

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

И. М. Жарский, А. И. Волков, О. Н. Комшилова

ОБЩАЯ ХИМИЯ

**Задачи и упражнения
по одноименному курсу для студентов
нехимических специальностей**

Минск 2007

УДК 54(076.1)
ББК 24.1я73
Ж 35

Рассмотрено и рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом университета

Рецензенты:

член-корреспондент НАНБ, доктор химических наук *А. И. Ратько*;
ведущий научный сотрудник БГУ
кандидат химических наук *А. Л. Беланович*

Жарский, И. М.

Ж 35 Общая химия : задачи и упражнения по одноименному курсу для студентов нехимических специальностей / И. М. Жарский, А. И. Волков, О. Н. Комшилова. – Минск : БГТУ, 2007. – 115 с.

ISBN 978-985-434-772-1

Пособие содержит упражнения и задачи различной степени сложности по основным разделам общей химии. Приводятся тестовые задания, позволяющие оперативно выявлять пробелы в знаниях и усвоить основы химии, необходимые для успешного изучения специальных дисциплин.

УДК 54(076.1)
ББК 24.1я73

© УО «Белорусский государственный
технологический университет», 2007
© Жарский И. М., Волков А. И.,

ISBN 978-985-434-772-1

Комшилова О. Н., 2007

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящее пособие составлено по основным разделам общей химии и содержит вопросы и задачи различной степени сложности в соответствии с объемом действующих программ для нехимических специальностей. Для развития профессионального мышления у студентов предлагаются такие формы заданий, которые раскрывают и иллюстрируют теорию, обучают умению использовать теоретический материал при решении практических задач.

Материал пособия представляет задачи и упражнения по основным разделам общей химии и завершается комбинированными задачами, решение которых позволяет глубже освоить и применить на практике методы синтеза и анализа химических соединений.

Задачи в пособии расположены в порядке повышения их сложности, начиная с фундаментальных понятий и законов химии, квантово-механических и структурных представлений, термодинамических и кинетических закономерностей протекания химических процессов. Последующие задачи охватывают химию элементов и их соединений, значительное место занимают качественные задачи. Помимо этого, пособие содержит задачи логического характера (установление структуры соединения по его свойствам, сравнительная реакционная способность и т. д.). Такая последовательность расположения заданий служит установлению логической связи между основными понятиями и помогает раскрывать обобщающие закономерности.

После упражнений и задач по основным разделам общей химии приводятся тестовые задания, которые дают возможность потренироваться в решении задач, приобрести практические навыки по установлению взаимосвязи между общими понятиями и закономерностями химических процессов. Распределение заданий по отдельным тестам позволяет оперативно выявить пробелы в знаниях (правильность собственного рассуждения студент может проверить по соответствию ответам, которые приведены после каждого теста).

Основная цель пособия – сознательное усвоение основ химии как общеобразовательной дисциплины, получение студентами прочных знаний по химии, необходимых для успешного освоения последующих химических и специальных дисциплин.

Авторы с глубокой благодарностью примут все предложения и поправки по улучшению пособия.

1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ЗАКОНЫ ХИМИИ

1.1. Газовые законы. Закон Авогадро

1. Что такое моль? Что показывает число Авогадро?
2. Как с применением уравнения Менделеева – Клапейрона можно определить молярную массу вещества? Для всех ли веществ применим этот способ?
3. Что такое плотность и относительная плотность? Как относительная плотность связана с молярной массой?
4. Сформулируйте закон Авогадро и следствия из него.
5. Чему равен молярный объем газа при давлении 202 650 Па и температуре 100°C?
6. Чем с точки зрения атомно-молекулярной теории отличаются агрегатные состояния вещества?
7. Сколько молекул находится:
 - а) в 20 г водорода;
 - б) в 18 г воды?
8. Какая масса хлороводорода содержит $3,01 \cdot 10^{23}$ молекул?
9. Какой из представленных газов тяжелее воздуха (н. у.): NH_3 , CH_4 , CO , CO_2 ?
10. Один моль вещества содержит следующие химические количества атомов: азота – 2, водорода – 8, серы – 1, кислорода – 4. Укажите, какая из приведенных молекулярных формул отвечает данному условию: NH_4HSO_4 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$, NH_4HSO_3 .
11. Какой объем (н. у.) занимают газы, образовавшиеся при взрыве 1 кг черного пороха, если взрыву соответствует уравнение
$$2\text{KNO}_3 + 3\text{C} + \text{S} = \text{K}_2\text{S} + 3\text{CO}_2 + \text{N}_2?$$
12. Пары серы при температуре 300°C имеют относительную плотность по водороду, равную 32. Какова молекулярная формула серы при этой температуре?
13. Определите молярную массу газа, если его относительная плотность по гелию равна 4. Какова относительная плотность этого газа по воздуху?
14. Сколько молекул кислорода находится в 1 л воздуха (н. у.), если объемное содержание кислорода составляет 21%?

15. 0,116 г некоторого газа занимают объем 100 мл (н. у.). Определите молярную массу этого газа.
16. При 27°C и давлении 125 кПа некоторый газ массой 1,2 г занимает объем 750 мл. Определите молярную массу газа.
17. Какова масса 7,1 л хлора при нормальных условиях?
18. Какое вещество содержит больше молекул: 1 г водорода или 1 г кислорода?
19. Какая масса магния содержит $1,204 \cdot 10^{22}$ молекул?
20. Какой из двух оксидов: NO или CO – тяжелее воздуха (н. у.)?
21. При нормальных условиях некоторый газ, взятый объемом $2,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$ обладает массой $1,9025 \cdot 10^{-4} \text{ кг}$. Масса кислорода, взятого объемом 10^{-3} м^3 , при тех же условиях – $1,4286 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$. Рассчитайте молярную массу этого газа, исходя из:
- его плотности по кислороду;
 - молярного объема.
22. Масса сосуда с газообразным аммиаком равна 4,25 кг. Такой же сосуд, заполненный гелием, имеет массу 1 кг. Во сколько раз средняя масса молекулы аммиака больше молекулы гелия?
23. Вычислите относительную молекулярную массу вещества, если в парообразном состоянии при температуре 360 К и давлении 83 193 Па это вещество, взятое массой $1,3 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$, занимает объем $6 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$.
24. При некоторой температуре относительная плотность паров серы по воздуху равна 8,828. Определите число атомов, входящих в состав молекулы серы при этой температуре, и среднюю массу молекулы серы.
25. Масса озона, взятого объемом 10^{-3} м^3 , при нормальных условиях равна $2,142 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$. Найдите массу озона объемом $6,08 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$ при температуре 298 К и давлении 99 325 Па.
26. Одинаково ли количество вещества молекулярного водорода в газообразном водороде, взятом:
- массой 1 кг;
 - объемом 1 м^3 ?
27. Какие объемы при н. у. займет 1 моль следующих веществ: оксид углерода (IV), азот, вода?
28. Определите объем, занимаемый при н. у. пропаном, взятым массой 11 г. Какая масса водорода займет такой же объем при н. у.?
29. Определите количество вещества молекулярного азота, содержащегося в $1,8 \cdot 10^{25}$ атомов азота.
30. Некоторый газ, взятый объемом $2,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$, обладает массой

$1,969 \cdot 10^{-4}$ кг при нормальных условиях. Определите молярную массу газа и среднюю массу молекулы этого газа.

1.2. Молярная масса эквивалента. Закон эквивалентов

31. Что называется молярной массой эквивалента вещества? В каких единицах она выражается?

32. Что такое фактор эквивалентности вещества? Может ли фактор эквивалентности быть больше единицы?

33. Является ли молярная масса эквивалента вещества постоянной величиной?

34. Что называется молярным объемом эквивалента? Чему равен молярный объем эквивалента H_2 , O_2 , Cl_2 ?

35. Сформулируйте закон эквивалентов (дайте две формулировки с использованием понятий «молярная масса эквивалента»). Подтвердите ответ примерами.

36. Найдите молярную массу эквивалента фтора, углерода и серы в соединениях HF , CF_4 , H_2S .

37. Как определяется молярная масса эквивалента сложного вещества? Определите молярную массу эквивалента ZnO , $NaOH$ в реакциях с HCl .

38. При сгорании 4,8 г металла образовалось 8,0 г его оксида. Определите молярную массу эквивалента металла.

39. При восстановлении водородом 0,5 моль оксида металла образовалось 9 г воды. Определите фактор эквивалентности оксида.

40. На нейтрализацию 10 г основания израсходовано 9,86 г HCl . Определите молярную массу эквивалента основания.

41. Одинакова ли молярная масса эквивалента хрома в соединениях $Cr(NO_3)_3$ и $Cr_2(SO_4)_3$?

42. Что называется молярной массой эквивалента? При сгорании металла массой 4,36 г получен оксид массой 4,86 г. Вычислите молярную массу эквивалента металла.

43. Вычислите молярную массу эквивалента металла, если металл массой 1,53 г вытесняет из кислоты водород объемом 1,4 л при 273 К и 101,3 кПа.

44. Вычислите молярную массу эквивалента азота в соединении с кислородом, содержащим 36,85% азота.

45. Определите молярную массу эквивалента металла, если металл массой 0,2 г вытесняет из кислоты водород объемом 0,185 л при 288 К и 97,3 кПа.

46. Какой объем кислорода при нормальных условиях необходим для сгорания магния массой 40 г?

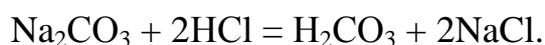
47. При восстановлении водородом оксида олова массой 1,168 г получена вода массой 0,279 г. Определите молярную массу эквивалента олова.

48. Определите молярную массу эквивалента металла, если при восстановлении алюминием оксида этого металла массой 1,3 г получился оксид алюминия массой 1,02 г, в котором массовая доля кислорода составляет 47%.

49. Какую массу магния надо взять, чтобы получить такой же объем водорода, какой был получен при взаимодействии алюминия массой 54 г с кислотой? Молярные массы эквивалентов магния и алюминия равны соответственно 12 и 9 г/моль.

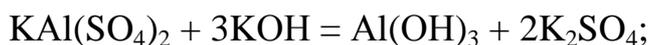
50. Найти массу оксида, полученного при окислении металла массой 3 г. Молярная масса эквивалента металла составляет 9 г/моль.

51. Влияет ли на молярную массу эквивалента данного вещества характер его взаимодействия с другими веществами? Вычислите молярную массу эквивалента Na_2CO_3 в реакциях:



52. Определите молярную массу эквивалента ортофосфорной кислоты в реакциях образования NaH_2PO_4 , Na_2HPO_4 и Na_3PO_4 .

53. Рассчитайте молярную массу эквивалента $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$ в реакциях:

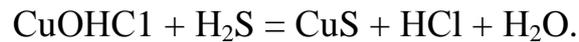
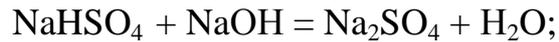


54. На нейтрализацию фосфористой кислоты H_3PO_3 массой 1,886 г израсходован гидроксид калия KOH массой 2,576 г. Определите молярную массу эквивалента фосфористой кислоты и ее основность. Исходя из расчета, напишите уравнение реакции.

55. Для нейтрализации кислоты массой 3,375 г необходим гидроксид натрия массой 3 г. Вычислите молярную массу эквивалента кислоты.

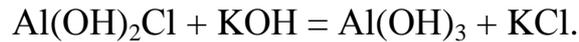
56. На нейтрализацию щелочи массой 0,728 г израсходована азотная кислота HNO_3 массой 0,535 г. Найдите молярную массу эквивалента щелочи.

57. Определите молярные массы эквивалентов NaHSO_4 и CuOHCl в реакциях:



58. Из 1,3 г гидроксида некоторого металла можно получить 2,85 г его сульфата. Вычислите молярную массу эквивалента металла.

59. Определите фактор эквивалентности и молярную массу эквивалента $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ и $\text{Al}(\text{OH})_2\text{Cl}$ в реакциях:



60. При взаимодействии 2,5 г карбоната металла с азотной кислотой образовалось 4,1 г нитрата этого же металла. Вычислите молярную массу эквивалента металла.

61. Молярная масса эквивалента двухвалентного металла равна 56,2 г/моль. Вычислите массовую долю металла в его оксиде.

2. СТРОЕНИЕ ВЕЩЕСТВА И ПЕРИОДИЧЕСКИЙ ЗАКОН

2.1. Строение атома и периодическая система

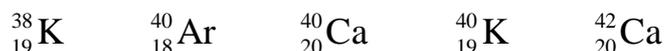
62. Какие элементарные частицы входят в состав атома? Укажите их заряд и массу.

63. Что такое радиоактивность? Отличаются ли химические свойства радиоактивных изотопов от свойств устойчивых изотопов?

64. Какой физический смысл порядкового номера элемента?

65. Что такое массовое число атома?

66. Какие разновидности атомов называются изотопами и какие изобарами? Укажите среди представленных атомов изобары и изотопы:



67. Какова максимальная емкость энергетического уровня? Подуровня? Атомной орбитали?

68. По какому признаку электроны обозначаются как *s*-, *p*-, *d*-электроны?

69. Главное квантовое число равно 3. Какие значения могут принимать орбитальное и магнитные квантовые числа?

70. Орбитальное квантовое число равно 3. На каких энергетических уровнях может находиться этот электрон?

71. Какие из представленных электронных состояний являются нереальными и почему: $3p^6$, $2d^3$, $3s^3$, $2s^1$, $3f^2$, $4p^2$, $4f^1$?

72. Напишите электронные формулы атомов элементов с порядковыми номерами 17 и 29. К какому электронному семейству относится каждый из этих элементов?

73. Составьте электронные формулы атомов элементов с порядковыми номерами 14 и 40. Какие электроны этих атомов являются валентными?

74. К какому электронному семейству относятся атомы марганца и хлора? Почему?

75. Определите элемент, если приведена его электронная формула $1s^2 2s^2 p^6 3s^2 p^6$.

76. Для какого элемента электронная конфигурация имеет вид $\dots 4s^2 p^6$?

77. Каковы электронные конфигурации ионов Na^+ , Cl^- ?

78. Приведите электронные конфигурации ионов F^- , Fe^{3+} .

79. Укажите число неспаренных электронов в атомах, имеющих следующие электронные конфигурации: $\dots 3s^2 p^2$; $\dots 2s^2 p^4$; $\dots 3d^6 4s^2$.

80. Какое из приведенных состояний является возбужденным: $1s^2 2s^2 p^6 3s^2 p^5$ или $1s^2 2s^1 2p^3$?

81. Почему натрий не образует ионов Na^{2+} ?

82. Какими квантовыми числами характеризуется состояние электрона в атоме? Какие значения они имеют для внешнего электрона атома цезия?

83. Сформулируйте принцип Паули, принцип наименьшей энергии, правило Хунда. Подтвердите эти принципы соответствующими примерами.

84. Какие элементы периодической системы являются s -, p -, d -, f -элементами?

85. Какой энергетический подуровень заполняется в атомах сначала: $4s$ или $4p$? $4p$ или $3d$? $4s$ или $3d$? Почему?

86. По какой формуле можно определить максимальное число электронов в подуровне: $2(2l + 1)$ или $2n^2$? Почему к группе лантаноидов относятся четырнадцать элементов?

87. Какие значения могут принимать магнитные квантовые числа для данного побочного квантового числа $l = 0, 1, 2$? Каково число атомных орбиталей (квантовых ячеек) на p -подуровне?

88. Составьте электронные формулы элементов фосфора и титана. К каким электронным семействам они относятся? Представьте формулы высших кислородных соединений этих элементов.

89. Представьте электронные формулы атомов меди и хрома. Объясните, почему один s -электрон с внешнего уровня атомов этих элементов «проваливается» на предвнешний уровень. Запишите формулу оксида хрома, отвечающую высшей степени его окисления.

90. Электронные конфигурации атомов (внешние энергетические уровни) представлены формулами $2s^2 2p^6 2d^6$ и $4s^2 3d^{10} 4p^2$. Какая из формул записана неверно? Почему?

91. Внешние энергетические уровни атомов двух различных элементов представлены электронными формулами $2s^2 2p^4$ и $4s^2 4p^6 4d^5 5s^1$. Назовите эти элементы. К какому электронному семейству они относятся?

92. Какой смысл вкладывается в понятие «эффективный заряд ядра атома»? Почему при монотонном увеличении заряда ядра и

общего числа электронов в атоме эффективный заряд ядра меняется немонотонно?

93. Как изменяются радиусы атомов *s*-, *p*-, *d*-, *f*-элементов в периодах и группах? В чем особенность изменения радиусов атомов *d*-элементов в группах по сравнению с *s*- и *p*-элементами? Чем это объясняется?

94. Сравните между собой величины потенциалов ионизации и сродства к электрону у следующих пар атомов:

- а) азота и кислорода;
- б) фтора и хлора.

Могут ли эти величины служить характеристикой относительной металличности или неметалличности в указанных парах элементов?

95. Что означает термин «волновая функция»? Каков физический смысл квадрата волновой функции?

96. Как изменяется относительная электроотрицательность атомов элементов в периодах и группах? Расположите в порядке уменьшения относительной электроотрицательности следующие элементы: азот, кислород, фтор, хлор.

97. Сколько электронов находится на *5p*-подуровне олова в основном и возбужденном состояниях? Распределите электроны по квантовым ячейкам внешнего уровня этого атома в основном и возбужденном состояниях.

98. Какова электронная конфигурация внешнего энергетического уровня иона свинца Pb^{2+} ? Представьте распределение электронов по квантовым ячейкам.

99. Какой из атомов, отвечающий электронным конфигурациям $1s^2, 1s^2 2s^2, 1s^2 2s^2 2p^2$, имеет наименьший ионизационный потенциал?

100. Укажите заряд ядра атома, у которого конфигурация валентных электронов в основном состоянии $...4d^2 5s^2$. Назовите этот элемент.

101. Какова электронная конфигурация атома марганца в основном состоянии: $...3d^7$ или $...4s^2 3d^5$? Запишите формулу гидроксида, отвечающую высшей степени окисления марганца.

2.2. Химическая связь. Строение вещества

102. Перечислите основные типы химической связи. Какая связь называется ионной? Какие свойства характерны для соединений с ионной связью?

103. Какую химическую связь называют ковалентной? Как можно объяснить направленность ковалентной связи? Как метод валентных связей (ВС) объясняет строение молекул воды?

104. Какой механизм образования ковалентной связи называется донорно-акцепторным? Какие химические связи имеются в ионах NH_4^+ и BF_4^- ?

105. Как метод валентных связей (ВС) объясняет линейное строение молекулы BeF_2 и тетраэдрическое CCl_4 ?

106. Какая ковалентная связь является неполярной и какая полярной? Что служит количественной мерой полярности ковалентной связи? Какая из молекул характеризуется ковалентной неполярной связью: F_2 или HCl ?

107. Какие из указанных молекул: углекислый газ, вода, аммиак, метан – являются полярными? Может ли молекула с полярными связями не являться полярной молекулой (не являться электрическим диполем)?

108. Что называется дипольным моментом? Какая из молекул HCl , HBr , HI имеет наибольший дипольный момент? Почему?

109. Какая ковалентная связь называется σ -связью и какая π -связью? Представьте на примере строения молекул водорода и азота.

110. Какой из элементов: водород или азот – может быть донором электронной пары при образовании ковалентной связи по донорно-акцепторному механизму?

111. Какая химическая связь называется водородной? Между молекулами каких веществ она образуется? Почему H_2O , обладая меньшей молярной массой, кипит при более высокой температуре, чем ее аналоги?

112. Какие из перечисленных жидких веществ ассоциированы за счет образования водородной связи: тетрахлорметан, вода, плавиковая кислота?

113. Сколько и каких электронных орбиталей участвует в образовании sp -, sp^2 -, sp^3 -гибридных орбиталей? В чем сущность явления гибридизации?

114. Может ли молекула быть неполярной при наличии полярных ковалентных связей? Ответ мотивировать.

115. Отличаются ли понятия «полярная молекула» и «полярная связь в молекуле»?

116. Какие кристаллические структуры называются ионными, атомными, молекулярными и металлическими? Какой тип

структуры имеют кристаллы алмаза, хлорида натрия, оксида углерода (IV), магния?

117. Чем отличается структура кристаллов KBr от структуры кристаллов калия? Какой вид связи осуществляется в этих кристаллах?

118. Какие силы межмолекулярного взаимодействия называются ориентационными, индукционными и дисперсионными? Когда возникают и какова природа этих сил?

119. Какой тип гибридизации в молекулах CCl_4 , BCl_3 , $BeCl_2$? Какова геометрическая форма этих молекул?

120. Как метод молекулярных орбиталей объясняет парамагнитные свойства молекулы кислорода? Представьте энергетическую диаграмму молекулы O_2 по методу молекулярных орбиталей.

121. Представьте энергетическую диаграмму образования молекулы N_2 по методу МО. Как метод молекулярных орбиталей объясняет большую энергию диссоциации молекулы азота?

122. Какое число валентных электронов у атома фтора? Объясните с позиции метода валентных связей образование молекулы F_2 .

123. Дайте краткие определения и приведите схемы образования ионной и ковалентной химических связей. Укажите, какая из молекул обладает наибольшей долей ионной связи: KCl , $CaCl_2$, $GaCl_3$, $GeCl_4$.

124. Что называется дипольным моментом? У какой из приведенных молекул дипольный момент равен нулю: H_2O , NO_2 , CO_2 , CCl_4 ?

125. Для каких из указанных ниже атомов образование химических связей можно объяснить с привлечением модели донорно-акцепторного механизма связи: C, N, S, F? Приведите примеры.

126. В каких из приведенных соединений у центрального атома имеется в наличии две свободные электронные пары: SO_4^{2-} , ClF_3 , XeF_4 , SO_2 ? Приведите конфигурацию в пространстве этих соединений.

127. Геометрия каких из перечисленных соединений является плоской треугольной: ClO_3^- , SO_3 , HPO_3 , NH_3 ?

128. В чем сущность и причина гибридизации атомных орбиталей? Приведите примеры различных типов гибридизации атомов в молекулах и укажите геометрию молекул.

129. Как можно классифицировать химическую связь по типу перекрывания электронных облаков? Рассмотрите тип перекрывания атомных орбиталей в молекуле азота.

130. Что такое поляризуемость и направленность связи? Какова пространственная конфигурация молекулы IF_5 ?

131. Укажите молекулу, в которой атом углерода координационно насыщен CO_2 , C_2H_4 , C_2H_6 , C_6H_6 .

132. В чем преимущество метода молекулярных орбиталей по сравнению с методом валентных связей? На основе метода МО объясните строение молекул H_2 , O_2 и ионов O_2^+ , O_2^- .

133. Что такое порядок связи? Укажите порядок связи в молекулах и ионах O_2^+ , O_2 , O_2^- , F_2 .

134. Какие из приведенных молекул и молекулярных ионов являются парамагнитными: B_2^- , O_2 , O_2^- , F_2 ?

135. Используя метод молекулярных орбиталей, составьте энергетические диаграммы и рассчитайте порядок связи в молекулах He_2 и B_2 .

136. Составьте энергетическую диаграмму иона O_2^- с привлечением метода МО. Сколько электронов в этом молекулярном ионе находится на $\pi^{\text{разр}}$ -орбиталях?

137. Приведите энергетические диаграммы строения молекул по методу МО для молекул Li_2 и Be_2 . У какой из молекул энергия диссоциации должна быть наименьшей?

138. На примере молекул азота и кислорода рассмотрите энергетические диаграммы атомных и молекулярных орбиталей двухатомных молекул элементов второго периода. Как изменяется порядок связи по мере заполнения связующих молекулярных орбиталей в этих молекулах?

139. Укажите, какие из приведенных молекул являются изоэлектронными: CO , NO , N_2 . Составьте энергетические диаграммы этих молекул, используя метод МО.

140. Опишите наиболее существенные признаки водородной связи и объясните, почему она оказывает заметное влияние на свойства веществ. Какое из указанных веществ имеет более высокую температуру кипения: фтороводород, хлороводород, вода, аргон?

141. Какие кристаллические структуры называют ионными, молекулярными, атомными и металлическими? Приведите примеры веществ с указанными структурами.

2.3. Периодическая система Д. И. Менделеева.

Основные классы неорганических соединений

142. Какие из представленных элементов образуют основные оксиды: кальций, азот, сера, серебро?

143. Какие из приведенных элементов образуют кислотные оксиды: медь, хлор, фосфор, бор?

144. Как, пользуясь периодической системой элементов, определить характер оксида, гидроксида?

145. Какие из оксидов NO , SiO_2 , CuO , CO_2 реагируют с соляной кислотой?

146. Какой из гидроксидов Zn(OH)_2 , Ba(OH)_2 , Mg(OH)_2 , B(OH)_3 обладает амфотерными свойствами?

147. Как практическим путем доказать амфотерность гидроксида алюминия? Напишите уравнения реакций.

148. Укажите формулы оксидов, отвечающих следующим гидроксидам: $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, Fe(OH)_3 , $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$, CsOH , Ni(OH)_2 .

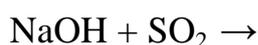
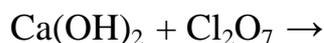
149. Укажите основность уксусной кислоты $\text{H}_4\text{C}_2\text{O}_2$ и ортофосфорной кислоты H_3PO_4 .

150. Какие соединения называются основаниями? Какие виды оснований известны? Приведите примеры.

151. Укажите виды кислот. Приведите примеры.

152. Назовите виды солей. Приведите примеры. К какому виду солей относится питьевая сода?

153. Закончите уравнения реакций:



154. Напишите гидроксиды, отвечающие следующим оксидам: MnO_3 , FeO , ZnO , Cl_2O_5 , SO_2 .

155. Составьте формулы средних и кислых кальциевых солей следующих кислот: H_3PO_4 , H_2SO_4 , H_2CO_3 . Приведите названия этих солей.

156. Назовите следующие соли и напишите их графические формулы: CaSO_3 , $\text{Mg(HCO}_3)_2$, NaH_2PO_4 , $(\text{CuOH})_2\text{SO}_4$.

157. Составьте формулы следующих солей и напишите их графические формулы: дигидрофосфат алюминия, гидрокарбонат бария, сульфат железа (II).

158. Напишите уравнения реакции получения нитрата магния из гидроксонитрата магния.

159. Напишите уравнения реакций, отвечающих следующей схеме превращений:



160. Укажите заряды катионов и анионов, входящих в состав следующих солей: CrPO_4 , $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, AlOHSO_4 , BaHPO_4 .

161. Укажите формулы кислот, отвечающих следующим солям: $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$, $(\text{AlOH})_3(\text{PO}_4)_2$, $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, $(\text{CaOH})_2\text{SO}_3$, CaFeO_4 .

162. Каковы формулы высших оксидов элементов: хрома, марганца, германия, вольфрама, свинца? Запишите формулы гидроксидов, отвечающих этим оксидам. Дайте графическое изображение этих формул.

163. Исходя из положения в периодической системе, объясните, у какого из элементов в каждой из следующих пар сильнее выражены металлические свойства:

- а) Na и K; г) Al и Si;
- б) Cs и Ba; д) Nb и Sb.
- в) Ca и Zn;

Какие из приведенных элементов могут образовывать кислотные оксиды?

164. Определите элемент, если его высший оксид соответствует ЭO_3 , а с водородом он образует соединение, содержащее 2,46 массовой доли водорода.

165. Вступают ли в реакцию со щелочью следующие оксиды: оксид цинка, оксид серы (VI), оксид серы (IV), оксид магния, оксид марганца (VII)? Запишите соответствующие реакции.

166. С какими из нижеприведенных оксидов реагирует соляная кислота: оксид меди (II), оксид цинка, оксид углерода (IV), оксид серы (IV)?

167. Какие из перечисленных гидроксидов можно получить, растворяя в воде соответствующие оксиды:

- а) гидроксид цинка;
- б) гидроксид рубидия;
- в) гидроксид железа (III)?

168. В какой из указанных реакций при определенных условиях образуется кислота:

- а) $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$; в) $\text{FeSO}_4 + \text{KOH}$;
- б) $\text{CO}_2 + \text{MgO}$; г) $\text{BaCl}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4$?

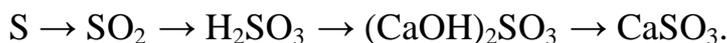
169. Какая из реакций может привести к образованию соли:

- а) $P_2O_5 + SO_3$; в) $SO_2 + K_2O$;
б) $CaO + K_2O$; г) $H_2SO_4 + NH_3$?

170. Запишите молекулярные и графические формулы солей: нитрата цинка, гидрокарбоната алюминия, сульфита цезия, гидроксонитрата кадмия, метаалюмината кальция.

171. Назовите соединения и составьте их графические формулы: $NaClO_3$, $Mg(HSO_3)_2$, $(ZnOH)_2SO_3$, $FeOH(NO_3)_2$, $K_2Cr_2O_7$.

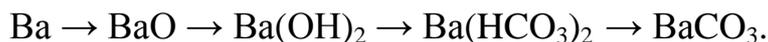
172. Приведите возможные уравнения реакций следующих превращений:



173. Какие из кислот: ортофосфорная, уксусная, азотистая – могут образовывать кислые соли? Приведите примеры.

174. Какие из приведенных гидроксидов: KOH , $Cu(OH)_2$, NH_4OH , $Cr(OH)_3$ – могут образовывать основные соли? Приведите примеры.

175. Запишите возможные уравнения реакций для осуществления следующих превращений:



176. В какой из следующих формул допущена ошибка:

- а) $AlHSO_3$; в) $[Al(OH)_2]_2SO_4$;
б) $(AlOH)_3(PO_4)_2$; г) $AlOHCO_3$?

Назовите правильно написанные формулы и дайте их графическое изображение.

177. Запишите кислотные остатки солей и укажите их заряд: $Zn(HCO_3)_2$, Na_2HPO_4 , $[Fe(OH)_2]_2SO_4$.

178. Укажите катионы солей и определите величину их заряда: $(NiOH)_2SO_4$, $[Al(OH)_2]_3PO_4$, $(CuOH)_2CO_3$, $Cr(H_2PO_4)_3$, $FeOHCl_2$.

179. Составьте уравнения реакций, характеризующих амфотерные свойства оксида алюминия и гидроксида олова (II).

180. Запишите формулы гидроксидов, соответствующих оксидам: Cu_2O , V_2O_5 , SO_2 , Mn_2O_7 , BeO .

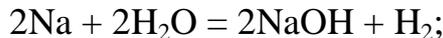
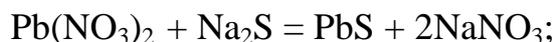
181. Дайте формулы оксидов, соответствующих гидроксидам: $CsOH$, $HClO$, $Fe(OH)_2$, $H_4P_2O_7$, H_3BO_3 .

182. Укажите степень окисления и валентность азота в соединениях N_2 , NH_3 , NH_4Cl .

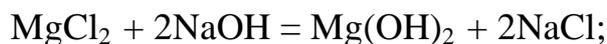
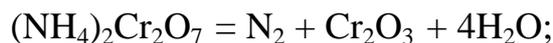
183. Какова степень окисления и валентность углерода в соединениях CH_4 , C_2H_2 , CH_3Cl ?

3. ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ. ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ РЕАКЦИИ*

184. Укажите, какая из представленных ниже реакций является окислительно-восстановительной:



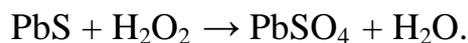
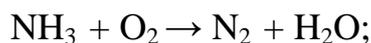
185. Какая из приведенных ниже реакций является окислительно-восстановительной:



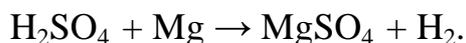
186. Какие вещества могут выступать как восстановители? Приведите примеры.

187. Какие вещества могут являться окислителями? Приведите примеры.

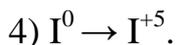
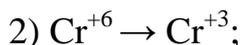
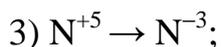
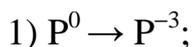
188. Укажите окислители и восстановители для процессов:



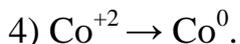
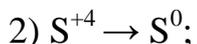
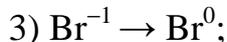
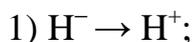
189. Назовите восстановители и окислители в окислительно-восстановительных процессах:



190. Укажите, в каких из приведенных ниже процессов происходит окисление. Напишите соответствующие электронные уравнения:



191. В каком из приведенных ниже процессов происходит восстановление? Составьте электронные уравнения:



192. На основании положения элементов в периодической системе укажите, у какого из приведенных ниже элементов сильнее выражены окислительные свойства: хлор, сера, бром.

193. Какие продукты получаются при взаимодействии магния с концентрированной серной кислотой? Составьте уравнение реакции и электронные уравнения.

194. Какие продукты получаются при взаимодействии перманганата калия с сульфитом натрия в нейтральной среде? Составьте уравнение реакции и электронные уравнения.

195. Составьте электронные уравнения и подберите коэффициенты для уравнений реакций, протекающих по схемам:



196. Составьте электронные и полные уравнения следующих окислительно-восстановительных реакций:

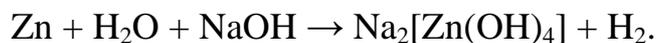


197. Какие соединения образуют галогены в кислой и щелочной средах? Закончите уравнения реакций, составьте электронные уравнения:

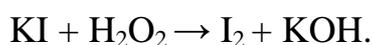


198. Какие продукты образуются из перманганата калия и сульфата железа (II) в кислой среде? Составьте электронные и полное уравнения реакций.

199. Составьте электронные и полные уравнения реакций для процессов:

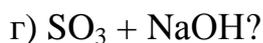
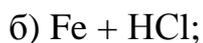
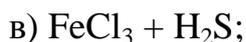


200. Какие вещества могут проявлять как окислительные, так и восстановительные свойства? Напишите полные и электронные уравнения процессов:



201. Как определяются молярные массы эквивалентов окислителей и восстановителей? Приведите примеры.

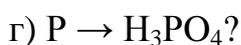
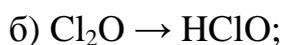
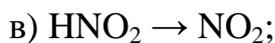
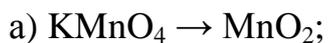
202. Какие реакции, протекающие в водном растворе, являются окислительно-восстановительными:



Закончите уравнения для окислительно-восстановительных реакций и укажите окислители и восстановители.

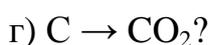
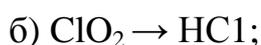
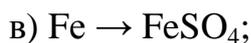
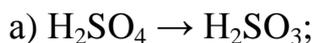
203. Укажите ионы, которые могут проявлять только окислительную функцию: MnO_4^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , S^{2-} . Запишите уравнения реакций с участием этих ионов, составьте электронные уравнения, укажите окислитель и восстановитель.

204. В каком случае происходит процесс окисления:



Приведите уравнения реакций, отвечающие процессам окисления. Составьте электронные уравнения, расставьте коэффициенты.

205. Какие из схем отражают процессы восстановления:



Приведите уравнения реакций, отвечающие процессам

восстановления. Составьте электронные уравнения, расставьте коэффициенты.

206. Какие продукты образуются при взаимодействии магния и меди с разбавленной и концентрированной серной кислотой? На основании электронных уравнений подберите коэффициенты в уравнениях протекающих реакций.

207. Укажите, в каких из приведенных реакций водород является восстановителем:



Составьте электронные уравнения, укажите, какое вещество окисляется и какое восстанавливается.

208. Какие из приведенных веществ: HNO_3 , H_2SO_4 , NaNO_2 , HAsO_2 , H_2SO_3 – могут в зависимости от условий протекания реакций проявлять как окислительные, так и восстановительные свойства? Приведите примеры соответствующих уравнений, расставьте коэффициенты на основе электронных уравнений.

209. Исходя из степени окисления йода в соединениях CaI_2 , I_2 , KIO_3 , KI , KIO , объясните, какие из них могут проявлять только восстановительные свойства. Приведите соответствующие уравнения реакций.

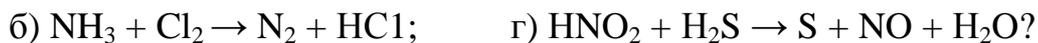
210. Учитывая степень окисления марганца и азота в соединениях K_2MnO_4 , KMnO_4 , HNO_3 , HNO_2 , объясните, какие из них могут быть только окислителями. Ответ подтвердите уравнениями протекающих реакций.

211. Какие продукты образуются при взаимодействии перманганата калия с сульфитом натрия:

- а) в кислой среде;
- б) в нейтральной среде;
- в) в щелочной среде?

Запишите уравнения реакций, укажите окислитель и восстановитель.

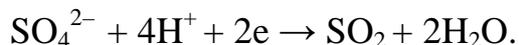
212. В каких случаях происходит окисление и в каких восстановление соответствующих элементов при получении простых веществ:



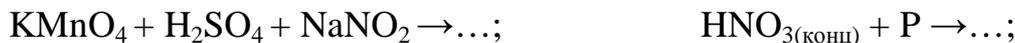
На основе электронных уравнений подберите коэффициенты и

закончите уравнения реакций.

213. Составьте полные уравнения реакций с участием простых веществ, отвечающие ионно-электронной полуреакции:

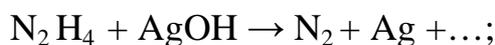
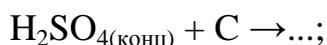


214. Запишите полные уравнения реакций:



Укажите окислители и восстановители.

215. Закончите уравнения реакций, отвечающих схемам:



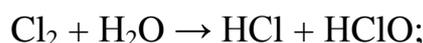
Укажите окислители и восстановители.

216. Какие типы окислительно-восстановительных реакций вам известны? Закончите уравнения реакций, идущих по схемам:



Укажите, какие реакции относятся к реакциям диспропорционирования.

217. Напишите полные уравнения реакций:



Укажите окислители и восстановители.

218. Вычислите молярные массы эквивалентов следующих восстановителей:

а) H_2S , переходящего при окислении в H_2SO_4 ;

б) Al , переходящего при окислении в $\text{Na}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]$.

Приведите соответствующие уравнения реакций.

219. Вычислите молярные массы эквивалентов следующих окислителей:

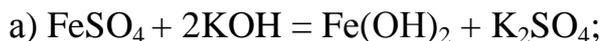
а) $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, переходящего при восстановлении в $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$;

б) KClO_3 , переходящего при восстановлении в KCl .

Запишите соответствующие уравнения реакций.

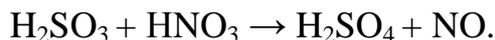
220. Вычислите молярные массы эквивалентов сульфата железа (II)

в следующих реакциях:



Составьте ионно-молекулярные уравнения и ионно-электронные полуреакции процессов окисления и восстановления.

221. Вычислите молярные массы эквивалентов окислителей, принимающих участие в процессах:



Составьте ионно-электронные полуреакции и расставьте коэффициенты в уравнениях реакций.

222. Вычислите молярную массу эквивалента серной кислоты в реакциях:



Закончите уравнения реакций, принимая во внимание, что серная кислота концентрированная и действует при нагревании.

4. ЭНЕРГЕТИКА И НАПРАВЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ

4.1. Термохимия. Энтальпия. Энтропия

223. Что такое функции состояния системы? Что такое энтальпия системы (H)?

224. Что называется тепловым эффектом реакции? При каких условиях он называется изменением энтальпии реакции?

225. Какие уравнения называются термохимическими? Как записывается эндотермический и экзотермический процессы?

226. Что называется стандартной энтальпией образования вещества $\Delta_f H^\circ_{298}$? Почему необходима стандартизация состояния вещества?

227. В каких единицах измеряются тепловые эффекты химических реакций?

228. Какие факторы влияют на тепловой эффект реакции? Какая связь между изменением энтальпии реакции и стандартными теплотами образования исходных веществ и продуктов реакции?

229. Какой из приведенных процессов является экзотермическим?



230. Какой из приведенных процессов является эндотермическим?



231. Сколько теплоты выделится при взрыве 5 л гремучего газа (н. у.)? Составьте термохимическое уравнение данного процесса.

232. Определите стандартную энтальпию образования оксида железа (III), если при окислении 11,2 г железа выделилось 82,42 кДж тепла.

233. Сколько теплоты выделилось при сгорании 4 г серы S(α)?

234. При соединении 2 г водорода с хлором выделилось 184,6 кДж теплоты. Определите стандартную энтальпию образования газообразного хлороводорода.

235. Определите по стандартным теплотам образования указанных ниже оксидов, какой из них является наиболее устойчивым:



236. Используя значения стандартных теплот образования оксида углерода (IV) и оксида углерода (II), равные соответственно $-393,5$ кДж/моль и $-110,5$ кДж/моль, вычислите, сколько теплоты выделится при сгорании 11,2 л CO (н. у.).

237. Что называется абсолютной стандартной энтропией вещества?

238. Как определяется изменение энтропии системы в результате протекания процесса в стандартных условиях?

239. Что такое энтальпийный и энтропийный факторы процесса?

4.2. Энергия Гиббса

240. Что такое энергия Гиббса? Что можно сказать о химическом процессе, для которого:

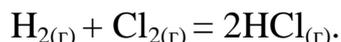
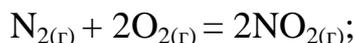
1) $\Delta G^{\circ}_T < 0$;

2) $\Delta G^{\circ}_T > 0$;

3) $\Delta G^{\circ}_T = 0$?

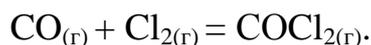
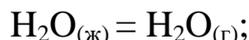
241. Исходя из уравнения $\Delta G^{\circ}_T = \Delta H^{\circ}_T - T\Delta S^{\circ}_T$, приведите примеры химических реакций, для которых направление процесса будет определяться изменением энтропийного фактора.

242. Не выполняя вычислений, предскажите знак изменения энтропии (ΔS°_{298}) в каждом из предлагаемых процессов:



243. При какой температуре процесс: $\text{FeO}_{(\text{к})} + \text{H}_{2(\text{г})} = \text{Fe}_{(\text{к})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{г})}$ становится самопроизвольным при стандартном давлении, если изменением ΔH° и ΔS° с температурой можно пренебречь?

244. Предскажите знак изменения энтропии для следующих процессов:

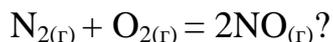
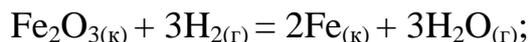


245. Оцените знак ΔS°_{298} в реакциях:



Подтвердите свой вывод расчетом, используя справочные данные.

246. Могут ли протекать следующие реакции при стандартных условиях:



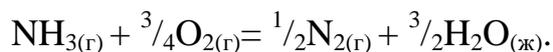
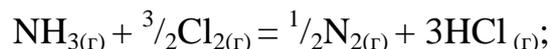
247. Возможно ли при стандартных условиях образование оксидной пленки на поверхности алюминиевых изделий?

248. Можно ли получить «веселящий газ» (N_2O) из простых веществ:

а) при стандартных условиях;

б) при повышенной температуре?

249. С помощью расчета ΔG°_{298} процессов:



сопоставьте окислительные свойства хлора и кислорода по отношению к аммиаку.

250. Можно ли восстановить оксид алюминия водородом в стандартных условиях?

251. Вычислите ΔG°_{298} реакции



Можно ли потушить горящий фосфор углекислым газом?

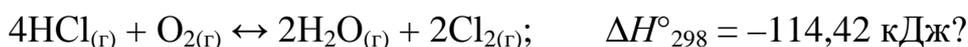
252. Можно ли хранить кальций:

а) в атмосфере углекислого газа,

б) на воздухе в стандартных условиях?

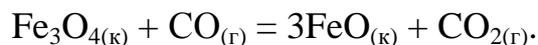
253. Теплоты образования $\Delta_f H^\circ_{298}$ оксида и диоксида азота соответственно равны +90,37 кДж/моль и +33,85 кДж/моль. Определите ΔS°_{298} и ΔG°_{298} для реакций получения NO и NO₂ из простых веществ. Можно ли получить эти оксиды при стандартных условиях? Какой из оксидов образуется при высокой температуре? Почему?

254. При какой температуре наступит равновесие системы



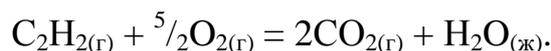
Что в этой системе является более сильным окислителем: хлор или кислород и при каких температурах?

255. Восстановление Fe₃O₄ оксидом углерода (II) идет по уравнению



Вычислите ΔG°_{298} и сделайте вывод о возможности самопроизвольного протекания этой реакции при стандартных условиях. Чему равно ΔS°_{298} в этом процессе?

256. Реакция горения ацетилена идет по уравнению



Вычислите ΔG°_{298} и ΔS°_{298} и объясните уменьшение энтропии в результате этой реакции.

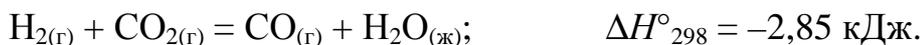
257. Уменьшается или увеличивается энтропия при переходах:

а) воды в пар;

б) графита в алмаз?

Почему? Вычислите ΔS°_{298} для каждого превращения. Сделайте вывод о количественном изменении энтропии при фазовых и аллотропных превращениях.

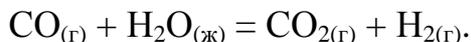
258. Чем можно объяснить, что при стандартных условиях невозможна экзотермическая реакция, протекающая по уравнению?



Зная тепловой эффект реакции и абсолютные стандартные

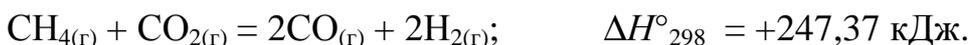
энтропии соответствующих веществ, определите ΔG°_{298} этой реакции.

259. На основании стандартных теплот образования и абсолютных стандартных энтропий соответствующих веществ вычислите ΔG°_{298} реакции, протекающей по уравнению



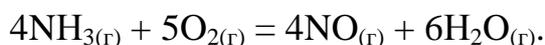
Возможна ли эта реакция при стандартных условиях?

260. Эндотермическая реакция взаимодействия метана с диоксидом углерода протекает по уравнению



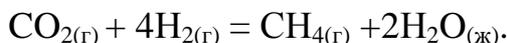
При какой температуре начнется эта реакция?

261. Определите ΔG°_{298} реакции, протекающей по уравнению



Вычисления сделайте на основании стандартных теплот образования и абсолютных стандартных энтропий соответствующих веществ. Возможна ли эта реакция при стандартных условиях?

262. На основании стандартных теплот образования и абсолютных стандартных энтропий соответствующих веществ вычислите ΔG°_{298} реакции, протекающей по уравнению

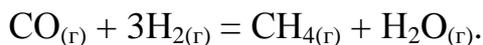


Возможна ли эта реакция при стандартных условиях?

263. Вычислите изменение энтропии в результате реакции образования аммиака из азота и водорода. При расчете можно исходить из S°_{298} соответствующих газов, так как ΔS с изменением температуры изменяется незначительно. Чем можно объяснить отрицательное значение ΔS°_{298} ?

264. Какие из карбонатов: BeCO_3 , CaCO_3 или BaCO_3 – можно получить по реакции взаимодействия соответствующих оксидов с CO_2 ? Какая реакция идет наиболее энергично? Вывод сделайте, вычислив ΔG°_{298} реакций.

265. На основании стандартных теплот образования и абсолютных стандартных энтропий соответствующих веществ вычислите ΔG°_{298} реакции, протекающей по уравнению



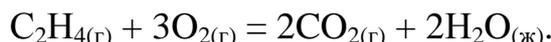
Возможна ли эта реакция при стандартных условиях?

266. Образование сероводорода из простых веществ протекает по уравнению



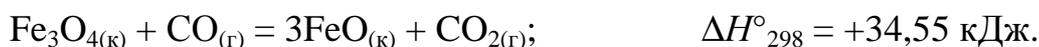
Исходя из значений S°_{298} соответствующих веществ, определите ΔS°_{298} и ΔG°_{298} для этой реакции.

267. На основании стандартных теплот образования и абсолютных стандартных энтропий соответствующих веществ вычислите ΔG°_{298} реакции, протекающей по уравнению



Возможна ли эта реакция при стандартных условиях?

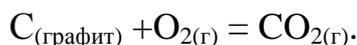
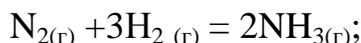
268. Определите, при какой температуре начнется реакция восстановления Fe_3O_4 , протекающая по уравнению



269. Вычислите, при какой температуре начнется диссоциация пентахлорида фосфора, протекающая по уравнению

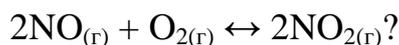


270. Вычислите изменение энтропии при стандартных условиях для реакций, протекающих по уравнениям:



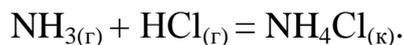
Почему в этих реакциях $\Delta S^\circ_{298} > 0$; < 0 ; $\cong 0$?

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



Ответ мотивируйте, вычислив ΔG°_{298} прямой реакции.

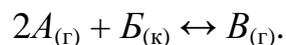
272. Исходя из значений стандартных теплот образования и абсолютных стандартных энтропий соответствующих веществ, вычислите ΔG°_{298} реакции, протекающей по уравнению



Может ли эта реакция при стандартных условиях идти самопроизвольно?

5. ХИМИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ

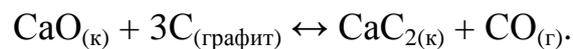
273. Напишите выражение для константы равновесия реакции



Как изменится скорость прямой реакции с увеличением концентрации вещества A в 3 раза?

274. Как изменится скорость реакции при понижении температуры от 100 до 40°, если температурный коэффициент равен 2?

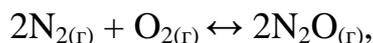
275. Напишите выражение для константы равновесия реакции



Прямая реакция эндотермическая. Как влияют понижение

температуры, уменьшение давления на равновесие этой реакции?

276. Как изменится скорость реакции образования N_2O



если при стандартных условиях объем газовой смеси увеличить в 3 раза?

277. Напишите выражение для константы равновесия реакции



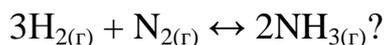
Как следует изменить давление, чтобы сместить равновесие вправо?

278. Напишите выражение для константы равновесия реакции



Какими изменениями температуры, давления водяного пара можно повысить выход безводной соли? Прямая реакция эндотермическая.

279. Как влияют понижение давления, повышение температуры на равновесие реакции



Реакция образования аммиака экзотермическая. Напишите выражение для константы равновесия данной реакции.

280. При взаимодействии $2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \leftrightarrow 2SO_{3(g)}$ равновесие установилось соответственно при следующих концентрациях этих веществ: 0,08; 0,04; 0,04 моль/л. Вычислите константу равновесия и исходные концентрации диоксида серы и кислорода, если $C_{0(SO_3)} = 0$.

281. Равновесные концентрации азота, водорода и аммиака в реакции синтеза аммиака при некоторой температуре соответственно равны 6, 9 и 2 моль/л. Вычислите константу равновесия и исходные концентрации азота и водорода, если $C_{0(NH_3)} = 0$.

282. Исходные концентрации оксида серы (IV) и хлора в реакции $SO_{2(g)} + Cl_{2(g)} \leftrightarrow SOCl_{2(g)}$ соответственно равны 4 моль/л и 5 моль/л. Равновесие установилось, когда в реакцию вступило 20% исходного количества SO_2 . Вычислите константу равновесия, если $C_{0(SOCl_2)} = 0$.

283. Какие реакции протекают практически до конца? Какие условия для этого необходимы?

284. Какие реакции называются обратимыми? В чем их отличие от реакций, идущих до конца?

285. Как зависит скорость гомогенных реакций от концентрации реагентов? Как влияет изменение температуры на скорость таких реакций? Напишите уравнение Аррениуса.

286. Что такое состояние химического равновесия?

287. Можно ли сказать, что при установлении равновесия химическая реакция прекращается?

288. Что такое константа равновесия химической реакции?

289. Как константа равновесия выражается:

а) через равновесные концентрации;

б) через равновесные парциальные давления реагирующих веществ?

290. Каковы особенности выражения константы равновесия для гетерогенных химических процессов?

291. Как константа равновесия связана со стандартным изменением энергии Гиббса реакции?

292. Как влияет изменение температуры на константу равновесия?

293. Изменится ли состояние равновесия при введении в реакционную смесь катализатора? Какой вывод следует сделать о влиянии катализатора на константу равновесия?

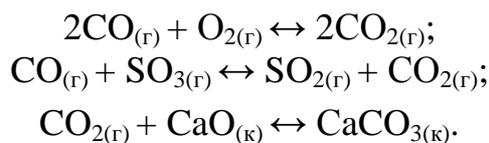
294. Сформулируйте правило для определения направления смещения равновесия при изменении давления в реакциях с участием газообразных веществ.

295. Как влияет изменение концентрации одного из веществ на смещение химического равновесия в гомогенной реакционной смеси?

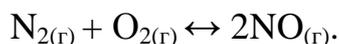
296. Каково влияние изменения температуры на смещение равновесия в экзотермических и эндотермических реакциях?

297. Сформулируйте в общем виде принципы смещения равновесия (принцип Ле Шателье). Какие движущие силы возникают в системе при выводе ее из состояния равновесия?

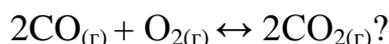
298. Запишите выражение константы химического равновесия для следующих процессов:



299. Определите константу равновесия при стандартных условиях для процесса



300. Как надо изменить давление в равновесной системе, чтобы сместить вправо равновесие обратимого процесса



301. Сместится ли равновесие обратимой реакции $\text{H}_{2(\text{r})} + \text{I}_{2(\text{r})} \leftrightarrow 2\text{HI}_{(\text{r})}$ при повышении или понижении давления равновесной системы? Ответ мотивируйте.

302. Оксид азота (IV) окрашен в бурый цвет, его димер N_2O_4 бесцветен. Предскажите, как будет меняться окраска смеси газов при одновременном увеличении температуры и давления.

Прямая реакция $2\text{NO}_{2(\text{r})} \leftrightarrow \text{N}_2\text{O}_{4(\text{r})}$ является экзотермической.

303. Исходные концентрации оксида углерода (II) и паров воды в реакции $\text{CO}_{(\text{r})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{r})} \leftrightarrow \text{CO}_{2(\text{r})} + \text{H}_{2(\text{r})}$ равны соответственно 4 моль/л и 6 моль/л. Константа равновесия при некоторой температуре равна 1. Вычислите концентрации всех веществ в момент равновесия.

304. В десятилитровый сосуд поместили 4 моль оксида азота (II) и 6 моль хлора. Константа равновесия реакции $\text{NO}_{(\text{r})} + \text{Cl}_{2(\text{r})} \leftrightarrow \text{NOCl}_{2(\text{r})}$ при некоторой температуре равна 2,5. Вычислите равновесный состав смеси в молярных процентах.

305. Исходная концентрация хлорида фосфора (V) равна 0,5 моль/л. К моменту наступления равновесия $\text{PCl}_{5(\text{r})} \leftrightarrow \text{PCl}_{3(\text{r})} + \text{Cl}_{2(\text{r})}$ разложилось 20% исходного вещества. Вычислите константу равновесия.

306. Константа равновесия реакции $\text{N}_{2(\text{r})} + 3\text{H}_{2(\text{r})} \leftrightarrow 2\text{NH}_{3(\text{r})}$ равна 0,1 при некоторой температуре. Равновесные концентрации водорода и аммиака соответственно равны 0,2 и 0,08 моль/л. Вычислите начальную и равновесные концентрации азота, если $C_{0(\text{NH}_3)} = 0$.

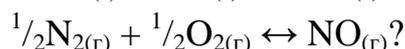
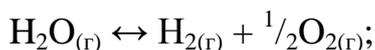
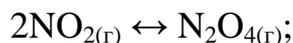
307. В результате взаимодействия $2\text{SO}_{2(\text{r})} + \text{O}_{2(\text{r})} \leftrightarrow 2\text{SO}_{3(\text{r})}$ в реакции установилось равновесие при следующих концентрациях веществ 0,02; 0,01 и 0,02 моль/л соответственно. Вычислите величину константы равновесия и исходные концентрации оксида серы (IV) и кислорода, если $C_{0(\text{SO}_3)} = 0$.

308. Вычислите давление разложения BaCO_3 :



при 500 К и определите температуру, при которой давление CO_2 равно 101 325 Па.

309. Как отличаются численные значения K_c и K_p при 298 К для следующих процессов:



310. Вычислите давление разложения оксида ртути:



при температуре 573 К и определите температуру, при которой

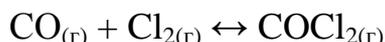
давление O_2 равно 101 325 Па.

311. Вычислите давление разложения $Ca(OH)_2$:



при температуре 700 К и определите температуру, при которой давление водяных паров составит 101 325 Па.

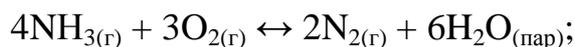
312. При состоянии равновесия системы



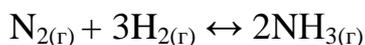
концентрация оксида углерода (II) равна 3, хлора – 0,3, образовавшегося фосгена – 2 моль/л. Вычислите исходную концентрацию хлора и константу равновесия, если $C_{0(COCl_2)} = 0$.

313. Какое определение можно дать скорости химической реакции? Рассчитайте, как изменится скорость прямой и обратной реакций в системе $2CO_{(г)} + O_{2(г)} \leftrightarrow 2CO_{2(г)}$, если увеличить давление в три раза. Произойдет ли смещение равновесия в системе?

314. Какое состояние системы называется химическим равновесием? Запишите математические выражения для констант равновесия процессов:



315. В результате взаимодействия азота и водорода равновесие в системе



установилось при следующих концентрациях веществ: $C_{(N_2)} = 1,5$ моль/л; $C_{(H_2)} = 4,5$ моль/л; $C_{(NH_3)} = 1,5$ моль/л. Вычислите константу равновесия и исходные концентрации азота и водорода, если $C_{0(NH_3)} = 0$.

316. При некоторой температуре константа равновесия системы



равна 1. Равновесная концентрация образовавшегося триоксида серы равна 0,2, моль/л, а $C_{(SO_2)} = 0,04$. Вычислите равновесную и исходную концентрации кислорода, если $C_{0(SO_3)} = 0$.

317. Константа равновесия системы $C_{(графит)} + CO_{2(г)} \leftrightarrow 2CO_{(г)}$ при некоторой температуре равна 0,1. Вычислите равновесные концентрации оксида углерода (IV) и оксида углерода (II), если начальные концентрации: $C_{0(CO_2)} = 0,05$ моль/л; $C_{0(CO)} = 0,01$ моль/л.

318. Какими внешними воздействиями можно нарушить химическое равновесие? На примере получения в промышленности

аммиака из азота и водорода покажите, какими изменениями внешних условий можно направлять химический процесс.

319. В какую сторону сместится равновесие процессов:



а) при повышении температуры;

б) при увеличении давления?

320. Восстановление оксида железа (III) водородом протекает по уравнению



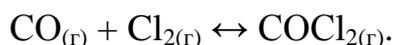
Как повлияет увеличение:

а) давления;

б) температуры

на данное равновесие? Как надо изменить концентрации исходных веществ, чтобы сместить равновесие в сторону прямой реакции, приводящей к получению железа?

321. Реакция образования фосгена COCl_2 протекает по уравнению



Начальная концентрация исходных веществ составляет: $C_{0(\text{CO})} = 3$ моль/л, $C_{0(\text{Cl}_2)} = 9$ моль/л. Определите концентрацию всех трех веществ в момент равновесия и константу равновесия, зная, что прореагировало 30% оксида углерода (II).

322. Какие реакции называются обратимыми? Как повлияет понижение:

а) температуры;

б) давления

на состояние равновесия в системах:



6. РАСТВОРЫ

6.1. Способы выражения состава растворов

323. Что такое раствор? Какие явления сопровождают процесс растворения?

324. Как выражается зависимость растворимости твердых веществ от температуры?

325. Как изменяется растворимость газов с повышением температуры и давления?
326. Приведите примеры веществ, практически нерастворимых в воде?
327. Какой раствор называется насыщенным? Концентрированным?
328. Может ли насыщенный раствор быть разбавленным?
329. Что называется концентрацией раствора? Укажите способы выражения концентрации растворов.
330. Вычислите молярные массы эквивалентов следующих веществ: HNO_3 , H_2SO_4 , H_3PO_4 , NaOH , $\text{Ba}(\text{OH})_2$, K_2SO_4 , $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$.
331. Определите массовую долю соли в растворе, если в воде массой 400 г растворили хлорид натрия массой 10 г.
332. Какая масса нитрата натрия содержится в 0,3 М растворе объемом 200 мл?
333. Какая масса карбоната калия необходима для приготовления 0,01н. раствора объемом 300 мл?
334. Среднее содержание хлорида натрия в океанской воде составляет 2,8%. Какую массу этой соли можно выделить из 1 т воды?
335. Какие массы йода и спирта надо взять для приготовления 50 г 5%-ного спиртового раствора йода?
336. Сколько граммов медного купороса $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ надо взять, чтобы приготовить 2 л 5%-ного раствора CuSO_4 (плотность раствора $1,08 \text{ г/см}^3$)?
337. Какую массу 10%-ного раствора гидроксида калия надо добавить к 500 мл воды, чтобы получить 2%-ный раствор?
338. В каком объеме воды надо растворить 11,2 л (н. у.) хлороводорода, чтобы получить 5%-ный раствор?
339. К 200 г 10%-ного раствора щелочи добавили 400 г раствора этой же щелочи неизвестной концентрации и получили 15%-ный раствор. Определите массовую долю растворенного вещества в добавленном растворе.
340. К 100 мл 2%-ного раствора йодоводородной кислоты добавили 100 мл 2%-ного раствора гидроксида калия. Какова реакция среды полученного раствора – кислая, щелочная или нейтральная?
341. Вычислите молярную концентрацию и моляльность 14%-ного раствора КОН, плотность которого $1,125 \text{ г/см}^3$.
342. При растворении 6 г технического препарата едкого кали в воде получили 1 л 0,1 М КОН. Определите содержание примесей в этом препарате.
343. Какая масса сульфата бария выпадает в осадок, если к 50 мл 0,2 н. H_2SO_4 прибавить избыток раствора хлорида бария?

344. Вычислите молярную концентрацию и молярную концентрацию эквивалента 30%-ного раствора хлорида кальция, плотность которого $1,178 \text{ г/см}^3$.

345. Чему равна молярная концентрация эквивалента 30%-ного раствора NaOH, плотность которого $1,328 \text{ г/см}^3$? К 1 л этого раствора прибавили 5 л воды. Вычислите массовую долю растворенного вещества в растворе.

346. К 3 литрам 10%-ного раствора HNO_3 , плотность которого $1,054 \text{ г/см}^3$, прибавили 5 л 2%-ного раствора той же кислоты с плотностью $1,009 \text{ г/см}^3$. Вычислите массовую долю растворенного вещества и молярную концентрацию полученного раствора, если считать, что его объем равен 8 л.

347. Вычислите молярную концентрацию эквивалента и молярную концентрацию 20,8%-ного раствора HNO_3 , плотность которого $1,12 \text{ г/см}^3$. Сколько граммов кислоты содержится в 4 л этого раствора?

348. Вычислите молярную концентрацию, молярную концентрацию эквивалента и молярную концентрацию 16%-ного раствора хлорида алюминия, плотность которого $1,149 \text{ г/см}^3$.

349. Сколько и какого вещества останется в избытке, если к 75 см^3 0,3 н. раствора H_2SO_4 прибавить 125 см^3 0,2 н. раствора KOH?

350. Для осаждения в виде AgCl всего серебра, содержащегося в 100 см^3 раствора AgNO_3 , потребовалось 50 см^3 0,2 н. раствора HCl. Чему равна молярная концентрация эквивалента раствора AgNO_3 ? Сколько граммов AgCl выпало в осадок?

351. Какой объем 20%-ного раствора HCl (плотность $1,1 \text{ г/см}^3$) требуется для приготовления 1 л 10%-ного раствора (плотность $1,05 \text{ г/см}^3$)?

352. Смешали 10 см^3 10%-ного раствора HNO_3 (плотность $1,056 \text{ г/см}^3$) и 100 см^3 30%-ного раствора HNO_3 (плотность $1,184 \text{ г/см}^3$). Вычислите массовую долю растворенного вещества в полученном растворе.

353. Какой объем 50%-ного раствора KOH (плотность $1,538 \text{ г/см}^3$) требуется для приготовления 3 л 6%-ного раствора (плотность $1,048 \text{ г/см}^3$)?

354. Какой объем 10%-ного раствора карбоната натрия Na_2CO_3 (плотность $1,105 \text{ г/см}^3$) требуется для приготовления 5 л 2%-ного раствора (плотность $1,02 \text{ г/см}^3$)?

355. На нейтрализацию 31 см^3 0,16 н. раствора щелочи требуется 217 см^3 раствора H_2SO_4 . Чему равны молярная концентрация эквивалента и титр раствора H_2SO_4 ?

356. Какой объем 0,4 н. раствора щелочи необходим для нейтрализации 30 мл раствора, содержащего 0,2942 г H_2SO_4 ? Чему равна молярная концентрация раствора серной кислоты?

357. Сколько воды следует прибавить к одному литру 20%-ного раствора K_2CO_3 (плотность $1,189 \text{ г/см}^3$) для приготовления 1 н. раствора?

358. Какой объем CO_2 , измеренный при нормальных условиях, выделится при действии 250 мл 4 н. раствора HCl на избыток CaCO_3 ?

359. Вычислите молярную концентрацию 10%-ного раствора Na_2SO_4 (плотность $1,091 \text{ г/см}^3$).

360. На нейтрализацию раствора, содержащего 0,5 г едкого натра, потребовалось 25 мл раствора кислоты. Вычислите молярную концентрацию эквивалента раствора кислоты.

361. Какое вещество и в каком количестве взято в избытке, если к 100 мл 4%-ного раствора HCl (плотность $1,018 \text{ г/см}^3$) прибавили 50 мл 1 н. раствора едкого натра?

362. К одному литру 6%-ного раствора H_3PO_4 (плотность $1,031 \text{ г/см}^3$) прилили один литр воды. Вычислите молярную концентрацию полученного раствора.

363. Сколько мл 5%-ного раствора серной кислоты (плотность $1,32 \text{ г/см}^3$) пойдет на приготовление 2 л 0,5 н. раствора H_2SO_4 ?

6.2. Свойства растворов.

Электролитическая диссоциация. Водородный показатель

364. Какие вещества называются электролитами и какие неэлектролитами? Почему растворы сахара и глицерина не проводят электрический ток?

365. Что такое электролитическая диссоциация? Какова роль растворителя в этом процессе?

366. Что называется степенью электролитической диссоциации? От каких факторов она зависит?

367. Какое определение дается кислотам, основаниям и солям с точки зрения теории электролитической диссоциации?

368. Какие гидроксиды называются амфотерными?

369. Почему при одинаковой температуре и концентрации азотная кислота проводит электрический ток лучше, чем уксусная?

370. Что такое константа диссоциации? Какова взаимосвязь между степенью диссоциации и константой диссоциации?

371. Что такое рН? Какими значениями рН характеризуется кислая, щелочная, нейтральная среда?

372. Сколько ионов водорода содержится в 1 мл чистой воды? Какому значению рН отвечает это число ионов водорода?

373. К раствору аммиака в воде добавили хлорид аммония. Как изменился рН исходного раствора (остался неизменным, увеличился или уменьшился)?

374. Что называется ионным произведением воды? Как рассчитывают концентрацию иона водорода в растворах сильных кислот и оснований? Проведите расчеты для 0,1 М растворов азотной кислоты и гидроксида калия.

375. Как определяют водородный показатель рН? Вычислите рН 0,01 М раствора хлороводородной кислоты, считая ее диссоциацию полной.

376. Какова среда раствора, если:

а) концентрация ионов водорода $9,1 \cdot 10^{-5}$ моль/л;

б) рН = 9;

в) концентрация ионов OH^- равна $2,5 \cdot 10^{-2}$ моль/л;

г) рОН = 10?

377. Вычислите рН раствора гидроксида калия, взятого объемом 0,25 л и содержащего КОН массой 1,4 г.

378. Выведите формулы для определения концентрации ионов водорода H^+ и ионов OH^- в слабых кислотах и основаниях. Вычислите рН раствора, взятого объемом 1 л и содержащего аммиак массой 2,3 г.

379. Чему равен водородный показатель чистой воды? Во сколько раз надо изменить концентрацию ионов водорода в растворе, чтобы водородный показатель изменился на единицу?

380. Какие смеси веществ называют буферными растворами? Какими свойствами они обладают и для чего применяются в химическом анализе?

381. В 0,01 М растворе CH_3COOH концентрация ионов водорода равна 10^{-3} моль/л. Определите степень диссоциации уксусной кислоты.

382. Изменится ли значение ионного произведения воды, если к 1 л воды добавить гидроксид натрия, взятый количеством вещества 0,001 моль? Укажите рН чистой воды и полученного раствора.

383. 4%-ный раствор азотной кислоты ($\rho = 1,022 \text{ г/см}^3$), взятый объемом 0,010 л, разбавили водой до 1 л. Вычислите концентрацию ионов водорода и рН полученного раствора.

6.3. Произведение растворимости.

Реакции в растворах электролитов

384. Для каких электролитов вводится понятие «произведение растворимости»? Какие факторы оказывают влияние на величину произведения растворимости?

385. Укажите условия образования и растворения осадков.

386. Напишите выражения для произведения растворимости трудно растворимых веществ: PbI_2 , $Ag_2Cr_2O_7$, $Ca_3(PO_4)_2$, $Mg(OH)_2$.

387. Вычислите концентрации ионов Pb^{2+} и I^- в насыщенном растворе иодида свинца при $25^\circ C$.

388. В каком объеме воды растворится при $25^\circ C$ 1 г карбоната бария?

389. Объясните, почему при добавлении к насыщенному раствору сульфата бария гипсовой воды (насыщенный раствор $CaSO_4$) масса осадка увеличивается.

390. Как изменится количество осадка $Mg(OH)_2$ в насыщенном растворе при добавлении:

а) гидроксида калия;

б) соляной кислоты?

391. В 1 л насыщенного при данной температуре раствора $AgIO_3$ содержится 0,044 г соли. Вычислите произведение растворимости этой соли.

392. Рассчитайте концентрацию насыщенного раствора йодида серебра в моль/л и г/л.

393. Сколько граммов ортофосфата кальция можно растворить в 1 л воды при $25^\circ C$.

394. Для каких электролитов используется понятие произведения растворимости? Вычислите произведение растворимости хлорида свинца (II), если растворимость его в насыщенном растворе, взятом объемом 1 л, составляет 10,86 г.

395. Растворимость хлорида серебра в насыщенном растворе объемом 1 л, составляет $1,926 \cdot 10^{-3}$ г. Вычислите произведение растворимости этой соли. Какое количество вещества хлорида серебра находится в приведенном объеме раствора?

396. Произведение растворимости фосфата кальция равно $2 \cdot 10^{-29}$. Какую массу фосфата кальция содержит его насыщенный раствор, взятый объемом 1 л?

397. Выпадает ли осадок, если смешать равные объемы 0,1 М раствора хромата калия и 0,1 М раствора нитрата серебра (произведение растворимости Ag_2CrO_4 равно $1,1 \cdot 10^{-12}$)?

398. Какой осадок выпадет в первую очередь, если к 0,1 М

растворам хлорида натрия и йодида натрия по каплям добавлять раствор нитрата серебра ($PP_{AgCl} = 1,8 \cdot 10^{-10}$; $PP_{AgI} = 8,3 \cdot 10^{-17}$)?

399. Какой осадок выпадет первым и почему, если к раствору, содержащему ионы Ba^{2+} и Sr^{2+} , добавлять раствор H_2SO_4 ($PP_{BaSO_4} = 1,1 \cdot 10^{-10}$; $PP_{SrSO_4} = 3,2 \cdot 10^{-7}$)?

400. Выпадет ли осадок, если к 0,1 н. раствору хлороводородной кислоты, взятому объемом 1 л, добавить такой же объем 0,001 н. раствора нитрата серебра?

401. Какое влияние на растворимость осадка оказывает введение в насыщенный раствор сульфата стронция одноименного иона, например, сульфат-иона?

402. Запишите математические выражения произведения растворимости для следующих соединений: $BaSO_4$, $Ba_3(PO_4)_2$. Учитывая, что $PP_{BaSO_4} = 1,1 \cdot 10^{-10}$, а для ортофосфата бария эта характеристика равна $6,0 \cdot 10^{-39}$, сделайте вывод о том, какое из веществ лучше растворимо в воде.

403. Какие факторы влияют на растворимость труднорастворимых электролитов? Какая из солей: сульфат кальция или сульфат бария – лучше растворима в воде ($PP_{CaSO_4} = 9,1 \cdot 10^{-8}$; $PP_{BaSO_4} = 1,1 \cdot 10^{-10}$). Ответ дайте, не выполняя расчетов.

404. Напишите ионно-молекулярные уравнения реакций, протекающих между растворами:

а) сульфида натрия и сульфата меди (II);

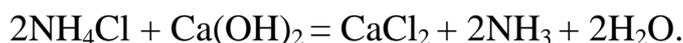
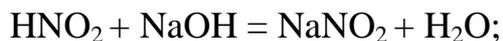
б) хлорида меди (II) и нитрата серебра.

405. В каких случаях реакции обмена в растворах электролитов протекают до конца? Приведите примеры.

406. Напишите молекулярные уравнения, отвечающие следующим ионно-молекулярным уравнениям:



407. Составьте ионно-молекулярные уравнения, отвечающие процессам:



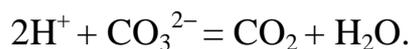
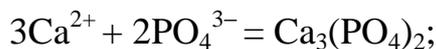
408. Напишите в ионно-молекулярной форме уравнения реакций между растворами:

а) Na_2SO_4 и $MnSO_4$ с $BaCl_2$ и $Ba(NO_3)_2$;

б) K_2SO_3 и Na_2SO_3 с HCl и H_2SO_4 .

409. Напишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения нейтрализации соляной кислоты гидроксидом натрия, азотной кислоты гидроксидом бария. Как объяснить, что в обоих случаях получается одно и тоже сокращенное ионно-молекулярное уравнение.

410. Составьте молекулярные уравнения, отвечающие следующим ионномолекулярным уравнениям:

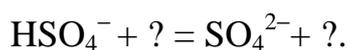
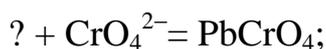
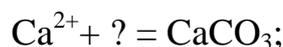


411. Напишите в ионно-молекулярном виде реакции между:

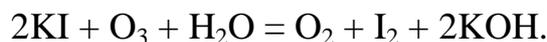
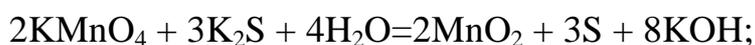
а) NaHCO_3 и HCl ;

б) NaHCO_3 и NaOH .

412. Составьте уравнения реакций в ионно-молекулярной и молекулярных формах:



413. Представьте в ионно-молекулярном виде следующие реакции:



6.4. Гидролиз солей

414. Какой процесс называется гидролизом? В растворе какой соли лакмус приобретает красную окраску: хлорида магния, ацетата аммония, сульфида кальция? Ответ подтвердите ионно-молекулярными уравнениями реакций.

415. Объясните зависимость гидролиза солей от положения соответствующих элементов в периодической системе Д. И. Менделеева. Гидролиз какой соли: BeCl_2 или MnCl_2 – протекает полнее (при равной концентрации растворов)? Ответ подтвердите ионно-молекулярными уравнениями реакций.

416. Что такое константа гидролиза? Запишите ионно-молекулярные уравнения гидролиза и константы гидролиза солей: хлорида

железа (III), хлорида аммония, цианида аммония.

417. Что называется степенью гидролиза? Для какой из перечисленных солей степень гидролиза выше (при равной концентрации растворов): цианида натрия, станнита натрия?

418. Какую реакцию имеют растворы следующих солей: хлорида железа (II), ацетата калия, нитрата висмута (III), сульфата аммония, сульфата натрия? Запишите уравнения реакций гидролиза в молекулярной и ионно-молекулярной формах.

419. Что такое ступенчатый гидролиз солей? Приведите примеры гидролиза по катиону в виде ионно-молекулярных и молекулярных уравнений.

420. Какими способами можно усилить гидролиз? Запишите уравнение гидролиза хлорида висмута (III) и укажите, в какую сторону будет сдвигаться равновесие:

- а) при повышении температуры;
- б) при разбавлении раствора водой;
- в) при подкислении раствора хлороводородной кислотой.

421. Составьте молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакций, протекающих при сливании растворов:

- а) хлорида железа (III) и карбоната натрия;
- б) сульфата алюминия и сульфида калия.

422. Вычислите константу гидролиза ортофосфата натрия. Определите водородный показатель 0,03 н. раствора Na_3PO_4 и степень гидролиза соли.

423. Вычислите константу гидролиза, степень гидролиза и водородный показатель 0,01 М раствора хлорида аммония.

7. ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

7.1. Окислительно-восстановительные процессы

424. Составьте полные уравнения реакций:



425. Закончите составление уравнений окислительно-восстановительных реакций:



426. Вычислите молярные массы эквивалентов следующих окислителей: $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, переходящего при восстановлении в $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$, KClO_3 , переходящего при восстановлении в KCl .

427. Какой объем кислорода (при н. у.) может быть получен из 0,039 кг пероксида натрия при взаимодействии его с оксидом углерода (IV)? Какое применение находит эта реакция в технике?

428. Составьте полное уравнение реакции, отвечающее ионно-электронной полуреакции:

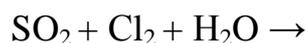


429. Укажите формулы (*A*, *B* и *B*) промежуточных и конечных бромсодержащих веществ в процессе, происходящем по следующим схемам:



Приведите уравнения реакций, соответствующих данным схемам.

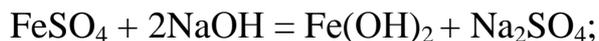
430. Напишите полные уравнения реакций:



431. Закончите составление уравнений окислительно-восстановительных реакций:



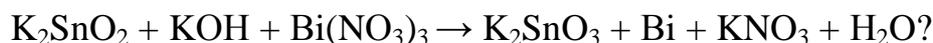
432. Вычислите молярные массы эквивалентов сульфата железа (II) в следующих реакциях:



433. При действии H_2O_2 на раствор KMnO_4 в присутствии H_2SO_4 выделилось $5,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ кислорода (при н. у.). Какая масса йода выделится из раствора йодида калия при действии на него такой же массы H_2O_2 ?

434. В каком из процессов происходит окисление и в каком

восстановление соответствующих элементов при получении простых веществ:



435. Составьте полное уравнение реакции, отвечающее ионно-электронной полуреакции:



436. Напишите формулы *A*, *B* и *B* промежуточных и конечных натрийсодержащих веществ в процессе, протекающем по следующим схемам:

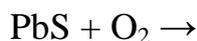


Приведите уравнения реакций, соответствующих данным схемам.

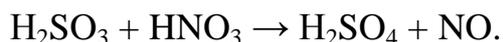
437. Составьте полные уравнения реакций:



438. Закончите составление уравнений окислительно-восстановительных реакций:

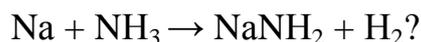
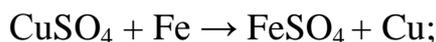


439. Вычислите молярные массы эквивалентов восстановителей, принимающих участие в процессах:



440. Какой массой $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ можно заменить KMnO_4 в реакции восстановления его хлороводородом, если в результате реакции выделяется $1,12 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ газа при нормальных условиях?

441. В каком процессе происходит окисление и в каком восстановлении соответствующих элементов при получении простых веществ:



442. Напишите полные уравнения реакций:





443. Какой объем раствора, содержащего 1 моль KNO_2 в каждом $0,001 \text{ м}^3$ необходим: как восстановитель для KMnO_4 в присутствии H_2SO_4 , как окислитель для KI в присутствии H_2SO_4 ?

7.2. Электродные потенциалы. Гальванические элементы

444. Что называется стандартным электродным потенциалом?

445. Как построен ряд напряжений металлов? Как изменяются восстановительная способность металлов и окислительная способность их ионов в ряду напряжений? Приведите примеры.

446. Растворяются ли в разбавленной соляной кислоте железо, ртуть, серебро?

447. Серебро не вытесняет водород из разбавленных кислот (почему?). Однако если к серебру, опущенному в кислоту, прикоснуться цинковой палочкой, то на серебре начнется бурное выделение водорода. Объясните это явление. Какая химическая реакция при этом происходит?

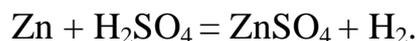
448. Будет ли цинк реагировать с растворами хлорида натрия, сульфата меди, сульфата калия, нитрата ртути?

449. Составьте схемы двух гальванических элементов, в одном из которых цинк – катод, а в другом – анод. Напишите уравнения реакций, протекающих при работе этих элементов.

450. Какой электрод называется стандартным водородным электродом? Гальванический элемент состоит из серебряного электрода, погруженного в 1 М раствор нитрата серебра, и стандартного водородного электрода. Какие процессы будут протекать на электродах этого элемента? Чему равна его ЭДС?

451. Масса железной пластинки, погруженной в раствор медного купороса, увеличилась на 4 г. Какая масса меди выделилась на пластинке?

452. Составьте схему гальванического элемента, при работе которого происходит реакция



Какие процессы протекают на электродах при работе этого элемента?

453. Составьте схему гальванического элемента, при работе которого протекает реакция



Какие процессы протекают на электродах при работе этого элемента?

454. Вычислите стандартную ЭДС водородно-кислородного топливного элемента, основанного на реакции $\text{H}_{2(\text{г})} + \frac{1}{2}\text{O}_{2(\text{г})} = \text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})}$.

455. Определите ΔG°_{298} водородно-кислородного топливного элемента. Какой электрод является катодом?

456. Вычислите потенциал водородного электрода в 0,001%-ном растворе хлорной кислоты ($\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$).

457. Вычислите ЭДС гальванического элемента, составленного из металлического кадмия и меди в 0,2 н. и 0,02 н. растворах их нитратов.

458. Вычислите ЭДС гальванического элемента, составленного из следующих электродов: металлического цинка, помещенного в 0,1 н. раствор нитрата цинка, и металлического серебра, помещенного в 0,005 н. раствор нитрата серебра, при 298 К.

459. Рассчитайте ЭДС при 298 К элемента $\text{Pb} \mid \text{Pb}^{2+} \parallel \text{Ag}^+ \mid \text{Ag}$, если активность реагирующих веществ и продуктов реакции равна 1.

460. Вычислите ΔG°_{298} элемента $\text{Pb} \mid \text{Pb}^{2+} \parallel \text{Ag}^+ \mid \text{Ag}$. Укажите, какой из электродов является отрицательным.

461. Вычислите потенциал кислородного электрода в 0,04%-ном растворе гидроксида натрия ($\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$).

462. Вычислите ЭДС гальванического элемента, составленного из металлического магния в 0,02 н. растворе сульфата магния и металлического никеля в 0,2 н. растворе сульфата никеля (II).

463. Рассчитайте ЭДС элемента $\text{Cd} \mid \text{Cd}^{2+} \parallel \text{Cu}^{2+} \mid \text{Cu}$ при 298 К, считая активность реагирующих веществ и продуктов реакции равной 1.

464. Вычислите ΔG°_{298} элемента $\text{Cd} \mid \text{Cd}^{2+} \parallel \text{Cu}^{2+} \mid \text{Cu}$ и укажите, какой электрод является анодом.

465. Определите потенциал разложения 1 М раствора сульфата цинка при 298 К на гладких платиновых электродах.

465. Вычислите потенциал серебряного электрода, опущенного в насыщенный раствор сульфида серебра. Во сколько раз надо изменить концентрацию ионов серебра, чтобы потенциал электрода стал равен 0?

466. Вычислите ЭДС гальванического элемента, составленного из кобальта в 1 н. растворе сульфата кобальта (II) и олова в 0,1 н. растворе сульфата олова (II).

467. Вычислите растворимость (моль/л) хромата серебра, используя значение электродного потенциала серебра в насыщенном

растворе хромата серебра, равное 0,596 В.

468. Вычислите ЭДС элемента $\text{Pb} \mid \text{Pb}^{2+} \parallel \text{Sn}^{4+} \mid \text{Sn}^{2+}$, Pt при 298 К, считая, что активность ионов металла равна 1.

469. Рассчитайте ΔG°_{298} элемента $\text{Pb} \mid \text{Pb}^{2+} \parallel \text{Sn}^{4+} \mid \text{Sn}^{2+}$, Pt и укажите, какой электрод является катодом.

470. Определите потенциал разложения 1 М раствора нитрата меди (II) на черненой платине.

471. Вычислите потенциал серебряного электрода, опущенного в насыщенный раствор AgI. При какой концентрации Ag^+ потенциал электрода будет равен 0?

472. Вычислите потенциал водородного электрода в 1%-ном растворе уксусной кислоты ($\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$).

7.3. Электролиз. Коррозия металлов.

Направление протекания

окислительно-восстановительных процессов

473. Что называется процессом электролиза?

474. Через растворы нитрата серебра и сульфата никеля пропустили одинаковое количество электричества. В первом случае на катоде выделилось 2,16 г серебра. Какая масса никеля выделится на катоде из второго раствора?

475. Какие процессы протекают у катода и анода при электролизе раствора CuSO_4 :

а) на угольном аноде;

б) на медном аноде?

476. Раствор содержит соли серебра и меди. В какой последовательности будут выделяться эти металлы при электролизе раствора на угольных электродах? Какое количество электричества надо пропустить через раствор, чтобы выделить 1 г серебра?

477. Чем отличается электролитический способ получения щелочных металлов от электролитического способа получения щелочей? Составьте соответствующие схемы электролиза.

478. Составьте схему электролиза водного раствора сульфата меди (II) на угольном аноде. Какой объем газа выделится на аноде, если электролиз вести 15 минут при силе тока 5 А?

479. Почему металлический кальций нельзя получить электролизом водного раствора его соли? Ответ мотивируйте.

480. Определите молярную массу эквивалента металла, обладающего степенью окисления +2. При электролизе раствора соли

этого металла в течение 30 минут при силе тока 5 А выделилось 2,96 г металла.

481. Как осуществляется очистка меди электролизом? Почему при этом содержащиеся в сырой меди железо, цинк, олово хотя и переходят в раствор, но не выделяются на катоде?

482. Какие процессы протекают на электродах при электролизе водного раствора нитрата серебра на серебряном аноде? Как изменится вес анода, если через раствор пропустить ток силой 5 А в течении 1 часа?

483. Укажите вещества, образующиеся на угольных электродах при электролизе раствора хлорида железа (II).

484. Какой объем (л) кислорода (при н. у.) выделится на аноде, если через раствор сульфата калия пропустить 96 500 Кл электричества?

485. Определите потенциал разложения водного раствора нитрата калия на железных электродах.

486. Составьте схемы электролиза водного раствора и расплава хлорида калия на угольных электродах.

487. Рассчитайте потенциал разложения водного раствора гидроксида калия на электродах из гладкой платины.

488. Рассчитайте потенциал разложения 1 М раствора CuSO_4 при 298 К на электродах из гладкой платины.

489. При электролизе водных растворов каких солей на катоде выделяется металл: CuSO_4 , K_2SO_4 , $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$, AgNO_3 ? Составьте схемы электролиза растворов этих солей.

490. Рассчитайте потенциал разложения 1 М раствора FeSO_4 при 298 К на электродах из черненой платины.

491. Какие вещества образуются на электродах при электролизе водного раствора гидрофторида калия? Ответ мотивируйте.

492. Рассчитайте потенциал разложения 1 М раствора AgNO_3 при 298 К на электродах из гладкой платины.

493. Какой объем (л) кислорода (при н. у.) выделится на аноде при электролизе серной кислоты, если через раствор пропустить 2 F ($2 \cdot 96 485$ Кл) электричества?

494. Найдите потенциал разложения 1 М раствора NiCl_2 на гладких платиновых электродах при 298 К.

495. Определите потенциал разложения 1 М раствора K_2SO_4 при 298 К на электродах из гладкой платины.

496. В каком случае при электролизе водных растворов указанных солей на аноде выделяется кислород: MgSO_4 , $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$, ZnI_2 , CuCl_2 ? Ответ мотивируйте.

497. При электролизе водных растворов каких солей на аноде окисляется вода: KCl , K_2S , $NaNO_3$, Na_2SO_4 ? Ответ мотивируйте.

498. Укажите, какое вещество выделяется на катоде и реакцию среды около этого электрода при электролизе водного раствора сульфата натрия.

499. При электролизе водных растворов каких солей на катоде выделяется водород: $CuCl_2$, $CuSO_4$, $MgBr_2$, $Mg(NO_3)_2$? Ответ мотивируйте.

500. Через растворы $NaCl$ и Na_2SO_4 пропускали в течение некоторого времени постоянный ток. Изменилось ли от этого количество соли в том и другом случае? Ответ мотивируйте, составив электронные уравнения процессов, идущих на аноде и катоде.

501. Можно ли получить любой металл электролизом водного раствора его соли? Составьте схемы электролиза водных растворов $CuSO_4$ и $NaCl$ при угольных электродах.

502. Какие процессы окисления-восстановления протекают на катоде и на аноде при электролизе водного раствора $NiCl_2$, если анод:

а) никелевый;

б) угольный?

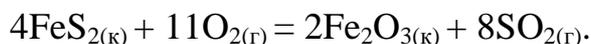
503. В чем сущность электрохимической коррозии металлов? Почему химически чистый цинк очень медленно вытесняет водород из кислот, а технический – интенсивно? Ответ мотивируйте.

504. Привести примеры и объяснить сущность анодной и катодной защиты металлов от коррозии. В чем заключается принцип протекторной защиты от коррозии?

505. Железные детали часто хромируют. Как влияет это покрытие на коррозионную устойчивость железных изделий. Какое это покрытие – анодное или катодное? Ответ мотивируйте.

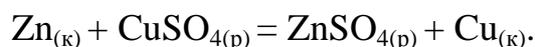
506. Стандартная энергия Гиббса хлоридов сурьмы $SbCl_3$ и $SbCl_5$ составляет соответственно -150 кДж/моль и -70 кДж/моль. Какой хлорид преимущественно образуется при взаимодействии сурьмы и хлора?

507. Рассчитайте ΔH°_{298} , ΔS°_{298} и ΔG°_{298} процесса



Возможен ли этот процесс при стандартных условиях? Какие элементы изменяют степень окисления в этой реакции?

508. Какова взаимосвязь ΔG°_{298} и $\Delta E^\circ(ГЭ)$ для окислительно-восстановительного процесса? Определите принципиальную возможность процесса



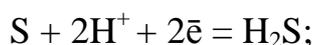
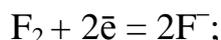
Вычислите изменение энергии Гиббса и электродвижущую силу гальванического элемента, отвечающего этой реакции в стандартных условиях.

509. Произойдет ли химическая реакция при добавлении хлорной воды к раствору иодида калия, к раствору фторида калия?

510. Можно ли окислить ионы Fe^{2+} ионами Sn^{4+} ? Ответ подтвердите расчетом ЭДС.

511. Будет ли протекать окислительно-восстановительная реакция при сливании раствора сульфата железа (III) с раствором йодида калия, бромид натрия?

512. Какие из приведенных ниже систем:



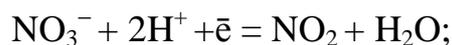
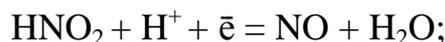
могут быть восстановителями, если в качестве окислителя использовать раствор перманганата калия в кислой среде:



Составьте уравнения реакций.

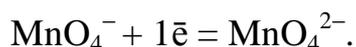
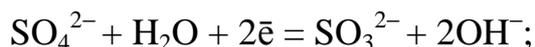
513. Будет ли наблюдаться изменение цвета, если к раствору KMnO_4 в присутствии KOH добавить кристаллы сульфита натрия. Ответ мотивируйте.

514. Приведите окислительно-восстановительные потенциалы полуреакций:



Будет ли изменяться степень окисления азота при действии на подкисленный раствор KMnO_4 ? Составьте уравнение реакции.

515. Приведите стандартные окислительно-восстановительные потенциалы полуреакций:



Какова термодинамическая возможность протекания реакции между растворами KMnO_4 и Na_2SO_3 в щелочной среде?

525. Может ли бихромат калия окислить в растворе оксид азота (II) до азотной кислоты?

526. Может ли концентрированная HNO_3 окислить свободный свинец до PbO_2 ?

527. В два стакана с раствором медного купороса погрузили: в первый магниевую пластинку, а во второй серебряную. В каком стакане раствор постепенно становится бесцветным? Составьте уравнение соответствующей реакции.

528. Как изменится масса цинковой пластинки после погружения ее в растворы:

- а) сульфата меди (II);
- б) сульфата магния;
- в) нитрата серебра?

Ответ мотивируйте.

529. При какой концентрации ионов Cu^{2+} потенциал медного электрода будет 0,25 В?

530. Какой гальванический элемент называется концентрационным? Составьте схему, напишите уравнения электродных процессов и вычислите ЭДС гальванического элемента, составленного из никелевых электродов, погруженных один в 0,01 н., а второй в 0,1 н. растворы NiSO_4 .

531. Как происходит атмосферная коррозия оцинкованного железа при нарушении покрытия? Составьте электронные уравнения анодного и катодного процессов.

532. В чем заключается сущность протекторной защиты металлов от коррозии? Приведите пример протекторной защиты стальных изделий от коррозии в электролите, содержащем растворенный кислород.

533. Стальные емкости, используемые для транспортировки концентрированной серной кислоты, наполнили водой. Почему при этом произошла коррозия стали? Составьте уравнения соответствующего процесса и электронные уравнения.

534. Составьте электронные уравнения катодного и анодного процессов при атмосферной коррозии железа, покрытого слоем никеля. Каков состав продуктов коррозии?

535. В разбавленную соляную кислоту опустили цинковую пластинку и цинковую пластинку, частично покрытую медью. В каком случае процесс разрушения цинка протекает интенсивнее? Ответ мотивируйте.

536. Магниевую и железную пластинки погрузили в раствор сульфата меди. Что наблюдается? Составьте уравнения протекающих процессов. Какие процессы будут протекать на пластинках, если их наружные концы соединить проводником?

537. Какие из металлов являются анодными по отношению к покрываемому металлу:

- а) Fe покрыто Cu;
- б) Fe покрыто Cr;
- в) Cu покрыта Ni;
- г) Ni покрыт Ag?

Ответ мотивируйте.

538. Какое из антикоррозионных покрытий для железных предметов является катодным: Sn, Zn, Cu, Cd? Ответ мотивируйте.

539. В присутствии какой добавки (массовая доля – 0,03%) растворение алюминия в соляной кислоте характеризуется большей скоростью: C, Ca, Zn, В? Ответ мотивируйте.

540. Укажите, какие из ионов галогенов могут быть окислены азотистой кислотой ($\text{HNO}_2 \rightarrow \text{NO}$) в кислой среде до свободных галогенов: I^- , Br^- , Cl^- , F^- ? Ответ мотивируйте.

541. В каких случаях металлы разрушаются в растворах указанных солей (учесть возможность гидролиза соли):

- а) $\text{Mg} + \text{AlCl}_3$;
- б) $\text{Ag} + \text{K}_2\text{SO}_4$;
- в) $\text{Zn} + \text{K}_2\text{CO}_3$;
- г) $\text{Ag} + \text{Cu}(\text{NO}_3)_2$?

542. Как влияет pH среды на скорость коррозии железа и цинка? Почему? Составьте электронные уравнения анодного и катодного процессов атмосферной коррозии этих металлов.

8. КОМПЛЕКСНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

543. Для приведенных ниже соединений: $K_2[ZnCl_4]$, $[Ni(NH_3)_6]Cl_2$, $[Pt(NH_3)_2Cl_2]$ – укажите названия, напишите уравнения диссоциации и выражения для констант нестойкости.

544. Укажите названия, напишите уравнения диссоциации и выражения для констант нестойкости следующих комплексных соединений: $K_2[Zn(OH)_4]$, $[Cr(NH_3)_3(H_2O)_3]Cl_3$, $[Co(NH_3)_4Cl_2]$.

545. С помощью каких реакций можно превратить амфотерный гидроксид цинка в аква- и гидроксокомплексы? Составьте уравнения соответствующих реакций и назовите полученные комплексные соединения.

546. Напишите уравнение реакции получения комплексного соединения, образующегося при действии избытка раствора аммиака на осадок хлорида серебра. Назовите полученное соединение.

547. Укажите, какое из соединений: $Ni(OH)_2$ или $[Ni(NH_3)_6](OH)_2$ – является более сильным основанием. Ответ мотивируйте.

548. При действии на комплексное соединение $K[Ag(CN)_2]$ раствора хлорида натрия присутствие ионов Ag^+ обнаружить не удастся. Однако при действии на вышеуказанное комплексное соединение Na_2S выпадает осадок Ag_2S . Объясните представленные явления.

549. Напишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакций, протекающих при действии на осадок бромида серебра избытка:

- раствора аммиака,
- раствора тиосульфата натрия.

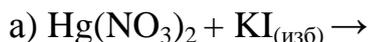
550. Используя стандартные значения константы нестойкости иона тетрааминмеди (II), вычислите энергию Гиббса при стандартных условиях для процесса



551. Напишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения для реакций взаимодействия:

- $Al(OH)_3 + NaOH_{(изб)} \rightarrow$
- $K_3[Fe(CN)_6] + FeSO_4 \rightarrow$

552. Составьте молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакций следующих процессов:



553. Приведены примеры комплексных соединений *d*-элементов: $[\text{Zn}(\text{OH}_2)_4]\text{Cl}_2$, $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_4$, $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_3(\text{OH}_2)_3]\text{Cl}_3$, $\text{K}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$, $\text{Na}[\text{Ag}(\text{NO}_2)_2]$. Определите заряд комплексного иона, степень окисления и координационное число комплексообразователя.

554. Приведены примеры комплексных соединений *d*-элементов: $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4](\text{NO}_3)_2$, $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$, $\text{Na}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, $\text{K}_3[\text{CrCl}_6]$, $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$, $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Br}$, $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_4\text{Cl}_2]\text{Cl}$. Определите заряд комплексного иона, степень окисления и координационное число комплексообразователя.

555. Составьте формулы комплексных ионов хрома (III), если координационное число его равно шести, а лигандами являются молекулы H_2O , NH_3 и ионы F^- , OH^- .

556. Приведены формулы комплексных ионов: $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$, $[\text{PdCl}_4]^{2-}$, $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$, $[\text{AuCl}_4]^-$, $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$, $[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]^{3-}$. Определите степень окисления и координационное число комплексообразователя.

557. Составьте координационные формулы и напишите уравнения диссоциации следующих комплексных соединений кобальта в водных растворах: $\text{CoCl}_3 \cdot 6\text{NH}_3$, $\text{CoCl}_3 \cdot 5\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\text{CoCl}_3 \cdot 5\text{NH}_3$, $\text{CoCl}_3 \cdot 4\text{NH}_3$. Координационное число комплексообразователя равно 6.

558. Чем объяснить, что при приливании к растворам хлорида цинка и нитрата серебра раствора аммиака вначале образуется осадок, а при дальнейшем добавлении раствора аммиака осадки растворяются? Напишите уравнения соответствующих реакций в молекулярном и ионно-молекулярном виде.

559. Запишите уравнения реакций взаимодействия амфотерного гидроксида хрома (III) с кислотами и щелочами с образованием комплексных ионов $\text{Cr}(\text{III})$.

560. Что называется константой нестойкости комплексного иона? Значения констант нестойкости ионов $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^+$ и $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ соответственно равны $1,8 \cdot 10^{-9}$ и $2,1 \cdot 10^{-13}$. В каком из растворов при одинаковой молярной концентрации будет содержаться больше ионов меди?

561. Не прибегая к числовым величинам, укажите, какой из комплексных ионов устойчивее: $[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ или $[\text{Cd}(\text{CN})_4]^{2-}$. Чем это объясняется?

562. Чем объяснить растворение осадка бромида серебра в

растворах аммиака и тиосульфата натрия? Напишите соответствующие реакции в молекулярном и ионно-молекулярном виде.

563. Как объяснить, что при действии на раствор, содержащий комплексные ионы $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$, раствором хлорида натрия осадок не образуется, в то время как при действии на этот же раствор раствором сульфида натрия выпадает осадок сульфида серебра? Запишите уравнения протекающих реакций.

564. Объясните механизм образования связи в комплексном ионе $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$ с позиций метода ВС.

565. Напишите выражения для констант нестойкости комплексных ионов $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$, $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$, $[\text{PtCl}_6]^{2-}$. Чему равны степень окисления и координационное число комплексообразователей в этих ионах?

566. Константы нестойкости комплексных ионов $[\text{Co}(\text{CN})_4]^{2-}$, $[\text{Hg}(\text{CN})_4]^{2-}$, $[\text{Cd}(\text{CN})_4]^{2-}$ соответственно равны $8 \cdot 10^{-20}$, $4 \cdot 10^{-41}$, $1,4 \cdot 10^{-17}$. В каком растворе, содержащем эти ионы (при равной молярной концентрации), ионов CN^- больше? Напишите выражения для констант нестойкости указанных комплексных ионов.

567. Напишите выражения для констант нестойкости следующих комплексных ионов: $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$, $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$, $[\text{Ag}(\text{SCN})_2]^-$. Зная, что они соответственно равны $1,0 \cdot 10^{-21}$, $6,8 \cdot 10^{-8}$, $2,0 \cdot 10^{-11}$, укажите, в каком растворе, содержащем эти ионы (при равной молярной концентрации), больше ионов Ag^+ .

568. При прибавлении раствора KCN к раствору $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ образуется растворимое комплексное соединение $\text{K}_2[\text{Zn}(\text{CN})_4]$. Напишите молекулярное и ионно-молекулярное уравнения реакции. Константа нестойкости какого иона: $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ или $[\text{Zn}(\text{CN})_4]^{2-}$ – больше? Почему?

569. Напишите уравнения диссоциации солей $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ и $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ в водном растворе. К каждой из них прилили раствор щелочи. В каком случае выпадает осадок гидроксида железа? Напишите молекулярное и ионно-молекулярное уравнения реакции. Какие комплексные соединения называются двойными солями?

570. Составьте координационные формулы следующих комплексных соединений платины (+2), координационное число которой равно четырем: $\text{PtCl}_2 \cdot 3\text{NH}_3$; $\text{PtCl}_2 \cdot \text{NH}_3 \cdot \text{KCl}$; $\text{PtCl}_2 \cdot 2\text{NH}_3$. Напишите уравнения диссоциации этих соединений в водных растворах. Какое из них является комплексным неэлектролитом?

571. Определите тип гибридизации центрального атома в комплексном гексаакваалюминий-ионе. Назовите и изобразите геометрическую форму данного иона.

572. По данным химического анализа вещество имеет следующий состав $\text{Co}(\text{SO}_4)\text{Cl} \cdot 5\text{NH}_3$. При действии на раствор этого вещества избытка BaCl_2 образуется белый осадок, а если внести избыток AgNO_3 , то осадок AgCl не образуется. Составьте координационную формулу вещества.

9. ХИМИЯ ЭЛЕМЕНТОВ И ИХ СОЕДИНЕНИЙ

9.1. s-Элементы периодической системы

573. Навеску гидроксида бария массой 0,55 г внесли в 18 л воды. Укажите тип протекающей реакции и объем (н. у.) выделившегося газа.

574. К какому классу соединений относятся вещества, полученные при действии избытка гидроксида натрия на растворы хлоридов цинка, кадмия и ртути (II)? Составьте молекулярные и ионно-молекулярные уравнения этих реакций.

575. Какая из солей: нитрат натрия или нитрит натрия – в большей степени подвергается гидролизу при одинаковой температуре и концентрации раствора?

576. Принимая во внимание растворимость CaSO_4 и Na_2SO_4 , объясните, почему присутствие в воде CaSO_4 приводит к образованию накипи при кипячении воды, а наличие Na_2SO_4 не приводит к такому эффекту.

577. Почему щелочные металлы и их гидроксиды нельзя хранить на воздухе? Ответ мотивируйте соответствующими уравнениями реакций.

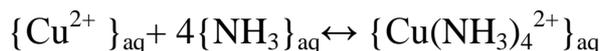
578. Медный купорос обработали раствором соды, осадок прокалили. Полученный после этого черный порошок нагрели с углем. Напишите уравнения реакций, которые при этом происходили.

579. В чем заключается процесс гашения извести? Сколько молей гашеной извести можно получить при обжиге и последующей обработке водой 1 т известняка, содержащего 75% карбоната кальция?

580. Какой объем 20%-ного раствора NaOH ($\rho = 1225 \text{ кг/м}^3$) необходимо взять для растворения 1 моль гидроксида хрома (III)?

581. Вычислите концентрации катионов серебра и аммиака в 0,1 М растворе соли $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$.

582. Для реакции



$\Delta G^\circ_{298} = -72,3$ кДж. Вычислите константу нестойкости комплексного иона.

583. Порошок магния прокалили на воздухе. Составьте уравнения реакций продуктов взаимодействия с:

- а) водой;
- б) азотной кислотой (разбавленной).

584. Определите, для какого из минералов – магнезита MgCO_3 или кальцита CaCO_3 – прокаливание образцов одинаковой массы приведет к получению большего объема углекислого газа.

585. На равные массы гидрида кальция и гидрида лития действуют избытком воды. В каком случае объем выделяющегося газа будет больше?

586. Два цеха направляют одинаковые объемы сточных вод в общий коллектор. Первый сток содержит хлорид кальция с концентрацией 0,001 моль/л, а второй сток – карбонат натрия с концентрацией 0,0002 моль/л. Определите, будет ли происходить засорение коллектора осадком.

587. Соединения бария ядовиты, предельно допустимая концентрация катионов бария 4 мг/л. Можно ли при проведении рентгеноскопии вводить в пищеварительный тракт человека сульфат бария?

588. Какие вещества образуются при сгорании на воздухе лития и натрия? Как продукты сгорания реагируют с водой?

589. Напишите уравнения реакций, отвечающие следующей схеме превращений:



590. Составьте уравнения реакций, отвечающие следующей схеме превращений:



591. Определите молярную массу эквивалента *s*-элемента II группы, если при взаимодействии 2 г его с водой выделилось 1,12 л газа (н. у.).

592. Какая масса соды необходима для устранения жесткости воды, в которой содержится 2 мэкв/л Ca^{2+} ?

593. Как получают гидриды щелочных и щелочноземельных металлов? Напишите уравнение реакции взаимодействия гидрида кальция с водой. Составьте электронные уравнения. Укажите, что окисляется, что восстанавливается; что является окислителем, что – восстановителем.

594. Какие соединения называют бериллатами? Составьте молекулярное и ионно-молекулярное уравнения реакции получения бериллата натрия.

9.2. *p*-Элементы периодической системы

595. Какое число *p*-электронов у атома элемента с порядковым номером 13? Какими свойствами обладают его оксиды и гидроксиды? Составьте уравнения соответствующих реакций.

596. Сравните свойства оксидов и гидроксидов первого и последнего *p*-элементов третьей группы. Составьте уравнения соответствующих реакций.

597. Почему молекулы BF_3 могут присоединять к себе другие молекулы или ионы, например, молекулы H_2O и ионы F^- ? Почему не могут присоединить молекулу CH_4 ?

598. Гидриды бора (бораны) существуют в виде димеров, например, B_2H_6 . Почему не существует мономер BH_3 ? Как взаимодействуют бораны с водой?

599. Какие вещества образуются при взаимодействии H_3BO_3 с гидроксидом натрия:

а) в водном растворе;

б) при сплавлении?

Составьте уравнения реакций.

600. Как получают металлический алюминий? Каковы области его применения?

601. Можно ли методом алюминотермии получить хром и барий из их оксидов? Ответ мотивируйте расчетом энергии Гиббса для данных процессов.

602. Какие реакции последовательно протекают при постепенном прибавлении кислоты к раствору, гексагидроксоалюмината натрия? Как провести реакции в обратном направлении?

603. Сульфит алюминия получают при действии водорода на безводный сульфат алюминия. Что произойдет, если к продукту реакции (желтые кристаллы) добавить воду? Напишите уравнения протекающих реакций.

604. Искусственный криолит Na_3AlF_6 в промышленности получают взаимодействием плавиковой кислоты с гидроксидом алюминия и кальцинированной содой. Напишите уравнение реакции, учитывая, что одним из продуктов ее является углекислый газ.

605. Какие из металлов, относящихся к *p*-элементам, образуют амфотерные гидроксиды? Ответ подтвердите молекулярными и ионно-молекулярными уравнениями реакций.

606. Напишите уравнение взаимодействия пероксида натрия с оксидом углерода (IV). Составьте электронные уравнения. Где используется эта реакция?

607. Напишите уравнение реакции взаимодействия надпероксида калия KO_2 с разбавленной серной кислотой. Составьте электронные уравнения.

608. Напишите уравнение реакции взаимодействия гидроксида железа (II) с пероксидом водорода. Составьте электронные уравнения. Какое вещество является окислителем, какое – восстановителем?

609. Какой из металлов, относящихся к *p*-элементам, растворяется в щелочи? Напишите молекулярное и ионно-молекулярное уравнения реакции. Составьте электронные уравнения.

610. Напишите уравнение реакции взаимодействия надпероксида калия KO_2 с оксидом углерода (IV). Составьте электронные уравнения.

611. Что такое тяжелая вода? Как она получается?

612. Напишите уравнения реакций взаимодействия пероксида водорода с хлором, с йодоводородом. Составьте электронные уравнения.

613. Какая соль образуется при полном насыщении сероводородом раствора гидроксида бария? Составьте уравнение реакции.

614. Какое соединение образуется при пропускании оксида углерода (IV) через водную суспензию малорастворимого карбоната кальция? Составьте молекулярное и ионно-молекулярное уравнения реакции.

615. Дайте сравнительную характеристику гидроксидов бериллия и бора. Составьте уравнения соответствующих реакций.

616. Какое соединение кальция образуется при добавлении раствора карбоната натрия к раствору гидрокарбоната кальция? Составьте молекулярное и ионно-молекулярное уравнения реакции.

617. При пропускании оксида углерода (IV) через раствор гидроксида кальция образуется осадок, который при дальнейшем пропускании CO_2 растворяется. Дайте объяснение этому явлению. Составьте уравнения соответствующих реакций.

618. Какое соединение алюминия образуется при взаимодействии алюмината натрия с водой? Составьте молекулярное и ионно-молекулярное уравнения реакции.

619. Какое соединение кальция образуется при добавлении раствора соляной кислоты к гидроксокарбонату кальция? Составьте молекулярное и ионно-молекулярное уравнения реакции.

620. Напишите уравнения реакций между водородом и калием; водородом и хлором. Для каждой реакции составьте электронные уравнения, укажите окислитель и восстановитель.

621. Как можно получить гидроксиды магния и бора? Какой из этих гидроксидов растворяется в щелочи? Составьте молекулярные и ионно-молекулярные уравнения соответствующих реакций.

622. Какие соединения кальция и магния применяются в качестве вяжущих строительных материалов? Чем обусловлены их вяжущие свойства?

623. Какие соединения бора образуются при взаимодействии ортоборной кислоты с гидроксидом натрия, тетрабората натрия с хлороводородной кислотой? Напишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакций.

624. Какую геометрическую конфигурацию имеют молекулы CH_4 , CO_2 , CO_3^{2-} ? Сколько σ - и π -связей образует атом углерода в каждой структуре?

625. Какой p -элемент образует газообразный оксид, вызывающий «парниковый эффект»? Как получают этот оксид в промышленности?

626. Какие соли угольной кислоты имеют наибольшее практическое значение? Как получают в промышленности кальцинированную и питьевую соду, карбамид?

627. Что используют для большего поглощения CO_2 – воду или раствор щелочи? Что является качественной реакцией на наличие CO_2 ? Как разделить смесь CO_2 и CO ?

628. В водных растворах Na_2CO_3 и Na_2SiO_3 при одинаковой концентрации и температуре создается щелочная среда. В растворе какой соли pH выше? Добавлением какого вещества можно уменьшить pH?

629. Кремний растворяется в щелочах и смеси азотной и плавиковой кислот, образуя H_2SiF_6 и NO . Напишите уравнения протекающих реакций.

630. Объясните, почему протекают реакции:

а) CO_2 с водным раствором Na_2SiO_3 ;

б) SiO_2 с Na_2CO_3 при прокаливании.

631. Каков состав кварцевого и оконного стекла? Определите, какие исходные вещества и какой массой необходимо взять для получения оконного стекла массой 100 кг.

632. Можно ли хранить плавиковую кислоту в стеклянном сосуде?

633. Почему металлическое олово растворяют обычно в концентрированной соляной кислоте, а свинец – в азотной, хотя в ряду напряжений они занимают соседние места перед водородом?

634. Для реставрации старинных картин (при написании которых использовались свинцовые белила) используют пероксид водорода. Почему картины со временем темнеют? Что образуется при воздействии на них пероксида водорода? Напишите уравнения соответствующих реакций.

635. Какие газы и каким объемом (н. у.) выделяются при прокаливании 200 г нитрата свинца (II)?

636. Почему нельзя хранить концентрированные растворы щелочей в алюминиевой посуде? Ответ подтвердите составлением соответствующего уравнения реакции.

637. К раствору, содержащему нитрат меди (II) и нитрат алюминия, добавили избыток раствора гидроксида натрия. Напишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения происходящих реакций. Какое вещество находится в осадке?

638. Какое соединение углерода образуется, если через известковую воду пропустить углекислый газ до полного насыщения раствора? Составьте уравнение реакции.

639. Каково максимальное значение ковалентности атома азота? Укажите возможные степени окисления азота и соответствующие им соединения.

640. Как получают аммиак в промышленности и в лаборатории? Каковы условия синтеза аммиака?

641. Какие равновесные системы существуют в водном растворе аммиака? В каком направлении происходит смещение равновесных состояний при:

- а) нагревании;
- б) добавлении кислот или щелочей;
- в) ионов комплексообразователей?

642. Какие два вида термического разложения солей аммония существуют в зависимости от окислительной способности анионов?

643. Напишите полные уравнения реакций и составьте электронные уравнения для процессов:

- а) $\text{NH}_3 + \text{O}_2 \rightarrow$ (в отсутствие катализатора);
- б) $\text{NH}_2\text{OH} \rightarrow \text{N}_2 + \text{NH}_3$.

644. Возможно ли получение азотной кислоты из воздуха и воды? Каковы ее промышленные и лабораторные способы получения?

645. Какую геометрическую конфигурацию имеют молекулы PCl_3 и PCl_5 ? Ответ мотивируйте.

646. Напишите в молекулярной и ионно-молекулярной формах реакцию полной нейтрализации ортофосфорной кислоты раствором гидроксида натрия. Определите молярную массу эквивалента этой кислоты в данной реакции.

647. Укажите способы получения ортофосфорной кислоты в промышленности и лаборатории. Представьте уравнения протекающих реакций.

648. Какая среда создается в водных растворах ортофосфата натрия и дигидроортофосфата натрия? Ответ мотивируйте.

649. Как из природного фосфорита получают фосфорную кислоту, суперфосфат, двойной суперфосфат, аммофос? Составьте соответствующие уравнения реакций.

650. Почему HNO_3 проявляет только окислительные свойства, а HNO_2 – и окислительные, и восстановительные? Составьте уравнения реакций, в которых HNO_2 окислитель, восстановитель. Составьте электронные уравнения.

651. Какое соединение фосфора образуется при окислении фосфора азотной кислотой? Составьте электронные уравнения.

652. Какие продукты восстановления азотной кислоты образуются при взаимодействии магния с концентрированной азотной кислотой, с очень разбавленной азотной кислотой? Составьте электронные уравнения протекающих реакций.

653. Как можно получить оксид азота (V) N_2O_5 , исходя из следующих веществ: $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, SiO_2 и HNO_3 ? Составьте уравнения реакций.

654. Как можно получить нитрат аммония NH_4NO_3 , имея азот и воду? Составьте уравнения реакций.

655. Возможна ли фиксация атмосферного азота кислородом воздуха при стандартных условиях? Каково влияние температуры?

656. Какие оксиды азота способны к димеризации? Ответ мотивируйте.

657. Составьте уравнение реакции полной нейтрализации фосфорноватистой кислоты гидроксидом бария. Вычислите молярную массу эквивалента данной кислоты.

658. Какую роль выполняет нашатырь (хлорид аммония), применяемый при обработке поверхности металла перед паянием?

Составьте соответствующее уравнение реакции.

659. Вычислите молярную массу эквивалента азотной кислоты в реакциях взаимодействия ее с:

а) гидроксидом кальция;

б) с фосфором.

660. Укажите, раствор какой соли: нитрата серебра или нитрата калия – при электролизе с инертными электродами образует на катоде металл. Составьте схему электролиза раствора этой соли.

661. При действии концентрированной азотной кислоты на 10 г смеси алюминия и меди выделяется 4,48 л газа (н. у.). Определите массовую долю (%) алюминия в данной смеси.

662. Сколько связей возникает у атома азота в молекулах NH_3 и N_2 ? Способны ли эти молекулы к донорно-акцепторному взаимодействию?

663. Электролиз водного раствора какой соли: NaNO_3 , K_3PO_4 , $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ – сопровождается образованием газообразных продуктов на угольных катоде и аноде?

664. Закончите составление уравнений:



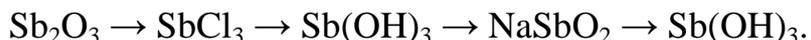
На основании электронных уравнений поставьте коэффициенты, укажите окислители и восстановители.

665. Какое соединение мышьяка образуется при окислении свободного мышьяка азотной кислотой? Составьте электронные уравнения.

666. Какие соединения называются фосфидами? Составьте уравнения реакций получения фосфида магния, взаимодействия фосфида магния с водой.

667. Какими свойствами обладает мышьяковистая кислота? Напишите уравнение реакции между метамышьяковистой кислотой и йодом. Составьте электронные уравнения.

668. Составьте уравнения реакций, протекающих по схеме:



669. Дайте сравнительную характеристику тригидроксидов сурьмы и висмута. Составьте молекулярные и ионно-молекулярные уравнения соответствующих реакций.

670. Какие соединения сурьмы и висмута образуются при прибавлении избытка щелочи к растворам SbCl_3 и BiCl_3 ? Составьте

уравнения реакций.

671. Укажите все возможные и устойчивые степени окисления кислорода. Напишите формулы соответствующих соединений.

672. Можно ли получить равные объемы кислорода (н. у.) при нагревании одинаковых масс хлората калия и перманганата калия. Ответ мотивируйте.

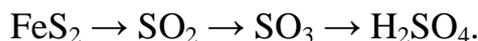
673. Через озонатор был пропущен кислород объемом 30 л (н. у.). Вышедший газ занял объем 25 л при тех же условиях. Определите объемную долю кислорода, превращенного в озон.

674. На взаимодействие с углеродом массой 0,6 г израсходован кислород объемом 0,56 л (н. у.). Полученный оксид занял объем 1,12 л (н. у.). Установите формулу полученного оксида.

675. Напишите уравнение реакции, в которой пероксид водорода одновременно выполняет роль окислителя и восстановителя. Составьте электронные уравнения. К какому типу относится эта реакция?

676. Какое число σ - и π -связей содержит молекула SO_3 и ион SO_4^{2-} ?

677. Напишите уравнения реакций, отвечающие схеме превращений:



Для окислительно-восстановительных реакций составьте электронные уравнения.

678. Составьте полное уравнение реакции взаимодействия серы с раствором щелочи. Напишите электронные уравнения.

679. Напишите уравнения реакций получения оксида серы (IV) из серы, сероводорода, сульфита натрия, серной кислоты.

680. Какие равновесия существуют в водном растворе SO_2 ? В каком направлении смещаются эти равновесия при:

- а) нагревании раствора;
- б) добавлении кислоты;
- в) добавлении щелочи?

681. Какие химические процессы лежат в основе контактного и нитрозного способов получения серной кислоты?

682. Можно ли использовать в качестве осушителя концентрированную серную кислоту для газов: CO_2 , H_2S , HI ?

683. Почему разбавленная и концентрированная серная кислота по-разному реагируют с цинком? Ответ мотивируйте.

684. К растворам солей Na_2SO_4 , Na_2SO_3 , Na_2S добавлена соляная кислота. Будет ли наблюдаться выделение газа в каждом из этих растворов? Ответ мотивируйте.

685. Может ли H_2S выполнять роль окислителя? Чем объясняется постепенное помутнение сероводородной воды? Ответ мотивируйте.

686. Изменится ли pH дистиллированной воды после растворения в ней сульфита натрия? Ответ мотивируйте.

687. Напишите уравнения реакций, в которых свободная сера проявляет свойства окислителя, восстановителя. Составьте электронные уравнения.

688. Исходя из представлений о строении атомов серы, селена и теллура, объясните, почему H_2S более слабый восстановитель, чем H_2Se и H_2Te .

689. Почему не могут совместно находиться в растворе H_2S и H_2SO_3 ; H_2SO_3 и KClO ? Ответ подтвердите уравнениями соответствующих реакций.

690. Почему H_2SO_4 только окислитель, а H_2SO_3 и окислитель, и восстановитель? Составьте электронные уравнения.

691. Какие реакции протекают при пропускании H_2S через растворы I_2 , CuSO_4 ? Составьте уравнения реакций. Какая из реакций является окислительно-восстановительной?

692. Какова степень окисления галогенов в природных соединениях? Какие факторы определяют эту величину? Как получают галогены в виде простых веществ?

693. Как протекает взаимодействие фтора с водой и щелочами в отличие от других галогенов? Ответ мотивируйте.

694. Напишите полные уравнения реакций получения хлора из соляной кислоты действием KMnO_4 и $\text{CaCl}(\text{ClO})$. Составьте электронные уравнения.

695. Напишите уравнение реакции получения фтороводорода из флюорита. Почему для получения HF не используют синтетический метод, как для получения HCl ?

696. Как разлагается хлорноватистая кислота на свету, при действии водоотнимающих средств, при нагревании?

697. Какую геометрическую конфигурацию имеют ионы ClO^- , ClO_2^- , ClO_3^- , ClO_4^- ? Как сказывается на прочности иона число содержащихся в нем несвязывающих электронных пар?

698. Могут ли одновременно существовать в растворе:

а) Br_2 и HCl , Cl_2 и HBr ;

б) Cl_2 и HCl ; Br_2 и KI ?

699. Какой объем хлора (н. у.) и какая масса $\text{Ca}(\text{OH})_2$ потребуется для получения хлорид-гипохлорита кальция массой 127 г?

700. Какая масса золы морских водорослей необходима для получения 1 г йода, если в золе массовая доля йода равна 0,2%?

701. Выпадает ли осадок AgBrO_3 , если смешать равные объемы 0,01 н. AgNO_3 и 0,1 н. KBrO_3 ?

702. Какой объем хлора (н. у.) потребуется для окисления йода массой 50,8 г, если в результате реакции образуется йодноватая кислота?

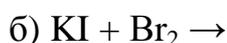
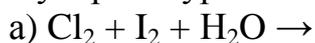
703. Как можно получить йод, имея йодид натрия, диоксид марганца и соляную кислоту? Составьте уравнения реакций.

704. Как можно получить хлорную известь, имея карбонат кальция, соляную кислоту, воду и диоксид марганца? Составьте уравнения реакций.

705. Какое соединение хлора образуется при пропускании хлора через горячий раствор KOH ? Составьте электронные уравнения.

706. Как можно получить бертолетову соль, имея оксид марганца (IV), соляную кислоту и гидроксид калия? Составьте уравнения реакций.

707. Как изменяются окислительные свойства галогенов при переходе от фтора к йоду и восстановительные свойства их отрицательно заряженных ионов? Почему? Составьте электронные и молекулярные уравнения реакций:



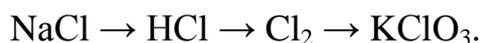
Укажите окислитель и восстановитель.

708. Напишите формулы и назовите кислородные кислоты хлора, укажите степень окисления хлора в каждой из них. Какая из кислот более сильный окислитель? На основании электронных уравнений закончите уравнение реакции



Хлор приобретает минимальную степень окисления.

709. Какие реакции нужно провести для осуществления следующих превращений:



Уравнения окислительно-восстановительных реакций составьте на основании электронных уравнений.

9.3. *d*-Элементы периодической системы

710. Представьте электронные конфигурации ионов Fe^{2+} и Fe^{3+} . Объясните, почему ион Fe^{3+} является более устойчивым, чем Fe^{2+} .

711. Назовите *d*-элементы VIII группы, которые могут иметь степень окисления, равную номеру группы. Приведите формулы соответствующих соединений.

712. Что обычно является растворителем для металлической платины? Напишите уравнение протекающей реакции.

713. Какое координационное число характерно для платины (II) и (IV)? Какова геометрическая конфигурация соответствующих комплексов?

714. Каково отношение металлов Fe, Co, Ni к разбавленным кислотам? При каких условиях и какие кислоты пассивируют железо? Ответ мотивируйте.

715. В одинаковой ли степени выражены основные свойства гидроксидов железа (II) и (III)? Как это влияет на степень гидролиза солей, содержащих ионы Fe^{2+} и Fe^{3+} ? Ответ мотивируйте.

716. Растворы хлорида железа (III) за счет гидролиза обладают желто-коричневой окраской. Почему при нагревании окраска становится более темной, и, наоборот, светлеет при добавлении соляной кислоты?

717. Напишите уравнение реакции, которая происходит при действии хлора на гексацианоферрат (II) калия. Составьте электронные уравнения.

718. Объясните сущность химической и электрохимической коррозии. Укажите способы защиты железа от коррозии.

719. Объясните, почему $\text{Ni}(\text{OH})_2$ растворяется в избытке водного раствора аммиака. Составьте молекулярное и ионно-молекулярное уравнение соответствующей реакции.

720. Какое соединение железа образуется, если на раствор FeSO_4 подействовать щелочью и полученный влажный осадок оставить на воздухе? Составьте уравнения реакций. Для окислительно-восстановительной реакции напишите электронные уравнения.

721. К раствору хромита калия прилили пероксид водорода и раствор едкого калия. Зеленая окраска раствора сменяется желтой. Чем объясняется изменение окраски раствора? Составьте электронные и молекулярные уравнения реакции.

722. Как относятся элементы подгруппы цинка к кислотам и щелочам? Составьте уравнения соответствующих реакций.

723. Какое соединение хрома образуется при кипячении щелочного раствора хромита натрия с бромом? Составьте

электронные и молекулярные уравнения реакции.

724. Какие соединения марганца образуются при его взаимодействии с азотной кислотой, с соляной кислотой? Составьте электронные и молекулярные уравнения реакции.

725. При растворении рения в азотной кислоте образуется рениевая кислота. Составьте электронные и молекулярные уравнения реакции.

726. К раствору CoCl_2 прилили избыток раствора аммиака. Какое комплексное соединение при этом образовалось? Составьте молекулярное и ионно-молекулярное уравнения реакции.

727. Соляной кислотой подействовали на Ni_2O_3 , на Fe_2O_3 . Какая из реакций является окислительно-восстановительной? Составьте для этой реакции электронные уравнения.

728. Как изменяется степень окисления железа и никеля при взаимодействии FeSO_4 с Ni_2O_3 в растворе H_2SO_4 ? Составьте электронные и молекулярные уравнения реакции.

729. При растворении технеция в азотной кислоте образуется технециевая кислота. Составьте электронные и молекулярные уравнения реакции.

730. Какие соединения титана образуются при действии на титан концентрированных соляной, серной и азотной кислот? Составьте электронные и молекулярные уравнения реакций.

731. Охарактеризуйте отношение титана к воде, к кислотам. Ответ подтвердите уравнениями реакций.

732. Какое соединение хрома образуется при сплавлении Cr_2O_3 с NaNO_3 и Na_2CO_3 ? Составьте электронные и молекулярные уравнения реакции.

733. Какое соединение марганца получается при сплавлении MnO_2 с KOH и KClO_3 ? Составьте электронные и молекулярные уравнения реакции.

734. Напишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакций превращения: K_2CrO_4 в $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$; $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ в K_2CrO_4 . Являются ли эти реакции окислительно-восстановительными? Ответ мотивируйте.

735. Какую степень окисления проявляет железо в своих соединениях? Как можно открыть в растворе ионы железа, степень окисления которых равна +2, +3? Составьте уравнения реакций.

736. В какой среде – кислой, щелочной или нейтральной – происходит восстановление KMnO_4 до K_2MnO_4 ? Составьте электронные уравнения и молекулярное уравнение реакции.

737. Какое соединение хрома образуется при сплавлении хромистого железняка с карбонатом натрия при участии кислорода? Составьте электронные и молекулярные уравнения реакции.

738. При постепенном прибавлении раствора KI к раствору $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ образующийся вначале осадок растворяется. Какое комплексное соединение при этом получается? Составьте молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакций.

739. При постепенном прибавлении раствора аммиака к раствору сульфата кадмия образующийся вначале осадок растворяется. Какое комплексное соединение кадмия при этом получается? Составьте молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакций.

740. Соединения серебра (I) являются хорошими окислителями, тогда как соединения золота (I) очень неустойчивы и в момент образования диспропорционируют. Составьте электронные и молекулярные уравнения реакций:

- а) взаимодействия HCOOH с AgOH ;
- б) диспропорционирования AuCl .

741. Если через щелочной раствор, содержащий взвесь $\text{Cu}(\text{OH})_2$, пропустить хлор, то раствор окрашивается в красный цвет за счет образования купрат-иона $[\text{Cu}(\text{OH})_4]^-$. При дальнейшем добавлении $\text{Ba}(\text{OH})_2$ выпадает красный осадок купрата бария, который быстро чернеет, выделяя пузырьки кислорода. Составьте уравнения всех происходящих реакций.

742. Составьте уравнения реакций, протекающих при осуществлении следующих превращений:



743. Для количественного определения ионов меди (II) используют реакцию взаимодействия йодида калия с какой-либо солью меди. На чем основан этот метод? Приведите уравнения реакций.

744. Как можно получить хлорид меди (I)? Напишите уравнения реакций CuCl с концентрированными растворами:

- а) соляной кислоты;
- б) аммиака.

745. Какие реакции лежат в основе цианидного способа извлечения золота и серебра из руд? Составьте электронные и молекулярные уравнения реакций.

746. Составьте уравнения реакций, протекающих при осуществлении следующих превращений:



747. Почему хлорид серебра растворяется в концентрированных

растворах аммиака, хлорида натрия и тиосульфата натрия? Напишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакций.

748. Какую степень окисления проявляют в соединениях медь, серебро и золото? Какая степень окисления наиболее характерна для каждого из них? Составьте электронные и молекулярные уравнения реакций растворения:

- а) золота в горячей безводной селеновой кислоте;
- б) меди в концентрированной азотной кислоте.

749. Составьте уравнения реакций, объясняющих потемнение серебряных предметов на воздухе и образование зеленого налета на поверхности медных изделий.

750. Почему гидроксид цинка растворяется и в щелочах, и в NH_4OH , тогда как гидроксид кадмия растворяется только в NH_4OH ? Составьте молекулярные и ионно-молекулярные уравнения соответствующих реакций.

751. Чему равна валентность и степень окисления ртути в ионе Hg_2^{2+} ? Составьте уравнение реакции взаимодействия разбавленной азотной кислоты с избытком ртути.

752. Чем объяснить способность соединений ртути (I) к реакциям диспропорционирования? Составьте электронные и молекулярные уравнения реакций каломели:

- а) с хлором;
- б) с раствором SnCl_2 .

753. Составьте уравнения реакций раствора сулемы:

- а) с оксидом серы (IV);
- б) с избытком йодида калия.

754. Как взаимодействуют цинк, кадмий и ртуть с водой, щелочами, разбавленной и концентрированной серной кислотой? Составьте уравнения реакций.

755. В отличие от сульфидов цинка и кадмия HgS растворяется в концентрированном растворе Na_2S . Составьте уравнения реакций HgS с концентрированными растворами:

- а) сульфида натрия;
- б) азотной кислоты.

756. Составьте уравнения реакций цинка:

- а) с концентрированным раствором аммиака;
- б) с очень разбавленной азотной кислотой.

757. Составьте молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакций, протекающих при следующих превращениях:



758. Являясь хорошим восстановителем, цинковая пыль при кипячении с сильнощелочными растворами нитратов восстанавливает их максимально. Составьте электронные и молекулярные уравнения этой реакции, один из продуктов которой – тетрагидроксоцинкат натрия.

9.4. Комбинированные задачи

759. Каково местонахождение в периодической системе элементов, образующих катионы первой аналитической группы? Охарактеризуйте свойства соединений на основе этих катионов (растворимость их оснований и солей).

760. Какие катионы относятся ко второй аналитической группе? Что служит групповым реагентом на катионы этой группы (ответ подтвердите уравнениями реакций)?

761. Укажите катионы третьей аналитической группы. Дайте характеристику соединений этих катионов (растворимость гидроксидов и солей).

762. Напишите катионы четвертой аналитической группы. Приведите уравнения реакций, характеризующие свойства этих катионов.

763. Охарактеризуйте свойства хлоридов, сульфатов и карбонатов катионов второй аналитической группы. Напишите соответствующие уравнения реакций в молекулярных и ионно-молекулярных формах.

764. В чем сущность систематического и дробного анализов? Как используются эти методы для анализа катионов? Ответ подтвердите уравнениями реакций.

765. Напишите в молекулярном и ионно-молекулярном виде реакции открытия ионов Ba^{2+} , Fe^{2+} , Pb^{2+} .

766. Приведите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения качественных реакций открытия ионов Na^+ и K^+ .

767. Что лежит в основе аналитической классификации анионов? Что такое качественная реакция на ион? Ответ подтвердите уравнениями реакций.

768. Какие анионы входят в первую аналитическую группу и каковы их свойства? Напишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакций открытия анионов SO_4^{2-} .

769. Какие анионы относятся ко второй аналитической группе? Охарактеризуйте их свойства. Напишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакций открытия иона Br^- .

770. Какие анионы относятся к третьей аналитической группе? Охарактеризуйте их свойства. Напишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакций открытия иона NO_3^- .

771. Какие известны методы количественного анализа? Что такое титрование? Вычислите титр 2 н. раствора хлороводородной кислоты.

772. В растворе, объем которого равен 0,3 л, находится гидроксид натрия, взятый массой 0,012 кг. Определите молярную концентрацию, молярную концентрацию эквивалента гидроксида натрия в растворе и титр раствора.

773. Как определяется точка эквивалентности при титровании? На нейтрализацию раствора гидроксида натрия, взятого объемом 0,02 л, израсходован 0,01 н. раствор хлороводородной кислоты объемом 0,015 л. Определите титр раствора гидроксида натрия.

774. Карбонат натрия, взятый массой 0,2 г, растворен в мерной колбе вместимостью 100 мл. На титрование приготовленного раствора, взятого объемом 10 мл, израсходован раствор серной кислоты объемом 9,8 мл. Определите молярную концентрацию эквивалента серной кислоты в растворе и титр этого раствора.

775. Какой объем хлороводородной кислоты (плотностью $1,174 \text{ г/см}^3$) надо взять для приготовления раствора HCl объемом 0,25 л с титром 0,003 65 г/мл?

776. Какова массовая доля оксида азота (V) в растворе азотной кислоты, если на титрование этого раствора, взятого массой 1,068 г, израсходован раствор гидроксида натрия объемом 9,15 мл с титром 0,004 153 г/мл?

777. Составьте уравнение реакции взаимодействия перманганата калия с сульфатом железа (II) в присутствии серной кислоты. Рассчитайте, какая масса перманганата калия необходима для окисления сульфата железа (II), взятого массой 0,001 кг.

778. Что такое обратное титрование? Какой объем 0,1 н. раствора хлороводородной кислоты надо взять для поглощения аммиака, который выделяется из препарата массой 0,5 кг, содержащего 5% азота, чтобы на титровании избытка хлороводородной кислоты расходовался 0,1 н. раствор гидроксида натрия объемом 6 мл?

779. Вычислите массу йода в анализируемом растворе, если на его титрование затрачен 0,12 М раствор тиосульфата натрия, взятый объемом 19,10 мл.

780. Молярная концентрация раствора азотной кислоты равна 0,21 М. Вычислите молярную концентрацию эквивалента азотной кислоты в растворе, если происходит реакция восстановления ее до оксида азота (II).

781. Какой объем 0,1 М раствора бихромата калия способен в присутствии серной кислоты окислить йодид калия, взятый массой 3,32 г?

782. Вычислите молярную массу эквивалента бихромата калия в реакциях взаимодействия его с:

а) хлоридом бария;

б) сульфатом железа (II) в кислой среде.

Напишите уравнения реакций.

783. Что такое жесткость воды? В каких единицах выражается жесткость? Как, пользуясь методом нейтрализации, определить общую, временную и постоянную жесткость воды? Приведите уравнения реакций.

784. Дайте характеристику метода осаждения, приведите примеры реакций. Каким условиям должна отвечать реакция осаждения, чтобы ее можно было использовать для количественного определения?

785. Какой объем раствора можно приготовить из фиксанала, содержащего в ампуле 0,01 молярной массы эквивалента нитрата серебра, чтобы аликвотная часть объемом 15 мл была эквивалентна хлориду натрия массой 0,008 775 г?

786. Какой объем воды надо добавить к 5 мл 0,1 н. раствора нитрата серебра, чтобы получить 0,05 н. раствор?

787. В чем сущность гравиметрического (весового) анализа? Какой объем раствора хлорида аммония, содержащего 53,5 г растворенного вещества в 1 л, необходим для осаждения 0,2 г серебра? Составьте уравнения реакций.

788. Вычислите потерю массы 0,1 г осадка карбоната кальция при промывании его водой, взятой объемом 0,2 л.

789. Вычислите массу навески оксалата натрия, на титрование которой расходуется 0,05 н. раствор перманганата калия объемом 5,0 мл.

790. Какой объем 0,01 н. раствора перманганата калия пойдет на титрование:

а) оксалата натрия, взятого массой 0,015 г;

б) навески руды массой 0,03 г, в которой содержание массовой доли железа составляет 40%?

791. Какой объем раствора бихромата калия необходим для

взаимодействия с сульфатом железа (II), взятым массой 15,2 г в сернокислой среде, если титр бихромата калия по железу равен 0,0045 г/мл?

792. Из свинцового сплава, взятого массой 4,5 г, выделили осадок хромата свинца, растворили его в кислоте и добавили избыток йодида калия. На титрование выделившегося йода израсходован 0,0912 М раствор тиосульфата натрия, взятый объемом 12,5 мл. Определите массовую долю свинца в сплаве.

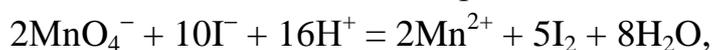
793. Из стали, взятой массой 1 г, содержащийся в ней марганец переведен в раствор в виде перманганат-иона MnO_4^- . На титрование полученного раствора в кислой среде израсходовано 10 мл 0,1 н. раствора нитрита натрия. Вычислите массовую долю марганца в сплаве.

794. С целью идентификации оксида железа неизвестного состава его навеску 0,1 г перевели в раствор, восстановили до Fe^{2+} и оттитровали 0,0894 н. раствором бихромата калия объемом 14,5 мл. Какая формула: FeO , Fe_2O_3 или Fe_3O_4 – соответствует результатам анализа?

795. Вычислите потенциал водородного электрода при стандартных условиях в 0,02 М растворе уксусной кислоты.

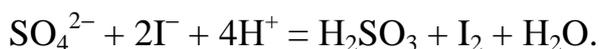
796. Определите при стандартных условиях возможное протекание реакции для редокс-пары $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, $\text{H}^+/\text{Cr}^{3+}$ и I_2/I^- .

797. Вычислите значение константы равновесия для процесса



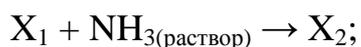
если условия протекания являются стандартными.

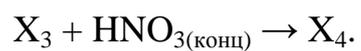
798. Оцените при стандартных условиях направление и полноту протекания процесса



799. Свинцовую пластину погрузили в раствор нитрата меди. Через некоторое время пластину вынули из раствора, высушили и взвесили. Масса пластины уменьшилась на 2,86 г. Определите массу соли, которая образовалась при растворении пластины.

800. Напишите полные уравнения реакций, соответствующие следующим схемам превращений:





Определите неизвестные вещества.

ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

Тест 1

1. Какой объем при н. у. займет 0,5 г водорода?
- | | |
|------------|-----------|
| 1) 22,4 л; | 3) 1,4 л; |
| 2) 11,2 л; | 4) 5,6 л. |

2. Вычислите молярную массу эквивалента и назовите кислоту, 1 г которой содержит 0,05 г водорода, способного замещаться на металл.

- 1) 20; фтороводородная кислота; 3) 36,5; соляная кислота;
2) 27; циановодородная кислота; 4) 20,6; борная кислота.

3. У какого атома элемента начинается заполнение *d*-подуровня?

- 1) алюминий; 3) калий;
2) скандий; 4) титан.

4. Между какими атомами может возникнуть ковалентная неполярная связь?

- 1) йод и йод; 3) хлор и фтор;
2) йод и хлор; 4) йод и водород.

5. В каком ряду все из названных веществ реагируют с соляной кислотой: а) железо; б) медь; в) оксид кальция; г) оксид марганца (IV)?

- 1) а, б, в; 3) а, в, г;
2) б, в, г; 4) а, б, г.

6. Укажите число электронов, отданных восстановителем в реакции:

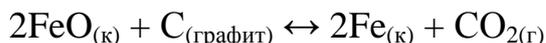


- 1) 3; 3) 5;
2) 8; 4) 7.

7. Какая из представленных реакций является экзотермической:

- 1) $2\text{H}_{2(\text{г})} + \text{O}_{2(\text{г})} = 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})}$; 3) $\text{N}_{2(\text{г})} + \text{O}_{2(\text{г})} = 2\text{NO}_{(\text{г})}$;
2) $\text{CaCO}_{3(\text{к})} = \text{CaO}_{(\text{к})} + \text{CO}_{2(\text{г})}$; 4) $2\text{HgO}_{(\text{к})} = 2\text{Hg}_{(\text{ж})} + \text{O}_{2(\text{г})}$

8. Какое выражение для константы равновесия системы



написано правильно:

- 1) $K = C_{(\text{CO}_2)}$; 3) $K = \frac{C_{(\text{C})}}{C_{(\text{CO}_2)}}$;
2) $K = \frac{C_{(\text{Fe})}^2 C_{(\text{CO}_2)}}{C_{(\text{FeO})} C_{(\text{C})}}$; 4) $K = \frac{C_{(\text{FeO})}^2 C_{(\text{C})}}{C_{(\text{CO}_2)}}$.

9. Каким отношением определяется молярная концентрация азотной кислоты, если в 2 л ее раствора содержится 2,52 г HNO_3 ?

- 1) $\frac{63 \cdot 2}{2,52}$; 3) $\frac{2,52}{63 \cdot 2}$;
2) $\frac{2,52 \cdot 2}{63}$; 4) $\frac{2,52 \cdot 63}{2}$.

10. Электролитическая диссоциация – это процесс распада электролита на ионы под действием:

- 1) электрического тока;
- 2) полярных молекул растворителя;
- 3) энергии ионов;
- 4) энергии молекул вещества.

11. Какая из приведенных концентраций (моль/л) соответствует кислой среде?

- 1) $c_{\text{OH}^-} = 10^{-3}$;
- 2) $c_{\text{OH}^-} = 10^{-10}$;
- 3) $c_{\text{H}^+} = 10^{-7}$;
- 4) $c_{\text{H}^+} = 10^{-12}$.

12. Образуется ли осадок Ag_2CrO_4 , если соединить одинаковые объемы 0,01 н. AgNO_3 и 0,002 н. K_2CrO_4 ?

- 1) образуется;
- 2) не образуется;
- 3) создается разбавленный раствор;
- 4) нельзя определить.

13. Укажите, какие из перечисленных солей полностью гидролизуются:

а) $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$; б) Na_2SiO_3 ; в) Cr_2S_3 ; г) $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$; д) AlCl_3 .

- 1) а, б;
- 2) в, г;
- 3) а, в;
- 4) г, д.

14. Определите термодинамическую вероятность протекания и вычислите константу равновесия при стандартных условиях для процесса



- 1) процесс невозможен, $K_c = 1,27 \cdot 10^{-50}$;
- 2) процесс возможен, $K_c = 1,27 \cdot 10^{30}$;
- 3) процесс возможен, $K_c = 1,27 \cdot 10^{60}$;
- 4) процесс невозможен, $K_c = 2,54 \cdot 10^{30}$.

15. В каком случае на медной пластине будет выделяться водород, если в раствор соляной кислоты опущены:

- 1) медная пластина;
- 2) медная пластина, соединенная с серебряной пластиной;
- 3) медная пластина, соединенная с золотой пластиной;
- 4) медная пластина, соединенная с цинковой пластиной.

Ответы к тесту 1

задание	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ответ	4	1	2	1	3	2	1	1	3	2	2	1	2	3	4

Тест 2

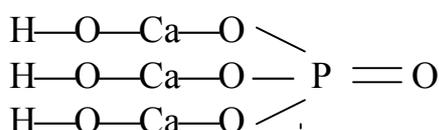
1. Какой объем при н. у. займут $3,01 \cdot 10^{22}$ молекул газа?

- 1) 22,4 л; 3) 1,12 л;
2) 11,2 л; 4) 2,24 л.

2. Рассчитайте, молярная масса эквивалента какого из приведенных соединений: H_2S , $\text{Cu}(\text{OH})_2$, CuCl_2 – равна 67,5 г/моль.

- 1) $\text{Cu}(\text{OH})_2$; 3) CuCl_2 ;
2) H_2S ; 4) ни одного из приведенных.

3. Укажите правильное название данной соли:



- 1) гидроортофосфат кальция; 3) фосфат кальция;
2) гидроксоортофосфат кальция; 4) метафосфат кальция.

4. Какому атому и иону: Fe, Fe^{2+} , Co, Co^{2+} , Mn, Mn^{2+} соответствуют электронные формулы $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^2$ и $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 d^6 4s^0$?

- 1) Mn, Fe^{2+} ; 3) Co, Mn^{2+} ;
2) Fe, Co^{2+} ; 4) Fe, Mn^{2+} .

5. Молекулы каких из перечисленных веществ: BeH_2 , H_2O , CH_4 , HF – могут соединяться за счет водородной связи?

- 1) H_2O , BeH_2 ; 3) CH_4 , BeH_2 ;
2) CH_4 , HF; 4) H_2O , HF.

6. Какие продукты получатся при взаимодействии перманганата калия с сульфитом натрия в нейтральной среде?

а) MnO_2 ; б) Na_2SO_4 ; в) H_2O ; г) KOH; д) $\text{Mn}(\text{OH})_2$; е) MnSO_4 .

- 1) а, б, в; 3) а, б, г;
2) в, д, е; 4) а, в, е.

7. От каких факторов из нижеперечисленных зависит величина констант равновесия?

- а) природа реагирующих веществ;
б) температура;
в) концентрации реагирующих веществ;
г) давление

- 1) а; 3) а, б;
2) а, б, в; 4) от всех перечисленных.

8. Определите ΔG°_{298} (кДж) для процесса:



Возможен ли этот процесс при стандартных условиях?

- 1) 129,7; нет; 3) -129,6; нет;
2) -129,6; да; 4) 129,6; да.

9. В 12 л 3 М раствора содержится 1440 г вещества. Определите молярную массу растворенного вещества.

- 1) 120; 3) 20;
2) 40; 4) 60.

10. Какие из перечисленных ионов преобладают при диссоциации гидрокарбоната кальция?

- 1) HCO_3^- , Ca^{2+} ; 3) H^+ , CO_3^{2-} ;
2) HCO_3^- , CO_3^{2-} ; 4) CO_3^{2-} , Ca^{2+} ;

11. Укажите концентрацию гидроксильных ионов в растворе, рН которого равен 5.

- 1) 10^{-5} моль/л; 3) 10^{-3} моль/л;
2) 10^{-12} моль/л; 4) 10^{-9} моль/л.

12. Определите растворимость (моль/л) для Ag_3PO_4 , если $\text{ПР}_{(\text{Ag}_3\text{PO}_4)} = 8,89 \cdot 10^{-17}$.

- 1) $6,86 \cdot 10^{-5}$; 3) $8,47 \cdot 10^{-4}$;
2) $4,70 \cdot 10^{-5}$; 4) $4,70 \cdot 10^{-3}$.

13. Составьте молекулярное и ионно-молекулярное уравнения реакции гидролиза кальцинированной соды. Укажите факторы, от которых зависит константа гидролиза этой соли:

- а) температура;
б) концентрация раствора;
в) присутствие одноименных ионов;
г) давление.

- 1) а, г; 3) а, б, г;
2) а; 4) в.

14. Укажите, какие из приведенных веществ при реакции с цинком образуют водород:

- а) концентрированная HNO_3 ;
б) раствор CuSO_4 ;
в) раствор H_2SO_4 ;
г) раствор NaOH ;
д) концентрированная H_2SO_4 .

- 1) а, б; 3) б, в;
2) в, г; 4) г, д.

15. Какие из перечисленных металлов могут образовывать катодное покрытие на железе:

а) Ni; б) Cr; в) Cu; г) Pt; д) Zn; е) Sn.

1) а, б, в, г;

3) а, в, г, е;

2) б, в, г, д;

4) ни один из них.

Ответы к тесту 2

задание	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ответ	3	3	2	1	5	1	3	1	2	1	4	1	2	2	3

Тест 3

1. Укажите молекулярную формулу оксида азота, который содержит 63,64% азота. Относительная плотность этого оксида по водороду равна 22.

1) N_2O ;

3) N_2O_3 ;

2) NO ;

4) N_2O_5 .

2. Определите молярную массу эквивалента металла (г/моль), если из 2,4 г его получено 9,5 г хлорида металла.

1) 32;

3) 9;

2) 12;

4) 20.

3. Атом какого элемента содержит одинаковое число электронов на каждом подуровне первого и второго энергетического уровня?

1) бериллий;

3) углерод;

2) бор;

4) кремний.

4. Между какими из перечисленных элементов: К, I, Ge, As – образуется типично ионная связь?

1) К и Ge;

3) Ge и I;

2) As и Ge;

4) К и I.

5. Какие соли могут быть получены при взаимодействии гидроксида меди (II) и серной кислоты:

а) гидросульфат;

б) дигидросульфат;

в) сульфат;

г) гидроксосульфат;

д) дигидрокарбонат.

1) а, б, г;

3) б, в, д;

2) а, в, д;

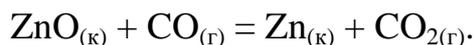
4) а, в, г.

6. Какие из указанных схем отражают процессы окисления?

- а) $\text{Br}_2 \rightarrow 2\text{Br}^-$; г) $\text{SO}_3^{2-} \rightarrow \text{SO}_4^{2-}$;
б) $\text{AsO}_4^{3-} \rightarrow \text{AsO}_2^-$; д) $\text{As}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{As}_2\text{O}_5$.
в) $\text{Fe}^{3+} \rightarrow \text{Fe}^{2+}$;

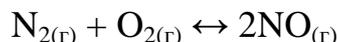
- 1) а, б; 3) г, д;
2) в, г; 4) в, д.

7. Вычислите ΔH°_{298} (кДж) и ΔS°_{298} (Дж/К) процесса



- 1) 66,0 и -14,3; 3) -66 и 14,3;
2) 67,5 и 14; 4) -66 и -14,3.

8. Какие из нижеперечисленных факторов вызовут в системе



смещение равновесия влево?

- а) увеличение концентрации N_2 ;
б) увеличение концентрации O_2 ;
в) увеличение концентрации NO ;
г) увеличение давления.

- 1) в; 3) а, в;
2) а, б; 4) г.

9. Титр раствора серной кислоты 0,0245 г/мл. Чему равна молярная концентрация раствора?

- 1) 2,45 М; 3) 24,5 М;
2) 0,25 М; 4) 0,025 М.

10. Для каких из приведенных электролитов можно составить выражение для константы диссоциации:

- а) $\text{Ba}(\text{OH})_2$; б) NaNO_3 ; в) H_2CO_3 ; г) H_2SO_4 ; д) $\text{Al}(\text{OH})_3$?

- 1) б, в; 3) в, д;
2) а, г; 4) а, д.

11. Чему равен рН 0,01 н. раствора соляной кислоты, если считать диссоциацию полной?

- 1) 2; 3) -2;
2) -1; 4) 0.

12. При некоторой температуре в 100 л насыщенного раствора йодида свинца (II) содержится 13,5 г свинца в виде ионов. Определите произведение растворимости йодида свинца.

- 1) $1,1 \cdot 10^{-9}$; 3) $9,98 \cdot 10^{-8}$;
2) $1,1 \cdot 10^{-10}$; 4) $9,98 \cdot 10^{-11}$.

13. Какие частицы преобладают в качестве продуктов гидролиза в сокращенном ионно-молекулярном уравнении гидролиза хлорида алюминия?

- 1) $\text{Al}(\text{OH})_3$ и H^+ ; 3) $\text{Al}(\text{OH})_3$ и Cl^- ;
2) AlOH^{2+} и H^+ ; 4) $\text{Al}(\text{OH})_2$ и Cl^- .

14. Укажите, какие реакции, выраженные сокращенными ионно-молекулярными уравнениями, возможны при стандартных условиях:

а) $\text{Mg}^0 + \text{Cu}^{2+}$; б) $\text{Al}^0 + \text{H}^+$; в) $\text{Cu}^0 + \text{Mg}^{2+}$; г) $\text{Cu}^0 + \text{H}^+$.

- 1) б, в, г; 3) а, б;
2) в, г; 4) а, б, в.

15. Какие из нижеперечисленных металлов нельзя получить электролизом водных растворов их солей:

а) Fe; б) Zn; в) Pb; г) Au; д) Mg; е) Al.

- 1) а, б; 3) г, е;
2) а, г; 4) д, е.

Ответы к тесту 3

задание	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ответ	1	2	3	4	4	3	2	1	2	3	1	1	2	3	4

Тест 4

1. Некоторый газ объемом 202 мл имеет массу 0,271 г. Определите относительную плотность этого газа по водороду.

- 1) 15; 3) 32;
2) 30; 4) 22.

2. Во сколько раз молярная масса эквивалента сульфата натрия больше, чем молярная масса эквивалента ортофосфата натрия?

- 1) в 2 раза; 3) в 3 раза;
2) в 1,3 раза; 4) в 4 раза.

3. Какой из указанных элементов относится к *d*-элементам?

- 1) селен; 3) рубидий;
2) азот; 4) титан.

4. Укажите, в каком соединении ковалентная химическая связь возникает по донорно-акцепторному механизму.

- 1) азот; 3) оксид углерода (II);
2) водород; 4) оксид углерода (IV).

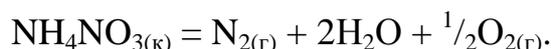
5. Какое из указанных веществ можно получить при непосредственном соединении металла с гидроксидом натрия?

- 1) $\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$; 3) KOH ;
2) $\text{Al}(\text{OH})_3$; 4) NaCl .

6. Какое вещество образуется при растворении угля в концентрированной серной кислоте:

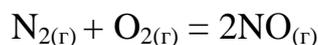
- 1) CaH_2 ; 3) CO_2 ;
2) CO ; 4) CH_4 .

7. Определите ΔG°_{298} (кДж) и термодинамическую вероятность реакции детонации:



- 1) 274, да; 3) -273,3, да;
2) -274, нет; 4) 274, нет.

8. Равновесная концентрация оксида азота в процессе



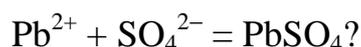
составляет 4 моль/л, а исходные концентрации азота и кислорода – соответственно 6 и 5 моль/л. Определите равновесную концентрацию (моль/л) кислорода.

- 1) 1; 3) 4;
2) 2; 4) 3.

9. Какой объем воды (м^3) надо добавить к 3 м^3 20%-ного раствора хлорида аммония ($\rho = 1056,7 \text{ кг/м}^3$), чтобы получить 10%-ный раствор?

- 1) 3,17; 3) 2,9;
2) 3,3; 4) 2,7.

10. Какие пары веществ можно использовать при составлении ионно-молекулярного уравнения



- 1) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ и Na_2SO_4 ; 3) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ и H_2S ;
2) PbF_2 и Na_2SO_4 ; 4) PbS и NaNO_3 .

11. Смешали равные объемы 0,2 М раствора соляной кислоты и 0,2 М раствора гидроксида натрия. Определите pH полученного раствора.

- 1) 7; 3) 3;
2) 2; 4) 8.

12. Какая масса хлорида свинца (г) может быть потеряна при его промывании $2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$ воды?

- 1) $3,9 \cdot 10^{-3}$; 3) $7,1 \cdot 10^{-6}$;
2) 0,90; 4) 4,45.

- 1) $4 \cdot 10^{-4}$; 3) $7 \cdot 10^{-5}$;
 2) $1,4 \cdot 10^{-2}$; 4) $5 \cdot 10^{-9}$.

13. При гидролизе какой соли в водном растворе $\text{pH} < 7$?

- 1) Na_3PO_4 ; 3) CsNO_3 ;
 2) MgCl_2 ; 4) KClO .

14. Чему равен электродный потенциал (В) свинцового электрода, погруженного в насыщенный раствор сульфата свинца (II)?

- 1) $-0,54$; 3) $-0,24$;
 2) $-0,64$; 4) $-0,44$.

15. Водный раствор какой соли при электролизе образует водород на инертных электродах?

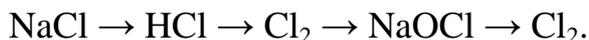
- 1) CuSO_4 ; 3) AgNO_3 ;
 2) CsNO_3 ; 4) CuCl_2 .

Ответы к тесту 5

задание	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ответ	2	1	4	3	1	3	4	2	2	4	1	4	2	3	2

Тест 6

1. Укажите ряд веществ, последовательное применение которых позволяет осуществить следующую схему превращений:



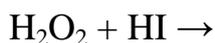
Для окислительно-восстановительных процессов составьте электронные уравнения:

- 1) H_2SO_4 , MnO_2 , NaOH , HCl ;
 2) KOH , KMnO_4 , NaBr , HCl ;
 3) H_2S , CaO , NaI , H_2SO_4 ;
 4) H_2O , HI , NaOH , HNO_3 .

2. При нормальных условиях 500 л газообразного хлороводорода растворяется в 1 л воды. Определите массовую долю (%) растворенного вещества в полученном растворе.

- 1) 81,47; 3) 44,90;
 2) 50,15; 4) 22,45.

3. К какому классу соединений относится пероксид водорода? Напишите полное уравнение реакции и определите сумму всех коэффициентов:



- 1) кислота, б; 3) оксид, з;
2) восстановитель, 4; 4) соль, б.

4. Укажите соли, в растворах которых (при одинаковой температуре и концентрации) фенолфталеин приобретает малиновую окраску:

а) Na_2CO_3 ; б) Na_2SO_3 ; в) K_3PO_4 ; г) Na_3PO_4 ; д) NaNO_3 ; е) K_2SO_4 .

- 1) а, б, в, г; 3) б, г, е;
2) а, д, е; 4) в, д.

5. Бинарное соединение некоторого щелочного металла содержит 41% кислорода. Укажите это соединение и продукт взаимодействия его с водой.

- 1) KO_2 , KOH ; 3) Na_2O_2 , NaOH ;
2) K_2O_2 , KH ; 4) Na_2O , NaN .

6. При нагревании концентрированной серной кислоты с древесным углем образуется 21 л смеси газов (н. у.) в объемном соотношении 2:1. Определите массу угля, вступившего в реакцию.

- 1) 1,25 л; 3) 7,50 л;
2) 3,75 г; 4) 22,50 л.

7. Все оксиды азота полностью реагируют с раскаленной медью, образуя оксид меди (II) и свободный азот. Какова формула оксида азота, если масса полученного CuO составила 0,7105 г и азот образовался объемом 200 мл (н. у.)?

- 1) NO_2 ; 3) NO ;
2) N_2O ; 4) N_2O_5 .

8. Какое химическое количество ортофосфорной кислоты прореагирует с 250 г 4%-ного раствора едкого натра с образованием дигидрофосфата?

- 1) 0,5 моль; 3) 1,125 моль;
2) 0,75 моль; 4) 0,25 моль.

9. При выпечке хлебных изделий вместо пищевой соды применяют гидрокарбонат аммония. Напишите уравнение происходящей реакции. На каком его свойстве основано это применение?

- 1) вещество малорастворимо;
2) не разлагается при нагревании;
3) является основной солью;
4) гидролиз в водном растворе.

10. При растворении в щелочи 8 г смеси кремния с цинком выделилось 6,272 л газа (н. у.). Определите состав смеси.

- 1) 10% Si, 90% Zn; 3) 65% Zn, 35% Si;
2) 90% Si, 10% Zn; 4) 35% Si, 65% Zn.

11. Алюминий, содержащийся в 100 мл раствора алюмокалиевых квасцов, был выделен в виде оксида алюминия массой 0,8426 г. Вычислите молярную концентрацию раствора.

- 1) 0,083; 3) 0,151;
2) 0,166; 4) 1,258.

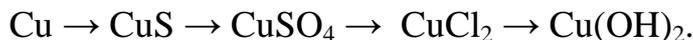
12. Что такое бура? Каково ее применение? Составьте уравнение реакции, происходящей при сплавлении буры с оксидом меди (II) и укажите продукт реакции.

- 1) $\text{Cu}_2(\text{BO}_3)_3$; 3) $\text{Cu}(\text{BO}_2)_2$;
2) CuB_4O_7 ; 4) $\text{Cu}(\text{OH})_2$.

13. 6 г смеси алюминия и меди обработали концентрированной азотной кислотой, при этом выделилось 448 мл газа (н. у.). Какая масса алюминия содержалась в данной смеси?

- 1) 4,08 г; 3) 0,64 г;
2) 1,92 г; 4) 0,27 г.

14. Укажите, в каком ряду находятся вещества, последовательное добавление которых позволяет осуществить следующую схему превращений:



- 1) SO_2 , K_2SO_4 , AgNO_3 , H_2O ; 3) H_2S , Na_2SO_4 , $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$, NaOH ;
2) S , Na_2S , NaCl , KOH ; 4) S , H_2SO_4 , BaCl_2 , KOH .

15. При электролизе раствора, содержащего 2,2 г соли, на аноде выделилось 448 мл хлора (н. у.). Определите молярную массу эквивалента металла (г/моль), образующего соль, напишите уравнения реакций, происходящих на электродах.

- 1) 40; 3) 23;
2) 20; 4) 39.

Ответы к тесту 6

здание	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ответ	1	3	1	1	3	2	2	4	4	4	2	3	1	4	2

ПРИЛОЖЕНИЯ

1. Фундаментальные физико-химические константы

Скорость света в вакууме	$c = 299\,792\,458 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$
Магнитная проницаемость вакуума	$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} = 12,566\,370\,614 \cdot 10^{-7} \text{ Гн} \cdot \text{м}^{-1}$
Постоянная Планка	$h = 6,626\,069\,3(11) \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$ $\hbar = 1,054\,571\,68(18) \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$
Элементарный заряд	$e = 1,602\,176\,53(14) \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
Масса покоя электрона	$m_e = 9,109\,382\,6(16) \cdot 10^{-31} \text{ кг}$
Масса покоя протона	$m_p = 1,672\,621\,71(29) \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Отношение массы протона к массе электрона	$m_p/m_e = 1836,152\,672\,61(85)$
Постоянная Ридберга ($a^2 m_e c / 2h$)	$R_\infty = 10\,973\,731,568\,525(73) \text{ м}^{-1}$
Постоянная Авогадро	$N_A = 6,022\,141\,5(10) \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
Постоянная Фарадея ($N_A e$)	$F = 96\,485,338\,3(83) \text{ Кл} \cdot \text{моль}^{-1}$
Универсальная газовая постоянная молярная	$R = 8,314\,472(15) \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$
Постоянная Больцмана (R/N_A)	$k = 1,380\,650\,5(24) \cdot 10^{-23} \text{ Дж} \cdot \text{К}^{-1}$
Атомная единица массы (1 а. е. м. = $m_u = 1/12 m(^{12}\text{C}) = 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{моль}^{-1}/N_A$)	$u = 1,660\,538\,86(28) \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Объем 1 моль идеального газа при нормальных условиях (н. у.) $T = 273,15 \text{ К}, P = 101,325 \text{ кПа}$ $T = 273,15 \text{ К}, P = 100 \text{ кПа}$	$V_m = 22,413\,995(39) \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \cdot \text{моль}^{-1}$ $V_m = 22,710\,980(40) \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \cdot \text{моль}^{-1}$

2. Переводные коэффициенты

1 кал (th) = 4,184 Дж;

1 D = $3,335\,641 \cdot 10^{-30}$ Кл · м;

1 эВ = $1,602\,177 \cdot 10^{-19}$ Дж = 96 485,3 Дж/моль;

1 атм = 760 мм рт. ст. (torr) = 101 325 Па = 1,013 25 бар.

Значения газовой постоянной R в различных единицах:

$8,314\,472 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К} = 0,082\,057 \text{ л} \cdot \text{атм/моль} \cdot \text{град} =$

$= 1,987\,207 \text{ кал/моль} \cdot \text{град} = 62\,363,67 \text{ мл} \cdot \text{мм рт. ст./моль} \cdot \text{град}.$

5. Термодинамические свойства некоторых веществ и ионов в водных растворах

В таблице приведены значения основных термодинамических характеристик индивидуальных веществ, стандартной энтальпии образования $\Delta_f H^\circ_{298}$ в кДж/моль, стандартной энергии Гиббса $\Delta_f G^\circ$ в кДж/моль, абсолютной стандартной энтропии S°_{298} в Дж/моль · К и стандартной молярной изобарической теплоемкости $C^\circ_{p, 298}$ в Дж/моль · К.

В качестве стандартного состояния во всех случаях принято состояние чистого вещества при температуре 298,15 К (25°C) и давлении 100 кПа.

Элементы и их соединения расположены в алфавитном порядке химических символов в соответствии с обозначениями: жидкие состояния веществ – фигурными скобками, газообразные – круглыми и твердые – квадратными. В ряде случаев указана модификация кристаллического вещества (α , β , γ ...), его изомерия, конкретная кристаллическая система, цвет или название минерала. Принятые сокращения:

ам. – аморфный	сер. – серый
гекс. – гексагональный	стекл. – стекловидный
желт. – желтый	тетр. – тетрагональный
куб. – кубический	триг. – тригональный
мн. – моноклинный	трикл. – триклинный
ромб. – ромбический	ч. – черный

Вещество	$\Delta_f H^\circ_{298}$, кДж/моль	$\Delta_f G^\circ_{298}$, кДж/моль	S°_{298} , Дж/моль · К	$C^\circ_{p, 298}$, Дж/моль · К
[Ag]	0	0	42,6	25,4
[Al]	0	0	28,3	24,4
[B] – β (ромб)	0	0	5,9	11,1
[Ba]	0	0	62,5	28,1
[Be]	0	0	9,5	16,4
(Br ₂)	30,9	3,1	245,5	36,0
{Br ₂ }	0	0	152,2	75,7
[C] – графит	0	0	5,7	8,5
[C] – алмаз	1,9	2,9	2,4	6,1
[Ca]	0	0	41,6	25,9
(Cl ₂)	0	0	223,1	33,9

[Cu]	0	0	33,2	24,4
(F ₂)	0	0	202,8	31,3

Продолжение прил. 5

Вещество	$\Delta_f H^\circ_{298}$, кДж/моль	$\Delta_f G^\circ_{298}$, кДж/моль	S°_{298} , Дж/моль · К	$C^\circ_{p, 298}$, Дж/моль · К
[Fe]	0	0	27,3	25,1
(H ₂)	0	0	130,7	28,8
{Hg}	0	0	75,9	28,0
{I ₂ }	22	16	137	–
[I ₂]	0	0	116,1	54,4
[Mg]	0	0	32,7	24,9
(N ₂)	0	0	191,6	29,1
(O ₂)	0	0	205,2	29,4
(O ₃)	142,7	163,2	238,9	39,2
[P] – бел.	0	0	41,1	23,8
[P] – кр.	–17,6	–	22,8	21,2
[Pb]	0	0	64,8	26,4
[S] – α	0	0	32,1	22,6
[S] – β	0,1	–	32,6	23,7
(S ₂)	128,6	79,7	228,2	32,5
(S ₃)	146,4	–	276	50,6
(S ₄)	188	–	326	74,6
(S ₅)	113,4	–	321	88,3
(S ₆)	102,9	–	353,9	112,6
[S ₆] – ромбоэдр.	6,3	–	29,3	–
(S ₇)	107,1	–	394	130,0
(S ₈)	99,6	–	423,1	155,8
[Sb]	0	0	45,7	25,2
[Si]	0	0	18,8	20,0
[Sn] – β (бел.)	0	0	51,2	27,0
[Sn] – α (сер.)	–2,1	0,1	44,1	25,8
[Ti]	0	0	30,7	25,0
[Zn]	0	0	41,6	25,4
[AgNO ₃]	–124,4	–33,4	140,9	93,1
[AgBr]	–100,4	–96,9	107,1	52,4
[AgCl]	–127,0	–109,8	96,3	50,8
[Al ₂ O ₃] – α (корунд)	–1675,7	–1582,3	50,9	79,0
[Al(OH) ₃] – γ (гибсит)	(–295)	–	(70)	92,0
[Al ₂ (SO ₄) ₃]	(–3441)	–	(239,2)	–
(AsH ₃)	66,4	68,9	222,8	38,1
(B ₂ O ₃)	–843,8	–832,0	279,8	66,9
[BaCO ₃] – α	–1213,0	–1134,4	112,1	86,0
[BaO]	–548,0	–520,3	72,1	47,3
[Ba(OH) ₂]	–944,7	–	–	–

[BeCO ₃]	-1025,0	-	52,0	65,0
[BeO]	-609,4	-580,1	13,8	25,6

Продолжение прил. 5

Вещество	$\Delta_f H^\circ_{298}$, кДж/моль	$\Delta_f G^\circ_{298}$, кДж/моль	S°_{298} , Дж/моль · К	$C^\circ_{p, 298}$, Дж/моль · К
[CaCO ₃] – ромб.	-1207,0	-1127,4	88,0	82,3
[CaCO ₃] – триг.	-1206,8	-1128,3	91,7	83,5
[CaHPO ₄] – трикл.	(-1813,2)	-1680,0	(111,4)	110,0
[CaO]	-634,9	-603,3	38,1	42,0
[Ca(OH) ₂]	-985,2	-897,5	83,4	87,5
(CO)	-110,5	-137,2	197,7	29,1
(CO ₂)	-393,5	-394,4	213,8	37,1
[CuCl ₂]	-220,1	-175,7	108,1	71,9
[CuO]	-157,3	-129,7	42,6	42,3
[Cu(OH) ₂]	-449,8	-	(79,50)	-
[CuSO ₄]	-771,4	-662,2	109,2	-
[FeO]	-272,0	-	(58,79)	-
[Fe ₂ O ₃]	-824,2	-742,2	87,4	103,9
[FeS ₂]	-178,2	-166,9	52,9	62,2
[FeSO ₄]	-928,4	-820,8	107,5	100,6
[Fe ₃ O ₄]	-1118,4	-1015,4	146,4	143,4
(HCl)	-92,3	-95,3	186,9	29,1
(HF)	-273,3	-275,4	173,8	-
(HI)	26,5	1,7	206,6	29,2
(H ₂ O)	-241,8	-228,6	188,8	33,6
{H ₂ O}	-285,8	-237,1	70,0	75,3
[H ₂ O]	(-291,9)	-234	(39,3)	
(H ₂ S)	-20,6	-33,4	205,8	34,2
[HgO]	-90,8	-58,5	70,3	44,1
[K ₂ O]	-361,5	-	-	-
[KNO ₃]	-494,6	-394,9	133,1	96,4
[KOH]	-424,6	-379,4	81,2	68,9
[MgCO ₃]	-1095,8	-1012,1	65,7	75,5
[Mg(OH) ₂]	(-924,5)	-833,5	(63,2)	77,0
[MgO]	-601,6	-569,3	27,0	37,2
(NH ₃)	-45,9	-16,4	192,8	35,1
(NO)	91,3	87,6	210,8	29,9
(N ₂ O)	81,6	103,7	220,0	38,6
(NO ₂)	33,2	51,3	240,1	37,2
[NH ₄ Cl]	-314,4	-202,9	94,6	84,1
[NH ₄ NO ₃]	-365,6	-183,9	151,1	139,3
(PH ₃)	5,4	13,5	210,2	37,1
(PCl ₃)	-287,0	-267,8	311,8	71,8
(PCl ₅)	-374,9	-305,0	364,6	112,8

(P ₄ O ₁₀)	(-3199)	(-2657)	(395)	–
[P ₄ O ₁₀] – ромб.	-3041	–	–	–

Окончание прил. 5

Вещество	$\Delta_f H^\circ_{298}$, кДж/моль	$\Delta_f G^\circ_{298}$, кДж/моль	S°_{298} , Дж/моль · К	$C^\circ_{p, 298}$, Дж/моль · К
[P ₄ O ₁₀] – триг.	-2984	-2698	229	–
[P ₄ O ₁₀] – гекс.	-3010,1	–	231	215,6
(PbCl ₄)	(-314)	-276	(385)	
(PbF ₄)	-778	-737	334	–
(SO ₂)	-296,8	-300,1	248,2	39,9
(SO ₃)	-395,7	-371,1	256,8	50,7
(SbH ₃)	145,1	147,8	232,8	41,1
[SiO ₂] – α(кварц.)	-910,7	-856,3	41,5	44,4
[SiO ₂] – α(тридимит.)	-905,2	–	–	–
[SiO ₂] – (кristобалит.)	-908,0	–	42,6	44,6
[SiO ₂] – β(кristобалит.)	-905,4	–	43,5	44,6
[SiO ₂] мн. (коэсит)	-905,9	–	40,4	45,4
[SiO ₂] тетр. (стишовит.)	-861,5	–	27,8	43,0
[SiO ₂] стекл.	-901,4	–	47,9	44,0
(SnCl ₄)	-471,5	-432,2	365,8	98,3
[SnCl ₂]	-325,1	–	(134)	78,0
[SnO]	-280,7	-251,9	57,2	47,8
{TiCl ₄ }	-804,2	-737,2	252,3	145,2
[ZnO]	-350,5	-320,5	43,7	40,3
{Ag ⁺ } _{aq}	105,6	77,1	72,7	21,8
{Al ³⁺ } _{aq}	-531,0	-485,0	-321,7	–
{Cl ⁻ } _{aq}	-167,2	-131,2	56,5	-136,4
{Cu ²⁺ } _{aq}	64,8	65,5	-99,6	
{H ⁺ } _{aq}	0	0	0	0
{K ⁺ } _{aq}	-252,4	-283,3	102,5	21,8
{Na ⁺ } _{aq}	-240,1	-261,9	59,0	46,4
{NO ₃ ⁻ } _{aq}	-207,4	-111,3	146,4	-86,6
{OH ⁻ } _{aq}	-230,0	-157,2	-10,8	-148,5
{SO ₄ ²⁻ } _{aq}	-909,3	-744,5	20,1	-293,0

6. Стандартные значения теплот сгорания

Соединения	$-\Delta H^\circ_{c, 298}$, кДж/моль
Неорганические соединения	
[C], графит	393,5
(CO), монооксид углерода	283,0
(H ₂), водород	285,8
(NH ₃), аммиак	382,8
(N ₂ H ₄), гидразин	667,1
(N ₂ O), оксид диазота	82,1

Углеводороды	
(CH ₄), метан	890,8
Продолжение прил. 6	
Соединения	$-\Delta H^{\circ}_{c, 298}$, кДж/моль
(C ₂ H ₂), этин	1301,1
(C ₂ H ₄), этен	1411,2
(C ₂ H ₆), этан	1560,7
(C ₃ H ₆), пропиен	2058,0
(C ₃ H ₆), циклопропан	2091,3
(C ₃ H ₈), пропан	2219,2
(C ₄ H ₆), 1,3-бугадиен	2541,5
(C ₄ H ₁₀), бутан	2877,6
{C ₅ H ₁₂ }, пентан	3509,0
{C ₆ H ₆ }, бензол	3301,3
(C ₆ H ₆), бензол	3267,6
{C ₆ H ₁₂ }, циклогексан	3919,6
{C ₆ H ₁₄ }, гексан	4163,2
{C ₆ H ₅ CH ₃ }, толуол	3910,3
{C ₇ H ₁₆ }, гептан	4817,0
[C ₁₀ H ₈], нафталин	5156,3
Кислородсодержащие соединения	
{CH ₃ OH}, метанол	726,1
{C ₂ H ₅ OH}, этанол	1366,8
(CH ₃ OCH ₃), диметилловый эфир	1460,4
{C ₂ H ₆ O ₂ }, этиленгликоль	1189,2
{C ₃ H ₇ OH}, 1-пропанол	2021,3
{C ₃ H ₈ O ₃ }, глицерин	1655,4
{C ₂ H ₅ OC ₂ H ₅ }, диэтиловый эфир	2723,9
{C ₅ H ₁₁ OH}, 1-пентанол	3330,9
[C ₆ H ₅ OH], фенол	3053,5
(HCHO), метаналь	570,7
(CH ₂ CO), кетен	1025,4
{CH ₃ CHO}, этаналь	1166,9
{CH ₃ COCH ₃ }, 2-пропанон	1789,9
{C ₂ H ₅ CHO}, пропаналь	1822,7
{CH ₃ COC ₂ H ₅ }, 2-бутанон	2444,1
[C ₆ H ₁₂ O ₆] α-D, глюкоза	2802,5
[C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁], сахароза	5639,7
{HCOOH}, метановая кислота	254,6
{CH ₃ COOH}, этановая кислота	874,2
{HCOOCH ₃ }, метилметаноат	972,6
{CH ₃ COOCH ₃ }, метилэтановат	1592,2
{CH ₃ COOC ₂ H ₅ }, этилэтановат	2238,1
[C ₆ H ₅ COOH], бензолкарбованая кислота	3226,9
Азотсодержащие соединения	

(HCN), циановодород	671,5
{CH ₃ NO ₂ }, нитрометан	709,2

Окончание прил. 6

Соединения	$-\Delta H^\circ_{c, 298}$, кДж/моль
(CH ₃ NH ₂), метиламин	1085,6
{CH ₃ CN}, метилцианид	1247,2
[C ₂ H ₅ NO], ацетамид	1184,6
(C ₃ H ₉ N), триметиламин	2443,1
{C ₅ H ₅ N}, пиридин	2782,3
{C ₆ H ₇ N}, анилин	3392,8

7. Константы ионизации важнейших кислот и оснований

Кислота		t , °C	K_1	K_2	K_3
Азидоводородная	HN ₃	25	$2,51 \cdot 10^{-5}$	–	–
Азотистая	HNO ₂	25	$5,62 \cdot 10^{-4}$	–	–
Азотноватистая	H ₂ N ₂ O ₂	25	$1,26 \cdot 10^{-7}$	$2,51 \cdot 10^{-12}$	–
Борная (орто)	H ₃ BO ₃	20	$5,37 \cdot 10^{-10}$	$<10^{-14}$	–
Бромноватая	HBrO ₃	25	$2,0 \cdot 10^{-1}$	–	–
Бромноватистая	HbrO	25	$2,82 \cdot 10^{-9}$	–	–
Борофтористоводородная	HBF ₄	25	$3,2 \cdot 10^{-1}$	–	–
Ванадиевая (орто)	H ₃ VO ₄	25	$1,8 \cdot 10^{-4}$	$3,2 \cdot 10^{-10}$	$4,0 \cdot 10^{-15}$
Вольфрамовая	H ₂ WO ₄	25	$6,3 \cdot 10^{-3}$	$2,0 \cdot 10^{-4}$	–
Германиевая	H ₂ GeO ₃	25	$9,77 \cdot 10^{-10}$	$5,01 \cdot 10^{-13}$	–
Гидросернистая	H ₂ S ₂ O ₄	25	$5,0 \cdot 10^{-1}$	$3,2 \cdot 10^{-3}$	–
Дитионовая	H ₂ S ₂ O ₆	25	$6,31 \cdot 10^{-1}$	$3,98 \cdot 10^{-4}$	–
Дихромовая	H ₂ Cr ₂ O ₇	25	–	$2,29 \cdot 10^{-2}$	–
Иодная (метапер)	HIО ₄	25	$2,29 \cdot 10^{-2}$	–	–
Иодная (парапер)	H ₅ IO ₆	25	$2,82 \cdot 10^{-2}$	$5,37 \cdot 10^{-9}$	$1,05 \cdot 10^{-15}$
Иодноватая	HIО ₃	25	$1,66 \cdot 10^{-1}$	–	–
Иодноватистая	HIО	25	$3,16 \cdot 10^{-11}$	–	–
Кремниевая (орто)	H ₄ SiO ₄	30	$1,3 \cdot 10^{-10}$	$1,6 \cdot 10^{-12}$	$1,0 \cdot 10^{-12}$
Ксеноновая (пер)	H ₄ XeO ₆	25	$1,0 \cdot 10^{-2}$	$1,0 \cdot 10^{-11}$	$1,0 \cdot 10^{-11}$
Марганцовистая	H ₂ MnO ₄	25	–	$7,08 \cdot 10^{-11}$	–
Мышьяковая	H ₃ AsO ₄	25	$5,50 \cdot 10^{-3}$	$1,74 \cdot 10^{-7}$	$5,13 \cdot 10^{-12}$
Мышьяковистая	H ₃ AsO ₃	25	$5,13 \cdot 10^{-10}$	–	–
Пероксид водорода	H ₂ O ₂	25	$2,40 \cdot 10^{-12}$	–	–
Селенистая	H ₂ SeO ₃	25	$2,40 \cdot 10^{-3}$	$4,79 \cdot 10^{-9}$	–
Селеновая	H ₂ SeO ₄	25	–	$2,0 \cdot 10^{-2}$	–
Селеноводородная	H ₂ Se	25	$1,29 \cdot 10^{-4}$	$1,00 \cdot 10^{-11}$	–
Серная	H ₂ SO ₄	25	–	$1,02 \cdot 10^{-2}$	–
Сернистая	H ₂ SO ₃	25	$1,41 \cdot 10^{-2}$	$6,3 \cdot 10^{-8}$	–
Сероводородная	H ₂ S	25	$8,91 \cdot 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{-19}$	–
Сульфаминовая	NH ₂ SO ₃ H	25	$8,91 \cdot 10^{-2}$	–	–

Теллуровая	H ₆ TeO ₆	25	2,45 · 10 ⁻⁸	1,1 · 10 ⁻¹¹	1 · 10 ⁻¹⁵
Теллуристая	H ₂ TeO ₃	25	5,37 · 10 ⁻⁷	3,72 · 10 ⁻⁹	–

Окончание прил. 7

Кислота		t, °C	K ₁	K ₂	K ₃
Теллуриводородная	H ₂ Te	18	2,5 · 10 ⁻³	–	–
Тиосерная	H ₂ S ₂ O ₃	25	2,51 · 10 ⁻¹	1,91 · 10 ⁻²	–
Тиоциановая	HSCN	25	6,3 · 10 ¹	–	–
Угольная	{CO ₂ } _{aq} +H ₂ O	25	4,47 · 10 ⁻⁷	4,90 · 10 ⁻¹¹	–
Уксусная	CH ₃ COOH	25	1,762 · 10 ⁻⁵	–	–
Фосфористая (орто)	H ₃ PO ₃	20	5,0 · 10 ⁻²	2,00 · 10 ⁻⁷	–
Фосфорная (орто)	H ₃ PO ₄	25	6,92 · 10 ⁻³	6,17 · 10 ⁻⁸	4,79 · 10 ⁻¹³
Фосфорная (пиро)	H ₄ P ₂ O ₇ [*]	25	8,13 · 10 ⁻¹	7,94 · 10 ⁻³	2,00 · 10 ⁻⁷
Фосфорноватая (гипо)	H ₄ P ₂ O ₆ ^{**}	25	6,3 · 10 ⁻³	1,6 · 10 ⁻³	5,4 · 10 ⁻⁸
Фтороводородная	HF	25	6,31 · 10 ⁻⁴	–	–
Фторофосфорная (моно)	H ₂ PO ₃ F	25	2,8 · 10 ⁻¹	1,6 · 10 ⁻⁵	–
Хлористая	HClO ₂	25	1,15 · 10 ⁻²	–	–
Хлорноватистая	HClO	25	3,98 · 10 ⁻⁸	–	–
Хлорная	HClO ₄	20	4,0 · 10 ¹	–	–
Хромовая	H ₂ CrO ₄	25	1,82 · 10 ⁻¹	3,24 · 10 ⁻⁷	–
Циановая	HOCN	25	3,47 · 10 ⁻⁴	–	–
Циановодородная	HCN	25	6,17 · 10 ⁻¹⁰	–	–

Основания и амфотерные гидроксиды	K ₁	K ₂	K ₃
AgOH	5,0 · 10 ⁻³	–	–
Al(OH) ₃	7,41 · 10 ⁻⁹	2,14 · 10 ⁻⁹	1,05 · 10 ⁻⁹
Ba(OH) ₂	–	2,29 · 10 ⁻¹	–

8. Производство растворимости малорастворимых электролитов при 25°C (298,15 К)

Вещество	ПР	Вещество	ПР
AlPO ₄	9,84 · 10 ⁻²¹	Ag ₃ PO ₄	8,89 · 10 ⁻¹⁷
Ag ₃ AsO ₄	1,03 · 10 ⁻²²	Ag ₂ SO ₃	1,50 · 10 ⁻¹⁴
AgBr	5,35 · 10 ⁻¹³	Ag ₂ SO ₄	1,20 · 10 ⁻⁵
AgBrO ₃	5,38 · 10 ⁻⁵	AgSCN	1,03 · 10 ⁻¹²
AgCH ₃ COO	1,94 · 10 ⁻³	Ba(BrO ₃) ₂	2,43 · 10 ⁻⁴
AgCN	5,97 · 10 ⁻¹⁷	BaCO ₃	2,58 · 10 ⁻⁹
Ag ₂ CO ₃	8,46 · 10 ⁻¹²	BaCrO ₄	1,17 · 10 ⁻¹⁰
Ag ₂ C ₂ O ₄	5,40 · 10 ⁻¹²	BaF ₂	1,84 · 10 ⁻⁷
AgCl	1,77 · 10 ⁻¹⁰	Ba(IO ₃) ₂	4,01 · 10 ⁻⁹
Ag ₂ CrO ₄	1,12 · 10 ⁻¹²	Ba(IO ₃) ₂ · H ₂ O	1,67 · 10 ⁻⁹
AgI	8,52 · 10 ⁻¹⁷	BaMoO ₄	3,54 · 10 ⁻⁸

* K₄ = 4,79 · 10⁻¹⁰

** K₄ = 9,3 · 10⁻¹¹

AgIO ₃	$3,17 \cdot 10^{-8}$	Ba(NO ₃) ₂	$4,64 \cdot 10^{-3}$
-------------------	----------------------	-----------------------------------	----------------------

Продолжение прил. 8

Вещество	ПР	Вещество	ПР
Ba(OH) ₂ · 8H ₂ O	$2,55 \cdot 10^{-4}$	Cu ₃ (PO ₄) ₂	$1,40 \cdot 10^{-37}$
BaSO ₃	$5,0 \cdot 10^{-10}$	CuSCN	$1,77 \cdot 10^{-13}$
BaSO ₄	$1,08 \cdot 10^{-10}$	Eu(OH) ₃	$9,38 \cdot 10^{-27}$
BaSeO ₄	$3,40 \cdot 10^{-8}$	FeCO ₃	$3,13 \cdot 10^{-11}$
Be(OH) ₂	$6,92 \cdot 10^{-22}$	FeF ₂	$2,36 \cdot 10^{-6}$
BiAsO ₄	$4,43 \cdot 10^{-10}$	Fe(OH) ₂	$4,87 \cdot 10^{-17}$
BiI ₃	$7,71 \cdot 10^{-19}$	Fe(OH) ₃	$2,79 \cdot 10^{-39}$
CaCO ₃ (триг)	$3,36 \cdot 10^{-9}$	FePO ₄ · 2H ₂ O	$9,91 \cdot 10^{-16}$
CaCO ₃ (ромб)	$4,92 \cdot 10^{-9}$	Ga(OH) ₃	$7,28 \cdot 10^{-36}$
CaC ₂ O ₄ · H ₂ O	$2,32 \cdot 10^{-9}$	Hg ₂ Br ₂	$6,40 \cdot 10^{-23}$
CaF ₂	$3,45 \cdot 10^{-11}$	Hg ₂ CO ₃	$3,6 \cdot 10^{-17}$
Ca(IO ₃) ₂	$6,47 \cdot 10^{-6}$	Hg ₂ C ₂ O ₄	$1,75 \cdot 10^{-13}$
Ca(IO ₃) ₂ · 6H ₂ O	$7,10 \cdot 10^{-7}$	Hg ₂ Cl ₂	$1,43 \cdot 10^{-18}$
CaMoO ₄	$1,46 \cdot 10^{-8}$	Hg ₂ F ₂	$3,10 \cdot 10^{-6}$
Ca(OH) ₂	$5,02 \cdot 10^{-6}$	Hg ₂ I ₂	$5,2 \cdot 10^{-29}$
Ca ₃ (PO ₄) ₂	$2,07 \cdot 10^{-33}$	Hg ₂ SO ₄	$6,5 \cdot 10^{-7}$
CaSO ₄	$4,93 \cdot 10^{-5}$	Hg ₂ (SCN) ₂	$3,2 \cdot 10^{-20}$
CaSO ₃ · 0,5H ₂ O	$3,1 \cdot 10^{-7}$	HgBr ₂	$6,2 \cdot 10^{-20}$
CaSO ₄ · 2H ₂ O	$3,14 \cdot 10^{-5}$	HgI ₂	$2,9 \cdot 10^{-29}$
Cd ₃ (AsO ₄) ₂	$2,2 \cdot 10^{-33}$	KClO ₄	$1,05 \cdot 10^{-2}$
CdCO ₃	$1,0 \cdot 10^{-12}$	KIO ₄	$3,71 \cdot 10^{-4}$
CdC ₂ O ₄ · 3H ₂ O	$1,42 \cdot 10^{-8}$	K ₂ PtCl ₆	$7,48 \cdot 10^{-6}$
CdF ₂	$6,44 \cdot 10^{-3}$	La(IO ₃) ₃	$7,50 \cdot 10^{-12}$
Cd(IO ₃) ₂	$2,5 \cdot 10^{-8}$	LiF	$1,84 \cdot 10^{-3}$
Cd(OH) ₂	$7,2 \cdot 10^{-15}$	Li ₂ CO ₃	$8,15 \cdot 10^{-4}$
Cd ₃ (PO ₄) ₂	$2,53 \cdot 10^{-33}$	La ₃ PO ₄	$2,37 \cdot 10^{-11}$
Co ₃ (AsO ₄) ₂	$6,80 \cdot 10^{-29}$	MgCO ₃	$6,82 \cdot 10^{-6}$
CoCO ₃	$2,8 \cdot 10^{-10}$	MgCO ₃ · 3H ₂ O	$2,38 \cdot 10^{-6}$
Co(IO ₃) ₂ · 2H ₂ O	$1,21 \cdot 10^{-2}$	MgCO ₃ · 5H ₂ O	$3,79 \cdot 10^{-6}$
Co(OH) ₂ – α	$5,92 \cdot 10^{-15}$	MgC ₂ O ₄ · 2H ₂ O	$4,83 \cdot 10^{-6}$
Co ₃ (PO ₄) ₂	$2,05 \cdot 10^{-35}$	MgF ₂	$5,16 \cdot 10^{-11}$
CsClO ₄	$3,95 \cdot 10^{-3}$	Mg(OH) ₂	$5,61 \cdot 10^{-12}$
CsIO ₄	$5,16 \cdot 10^{-6}$	Mg ₃ (PO ₄) ₂	$1,04 \cdot 10^{-24}$
Cu ₃ (AsO ₄) ₂	$7,95 \cdot 10^{-36}$	MnCO ₃	$2,24 \cdot 10^{-11}$
CuBr	$6,27 \cdot 10^{-9}$	MnC ₂ O ₄ · 2H ₂ O	$1,70 \cdot 10^{-7}$
CuC ₂ O ₄	$4,43 \cdot 10^{-10}$	Mn(IO ₃) ₂	$4,37 \cdot 10^{-7}$
CuCl	$1,72 \cdot 10^{-7}$	Nd ₂ (CO ₃) ₃	$1,08 \cdot 10^{-33}$
CuCN	$3,47 \cdot 10^{-20}$	NiCO ₃	$1,42 \cdot 10^{-7}$

CuI	$1,27 \cdot 10^{-12}$	Ni(IO ₃) ₂	$4,71 \cdot 10^{-5}$
Cu(IO ₃) ₂ · H ₂ O	$6,94 \cdot 10^{-8}$	Ni(OH) ₂	$5,48 \cdot 10^{-16}$

Окончание прил. 8

Вещество	ПР	Вещество	ПР
Ni ₃ (PO ₄) ₂	$4,74 \cdot 10^{-32}$	Sr(IO ₃) ₂ · H ₂ O	$3,77 \cdot 10^{-7}$
PbBr ₂	$6,60 \cdot 10^{-6}$	Sr(IO ₃) ₂ · 6H ₂ O	$4,55 \cdot 10^{-7}$
PbCO ₃	$7,40 \cdot 10^{-14}$	SrSO ₄	$3,44 \cdot 10^{-7}$
PbCl ₂	$1,70 \cdot 10^{-5}$	TlBr	$3,71 \cdot 10^{-6}$
PbCrO ₄	$7,4 \cdot 10^{-15}$	TlBrO ₃	$1,10 \cdot 10^{-4}$
PbF ₂	$3,3 \cdot 10^{-8}$	TlCl	$1,86 \cdot 10^{-4}$
PbI ₂	$9,8 \cdot 10^{-9}$	Tl ₂ CrO ₄	$8,67 \cdot 10^{-13}$
PbC ₂ O ₄	$9,0 \cdot 10^{-10}$	TlI	$5,54 \cdot 10^{-8}$
Pb(IO ₃) ₂	$3,69 \cdot 10^{-13}$	TlIO ₃	$3,12 \cdot 10^{-6}$
Pb(OH) ₂	$1,43 \cdot 10^{-20}$	Tl(OH) ₃	$1,68 \cdot 10^{-44}$
PbSO ₄	$2,53 \cdot 10^{-8}$	TlSCN	$1,57 \cdot 10^{-4}$
PbSeO ₄	$1,37 \cdot 10^{-7}$	Y ₂ (CO ₃) ₃	$1,03 \cdot 10^{-31}$
Pd(SCN) ₂	$4,39 \cdot 10^{-23}$	YF ₃	$8,62 \cdot 10^{-21}$
Pr(OH) ₃	$3,39 \cdot 10^{-24}$	Y(IO ₃) ₃	$1,12 \cdot 10^{-10}$
Ra(IO ₃) ₂	$1,16 \cdot 10^{-9}$	Y(OH) ₃	$1,00 \cdot 10^{-22}$
RaSO ₄	$3,66 \cdot 10^{-11}$	Zn ₃ (AsO ₄) ₂	$2,8 \cdot 10^{-28}$
RbClO ₄	$3,00 \cdot 10^{-3}$	ZnCO ₃	$1,46 \cdot 10^{-10}$
ScF ₃	$5,81 \cdot 10^{-24}$	ZnCO ₃ · H ₂ O	$5,42 \cdot 10^{-11}$
Sc(OH) ₃	$2,22 \cdot 10^{-31}$	ZnC ₂ O ₄ · 2H ₂ O	$1,38 \cdot 10^{-9}$
Sn(OH) ₂	$5,45 \cdot 10^{-27}$	ZnF ₂	$3,04 \cdot 10^{-2}$
Sr ₃ (AsO ₄) ₂	$4,29 \cdot 10^{-19}$	Zn(IO ₃) ₂ · 2H ₂ O	$4,1 \cdot 10^{-6}$
SrCO ₃	$5,60 \cdot 10^{-10}$	Zn(OH) ₂	$3 \cdot 10^{-17}$
SrF ₂	$4,33 \cdot 10^{-9}$	ZnSe	$3,6 \cdot 10^{-26}$
Sr(IO ₃) ₂	$1,14 \cdot 10^{-7}$	ZnSeO ₃ · H ₂ O	$1,59 \cdot 10^{-7}$

9. Оценочные значения произведения растворимости малорастворимых электролитов в водном растворе при 25°C

Вещество	ПР	Вещество	ПР
Ac(OH) ₃	$2,1 \cdot 10^{-19}$	Am(OH) ₄	$1,0 \cdot 10^{-56}$
Ag ₃ AsO ₃	$4,5 \cdot 10^{-19}$	AuBr	$5,0 \cdot 10^{-17}$
Ag ₂ Cr ₂ O ₇	$2,0 \cdot 10^{-7}$	AuCl	$1,8 \cdot 10^{-12}$
AgN ₃	$2,9 \cdot 10^{-9}$	AuI	$1,6 \cdot 10^{-23}$
AgNO ₂	$3,1 \cdot 10^{-10}$	AuI ₃	$1,0 \cdot 10^{-46}$
Ag ₂ O	$2,0 \cdot 10^{-8}$	Au ₂ O ₃	$8,5 \cdot 10^{-46}$
Ag ₂ S	$7,2 \cdot 10^{-50}$	BaC ₂ O ₄	$1,1 \cdot 10^{-7}$
Ag ₂ Se	$2,5 \cdot 10^{-59}$	Ba ₃ (PO ₄) ₂	$6,0 \cdot 10^{-39}$
Ag ₂ Te	$4,7 \cdot 10^{-52}$	Bi(Cl)O	$3,4 \cdot 10^{-36}$

Al(OH) ₃	$5,7 \cdot 10^{-32}$	Bi(OH) ₃	$3,0 \cdot 10^{-36}$
Am(OH) ₃	$2,7 \cdot 10^{-20}$	Bi ₂ S ₃	$8,9 \cdot 10^{-10}$

Продолжение прил. 9

Вещество	ПР	Вещество	ПР
Ca ₃ (AsO ₄) ₂	$6,8 \cdot 10^{-19}$	K ₂ [GeF ₆]	$3,0 \cdot 10^{-5}$
CaHPO ₄	$2,2 \cdot 10^{-7}$	K ₂ [IrCl ₆]	$6,8 \cdot 10^{-5}$
Ca(H ₂ PO ₄) ₂	$1,0 \cdot 10^{-3}$	KReO ₄	$1,9 \cdot 10^{-3}$
CaWO ₄	$1,6 \cdot 10^{-9}$	K ₂ [PdCl ₄]	$1,6 \cdot 10^{-5}$
Cd(CN) ₂	$1,0 \cdot 10^{-8}$	K ₂ [PdCl ₆]	$6,0 \cdot 10^{-6}$
CdS	$6,5 \cdot 10^{-28}$	K ₂ [PtCl ₆]	$1,1 \cdot 10^{-5}$
CdSe	$1,1 \cdot 10^{-33}$	K ₂ [PtF ₆]	$2,9 \cdot 10^{-5}$
CdTe	$8,7 \cdot 10^{-35}$	K ₂ [SiF ₄]	$2,2 \cdot 10^{-7}$
Ce ₂ (C ₂ O ₄) ₃	$2,5 \cdot 10^{-29}$	K ₂ [TiF ₆]	$5,0 \cdot 10^{-4}$
CeO ₂	$9,1 \cdot 10^{-23}$	K ₂ [ZrF ₆]	$5,0 \cdot 10^{-4}$
Ce(OH) ₃	$6,4 \cdot 10^{-22}$	La ₂ (C ₂ O ₄) ₃	$2,0 \cdot 10^{-28}$
CoCO ₃	$1,5 \cdot 10^{-10}$	La(OH) ₃	$3,6 \cdot 10^{-23}$
CoC ₂ O ₄	$6,3 \cdot 10^{-8}$	La ₂ (SO ₄) ₃	$3,0 \cdot 10^{-5}$
CoS	$1,8 \cdot 10^{-20}$	Lu(OH) ₃	$1,0 \cdot 10^{-26}$
Co(S ₂)	$7,3 \cdot 10^{-29}$	MgNH ₄ PO ₄	$2,5 \cdot 10^{-13}$
CsIO ₃	$1,0 \cdot 10^{-2}$	MgSO ₃	$3,0 \cdot 10^{-3}$
CsMnO ₄	$9,1 \cdot 10^{-5}$	MnO ₂	$1,0 \cdot 10^{-50}$
Cu ₂ O	$1,2 \cdot 10^{-15}$	Mn ₂ O ₃	$1,7 \cdot 10^{-42}$
Cu(OH) ₂	$5,6 \cdot 10^{-20}$	Mn(OH) ₂	$2,3 \cdot 10^{-13}$
CuS	$1,4 \cdot 10^{-36}$	MnS	$1,1 \cdot 10^{-13}$
Cu ₂ S	$2,3 \cdot 10^{-48}$	MoO(OH) ₂	$1,0 \cdot 10^{-50}$
Cu ₂ Se	$1,1 \cdot 10^{-51}$	Na[Sb(OH) ₆]	$4,0 \cdot 10^{-8}$
FeAsO ₄	$5,8 \cdot 10^{-21}$	Na ₂ [SiF ₆]	$3,1 \cdot 10^{-5}$
FeC ₂ O ₄	$2,1 \cdot 10^{-7}$	Nd ₂ (C ₂ O ₄) ₃	$5,9 \cdot 10^{-29}$
FeS	$3,4 \cdot 10^{-17}$	Nd(OH) ₃	$7,8 \cdot 10^{-24}$
FeS ₂	$5,4 \cdot 10^{-27}$	Ni ₃ (AsO ₄) ₂	$3,1 \cdot 10^{-26}$
GaPO ₄	$3,8 \cdot 10^{-21}$	Ni(CN) ₂	$3,0 \cdot 10^{-23}$
GeO ₂ (триг)	$1,7 \cdot 10^{-56}$	NiS	$9,3 \cdot 10^{-22}$
HfO ₂	$4,0 \cdot 10^{-26}$	NpO ₂ (OH) ₂	$2,5 \cdot 10^{-22}$
HgO	$3,3 \cdot 10^{-26}$	Pb ₃ (AsO ₄) ₂	$4,0 \cdot 10^{-36}$
HgS (куб)	$1,4 \cdot 10^{-45}$	Pb(BrO ₃) ₂	$1,6 \cdot 10^{-4}$
HgSe	$1,9 \cdot 10^{-53}$	PbC ₂ O ₄	$7,3 \cdot 10^{-11}$
In(OH) ₃	$1,3 \cdot 10^{-37}$	PbCrO ₄	$2,8 \cdot 10^{-13}$
In ₂ S ₃	$9,1 \cdot 10^{-84}$	PbMoO ₄	$8,5 \cdot 10^{-16}$
In ₂ Se ₃	$5,6 \cdot 10^{-92}$	Pb(N ₃) ₂	$2,6 \cdot 10^{-9}$
Ir ₂ O ₃	$2,0 \cdot 10^{-48}$	Pb(NCS) ₂	$2,0 \cdot 10^{-5}$
Ir(OH) ₄	$1,6 \cdot 10^{-72}$	PbO ₂	$3,0 \cdot 10^{-66}$
IrS ₂	$1,0 \cdot 10^{-75}$	PbS	$8,7 \cdot 10^{-29}$

$K_3[Co(NO_2)_6]$	$4,3 \cdot 10^{-10}$	PbSe	$6,5 \cdot 10^{-37}$
$KFe[Fe^{II}(CN)_6]$	$9,7 \cdot 10^{-20}$	PbTe	$4,1 \cdot 10^{-39}$

Окончание прил. 9

Вещество	ПР	Вещество	ПР
$PbWO_4$	$4,5 \cdot 10^{-12}$	$Sr_3(PO_4)_2$	$1,0 \cdot 10^{-31}$
PdO_2	$6,5 \cdot 10^{-71}$	TeO_2	$3,0 \cdot 10^{-54}$
$Pd(OH)_2$	$1,0 \cdot 10^{-24}$	$Th(OH)_4$	$7,7 \cdot 10^{-44}$
PoS	$5,0 \cdot 10^{-29}$	$Th(SO_4)_2$	$4,0 \cdot 10^{-3}$
$Po(SO_4)_2$	$2,6 \cdot 10^{-7}$	TiO_2	$1,0 \cdot 10^{-29}$
PtO_2	$1,6 \cdot 10^{-72}$	Tl_2CO_3	$4,0 \cdot 10^{-3}$
$Pt(OH)_2$	$1,0 \cdot 10^{-25}$	TlN_3	$2,2 \cdot 10^{-4}$
PtS	$1,2 \cdot 10^{-61}$	Tl_2O_3	$2,0 \cdot 10^{-44}$
$Pu(OH)_3$	$2,0 \cdot 10^{-20}$	Tl_2S	$1,0 \cdot 10^{-24}$
$Pu(OH)_4$	$1,0 \cdot 10^{-52}$	Tl_2SO_4	$1,5 \cdot 10^{-4}$
$Rh(OH)_3$	$2,0 \cdot 10^{-48}$	Tl_2SO_3S	$2,0 \cdot 10^{-7}$
RuO_2	$1,0 \cdot 10^{-49}$	Tl_2Se	$2,4 \cdot 10^{-22}$
$Ru(OH)_3$	$1,0 \cdot 10^{-38}$	UO_2CO_3	$6,3 \cdot 10^{-15}$
Sb_2O_3	$4,0 \cdot 10^{-42}$	$UO_2C_2O_4$	$2,0 \cdot 10^{-4}$
Sb_2O_3	$1,4 \cdot 10^{-17}$	$U(OH)_4$	$1,0 \cdot 10^{-45}$
Sb_2S_3	$2,2 \cdot 10^{-90}$	$UO_2(OH)_2$	$2,0 \cdot 10^{-15}$
$Sc(OH)_3$	$8,7 \cdot 10^{-28}$	$VO(OH)_2$	$7,1 \cdot 10^{-23}$
SnI_2	$8,3 \cdot 10^{-6}$	YbC_2O_4	$4,5 \cdot 10^{-25}$
SnO_2	$4,8 \cdot 10^{-58}$	$Zn(CN)_2$	$2,6 \cdot 10^{-13}$
SnS	$3,0 \cdot 10^{-28}$	$Zn_3(PO_4)_2$	$9,1 \cdot 10^{-33}$
$SnSe$	$1,2 \cdot 10^{-34}$	ZnS (гекс)	$7,9 \cdot 10^{-24}$
$SnTe$	$3,6 \cdot 10^{-37}$	ZnS (куб)	$1,2 \cdot 10^{-25}$
SrC_2O_4	$5,6 \cdot 10^{-8}$	$ZnTe$	$7,0 \cdot 10^{-26}$
$SrCrO_4$	$2,7 \cdot 10^{-5}$	ZrO_2	$1,1 \cdot 10^{-36}$
$Sr(OH)_2$	$3,2 \cdot 10^{-4}$		

10. Стандартные электродные потенциалы в водных растворах (ряд напряжений) при 25°C

Электродный процесс	E° (В)	Электродный процесс	E° (В)
$Li^+ + e \rightleftharpoons Li$	-3,0401	$Ca^{2+} + 2e \rightleftharpoons Ca$	-2,868
$Cs^+ + e \rightleftharpoons Cs$	-3,026	$Ra^{2+} + 2e \rightleftharpoons Ra$	-2,8
$Rb^+ + e \rightleftharpoons Rb$	-2,98	$Na^+ + e \rightleftharpoons Na$	-2,71
$K^+ + e \rightleftharpoons K$	-2,931	$La^{3+} + 3e \rightleftharpoons La$	-2,379
$Ba^{2+} + 2e \rightleftharpoons Ba$	-2,912	$Y^{3+} + 3e \rightleftharpoons Y$	-2,372
$Fr^+ + e \rightleftharpoons Fr$	-2,9	$Mg^{2+} + 2e \rightleftharpoons Mg$	-2,372
$Sr^{2+} + 2e \rightleftharpoons Sr$	-2,89	$Be^{2+} + 2e \rightleftharpoons Be$	-1,847

Электродный процесс	$E^\circ(\text{В})$	Электродный процесс	$E^\circ(\text{В})$
$\text{Al}^{3+} + 3\text{e} \rightleftharpoons \text{Al}$	-1,662	$2\text{H}^+ + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{H}_2$	0,00000
$\text{Ti}^{2+} + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{Ti}$	-1,630	$\text{Ge}^{4+} + 4\text{e} \rightleftharpoons \text{Ge}$	+0,124
$\text{Hf}^{4+} + 4\text{e} \rightleftharpoons \text{Hf}$	-1,55	$\text{Ge}^{2+} + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{Ge}$	+0,24
$\text{Zr}^{4+} + 4\text{e} \rightleftharpoons \text{Zr}$	-1,45	$\text{Re}^{3+} + 3\text{e} \rightleftharpoons \text{Re}$	+0,300
$\text{Ti}^{3+} + 3\text{e} \rightleftharpoons \text{Ti}$	-1,37	$\text{Bi}^{3+} + 3\text{e} \rightleftharpoons \text{Bi}$	+0,308
$\text{Mn}^{2+} + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{Mn}$	-1,185	$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{Cu}$	+0,3419
$\text{V}^{2+} + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{V}$	-1,175	$\text{Tc}^{2+} + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{Tc}$	+0,400
$\text{Cr}^{2+} + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{Cr}$	-0,913	$\text{Ru}^{2+} + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{Ru}$	+0,455
$\text{Zn}^{2+} + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{Zn}$	-0,7618	$\text{Cu}^+ + \text{e} \rightleftharpoons \text{Cu}$	+0,521
$\text{Cr}^{3+} + 3\text{e} \rightleftharpoons \text{Cr}$	-0,744	$\text{Rh}^{2+} + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{Rh}$	+0,600
$\text{Ta}^{3+} + 3\text{e} \rightleftharpoons \text{Ta}$	-0,6	$\text{Tl}^{3+} + 3\text{e} \rightleftharpoons \text{Tl}$	+0,741
$\text{Ga}^{3+} + 3\text{e} \rightleftharpoons \text{Ga}$	-0,549	$\text{Rh}^{3+} + 3\text{e} \rightleftharpoons \text{Rh}$	+0,758
$\text{Fe}^{2+} + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{Fe}$	-0,447	$\text{Po}^{4+} + 4\text{e} \rightleftharpoons \text{Po}$	+0,76
$\text{Cd}^{2+} + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{Cd}$	-0,4030	$\text{Hg}_2^{2+} + 2\text{e} \rightleftharpoons 2\text{Hg}$	+0,7973
$\text{In}^{3+} + 3\text{e} \rightleftharpoons \text{In}$	-0,3382	$\text{Ag}^+ + \text{e} \rightleftharpoons \text{Ag}$	+0,7996
$\text{Tl}^+ + \text{e} \rightleftharpoons \text{Tl}$	-0,336	$\text{Hg}^{2+} + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{Hg}$	+0,851
$\text{Co}^{2+} + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{Co}$	-0,28	$\text{Pd}^{2+} + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{Pd}$	+0,951
$\text{Ni}^{2+} + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{Ni}$	-0,257	$\text{Ir}^{3+} + 3\text{e} \rightleftharpoons \text{Ir}$	+1,156
$\text{Mo}^{3+} + 3\text{e} \rightleftharpoons \text{Mo}$	-0,200	$\text{Pt}^{2+} + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{Pt}$	+1,18
$\text{Sn}^{2+} + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{Sn}$	-0,1375	$\text{Au}^{3+} + 3\text{e} \rightleftharpoons \text{Au}$	+1,498
$\text{Pb}^{2+} + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{Pb}$	-0,1262	$\text{Au}^+ + \text{e} \rightleftharpoons \text{Au}$	+1,692
$\text{Fe}^{3+} + 3\text{e} \rightleftharpoons \text{Fe}$	-0,037		

11. Стандартные окислительно-восстановительные потенциалы E° в водных растворах при 25°C

Элемент	Электродный процесс	$E^\circ, \text{В}$
Азот	$\text{N}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 6\text{H}^+ + 6\text{e} \rightleftharpoons 2\text{NH}_4\text{OH}$	0,092
	$3\text{N}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e} \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$	-3,09
	$\text{N}_2\text{H}_5^+ + 3\text{H}^+ + 2\text{e} \rightleftharpoons 2\text{NH}_4^+$	1,275
	$\text{N}_2\text{O} + 2\text{H}^+ + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$	1,766
	$\text{H}_2\text{N}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{N}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	2,65

Элемент	Электродный процесс	E° , В
Азот	$\text{N}_2\text{O}_4 + 2e \rightleftharpoons 2\text{NO}_2^-$	0,867
	$\text{N}_2\text{O}_4 + 2\text{H}^+ + 2e \rightleftharpoons 2\text{HNO}_2$	1,065
	$\text{N}_2\text{O}_4 + 4\text{H}^+ + 4e \rightleftharpoons 2\text{NO} + 2\text{H}_2\text{O}$	1,035
	$2\text{NH}_3\text{OH}^+ + \text{H}^+ + 2e \rightleftharpoons \text{N}_2\text{H}_5^+ + 2\text{H}_2\text{O}$	1,42
	$2\text{NO} + 2\text{H}^+ + 2e \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$	1,591
	$2\text{NO} + \text{H}_2\text{O} + 2e \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O} + 2\text{OH}^-$	0,76
	$\text{HNO}_2 + \text{H}^+ + e \rightleftharpoons \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$	0,983
	$2\text{HNO}_2 + 4\text{H}^+ + 4e \rightleftharpoons \text{H}_2\text{N}_2\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	0,86
	$2\text{HNO}_2 + 4\text{H}^+ + 4e \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O} + 3\text{H}_2\text{O}$	1,297
	$\text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O} + e \rightleftharpoons \text{NO} + 2\text{OH}^-$	-0,46
	$2\text{NO}_2^- + 2\text{H}_2\text{O} + 4e \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_2^{2-} + 4\text{OH}^-$	-0,18
	$2\text{NO}_2^- + 3\text{H}_2\text{O} + 4e \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O} + 6\text{OH}^-$	0,15
	$\text{NO}_3^- + 3\text{H}^+ + 2e \rightleftharpoons \text{HNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	0,934
	$\text{NO}_3^- + 4\text{H}^+ + 3e \rightleftharpoons \text{NO} + 2\text{H}_2\text{O}$	0,957
	$2\text{NO}_3^- + 4\text{H}^+ + 2e \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	0,803
	$\text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O} + 2e \rightleftharpoons \text{NO}_2^- + 2\text{OH}^-$	0,01
	$2\text{NO}_3^- + 2\text{H}_2\text{O} + 2e \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4 + 4\text{OH}^-$	-0,85
Алюминий	$\text{Al}^{3+} + 3e \rightleftharpoons \text{Al}$	-1,662
	$\text{Al}(\text{OH})_3 + 3e \rightleftharpoons \text{Al} + 3\text{OH}^-$	-2,31
	$\text{Al}(\text{OH})_4^- + 3e \rightleftharpoons \text{Al} + 4\text{OH}^-$	-2,328
	$\text{H}_2\text{AlO}_3^- + \text{H}_2\text{O} + 3e \rightleftharpoons \text{Al} + 4\text{OH}^-$	-2,33
	$\text{AlF}_6^{3-} + 3e \rightleftharpoons \text{Al} + 6\text{F}^-$	-2,069
Бериллий	$\text{Be}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Be}$	-1,847
	$\text{Be}_2\text{O}_3^{2-} + 3\text{H}_2\text{O} + 4e \rightleftharpoons 2\text{Be} + 6\text{OH}^-$	-2,63
Бром	$\{\text{Br}_2\}_{\text{aq}} + 2e \rightleftharpoons 2\text{Br}^-$	1,0873
	$\{\text{Br}_2\} + 2e \rightleftharpoons 2\text{Br}^-$	1,066
	$\text{HBrO} + \text{H}^+ + 2e \rightleftharpoons \text{Br}^- + \text{H}_2\text{O}$	1,331
	$\text{HBrO} + \text{H}^+ + e \rightleftharpoons \frac{1}{2}\{\text{Br}_2\}_{\text{aq}} + \text{H}_2\text{O}$	1,574
	$\text{HBrO} + \text{H}^+ + e \rightleftharpoons \frac{1}{2}\{\text{Br}\}_{\text{aq}} + \text{H}_2\text{O}$	1,596
	$\text{BrO}^- + \text{H}_2\text{O} + 2e \rightleftharpoons \text{Br}^- + 2\text{OH}^-$	0,761

Элемент	Электродный процесс	E° , В
Бром	$\text{BrO}_3^- + 6\text{H}^+ + 5\text{e} \rightleftharpoons \frac{1}{2}\text{Br}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$	1,482
	$\text{BrO}_3^- + 6\text{H}^+ + 6\text{e} \rightleftharpoons \text{Br}^- + 3\text{H}_2\text{O}$	1,423
	$\text{BrO}_3^- + 3\text{H}_2\text{O} + 6\text{e} \rightleftharpoons \text{Br}^- + 6\text{OH}^-$	0,61
Водород	$2\text{H}^+ + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{H}_2$	0,00000
	$\text{H}_2 + 2\text{e} \rightleftharpoons 2\text{H}^-$	-2,23
	$\text{HO}_2 + \text{H}^+ + \text{e} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}_2$	1,495
	$2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$	-0,8277
	$\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e} \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$	1,776
Железо	$\text{Fe} + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{Fe}$	-0,447
	$\text{Fe}^{3+} + 3\text{e} \rightleftharpoons \text{Fe}$	-0,037
	$\text{Fe}^{3+} + \text{e} \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}$	0,771
	$2\text{HFeO}_4^- + 8\text{H}^+ + 6\text{e} \rightleftharpoons \text{Fe}_2\text{O}_3 + 5\text{H}_2\text{O}$	2,09
	$\text{HFeO}_4^- + 4\text{H}^+ + 3\text{e} \rightleftharpoons \text{FeOOH} + 2\text{H}_2\text{O}$	2,08
	$\text{HFeO}_4^- + 7\text{H}^+ + 3\text{e} \rightleftharpoons \text{Fe}^{3+} + 4\text{H}_2\text{O}$	2,07
	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + 4\text{H}^+ + 2\text{e} \rightleftharpoons 2\text{FeOH}^+ + \text{H}_2\text{O}$	0,16
	$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-} + \text{e} \rightleftharpoons [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$	0,358
	$\text{FeO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 3\text{e} \rightleftharpoons \text{Fe}^{3+} + 4\text{H}_2\text{O}$	2,20
	$\text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{e} \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{OH}^-$	-0,56
Иод	$\text{I}_2 + 2\text{e} \rightleftharpoons 2\text{I}^-$	0,5355
	$\text{I}_3^- + 2\text{e} \rightleftharpoons 3\text{I}^-$	0,536
	$\text{H}_3\text{IO}_6^{2-} + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{IO}_3^- + 3\text{OH}^-$	0,7
	$\text{H}_5\text{IO}_6 + \text{H}^+ + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{IO}_3^- + 3\text{H}_2\text{O}$	1,601
	$2\text{HIO} + 2\text{H}^+ + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{I}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	1,439
	$\text{HIO} + \text{H}^+ + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{I}^- + \text{H}_2\text{O}$	0,987
	$\text{IO}^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{I}^- + 2\text{OH}^-$	0,485
	$2\text{IO}_3^- + 12\text{H}^+ + 10\text{e} \rightleftharpoons \text{I}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$	1,195
	$\text{IO}_3^- + 6\text{H}^+ + 6\text{e} \rightleftharpoons \text{I}^- + 3\text{H}_2\text{O}$	1,085
	$\text{IO}_3^- + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e} \rightleftharpoons \text{IO}^- + 4\text{OH}^-$	0,15
	$\text{IO}_3^- + 3\text{H}_2\text{O} + 6\text{e} \rightleftharpoons \text{IO}^- + 6\text{OH}^-$	0,26

Элемент	Электродный процесс	E° , В
Кадмий	$\text{Cd}^{2+} + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{Cd}$	-0,4030
	$\text{Cd}^{2+} + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{Cd; Hg}$	-0,3521
	$\text{Cd}(\text{OH})_2 + 2\text{e} \rightleftharpoons 2\text{OH}^- + \text{Cd, Hg}$	-0,809
	$\text{CdSO}_4 + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{Cd} + \text{SO}_4^{2-}$	-0,246
	$\text{Cd}(\text{OH})_4^{2-} + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{Cd} + 4\text{OH}^-$	-0,658

	$\text{CdO} + \text{H}_2\text{O} + 2e \rightleftharpoons \text{Cd} + 2\text{OH}^-$	-0,783
Кислород	$\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2e \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}_2$	0,695
	$\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4e \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$	1,229
	$\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2e \rightleftharpoons \text{HO}_2^- + \text{OH}^-$	-0,076
	$\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2e \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{OH}^-$	-0,146
	$\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4e \rightleftharpoons 4\text{OH}^-$	0,401
	$\text{O}_3 + 2\text{H}^+ + 2e \rightleftharpoons \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$	2,076
	$\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} + 2e \rightleftharpoons \text{O}_2 + 2\text{OH}^-$	1,24
	$(\text{O}) + 2\text{H}^+ + 2e \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}$	2,421
Кобальт	$\text{Co}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Co}$	-0,28
	$\text{Co}^{3+} + e \rightleftharpoons \text{Co}^{2+}$	1,92
	$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+} + e \rightleftharpoons [\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$	0,108
	$\text{Co}(\text{OH})_2 + 2e \rightleftharpoons \text{Co} + 2\text{OH}^-$	-0,73
	$\text{Co}(\text{OH})_3 + e \rightleftharpoons \text{Co}(\text{OH})_2 + \text{OH}^-$	0,17
Марганец	$\text{Mn}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Mn}$	-1,185
	$\text{Mn}^{3+} + e \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+}$	1,5415
	$\text{MnO}_2 + 4\text{H}^+ + 2e \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$	1,224
	$\text{MnO}_4^- + e \rightleftharpoons \text{MnO}_4^{2-}$	0,558
	$\text{MnO}_4^- + 4\text{H}^+ + 3e \rightleftharpoons \text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	1,679
	$\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5e \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$	1,507
	$\text{MnO}_4^- + 2\text{H}_2\text{O} + 3e \rightleftharpoons \text{MnO}_2 + 4\text{OH}^-$	0,595
	$\text{MnO}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} + 2e \rightleftharpoons \text{MnO}_2 + 4\text{OH}^-$	0,60
	$\text{Mn}(\text{OH})_2 + 2e \rightleftharpoons \text{Mn} + 2\text{OH}^-$	-1,56
	$\text{Mn}(\text{OH})_3 + e \rightleftharpoons \text{Mn}(\text{OH})_2 + \text{OH}^-$	0,15
	$\text{Mn}_2\text{O}_3 + 6\text{H}^+ + 2e \rightleftharpoons 2\text{Mn}^{2+} + 3\text{H}_2\text{O}$	1,485

Продолжение прил. 11

Элемент	Электродный процесс	E° , В
Медь	$\text{Cu}^+ + e \rightleftharpoons \text{Cu}$	0,521
	$\text{Cu}^{2+} + e \rightleftharpoons \text{Cu}^+$	0,153
	$\text{Cu}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Cu}$	0,3419
	$\text{Cu}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Cu}; \text{Hg}$	0,345
	$\text{Cu}^{3+} + e \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+}$	2,4
	$\text{Cu}_2\text{O}_3 + 6\text{H}^+ + 2e \rightleftharpoons 2\text{Cu}^{2+} + 3\text{H}_2\text{O}$	2,0

	$\text{Cu}^{2+} + 2\text{CN}^- + e \rightleftharpoons [\text{Cu}(\text{CN})_2]^-$	1,103
	$\text{CuI}_2 + e \rightleftharpoons \text{Cu} + 2\text{I}^-$	0,00
	$\text{Cu}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} + 2e \rightleftharpoons 2\text{Cu} + 2\text{OH}^-$	-0,360
	$\text{Cu}(\text{OH})_2 + 2e \rightleftharpoons \text{Cu} + 2\text{OH}^-$	-0,222
	$2\text{Cu}(\text{OH})_2 + 2e \rightleftharpoons \text{Cu}_2\text{O} + 2\text{OH}^- + \text{H}_2\text{O}$	-0,080
Олово	$\text{Sn}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Sn}$	-0,1375
	$\text{Sn}^{4+} + 2e \rightleftharpoons \text{Sn}^{2+}$	0,151
	$\text{Sn}(\text{OH})_3^+ + 3\text{H}^+ + 2e \rightleftharpoons \text{Sn}^{2+} + 3\text{H}_2\text{O}$	0,142
	$\text{SnO}_2 + 4\text{H}^+ + 2e \rightleftharpoons \text{Sn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$	-0,094
	$\text{SnO}_2 + 4\text{H}^+ + 4e \rightleftharpoons \text{Sn} + 2\text{H}_2\text{O}$	-0,117
	$\text{SnO}_2 + 3\text{H}^+ + 2e \rightleftharpoons \text{SnOH}^+ + \text{H}_2\text{O}$	-0,194
	$\text{SnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4e \rightleftharpoons \text{Sn} + 4\text{OH}^-$	-0,945
	$\text{HSnO}_2^- + \text{H}_2\text{O} + 2e \rightleftharpoons \text{Sn} + 3\text{OH}^-$	-0,909
	$\text{Sn}(\text{OH})_6^{2-} + 2e \rightleftharpoons \text{HSnO}_2^- + 3\text{OH}^- + \text{H}_2\text{O}$	-0,93
	Ртуть	$\text{Hg}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Hg}$
$2 \text{Hg}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Hg}_2^{2+}$		0,920
$\text{Hg}_2^{2+} + 2e \rightleftharpoons 2\text{Hg}$		0,7973
$\text{Hg}_2(\text{CH}_3\text{COO})_2 + 2e \rightleftharpoons 2\text{Hg} + \text{CH}_3\text{COO}^-$		0,51163
$\text{Hg}_2\text{Br}_2 + 2e \rightleftharpoons 2 \text{Hg} + 2\text{Br}^-$		0,13923
$\text{Hg}_2\text{Cl}_2 + 2e \rightleftharpoons 2\text{Hg} + 2\text{Cl}^-$		0,26808
$\text{Hg}_2\text{HPO}_4 + 2e \rightleftharpoons 2\text{Hg} + \text{HPO}_4^{2-}$		0,6359
$\text{Hg}_2\text{I}_2 + 2e \rightleftharpoons 2\text{Hg} + 2\text{I}^-$		-0,0405
$\text{Hg}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} + 2e \rightleftharpoons 2\text{Hg} + 2\text{OH}^-$		0,123

Продолжение прил. 11

Элемент	Электродный процесс	E° , В
Ртуть	$\text{HgO} + \text{H}_2\text{O} + 2e \rightleftharpoons \text{Hg} + 2\text{OH}^-$	0,0977
	$\text{Hg}(\text{OH})_2 + 2\text{H}^+ + 2e \rightleftharpoons \text{Hg} + 2\text{H}_2\text{O}$	1,034
	$\text{Hg}_2\text{SO}_4 + 2e \rightleftharpoons 2\text{Hg} + \text{SO}_4^{2-}$	0,6125
Свинец	$\text{Pb}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Pb}$	-0,1262
	$\text{Pb}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Pb}; \text{Hg}$	-0,1205
	$\text{PbBr}_2 + 2e \rightleftharpoons \text{Pb} + 2\text{Br}^-$	-0,284
	$\text{PbCl}_2 + 2e \rightleftharpoons \text{Pb} + 2\text{Cl}^-$	-0,2675
	$\text{PbF}_2 + 2e \rightleftharpoons \text{Pb} + 2\text{F}^-$	-0,3444
	$\text{PbHPO}_4 + 2e \rightleftharpoons \text{Pb} + \text{HPO}_4^{2-}$	-0,465
	$\text{PbI}_2 + 2e \rightleftharpoons \text{Pb} + 2\text{I}^-$	-0,365
	$\text{PbO} + \text{H}_2\text{O} + 2e \rightleftharpoons \text{Pb} + 2\text{OH}^-$	-0,580
	$\text{PbO}_2 + 4\text{H}^+ + 2e \rightleftharpoons \text{Pb}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$	1,455
	$\text{HPbO}_2^- + \text{H}_2\text{O} + 2e \rightleftharpoons \text{Pb} + 3\text{OH}^-$	-0,537
	$\text{PbO}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2e \rightleftharpoons \text{PbO} + 2\text{OH}^-$	0,247

	$\text{PbO}_2 + \text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	1,6913
	$\text{PbSO}_4 + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{Pb} + \text{SO}_4^{2-}$	-0,3588
	$\text{PbSO}_4 + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{SO}_4^{2-} + \text{Pb}; \text{Hg}$	-0,3505
Сера	$\text{S} + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{S}^{2-}$	-0,47627
	$\text{S} + 2\text{H}^+ + 2\text{e} \rightleftharpoons \{\text{H}_2\text{S}\}_{\text{aq}}$	0,142
	$\text{S} + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{SH}^- + \text{OH}^-$	-0,478
	$2\text{S} + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{S}_2^{2-}$	-0,42836
	$\text{S}_2\text{O}_6^{2-} + 4\text{H}^+ + 2\text{e} \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{SO}_3$	0,564
	$\text{S}_2\text{O}_8^{2-} + 2\text{e} \rightleftharpoons 2\text{SO}_4^{2-}$	2,010
	$\text{S}_2\text{O}_8^{2-} + 2\text{H}^+ + 2\text{e} \rightleftharpoons 2\text{HSO}_4^-$	2,123
	$\text{S}_4\text{O}_6^{2-} + 2\text{e} \rightleftharpoons 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$	0,08
	$2\text{H}_2\text{SO}_3 + \text{H}^+ + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{HS}_2\text{O}_4^- + 2\text{H}_2\text{O}$	-0,056
	$\text{H}_2\text{SO}_3 + 4\text{H}^+ + 4\text{e} \rightleftharpoons \text{S} + 3\text{H}_2\text{O}$	0,449
	$2\text{SO}_3^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{S}_2\text{O}_4^{2-} + 4\text{OH}^-$	-1,12
	$2\text{SO}_3^{2-} + 3\text{H}_2\text{O} + 4\text{e} \rightleftharpoons \text{S}_2\text{O}_3^{2-} + 6\text{OH}^-$	-0,571

Продолжение прил. 11

Элемент	Электродный процесс	E° , В
Сера	$\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	0,172
	$2\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{S}_2\text{O}_6^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$	-0,22
	$\text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{SO}_3^{2-} + 2\text{OH}^-$	-0,93
Серебро	$\text{Ag}^+ + \text{e} \rightleftharpoons \text{Ag}$	0,7996
	$\text{Ag}^{2+} + \text{e} \rightleftharpoons \text{Ag}^+$	1,980
	$\text{AgCH}_3\text{COO} \rightleftharpoons \text{Ag} + \text{CH}_3\text{COO}^-$	0,643
	$\text{AgBr} + \text{e} \rightleftharpoons \text{Ag} + \text{Br}^-$	0,07133
	$\text{AgBrO}_3 + \text{e} \rightleftharpoons \text{Ag} + \text{BrO}_3^-$	0,546
	$\text{Ag}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 2\text{e} \rightleftharpoons 2\text{Ag} + \text{C}_2\text{O}_4^{2-}$	0,4647
	$\text{AgCl} + \text{e} \rightleftharpoons \text{Ag} + \text{Cl}^-$	0,22233
	$\text{AgCN} + \text{e} \rightleftharpoons \text{Ag} + \text{CN}^-$	-0,017
	$\text{Ag}_2\text{CO}_3 + 2\text{e} \rightleftharpoons 2\text{Ag} + \text{CO}_3^{2-}$	0,47
	$\text{Ag}_2\text{CrO}_4 + 2\text{e} \rightleftharpoons 2\text{Ag} + \text{CrO}_4^{2-}$	0,4470
	$\text{AgF} + \text{e} \rightleftharpoons \text{Ag} + \text{F}^-$	0,779
	$\text{Ag}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] + 4\text{e} \rightleftharpoons 4\text{Ag} + [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$	0,1478
	$\text{AgI} + \text{e} \rightleftharpoons \text{Ag} + \text{I}^-$	-0,15224
	$\text{AgIO}_3 + \text{e} \rightleftharpoons \text{Ag} + \text{IO}_3^-$	0,354
	$\text{Ag}_2\text{MoO}_4 + 2\text{e} \rightleftharpoons 2\text{Ag} + \text{MoO}_4^{2-}$	0,4573
	$\text{AgNO}_2 + \text{e} \rightleftharpoons \text{Ag} + 2\text{NO}_2^-$	0,564
	$\text{Ag}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e} \rightleftharpoons 2\text{Ag} + 2\text{OH}^-$	0,342
	$\text{Ag}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e} \rightleftharpoons 2\text{AgO} + 2\text{OH}^-$	0,739
	$\text{Ag}^{3+} + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{Ag}^+$	1,9

	$\text{Ag}^{3+} + e \rightleftharpoons \text{Ag}^{2+}$	1,8
	$\text{Ag}_2\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + e \rightleftharpoons 2\text{Ag} + 2\text{H}_2\text{O}$	1,802
	$2\text{AgO} + \text{H}_2\text{O} + 2e \rightleftharpoons \text{Ag}_2\text{O} + 2\text{OH}^-$	0,607
	$\text{AgOCN} + e \rightleftharpoons \text{Ag} + \text{OCN}^-$	0,41
	$\text{Ag}_2\text{S} + 2e \rightleftharpoons 2\text{Ag} + \text{S}^{2-}$	-0,691
	$\text{Ag}_2\text{S} + 2\text{H}^+ + 2e \rightleftharpoons 2\text{Ag} + \text{H}_2\text{S}$	-0,0366
	$\text{AgSCN} + e \rightleftharpoons \text{Ag} + \text{SCN}^-$	0,08951

Продолжение прил. 11

Элемент	Электродный процесс	E° , В
Серебро	$\text{Ag}_2\text{SeO}_3 + 2e \rightleftharpoons 2\text{Ag} + \text{SeO}_3^{2-}$	0,3629
	$\text{Ag}_2\text{SO}_4 + 2e \rightleftharpoons 2\text{Ag} + \text{SO}_4^{2-}$	0,654
	$\text{Ag}_2\text{WO}_4 + 2e \rightleftharpoons 2\text{Ag} + \text{WO}_4^{2-}$	0,4660
Таллий	$\text{Tl}^+ + e \rightleftharpoons \text{Tl}$	-0,336
	$\text{Tl}^+ + e \rightleftharpoons \text{Tl}; \text{Hg}$	-0,3338
	$\text{Tl}^{3+} + 2e \rightleftharpoons \text{Tl}^+$	1,252
	$\text{Tl}^{3+} + 3e \rightleftharpoons \text{Tl}$	0,741
	$\text{TlBr} + e \rightleftharpoons \text{Tl} + \text{Br}^-$	-0,658
	$\text{TlCl} + e \rightleftharpoons \text{Tl} + \text{Cl}^-$	-0,5568
	$\text{TlI} + e \rightleftharpoons \text{Tl} + \text{I}^-$	-0,752
	$\text{Tl}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O} + 4e \rightleftharpoons 2\text{Tl}^+ + 6\text{OH}^-$	0,02
	$\text{TlOH} + e \rightleftharpoons \text{Tl} + \text{OH}^-$	-0,34
	$\text{Tl}(\text{OH})_3 + 2e \rightleftharpoons \text{TlOH} + 2\text{OH}^-$	-0,05
	$\text{Tl}_2\text{SO}_4 + 2e \rightleftharpoons \text{Tl} + \text{SO}_4^{2-}$	-0,4360
Титан	$\text{Ti}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Ti}$	-1,630
	$\text{Ti}^{3+} + e \rightleftharpoons \text{Ti}^{2+}$	-0,9
	$\text{TiO}_2 + 4\text{H}^+ + 2e \rightleftharpoons \text{Ti}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$	-0,502
	$\text{Ti}^{3+} + 3e \rightleftharpoons \text{Ti}$	-1,37
	$\text{TiOH}^{3+} + \text{H}^+ + e \rightleftharpoons \text{Ti}^{3+} + \text{H}_2\text{O}$	-0,055
Фосфор	$\text{P}_{(\text{красн})} + 3\text{H}^+ + 3e \rightleftharpoons (\text{PH}_3)$	-0,111
	$\text{P}_{(\text{бел})} + 3\text{H}^+ + 3e \rightleftharpoons (\text{PH}_3)$	-0,063
	$\text{P} + 3\text{H}_2\text{O} + 3e \rightleftharpoons (\text{PH}_3) + 3\text{OH}^-$	-0,87
	$\text{H}_2\text{PO}_2^- + 2e \rightleftharpoons \text{P} + 2\text{OH}^-$	-1,82
	$\text{H}_3\text{PO}_2 + \text{H}^+ + e \rightleftharpoons \text{P} + 2\text{H}_2\text{O}$	-0,508

	$\text{H}_3\text{PO}_3 + 2\text{H}^+ + 2e \rightleftharpoons \text{H}_3\text{PO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	-0,499
	$\text{H}_3\text{PO}_3 + 3\text{H}^+ + 3e \rightleftharpoons \text{P} + 3\text{H}_2\text{O}$	-0,454
	$\text{HPO}_3^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} + 2e \rightleftharpoons \text{H}_2\text{PO}_2^- + 3\text{OH}^-$	-1,65
	$\text{HPO}_3^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} + 3e \rightleftharpoons \text{P} + 5\text{OH}^-$	-1,71
	$\text{H}_3\text{PO}_4 + 2\text{H}^+ + 2e \rightleftharpoons \text{H}_3\text{PO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	-0,276
	$\text{PO}_4^{3-} + 2\text{H}_2\text{O} + 2e \rightleftharpoons \text{HPO}_3^{2-} + 3\text{OH}^-$	-1,05

Продолжение прил. 11

Элемент	Электродный процесс	E° , В
Хлор	$(\text{Cl}_2) + 2e \rightleftharpoons 2\text{Cl}^-$	1,35827
	$\text{HClO} + \text{H}^+ + e \rightleftharpoons \frac{1}{2}\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$	1,611
	$\text{HClO} + \text{H}^+ + 2e \rightleftharpoons \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$	1,482
	$\text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O} + 2e \rightleftharpoons \text{Cl}^- + 2\text{OH}^-$	0,81
	$\text{ClO}_2 + \text{H}^+ + e \rightleftharpoons \text{HClO}_2$	1,277
	$\text{HClO}_2 + 2\text{H}^+ + 2e \rightleftharpoons \text{HClO} + \text{H}_2\text{O}$	1,645
	$\text{HClO}_2 + 3\text{H}^+ + 3e \rightleftharpoons \frac{1}{2}\text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	1,628
	$\text{HClO}_2 + 3\text{H}^+ + 4e \rightleftharpoons \text{Cl}^- + 2\text{H}_2\text{O}$	1,570
	$\text{ClO}_2^- + \text{H}_2\text{O} + 2e \rightleftharpoons \text{ClO}^- + 2\text{OH}^-$	0,66
	$\text{ClO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4e \rightleftharpoons \text{Cl}^- + 4\text{OH}^-$	0,76
	$\{\text{ClO}_2\}_{\text{aq}} + e \rightleftharpoons \text{ClO}_2^-$	0,954
	$\text{ClO}_3^- + 2\text{H}^+ + e \rightleftharpoons \text{ClO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	1,152
	$\text{ClO}_3^- + 3\text{H}^+ + 2e \rightleftharpoons \text{HClO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	1,214
	$\text{ClO}_3^- + 6\text{H}^+ + 5e \rightleftharpoons \frac{1}{2}\text{Cl}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$	1,47
	$\text{ClO}_3^- + 6\text{H}^+ + 6e \rightleftharpoons \text{Cl}^- + 3\text{H}_2\text{O}$	1,451
	$\text{ClO}_3^- + \text{H}_2\text{O} + 2e \rightleftharpoons \text{ClO}_2^- + 2\text{OH}^-$	0,33
	$\text{ClO}_3^- + 3\text{H}_2\text{O} + 6e \rightleftharpoons \text{Cl}^- + 6\text{OH}^-$	0,62
	$\text{ClO}_4^- + 2\text{H}^+ + 2e \rightleftharpoons \text{ClO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$	1,189
	$\text{ClO}_4^- + 8\text{H}^+ + 7e \rightleftharpoons \frac{1}{2}\text{Cl}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$	1,39
	$\text{ClO}_4^- + 8\text{H}^+ + 8e \rightleftharpoons \text{Cl}^- + 4\text{H}_2\text{O}$	1,389
$\text{ClO}_4^- + \text{H}_2\text{O} + 2e \rightleftharpoons \text{ClO}_3^- + 2\text{OH}^-$	0,36	
Хром	$\text{Cr}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Cr}$	-0,913
	$\text{Cr}^{3+} + e \rightleftharpoons \text{Cr}^{2+}$	-0,407
	$\text{Cr}^{3+} + 3e \rightleftharpoons \text{Cr}$	-0,744
	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ + 6e \rightleftharpoons 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$	1,232
	$\text{CrO}_2^- + 2\text{H}_2\text{O} + 3e \rightleftharpoons \text{Cr} + 4\text{OH}^-$	-1,2
	$\text{HCrO}_4^- + 7\text{H}^+ + 3e \rightleftharpoons \text{Cr}^{3+} + 4\text{H}_2\text{O}$	1,350
	$\text{CrO}_2 + 4\text{H}^+ + e \rightleftharpoons \text{Cr}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}$	1,48
	$\text{Cr}^{5+} + e \rightleftharpoons \text{Cr}^{4+}$	1,34

Окончание прил. 11

Элемент	Электродный процесс	E° , В
Хром	$\text{CrO}_4^{2-} + 4\text{H}_2\text{O} + 3e \rightleftharpoons \text{Cr}(\text{OH})_3 + 5\text{OH}^-$	-0,13
	$\text{Cr}(\text{OH})_3 + 3e \rightleftharpoons \text{Cr} + 3\text{OH}^-$	-1,48
Церий	$\text{Ce}^{4+} + e \rightleftharpoons \text{Ce}^{3+}$	+1,44
	$\text{Ce}^{3+} + 3e \rightleftharpoons \text{Ce}$	-2,483
Цинк	$\text{Zn}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Zn}$	-0,7618
	$\text{Zn}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Zn}; \text{Hg}$	-0,7628
	$\text{ZnO}_2^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} + 2e \rightleftharpoons \text{Zn} + 4\text{OH}^-$	-1,215
	$\text{ZnOH}^+ + \text{H}^+ + 2e \rightleftharpoons \text{Zn} + \text{H}_2\text{O}$	-0,497
	$\text{Zn}(\text{OH})_4^{2-} + 2e \rightleftharpoons \text{Zn} + 4\text{OH}^-$	-1,199
	$\text{Zn}(\text{OH})_2 + 2e \rightleftharpoons \text{Zn} + 2\text{OH}^-$	-1,249
	$\text{ZnO} + \text{H}_2\text{O} + 2e \rightleftharpoons \text{Zn} + 2\text{OH}^-$	-1,260

ЛИТЕРАТУРА

Основная литература

1. Новиков, Г. И. Общая и экспериментальная химия: учеб. пособие / Г. И. Новиков, И. М. Жарский. – Минск: Современ. шк., 2007. – 832 с.
2. Ахметов, Н. С. Общая и неорганическая химия: учеб. для вузов / Н. С. Ахметов. – 5-е изд. – М.: Высшая шк., 2001. – 679 с.
3. Коровин, Н. В. Общая химия: учеб. / Н. В. Коровин. – 4-е изд. – М.: Высшая шк., 1998. – 558 с.
4. Волков, А. И. Большой химический справочник / А. И. Волков, И. М. Жарский. – Минск: Современ. шк., 2005. – 608 с.
5. Павлов, Н. Н. Общая и неорганическая химия: учеб. / Н. Н. Павлов. – М.: Высшая шк., 1986. – 336 с.
6. Карапетьянц, М. Х. Общая и неорганическая химия: учеб. для вузов / М. Х. Карапетьянц, С. И. Дракин. – М.: Химия, 1993. – 590 с.
7. Угай, Я. А. Неорганическая химия: учеб. для вузов / Я. А. Угай. – М.: Высшая шк., 1989. – 463 с.
8. Хаускрофт, К. Е. Современный курс общей химии: в 2 т. / К. Е. Хаускрофт, Эк. К. Констебл; пер. с англ. – М.: Мир, 2002. – Т. 1. – 540 с.; Т. 2. – 528 с.
9. Ахметов, Н. С. Лабораторные и семинарские занятия по неорганической химии: учеб. пособие / Н. С. Ахметов, М. К. Азизова, Л. И. Бадыгина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая шк., 1988. – 303 с.
10. Волков, А. И. Программированный контроль текущих знаний по общей химии: метод. пособие / А. И. Волков, И. М. Жарский, О. Н. Комшилова. – Минск: Современ. шк., 2005. – 240 с.

Дополнительная литература

1. Гиллеспи, Р. Геометрия молекул / Р. Гиллеспи; пер. с англ. – М.: Мир, 1975. – 27 с.
2. Неорганическая химия: в 3 т. / Под ред. Ю. Д. Третьякова. – М.: Изд. центр «Академия», 2004. – Т. 1: Физико-химические основы неорганической химии: учеб. для вузов / М. Е. Тамм, Ю. Д. Третьяков. – 240 с.
3. Хьюи, Дж. Неорганическая химия. Строение вещества и реакционная способность / Под ред. Б. Д. Степина, Р. А. Лидина; пер. с англ. – М.: Химия, 1987. – 696 с.
4. Жарский, И. М. Теоретические основы химии: сборник задач: учеб. пособие / И. М. Жарский, А. Л. Кузьменко, С. Е. Орехова. – Минск: Аверсэв, 2004. – 397 с.

5. Лидин, Р. А. Общая и неорганическая химия в вопросах: учеб. пособие / Р. А. Лидин, Л. Ю. Аликберова, Г. П. Логинова; под. ред. Р. А. Лидина. – 2-е изд. – М: Дрофа, 2004. – 304 с.

6. Новиков, Г. И. Физические методы исследований в неорганической химии: учеб. пособие / Г. И. Новиков, И. М. Жарский. – М.: Высшая шк., 1988. – 271 с.

7. Крешков, А. П. Основы аналитической химии: учеб. / А. П. Крешков. – М.: Химия, 1976. – Кн. I. – 472 с; 1977. – Кн. II. – 488 с.

8. Гольбрайх, З. Е. Сборник задач и упражнений по химии: учеб. пособие / З. Е. Гольбрайх. – 4-е изд. – М.: Высш. шк., 1984. – 224 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	3
------------------	---

1. Основные понятия и законы химии	4
1.1. Газовые законы. Закон Авогадро	4
1.2. Молярная масса эквивалента. Закон эквивалентов.....	6
2. Строение вещества и периодический закон.....	9
2.1. Строение атома и периодическая система	9
2.2. Химическая связь. Строение вещества.....	11
2.3. Периодическая система Д. И. Менделеева. Основные классы неорганических соединений.....	14
3. Основные типы химических реакций. Окислительно-восстано- вительные реакции.....	18
4. Энергетика и направление химических реакций.....	23
4.1. Термохимия. Энтальпия. Энтропия	23
4.2. Энергия Гиббса	24
5. Химическое равновесие.....	29
6. Растворы.....	34
6.1. Способы выражения состава растворов	34
6.2. Свойства растворов. Электролитическая диссоциация. Водородный показатель	36
6.3. Произведение растворимости. Реакции в растворах электролитов.....	38
6.4. Гидролиз солей.....	40
7. Электрохимические процессы	42
7.1. Окислительно-восстановительные процессы	42
7.2. Электродные потенциалы. Гальванические элементы	44
7.3. Электролиз. Коррозия металлов. Направление протекания окислительно-восстановительных процессов.....	46
8. Комплексные соединения	53
9. Химия элементов и их соединений	56
9.1. <i>s</i> -Элементы периодической системы.....	56
9.2. <i>p</i> -Элементы периодической системы	57
9.3. <i>d</i> -Элементы периодической системы	66
9.4. Комбинированные задачи.....	70
Тестовые задания	75
Тест 1	75
Тест 2.....	77
Тест 3.....	79
Тест 4.....	81
Тест 5.....	83
Тест 6.....	85
Приложения	88

1. Фундаментальные физико-химические константы.....	88
2. Переводные коэффициенты.....	88
3. Электроотрицательность элементов по шкале Полинга	89
4. Растворимость солей и оснований в воде при 25°C.....	89
5. Термодинамические свойства некоторых веществ и ионов в водных растворах.....	90
6. Стандартные значения теплот сгорания.....	93
7. Константы ионизации важнейших кислот и оснований.....	95
8. Произведение растворимости малорастворимых электролитов при 25°C (298,15 К)	96
9. Оценочные значения произведения растворимости малорастворимых электролитов в водном растворе при 25°C	98
10. Стандартные электродные потенциалы в водных растворах (ряд напряжений)	100
11. Стандартные окислительно-восстановительные потенциалы φ° в водных растворах при 25°C	101
Литература	111

Учебное издание

Жарский Иван Михайлович
Волков Анатолий Иванович
Комшилова Ольга Николаевна

ОБЩАЯ ХИМИЯ

Задачи и упражнения

Редактор *О. П. Соломевич*
Компьютерная верстка *О. Ю. Шантарович*

Подписано в печать 10.12.2007. Формат 60×84¹/₁₆.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.
Усл.-печ. л. 6,7. Уч.-изд. л. 6,9.
Тираж 500 экз. Заказ .

Учреждение образования

«Белорусский государственный технологический университет».
220006. Минск, Свердлова, 13а.
ЛИ № 02330/0133255 от 30.04.2004.

Отпечатано в лаборатории полиграфии учреждения образования
«Белорусский государственный технологический университет».
220006. Минск, Свердлова, 13.
ЛП № 02330/0056739 от 22.01.2004.

ЛИТЕРАТУРА

1. Новиков Г. И., Жарский И. М. Теоретическая и экспериментальная химия. – Мн.: Современная школа, 2007.
2. Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия. – М.: Высшая школа, 1988.
3. Коровин Н. В. Общая химия. – М.: Высшая школа, 2000.
4. Волков А.И., Жарский И.М. Большой химический справочник – Мн., Современная школа, 2005. – 608с.
5. Павлов Н. Н. Общая и неорганическая химия. – М.: Дрофа, 2002.
6. Карапетьянц М. Х., Дракин С. И. Общая и неорганическая химия. – М.: Химия, 1981.
7. Практикум по неорганической химии./Под ред. Воробьева А. Ф., Дракина С. И. – М.: Химия, 1983.
8. Хаускрофт К. Е., Констебл Э. К. Современный курс общей химии в 2т. – М.: Мир, 2002.
9. Ахметов Н. С., Азизова М. К., Бадьгина Л. И. Лабораторные и семинарские занятия по неорганической химии. – М.: Высшая школа, 1988.
10. Волков А.И., Жарский И.М., Комшилова О.Н. Программированный контроль текущих знаний по общей химии. – Мн.: Современная школа, 2005.

Дополнительная литература

1. Коттон Ф., Уилкинсон Дж. Современная неорганическая химия. – М.: Мир, 1969. – Т. 2, 3.
2. Аноганикум (редактор Кольдин Л.). Пер. с нем./Под ред. Воробьева А. Ф. – М.: Мир, 1984. – Т. 1.
3. Др. Хьюи. Неорганическая химия. Пер. с англ./Под ред. Степина Б.Д., Лидина Р. А. – М.: Химия, 1987.
4. Кукушкин Ю. И. Химия координационных соединений. – М.: Высшая школа, 1983.
5. Лидин П. А. и др. Основы номенклатуры неорганических веществ. – М.: Химия, 1983.
6. Новиков Г. И., Жарский И. М. Физические методы исследований в неорганической химии. – М.: Высшая школа, 1988.
7. Хомченко Г. П., Цитович И. К. Неорганическая химия. – М.: Высшая школа, 1987. – 463с.
8. Крешков А.П. Основы аналитической химии. – М.: Химия, 1976. – Кн. I. – 472 с; 1977. – Кн. 3. – 488 с.
9. Глинка Н. Л. Задачи и упражнения по общей химии. – Л.: Химия, 1984. – 264с.