62</b>	3	23	41	53	69	84	97	110	121	141	163	169	187	204
<b>63</b>	4	24	42	52	70	85	96	109	122	140	164	168	186	205
<b>64</b>	5	25	43	51	71	86	95	108	123	139	165	167	185	206
<b>65</b>	6	26	44	50	72	87	94	107	124	138	162	169	184	207
<b>66</b>	7	27	45	49	73	88	93	106	125	137	161	170	183	208
<b>67</b>	8	28	44	48	74	89	92	110	126	136	160	171	182	209
<b>68</b>	9	29	43	47	75	90	91	111	127	139	159	172	181	210
<b>69</b>	10	30	42	46	62	89	92	112	128	140	158	173	182	207
<b>70</b>	11	16	41	48	63	88	93	113	129	141	157	174	183	206
<b>71</b>	12	17	40	49	64	87	94	114	130	142	156	175	184	205
<b>72</b>	13	18	39	50	65	86	95	115	131	143	155	176	185	204
<b>73</b>	14	19	38	51	66	85	96	116	132	144	154	177	186	203
<b>74</b>	15	20	37	52	67	84	97	117	133	145	153	178	187	202
<b>75</b>	14	21	36	53	68	83	98	118	134	146	152	179	188	201

<b>№ варианта</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>
76	13	22	37	54	69	82	99	119	135	147	151	180	189	199
77	12	23	38	55	70	81	100	120	132	148	152	177	190	198
78	11	24	39	56	71	80	101	119	131	149	153	176	191	197
79	10	25	40	57	72	79	102	118	130	150	154	175	192	196
80	9	26	41	58	73	78	103	117	129	136	155	174	193	197
81	8	27	42	59	74	77	104	116	128	137	156	173	194	198
82	7	28	43	60	75	76	105	115	127	138	157	172	195	199
83	6	29	44	59	71	79	93	114	126	139	158	171	192	200
84	5	28	45	58	72	80	94	113	125	140	159	170	191	201
85	4	27	40	57	73	81	95	112	124	141	160	169	190	202
86	3	26	39	56	74	82	96	111	123	142	161	168	189	203
87	2	25	38	55	75	83	97	110	122	143	162	167	188	204
88	1	24	37	54	73	84	98	109	121	144	163	166	187	205
89	2	23	36	53	72	85	99	108	122	145	164	169	186	206
90	3	22	35	52	71	86	100	107	123	146	165	170	185	207
91	4	21	34	51	70	87	101	106	124	147	161	171	184	208
92	5	20	33	50	69	88	102	108	125	148	160	172	183	209
93	6	19	32	49	68	89	103	109	126	149	159	173	182	210
94	7	18	31	48	67	90	104	110	127	147	158	174	181	209
95	8	17	33	47	66	88	105	111	128	146	157	175	182	208
96	9	16	34	46	65	87	95	112	129	145	156	176	183	207
97	10	17	35	59	64	86	96	113	130	144	155	177	184	206
98	11	18	36	58	63	85	97	114	131	143	154	178	185	205
99	12	19	37	57	62	84	98	115	132	142	153	179	186	204
00	13	20	38	56	61	83	99	116	133	141	152	180	187	203



## Приложение А

Стандартные энтальпии образования  $\Delta H_{298}^{\circ}$ , энтропии  $S_{298}^{\circ}$  и энергии

Гиббса образования  $\Delta G_{298}^{\circ}$  некоторых веществ при 298 К

Вещество	$\Delta H_{298}^{\circ}$ , кДж/моль	$S_{298}^{\circ}$ , Дж/мольК	$\Delta G_{298}^{\circ}$ , кДж/моль
C <sub>(графит)</sub>	0	5,7	0
CH <sub>4(г)</sub>	- 74,9	186,2	- 50,8
C <sub>2</sub> H <sub>2(г)</sub>	226,8	200,8	209,2
C <sub>2</sub> H <sub>4(г)</sub>	52,3	219,4	68,1
C <sub>2</sub> H <sub>6(г)</sub>	-89,7	229,5	-32,9
C <sub>6</sub> H <sub>6(ж)</sub>	82,9	269,2	129,7
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH <sub>(ж)</sub>	-277,6	160,7	-174,8
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH <sub>(г)</sub>	-235,31	-	-
CO <sub>(г)</sub>	-110,5	197,5	-137,1
CO <sub>2(г)</sub>	-393,5	213,7	-394,4
CS <sub>2(г)</sub>	115,3	237,8	65,1
CH <sub>3</sub> OH <sub>(ж)</sub>	-238,7	126,7	-166,31
Cl <sub>2(г)</sub>	0	222,9	0
CuO <sub>(к)</sub>	-162,0	42,6	-129,9
FeO <sub>(к)</sub>	-264,8	60,8	-244,3
Fe <sub>(к)</sub>	0	27,15	0
Fe <sub>2</sub> O <sub>3(к)</sub>	-822,2	87,4	-740,3
Fe <sub>3</sub> O <sub>4(к)</sub>	-1117,1	146,2	-1014,2
2H <sub>2(г)</sub>	0	130,5	0
HCl <sub>(г)</sub>	-92,3	186,8	-95,2
HI <sub>(г)</sub>	26,6	206,5	1,8
H <sub>2</sub> O <sub>(г)</sub>	-241,8	188,7	-228,6
H <sub>2</sub> O <sub>(ж)</sub>	-285,8	70,1	-237,3
H <sub>2</sub> S <sub>(г)</sub>	-21,0	205,7	-33,8
N <sub>2(г)</sub>	0	191,5	0
NH <sub>3(г)</sub>	-46,2	192,6	-16,7
N <sub>2</sub> O <sub>(г)</sub>	82,0	219,9	104,1
NO <sub>(г)</sub>	90,3	210,6	86,6
NO <sub>2(г)</sub>	33,5	240,2	51,5
O <sub>2(г)</sub>	0	205,0	0
P <sub>2</sub> O <sub>5(к)</sub>	-1492,0	114,5	-1348,8
SO <sub>2(г)</sub>	-296,9	248,1	-300,2
SO <sub>3(г)</sub>	-395,8	256,7	-371,2
Ti <sub>(к)</sub>	0	30,6	0
TiO <sub>2(к)</sub>	-943,9	50,3	-888,6
I <sub>2(к)</sub>	0	116,73	0

## Приложение Б

**Константы диссоциации некоторых слабых электролитов в водных растворах при 25°C**

Электролит	Формула электролита	К	pK = - lg К
Азотистая кислота	HNO <sub>2</sub>	$4 \cdot 10^{-4}$	3,40
Аммония гидроксид	NH <sub>4</sub> OH	$1,8 \cdot 10^{-5}$	4,75
Бромноватистая кислота	HBrO	$2,1 \cdot 10^{-9}$	8,68
Муравьиная кислота	HCOOH	$1,8 \cdot 10^{-4}$	3,74
Сернистая кислота	H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	K <sub>1</sub> $1,6 \cdot 10^{-2}$ K <sub>2</sub> $6,3 \cdot 10^{-8}$	1,8 7,21
Сероводородная кислота	H <sub>2</sub> S	K <sub>1</sub> $6 \cdot 10^{-8}$ K <sub>2</sub> $1 \cdot 10^{-14}$	7,22 14,0
Уксусная кислота	CH <sub>3</sub> COOH	$1,8 \cdot 10^{-5}$	4,75
Угльная кислота	H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	K <sub>1</sub> $4,5 \cdot 10^{-7}$ K <sub>2</sub> $4,7 \cdot 10^{-11}$	6,35 10,33
Хлорноватистая кислота	HClO	$5,0 \cdot 10^{-8}$	7,3
Фтороводородная кислота	HF	$6,6 \cdot 10^{-4}$	3,18
Циановодородная кислота	HCN	$7,9 \cdot 10^{-10}$	9,10

## ТАБЛИЦА РАСТВОРИМОСТИ

Таблица 3

Р – растворяется (> 1 г на 100 г H<sub>2</sub>O); М – мало растворяется (от 0,1 г до 1 г на 100 г H<sub>2</sub>O); Н – не растворяется;

	H <sup>+</sup>	Li <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Ba <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Sr <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Cr <sup>3+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Ni <sup>2+</sup>	Co <sup>2+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Ag <sup>+</sup>	Hg <sup>+</sup>	Pb <sup>2+</sup>	Sn <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	
OH <sup>-</sup>		Р	Р	Р	Р	Р	М	Н	М	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	-	-	Н	Н	Н	
F <sup>-</sup>	Р	М	Р	Р	Р	М	Н	Н	Н	М	Н	Н	Н	Р	Р	Р	Р	Р	-	Н	Р	Р	
Cl <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Р	М	Р	Р	
Br <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	М	М	Р	Р	
I <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	Р	?	Р	Р	Р	Р	Н	Н	Н	М	Р	
S <sup>2-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	-	-	-	Н	-	-	Н	-	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	
HS <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	?	?	?	Н	?	?	?	?	?	?	?	
SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Н	М	Н	?	-	Н	?	Н	Н	?	М	Н	Н	Н	?	?	
HSO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Р	?	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Н	М	Р	Н	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	-	Н	Р	Р	
HSO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	?	-	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	Н	?	
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	-	Р
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	?	?	Р	М	?	?	М	?	?	?	?	?
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Р	Н	Р	Р	-	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Р	?	Р	Р	Р	Н	Н	М	Н	?	?	Н	?	?	?	?	Н	?	?	?	М	Н	?
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	Р	?	?	?	?	Р	Р	Р	?	-	?	?
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Н	Н	Н	?	?	Н	?	Н	Н	Н	Н	Н	?	?	Н	?	Н
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	Р	?	?	?	?	?	?	?	?	Р	?	?
CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	-	Р	Р	-	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	-	Р
SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Н	Н	Р	Р	?	Н	Н	Н	Н	?	?	Н	?	?	?	?	Н	Н	?	?	Н	?	?

-- в водной среде разлагается; ? – нет достоверных сведений о существовании соединений.

VIII														
VII														
VI														
V														
IV														
III														
II														
I														
Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА														
ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭЛЕМЕНТОВ														
1	(H)													
2	Li ЛИТИЙ 6,94	Be БЕРИЛЛИЙ 9,01218	B БОР 10,81	C УГЛЕРОД 12,011	N АЗОТ 14,0067	O КИСЛОРОД 15,999	F ФТОР 18,998403	Ne НЕОН 20,17	He ГЕЛИЙ 4,00260					
3	Na НАТРИЙ 22,98977	Mg МАГНИЙ 24,305	Al АЛЮМИНИЙ 26,98154	Si КРЕМНИЙ 28,085	P ФОСФОР 30,97376	S СЕРА 32,06	Cl ХЛОР 35,453	Ar АРГОН 39,94						
4	K КАЛИЙ 39,096	Ca КАЛЬЦИЙ 40,08	Sc СКАНДИЙ 44,9559	Ti ТИТАН 47,90	V ВАНАДИЙ 50,9415	Cr ХРОМ 51,996	Mn МАРГАНЕЦ 54,9380	Fe ЖЕЛЕЗО 55,84	Co КОБАЛЬТ 58,9332	Ni НИКЕЛЬ 58,70				
5	Rb РУБИДИЙ 85,467	Sr СТРОНЦИЙ 87,62	Y ИТРИЙ 88,9059	Zr ЦИРКОНИЙ 91,22	Nb НИОБИЙ 92,9064	Mo МОЛИБДЕН 95,94	Tc ТЕХНЕЦИЙ 98,9062	Ru РУТЕНИЙ 101,0	Rh РОДИЙ 102,9055	Pd ПАЛЛАДИЙ 106,4				
6	Cs ЦЕЗИЙ 132,9054	Ba БАРИЙ 137,33	La* ЛАНТАН 138,905	Hf ГАФНИЙ 178,4	Ta ТАНТАЛ 180,947	W ВОЛЬФРАМ 183,8	Re РЕНИЙ 186,207	Os ОСМИЙ 190,2	Ir ИРИДИЙ 192,22	Pt ПЛАТИНА 195,0				
7	Fr ФРАНЦИЙ (223)	Ra РАДИЙ 226,0254	Ac** АКТИНИЙ 227	Pb СВИНЕЦ 207,2	Bi ВИСМУТ 208,9804	Po ПОЛОНИЙ (209)	At АСТАТ (210)	Rn РАДОН (222)						
	Ce ЦЕРИЙ 140,12	Pr ПРАЗОДИЙ 140,9077	Nd НЕОДИМ 144,2	Pm ПРОМЕТИЙ (145)	Sm САМАРИЙ 150,4	Eu ЕВРОПИЙ 151,96	Gd ГАДОЛИНИЙ 157,2	Tb ТЕРБИЙ 158,9254	Dy ДИСПРОЗИЙ 162,5	Ho ГОЛЬМИЙ 164,9304	Er ЭРБИЙ 167,2	Tm ТУЛЬИЙ 168,9342	Yb ИТТЕРБИЙ 173,0	Lu ЛОТЦЕДИЙ 174,96
	Th ТОРИЙ 232,0381	Pa ПРОТАКТИНИЙ 231,0359	U УРАН 238,02	Np НЕПТУНИЙ 237,0482	Pu ПЛУТОНИЙ (244)	Am АМЕРИЦИЙ (243)	Cm КУРИЙ (247)	Bk БЕРКЛИЙ (247)	Cf КАЛИБЕРНИЙ (251)	Es ЭЙНШТЕЙННИЙ (251)	Fm ФЕРМИЙ (254)	Md МЕНДЕЛЕВИЙ (257)	No НОБЕЛИЙ (259)	Lr ЛОТВЕЦИЙ (262)

**Приложение Д**

**Стандартные электродные потенциалы ( $E^\circ$ )  
некоторых металлов при 25 °С**

Ox/Red	Электродный процесс	$E^\circ$ , В
$K^+/K$	$K^+ + \bar{e} = K$	- 2,92
$Ba^{2+}/Ba$	$Ba^{2+} + 2\bar{e} = Ba$	- 2,90
$Ca^{2+}/Ca$	$Ca^{2+} + 2\bar{e} = Ca$	- 2,87
$Na^+/Na$	$Na^+ + \bar{e} = Na$	- 2,71
$Mg^{2+}/Mg$	$Mg^{2+} + 2\bar{e} = Mg$	- 2,37
$Al^{3+}/Al$	$Al^{3+} + 3\bar{e} = Al$	- 1,70
$Ti^{2+}/Ti$	$Ti^{2+} + 2\bar{e} = Ti$	- 1,60
$Mn^{2+}/Mn$	$Mn^{2+} + 2\bar{e} = Mn$	- 1,18
$Cr^{2+}/Cr$	$Cr^{2+} + 2\bar{e} = Cr$	- 0,913
$Zn^{2+}/Zn$	$Zn^{2+} + 2\bar{e} = Zn$	- 0,76
$Cr^{3+}/Cr$	$Cr^{3+} + 3\bar{e} = Cr$	- 0,74
$Fe^{2+}/Fe$	$Fe^{2+} + 2\bar{e} = Fe$	- 0,44
$Cd^{2+}/Cd$	$Cd^{2+} + 2\bar{e} = Cd$	- 0,403
$Co^{2+}/Co$	$Co^{2+} + 2\bar{e} = Co$	- 0,28
$Ni^{2+}/Ni$	$Ni^{2+} + 2\bar{e} = Ni$	- 0,25
$Sn^{2+}/Sn$	$Sn^{2+} + 2\bar{e} = Sn$	- 0,136
$Pb^{2+}/Pb$	$Pb^{2+} + 2\bar{e} = Pb$	- 0,127
$Fe^{3+}/Fe$	$Fe^{3+} + 3\bar{e} = Fe$	- 0,037
$2H^+/H_2$	$2H^+ + 2\bar{e} = H_2$	0,00
$Cu^{2+}/Cu$	$Cu^{2+} + 2\bar{e} = Cu$	+ 0,34
$Ag^+/Ag$	$Ag^+ + \bar{e} = Ag$	+ 0,80
$Hg^{2+}/Hg$	$Hg^{2+} + 2\bar{e} = Hg$	+ 0,85
$Pt^{2+}/Pt$	$Pt^{2+} + 2\bar{e} = Pt$	+ 1,20
$Au^{3+}/Au$	$Au^{3+} + 3\bar{e} = Au$	+ 1,50
$Au^+/Au$	$Au^+ + \bar{e} = Au$	+ 1,70

## Содержание

Общие методические рекомендации по изучению дисциплины и выполнению контрольной работы.....	3
Рекомендуемая литература.....	5
Классы сложных неорганических соединений.....	6
Строение атома и периодическая система химических элементов. Химическая связь.....	8
Энергетика химических реакций. Термохимические расчеты.....	10
Термодинамические расчеты.....	14
Химическая кинетика и равновесие.....	18
Способы выражения состава раствора.....	22
Свойства разбавленных растворов неэлектролитов.....	25
Сильные и слабые электролиты. Водородный показатель.....	28
Реакции ионного обмена в растворах электролитов.....	30
Гидролиз солей.....	32
Окислительно-восстановительные реакции.....	35
Гальванические элементы.....	37
Электролиз расплавов и растворов электролитов.....	40
Коррозия металлов и сплавов и методы защиты от коррозии.....	42
Варианты контрольных работ.....	45
Приложение.....	49

**Никулина Ольга Азгатовна**

# **ХИМИЯ**

Методические указания  
для выполнения контрольной работы  
обучающимися по направлениям подготовки:  
35.03.06 – Агроинженерия;  
20.03.02 – Природообустройство и водопользование  
заочной формы обучения  
по дисциплине (модулю) «Химия»

*Электронное  
издание*