Максимальное количество баллов за олимпиаду — 50

Задание 1. Неизвестный химический элемент X содержит на внешнем энергетическом уровне 2 электрона и имеет высшую степень окисления +7. Общее число протонов в ядре атома X не превышает 30.

а) Запишите химический символ элемента X.

Ответ: Mn

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

б) Запишите химическую формулу высшего гидроксида элемента X.

Ответ: $HMnO_4$

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

в) При взаимодействии 11 г X с избытком соляной кислоты выделилось 4.48 л (н. у.) водорода. Запишите химическую формулу второго продукта реакции.

Ответ: $MnCl_2$

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

г) Найдите массу второго продукта реакции. Ответ выразите в граммах, округлите до десятых.

Ответ: 25.2

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

Максимальный балл за задание — 4

Решение.

а) Высшая степень окисления неизвестного элемента –+7, следовательно, он принадлежит VII группе. На внешнем уровне 2 электрона означает, что элемент относится к побочной подгруппе. Известно, что атомный номер этого элемента не превышает 30 — в VII B подгруппе такому условию удовлетворяет только марганец Mn.

б) Высший гидроксид марганца — $HMnO_4$.

в) По реакции с соляной кислотой: $\upsilon(Mn) = \dfrac{11}{55} = 0.2$ моль, $\upsilon(H_2) = \dfrac{4.48}{22.4} = 0.2$ моль. $\upsilon(Mn) = \upsilon(H_2)$, следовательно, уравнение реакции:

$$Mn + 2HCl = MnCl_2 + H_2.$$

То есть второй продукт реакции —$MnCl_2$.

г) $\upsilon(MnCl_2) = 0.2$ моль, $m(MnCl_2) = 0.2 \cdot 126 = 25.2$ г.

Задание 2. Имеются четыре твёрдых вещества: хлорид натрия, гидроксид натрия, сахар, нитрат кальция. Приготовили образцы этих веществ равной массы и растворили по отдельности в четырёх стаканах, содержащих равные объёмы воды. Расположите полученные растворы в порядке увеличения количества ионов в них.

Ответ:

✓ Сахар
✓ Нитрат кальция
✓ Хлорид натрия
✓ Гидроксид натрия

Критерий оценивания: за каждый верный элемент последовательности — 1 балл. Всего 4 балла

Максимальный балл за задание — 4

Решение.

Сахар — неэлектролит, ионов не образует. Для остальных веществ запишем уравнения диссоциации и рассчитаем количество вещества ионов (m — масса образца):

1) $NaCl \rightarrow Na^+ + Cl^-$, $\upsilon(\text{ионов}) = \dfrac{m}{58.5 \cdot 2} = 0.034m$,

2) $NaOH \rightarrow Na^+ + OH^-$, $\upsilon(\text{ионов}) = \dfrac{m}{40 \cdot 2} = 0.05m$,

4) $Ca(NO_3)_2 \rightarrow Ca^{2+} + 2NO_3^-$, $\upsilon(\text{ионов}) = \dfrac{m}{164 \cdot 3} = 0.018m$.

Так как $0.05 > 0.034 > 0.018$, верная последовательность выглядит следующим образом: сахар, нитрат кальция, хлорид натрия, гидроксид натрия.

Задание 3. Неизвестный газ X, поддерживающий горение, при пропускании над катализатором полностью разложился, образовав газовую смесь двух простых веществ, также поддерживающую горение. Объём смеси в 1.5 раза больше объёма X при одинаковых условиях. После пропускания смеси над раскалёнными медными стружками в газовой фазе осталось только вещество Y, которое в 7 раз тяжелее гелия. Объёмы газов X и Y одинаковы.

а) Запишите формулы неизвестных веществ.

Ответ:

Формула вещества X: N_2O

Формула вещества Y: N_2

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 1 балл. Всего 2 балла

б) Составьте уравнение разложения. В ответ запишите сумму наименьших целочисленных коэффициентов.

Ответ: 5

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

Максимальный балл за задание — 3

Решение.

а) Молярная масса простого вещества Y: $M = 7 \cdot 4 = 28$ г/моль, что соответствует азоту N_2. Второе простое вещество поддерживает горение. Это кислород O_2.

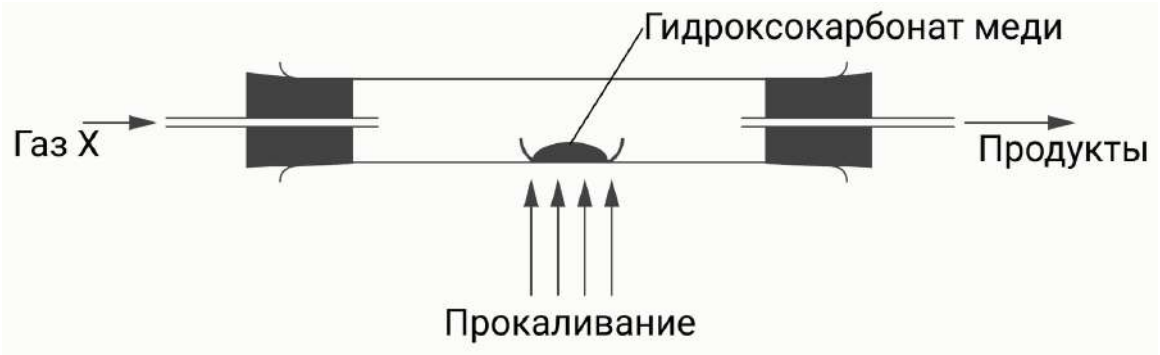
б) Объём газа при разложении увеличивается в 1.5 раза, при этом $V(X) = V(Y)$, следовательно, разложился N_2O (газ X):

$$2N_2O = 2N_2 + O_2,$$

сумма коэффициентов 5.

Задание 4. На школьной олимпиаде по химии 1940 года была предложена задача.

«Как из углемедной соли $CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$ получить медь? Напишите равенства реакций и нарисуйте схемы приборов (или одного прибора), необходимых для выполнения опыта.» Решение довольно простое: надо прокалить углемедную соль (современное название — гидроксокарбонат меди) в токе газа.



а) Какие газы можно использовать для получения меди в данном опыте?

Ответ:

- H_2O
- ✓ H_2
- ✓ CO
- CO_2
- N_2
- SO_2

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 1 балл. Всего 2 балла.

За каждую ошибку снимается 1 балл

б) Запишите формулы двух газообразных (в условиях опыта) продуктов реакции.

Ответ:

Продукт 1: CO_2

Продукт 2: H_2O

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 1 балл. Всего 2 балла.

Максимальный балл за задание — 4

Решение.

а) При прокаливании гидроксокарбонат меди разлагается:

$CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2 \xrightarrow{t} 2CuO + CO_2 \uparrow + H_2O \uparrow$.

Необходимо восстановить CuO до Cu газом X. Подходят H_2 и CO.

б) Продукты реакции разложения гидроксокарбоната меди — CO_2 и H_2O. В условиях опыта они не восстанавливаются ни водородом, ни угарным газом.

Задание 5. В лабораторном опыте смешали равные объёмы растворов 0.05 М H_2SO_4, 0.01 М $BaCl_2$ и 0.02 М K_2CO_3.

а) Опишите результаты опыта:

Ответ:

- ✓ Выпадает $BaSO_4$
- Выпадает $BaCO_3$
- Выпадают и $BaSO_4$, и $BaCO_3$
- Осадок не выпадает

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

б) Масса полученного раствора...

- больше суммы

✓ меньше суммы
• равна сумме
масс исходных растворов.

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

в) Охарактеризуйте реакцию среды в образовавшемся растворе:

Ответ:

✓ Кислая
• Нейтральная
• Щелочная

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

Максимальный балл за задание — 3

Решение.

а) $BaCl_2 + H_2SO_4 = BaSO_4 \downarrow + 2HCl$.

б) $K_2CO_3 + H_2SO_4 = K_2SO_4 + CO_2 \uparrow + H_2O$.

в) $BaCO_3$ в кислой среде не образуется. В осадке — $BaSO_4$. Масса раствора уменьшится за счёт образования осадка и выделения газа. В растворе останется избыточная H_2SO_4, реакция среды — кислая.

Задание 6. При обжиге 3.80 г смеси сульфидов марганца MnS и MnS_2 образовались только сернистый газ объёмом 1.12 л (н. у.) и твёрдый оксид марганца, содержащий 72 % металла по массе.

а) Запишите формулу оксида.

Ответ: Mn_3O_4

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) Определите массовую долю MnS в смеси. Ответ выразите в процентах, округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [68; 69]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4

Решение.

а) $\upsilon(Mn) : \upsilon(O) = \left(\frac{72}{55}\right) : \left(\frac{28}{16}\right) = 0.75 = 3 : 4$. Формула оксида — Mn_3O_4.

б) $\upsilon(MnS) = x$ моль, $\upsilon(MnS_2) = y$ моль.

$87x + 119y = 3.80$ масса смеси

$x + 2y = \dfrac{1.12}{22.4} = 0.05$ количество вещества SO_2.

$x = 0.03$, $y = 0.01$.

$\omega(MnS) = \dfrac{0.03 \cdot 87}{3.80 \cdot 100\ \%} = 68.7\ \%$.

Задание 7. Один из первых радионуклидов, используемых в радиомедицине в качестве источника гамма-излучения уже более 80 лет, — иод-131. Его получают бомбардировкой нейтронами некоторого нуклида ${}^{A}X$ с последующим β-распадом (испусканием электрона) по схеме:

$$ {}^{A}\mathbf{X} \xrightarrow{{}^{1}_{0}\mathbf{n}} \ldots \xrightarrow{-\,{}^{0}_{-1}\mathbf{e}} {}^{131}_{53}\mathbf{I} $$

а) Запишите химический символ нуклида X.

Ответ: Te

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) Определите массовое число нуклида X.

Ответ: 130

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4

Решение.

При бомбардировке нейтронами не меняется заряд, а при β-распаде — массовое число. Промежуточный нуклид — ${}^{131}\mathbf{Te}$, исходный — ${}^{130}\mathbf{Te}$. Уравнения реакций:

${}^{130}_{52}\mathbf{Te} + {}^{1}_{0}\mathbf{n} \rightarrow {}^{131}_{52}\mathbf{Te}$,

${}^{131}_{52}\mathbf{Te} \rightarrow {}^{131}_{53}\mathbf{I} + {}^{0}_{-1}\mathbf{e}$.

Задание 8. Неизвестная кислота состоит из трёх элементов, степени окисления которых, взятые по модулю, образуют геометрическую прогрессию. В составе кислоты — элементы, у которых электронами заняты не больше двух уровней.

а) Запишите формулу этой кислоты:

Ответ: H_2CO_3

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

б) Определите степени окисления элементов в составе кислоты, располагая элементы в порядке возрастания атомной массы.

Ответ:

Символ элемента:	H	C	O
Степень окисления:	+1	+4	−2

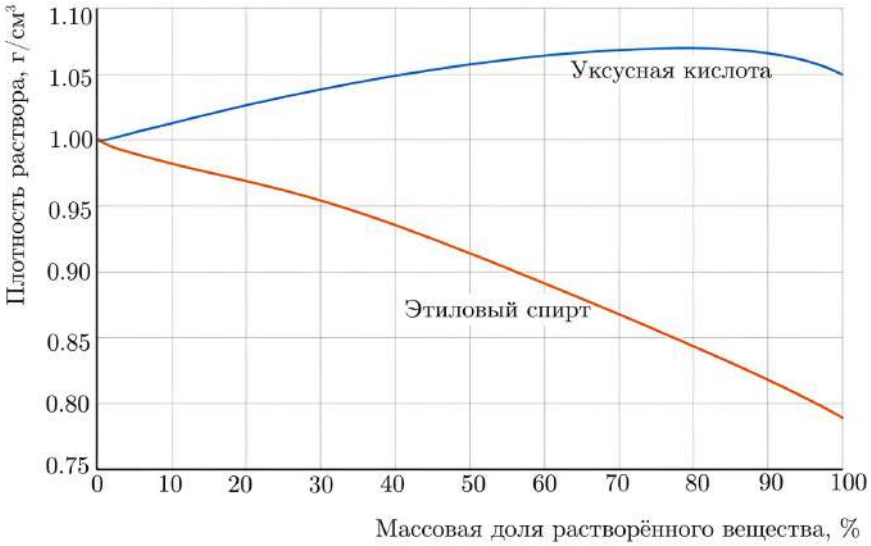
Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 1 балл. Всего 3 балла

Максимальный балл за задание — 4

Решение.

Один из элементов — H, степень окисления +1, следовательно, два других элемента имеют степени окисления с модулем 2 и 4. Это — кислород (с. о. −2) и углерод (с. о. +4). Формула кислоты — H_2CO_3.

Задание 9. Вариант 1. Дан график зависимости плотности раствора от массовой доли этилового спирта и уксусной кислоты.



а) В три одинаковых стакана налили по 500 мл следующих жидкостей: вода, раствор этилового спирта и раствор уксусной кислоты. Стаканы с содержимым взвесили, результаты приведены в таблице. Зная массу стакана, определите его содержимое.

Ответ:

Масса стакана, г	Содержимое стакана
586.6	Кислота
580.0	Вода
547.6	Спирт

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 1 балл. Всего 3 балла

б) Определите массовые доли этилового спирта и уксусной кислоты в растворах. Ответы выразите в процентах, округлите до целых.

Ответ:

Исследуемая жидкость	Массовая доля растворённого вещества, %
Раствор этилового спирта	засчитывается в диапазоне [37; 43]
Раствор уксусной кислоты	засчитывается в диапазоне [7; 13]

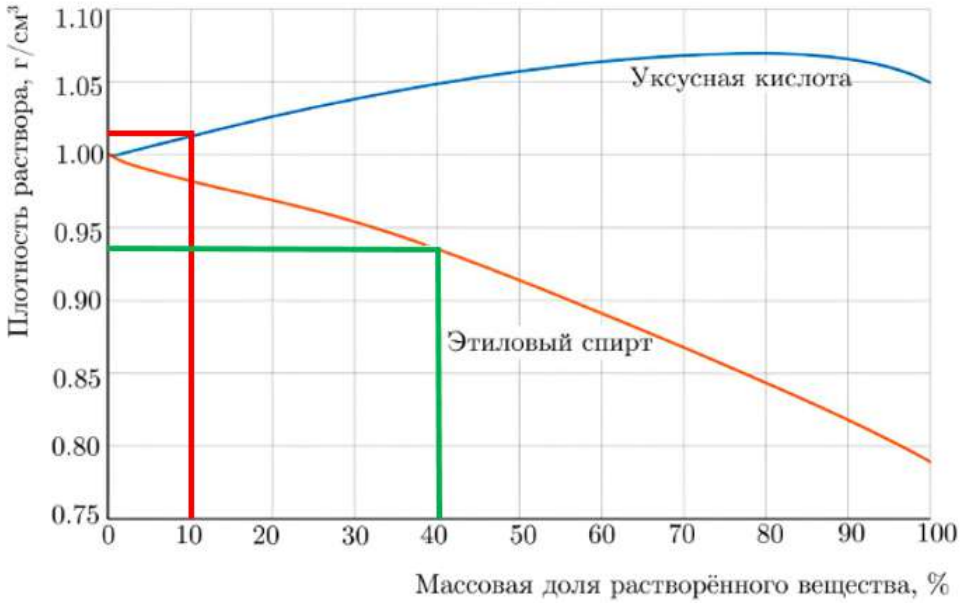
Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 1 балл. Всего 2 балла

Максимальный балл за задание — 5

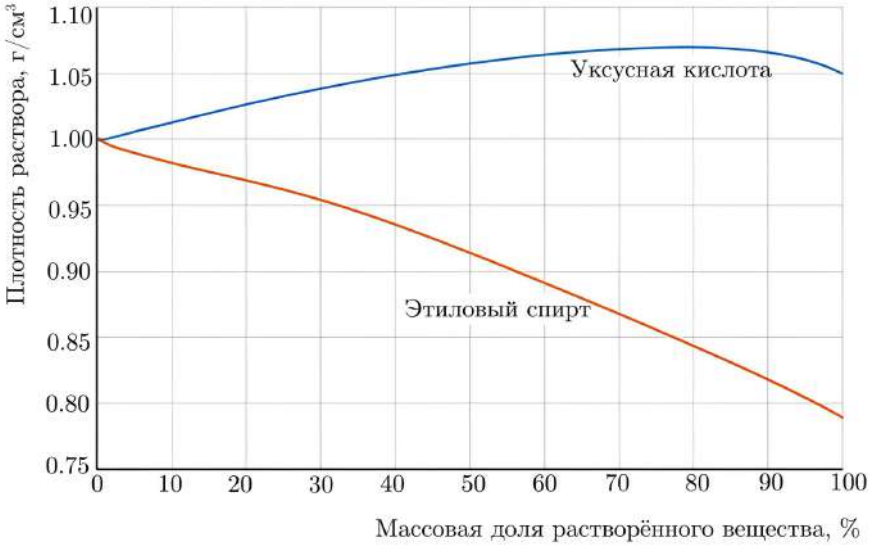
Решение.

а) Растворы уксусной кислоты тяжелее воды, а растворы спирта — легче, поэтому самый тяжёлый стакан 1 содержал раствор уксусной кислоты, а самый лёгкий стакан 3 — раствор спирта.

б) Масса стакана с водой равна 580 г, тогда масса чистого стакана $580 - 500 = 80$ г. Рассмотрим стакан 1. 500 мл раствора уксусной кислоты имеют массу $586.6 - 80 = 506.6$ г. Плотность раствора: $\frac{506.6}{500} = 1.013$ г/см^3. Судя по графику, это соответствует 10 %-му раствору. Аналогично, 500 мл раствора спирта имеют массу $547.6 - 80 = 467.6$ г. Плотность раствора: $\frac{467.6}{500} = 0.935$ г/см^3. Судя по графику, это соответствует 40 %-му раствору.



Задание 9. Вариант 2. Дан график зависимости плотности раствора от массовой доли этилового спирта и уксусной кислоты.



а) В три одинаковых стакана налили по 200 мл следующих жидкостей: вода, раствор этилового спирта и раствор уксусной кислоты. Стаканы с содержимым взвесили, результаты приведены в таблице. Зная массу стакана, определите его содержимое.

Ответ:

Масса стакана, г	Содержимое стакана
220.8	Спирт
237.0	Кислота
230.0	Вода

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 1 балл. Всего 3 балла

б) Определите массовые доли этилового спирта и уксусной кислоты в растворах. Ответы выразите в процентах, округлите до целых.

Ответ:

Исследуемая жидкость	Массовая доля растворённого вещества, %
Раствор этилового спирта	засчитывается в диапазоне [27; 33]
Раствор уксусной кислоты	засчитывается в диапазоне [22; 28]

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 1 балл. Всего 2 балла
Максимальный балл за задание — 5
Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 10. Вариант 1. В пяти стаканах были выданы следующие вещества в виде тонко измельчённых порошков белого цвета: поваренная соль, кристаллическая сода (десятиводный кристаллогидрат карбоната натрия), мел, гипс (двуводный кристаллогидрат сульфата кальция) и сахар (сахароза). Результаты исследования выданных веществ представлены в таблице.

Операции с выданными образцами	**Номера выданных образцов**				
	1	2	3	4	5
Добавили воду, интенсивно перемешали	Порошок хорошо растворяется в воде	Порошок хорошо растворяется в воде	Видимых изменений нет, через некоторое время порошок снова оседает на дно стакана	Порошок хорошо растворяется в воде	Видимых изменений нет, через некоторое время порошок снова оседает на дно стакана
Растворы исследовали с помощью прибора для проверки электропроводности	Лампочка прибора ярко загорелась	Лампочка прибора не загорелась	—	Лампочка прибора ярко загорелась	—
Добавили соляную кислоту	Наблюдали бурное выделение газа, «вскипание»	Видимых изменений нет	Видимых изменений нет	Видимых изменений нет	Наблюдали бурное выделение газа, «вскипание»

Прибор для проверки электропроводности:



Установите соответствие между номером стакана и его содержимым.

В этом задании каждому варианту из левого столбца соответствует ровно один вариант из правого столбца. Ответы приведены ниже в нужном порядке.

Ответ:

1	Кристаллическая сода
2	Сахар
3	Гипс
4	Поваренная соль
5	Мел

Критерий оценивания: за каждую верную пару — 1 балл. Всего 5 баллов

Максимальный балл за задание — 5

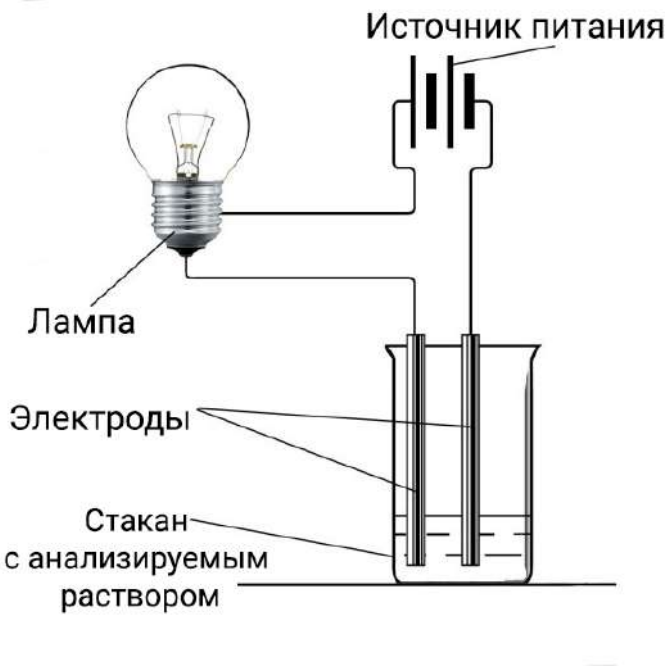
Решение.

Поваренная соль хорошо растворяется в воде, с соляной кислотой не реагирует, раствор соли проводит ток — стакан 4. Кристаллическая сода хорошо растворяется в воде, с соляной кислотой реагирует с выделением газа, раствор соды проводит ток — стакан 1. Мел в воде нерастворим, но реагирует с соляной кислотой с выделением газа — стакан 5. Гипс в воде нерастворим, с соляной кислотой не реагирует — стакан 3. Сахар хорошо растворим в воде, но раствор не проводит электрический ток — стакан 2.

Задание 10. Вариант 2. В пяти стаканах были выданы следующие вещества в виде тонко измельчённых порошков белого цвета: калийная соль (хлорид калия), поташ (карбонат калия), витерит (карбонат бария), барит (сульфат бария) и мочевина (карбамид $(NH_2)_2CO$. Результаты исследования выданных веществ представлены в таблице.

Операции с выданными образцами	**Номера выданных образцов**				
	1	2	3	4	5
Добавили воду, интенсивно перемешали	Видимых изменений нет, через некоторое время порошок снова оседает на дно стакана	Порошок хорошо растворяется в воде	Порошок хорошо растворяется в воде	Порошок хорошо растворяется в воде	Видимых изменений нет, через некоторое время порошок снова оседает на дно стакана
Образцы, где порошки хорошо растворились в воде, исследовали с помощью прибора для проверки электропроводности	—	Лампочка прибора ярко загорелась	Лампочка прибора ярко загорелась	Лампочка прибора не загорелась	—
Добавили соляную кислоту	Видимых изменений нет	Наблюдали бурное выделение газа, «вскипание»	Видимых изменений нет	Видимых изменений нет	Наблюдали бурное выделение газа, «вскипание»

Прибор для проверки электропроводности:



Установите соответствие между номером стакана и его содержимым.

В этом задании каждому варианту из левого столбца соответствует ровно один вариант из правого столбца. Ответы приведены ниже в нужном порядке.

Ответ:

1	Барит
2	Поташ
3	Калийная соль
4	Мочевина
5	Витерит

Критерий оценивания: за каждую верную пару — 1 балл. Всего 5 баллов

Максимальный балл за задание — 5

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 11. Вариант 1. Безводная соль X состоит из трёх элементов и не подвергается гидролизу. Навеску соли X массой 8.70 г растворили в воде, объём раствора довели до 1.00 л. Концентрация катионов металла в полученном растворе составила 0.10 моль/л, а концентрация кислородсодержащих анионов — 0.05 моль/л. Известно, что при добавлении хлорида бария к раствору соли X выпадает осадок белого цвета.

а) Запишите химические символы элементов в составе соли X в любом порядке.

Ответ:

✓ K
✓ S
✓ O

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 1 балл. Всего 3 балла.

За каждую ошибку снимается 1 балл

б) Определите молярную массу X. Ответ выразите в г/моль, округлите до целых.

Ответ: 174

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

Максимальный балл за задание — 4

Решение.

а) Соль X не гидролизуется, следовательно, она образована сильной кислотой и сильным основанием.

б) На один анион приходится два катиона. Молярная масса соли: $M = \dfrac{8.70\text{ г}}{0.05\text{ моль}} = 174$ г/моль. Анион реагирует с ионами бария и является остатком сильной кислоты — это SO_4^{2-}. Молярной массе 174 г/моль соответствует сульфат калия K_2SO_4.

Задание 11. Вариант 2. Безводная соль X состоит из трёх элементов и не подвергается гидролизу. Навеску соли X массой 4.10 г растворили в воде, объём раствора довели до 1.00 л. Концентрация катионов металла в полученном растворе составила 0.025 моль/л, а концентрация кислородсодержащих анионов — 0.050 моль/л. Известно, что при добавлении хлорида бария или нитрата серебра к раствору соли X осадок не образуются.

а) Запишите химические символы элементов в составе соли X в любом порядке.

Ответ:

✓ Ca
✓ N
✓ O

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 1 балл. Всего 3 балла.

За каждую ошибку снимается 1 балл

б) Определите молярную массу X. Ответ выразите в г/моль, округлите до целых.

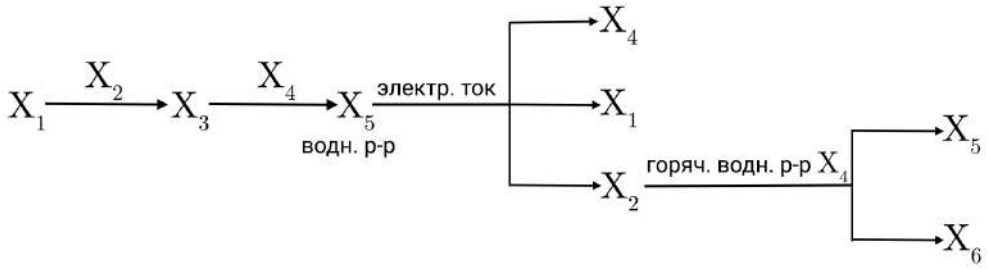
Ответ: 164

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

Максимальный балл за задание — 4

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 12. Вариант 1. Дана схема превращений.



Вещества $X_1 - X_3$ имеют молекулярное строение. В таблице представлены масштабные модели молекул этих веществ, шариками одного цвета обозначены атомы одного и того же химического элемента. Вещества $X_4 - X_6$ имеют немолекулярное строение.

Ответ:

Вещество	Модель молекулы	Молярная масса, г/моль
X_1		2.0
X_2		70.9
X_3		36.5
X_4		40.0
X_5		58.5
X_6		106.5

Запишите формулы веществ.

Ответ:

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
Формула	H_2	Cl_2	HCl	NaOH	NaCl	$NaClO_3$

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 1 балл. Всего 6 баллов

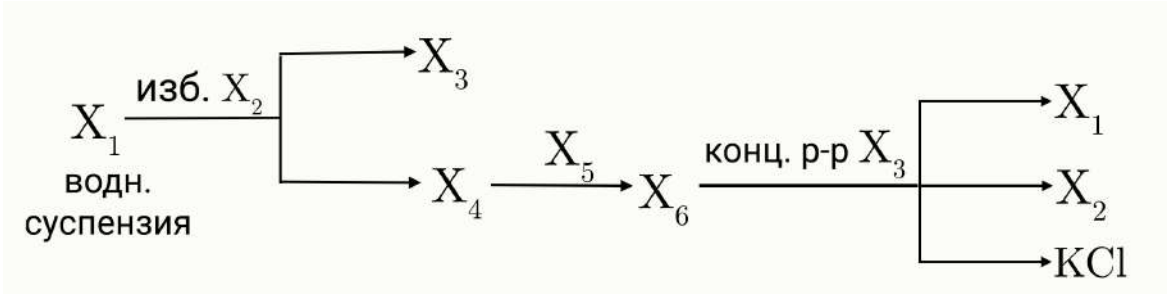
Максимальный балл за задание — 6

Решение.

По молярным массам находим: X_1 – H_2, X_2 – Cl_2. $H_2 + Cl_2 = 2HCl$, X_3 – HCl. X_4 — основание с молярной массой 40 г/моль, это NaOH.

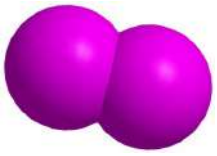
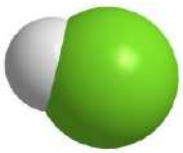
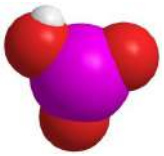
$NaOH + HCl = NaCl + H_2O$. X_5 – NaCl. $3Cl_2 + 6NaOH$ (гор. р-р) $= 5NaCl + NaClO_3 + 3H_2O$, X_6 – $NaClO_3$.

Задание 12. Вариант 2. Дана схема превращений.



Вещества X_1 — X_4 имеют молекулярное строение. В таблице представлены масштабные модели молекул этих веществ, шариками одного цвета обозначены атомы одного и того же химического элемента. Вещества X_5 — X_6 имеют немолекулярное строение.

Ответ:

Вещество	Модель молекулы	Молярная масса, г/моль
X_1		253.8
X_2		70.9
X_3		36.5
X_4		175.9
X_5		56.1
X_6		214.0

Запишите формулы веществ.

Ответ:

Вещество	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
Формула	I_2	Cl_2	HCl	HIO_3	KOH	KIO_3

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 1 балл. Всего 6 баллов

Максимальный балл за задание — 6

Решение по аналогии с вариантом 1

Сириус.Курсы — для тех,
кто хочет знать больше!