

Разбор заданий школьного этапа ВсОШ по химии

для 9 класса

2024/25 учебный год

Максимальное количество баллов — 50

Задание № 1.1

Общее условие:

Какую массу железоаммонийных квасцов $(\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O})$ следует растворить в 100 г горячей воды, чтобы получить раствор с мольной долей атомов водорода 65.0 %? Ответ выразите в граммах, округлите до десятых.



Ответ: засчитывается в диапазоне [22.0; 24.0]

Точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 4

Решение.

Пусть масса квасцов составляет x г. Тогда количество вещества квасцов n_1 составит:

$$n_1 = x \div 482 \text{ моль.}$$

Количество вещества воды в 100 г составляет $n_2 = 100 \div 18$ моль.

Количество вещества атомов водорода составит:

$$n_{\text{H}} = (4 + 12 \cdot 2) \cdot n_1 + 2 \cdot n_2 = (28x \div 482 + 200 \div 18) \text{ моль.}$$

Общее количество вещества атомов составит:

$$n_{\text{общ}} = (16 + 12 \cdot 3) \cdot n_1 + 3 \cdot n_2 = (52x \div 482 + 300 \div 18) \text{ моль.}$$

По условию задачи $n_{\text{H}} : n_{\text{общ}} = 0.65$, тогда:

$$(28x \div 482 + 200 \div 18) \div (52x \div 482 + 300 \div 18) = 0.65$$

$$x = 23.3 \text{ г.}$$

Поскольку итоговый результат сильно зависит от точности округления, ответ принимается в достаточно широком диапазоне.

Задание № 1.2

Общее условие:

Какую массу хромокалиевых квасцов ($\text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) следует растворить в 100 г горячей воды, чтобы получить раствор с мольной долей атомов кислорода 34.0 %? Ответ выразите в граммах, округлите до десятых.



Ответ: засчитывается в диапазоне [14.0; 16.0]

Точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 4

Решение по аналогии с заданием 1.1

Задание № 2

Условие:

Навеску гидроксида натрия массой 6.4 г растворили в 150 мл серной кислоты с концентрацией 0.5 моль/л (т.е., содержащей 0.5 моль кислоты в литре раствора). Объём полученного раствора довели до 200 мл и отобрали из него пробу (аликвоту) объёмом 20.0 мл. Добавленный к раствору фенолфталеин окрасился в малиновый цвет. Какой минимальный объём серной кислоты с концентрацией 0.05 моль/л следует добавить к отобранной пробе, чтобы фенолфталеин стал бесцветным? Ответ выразите в миллилитрах, округлите до десятых.

Ответ: 10.0

Точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 4

Решение.

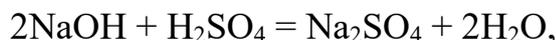
Исходное количество вещества гидроксида натрия составляет:

$$n(\text{NaOH}) = 6.4 \div 40 = 0.16 \text{ моль.}$$

Количество серной кислоты в первом растворе:

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = C \cdot V = 0.5 \cdot 0.150 = 0.075 \text{ моль.}$$

Прошла реакция:



после чего осталось ещё 0.01 моль щёлочи.

В аликвоте 20 мл будет содержаться:

$$n'(\text{NaOH}) = 0.01 \cdot 20 \div 200 = 0.001 \text{ моль.}$$

Для нейтрализации этой щёлочи потребуется 0.0005 моль серной кислоты

Объём раствора составит:

$$V = n \div C = 0.0005 \div 0.05 = 0.01 \text{ л} = 10 \text{ мл.}$$

Задание № 3

Общее условие:

В ребусе зашифрована формула химического соединения, которое применяется в промышленном получении некоторого металла. Рисунки соответствуют элементам, а числа показывают их процентное содержание по массе. Элемент, представленный на третьей картинке, входит в состав зубных паст.

Эле- мент			
Мас- совая доля, %	32.85	12.85	54.30

Условие:

Запишите химические символы зашифрованных элементов в порядке возрастания атомных масс. Каждый ответ записывайте в отдельное поле, добавляя их при необходимости.

Ответ:

- ✓ F
- ✓ Na
- ✓ Al

За каждый верный ответ — 1 балл

Точное совпадение ответа — 3 балла

Условие:

Запишите химическую формулу зашифрованного вещества.

Ответ: Na_3AlF_6

Точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 6

Решение.

Жёлтый свет ламп уличного освещения, скорее всего, указывает на натрий. Фольга чаще всего делается алюминиевая. Проверим это предположение и найдём соотношение натрия и алюминия в составе искомого вещества.

$$23n_{\text{Na}} \div 27 = 32.85 \div 12.85,$$

получается, $n_{\text{Na}} = 3$.

В состав многих зубных паст входят фториды металлов (фторид кальция — важнейший компонент зубной эмали). Проводя аналогичный расчёт получаем:

$$19n_{\text{F}} \div 27 = 54.30 \div 12.85, n_{\text{F}} = 6.$$

Искомые элементы (в порядке возрастания их атомных масс) — F, Na, Al.

Соединение — гексафторидоалюминат натрия, Na_3AlF_6 , встречающийся в природе в виде минерала криолита.

Задание № 4.1

Условие:

Школьника попросили привести примеры пяти оксидов неметаллов. Он предложил следующий набор: SiO_2 , H_2O , CO , OF_2 , Cl_2O_7 .

Найдите ошибку.

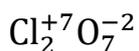
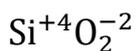
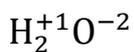
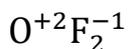
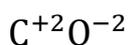
Ответ:

- SiO_2
- H_2O
- CO
- OF_2
- Cl_2O_7

Точное совпадение ответа — 2 балла

Решение.

Как известно, оксиды — это бинарные соединения, содержащие кислород в степени окисления -2. Определим степени окисления элементов в приведённых выше соединениях:



Таким образом, лишнее соединение — OF_2 (фторид кислорода).

Условие:

Из представленного набора веществ выберите все те, которые **НЕ** участвуют в синтезе серной кислоты.

Ответ:

- FeS₂
- SO₂
- V₂O₅
- NaCl

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4

Решение.

FeS₂ (пирит, железный колчедан) является важнейшим сырьем в производстве серной кислоты;

SO₂ (сернистый газ) — полупродукт производства;

V₂O₅ — катализатор окисления сернистого газа в серный ангидрид.

Таким образом, лишним веществом в перечне является хлорид натрия

Задание № 4.2

Условие:

Какую соль можно легко определить визуально?

Ответ:

- Ag_3PO_4
- PbI_2
- MgCl_2
- AgI

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Какое вещество данного списка можно определить по цвету пламени?

Ответ:

- CuCl_2
- HBr
- BaCl_2
- H_3BO_3

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4

Решение по аналогии с заданием 4.1

Задание № 5

Условие:

Навеску токсичного соединения А, окрашивающего пламя горелки в жёлто-зелёный цвет, массой 1.000 г разложили с потерей массы 0.123 г. Получившееся соединение В реагирует с серной кислотой с образованием соединения С, нетоксичность которого определяет его использование в самых разных областях, от медицины до изготовления деталей конструктора LEGO. Объём газа, выделившегося в первой реакции, составил 85 мл при н.у. Определите состав соединения А. В ответ запишите его формулу.



Ответ: $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$

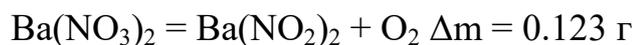
Точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 4

Решение.

Окрашивание пламени в разные оттенки зелёного цвета характерно для соединений меди, бария и бора. Образование нетоксичного соединения при взаимо-

действии с серной кислотой указывает, скорее всего, на барий — действительно, нетоксичность сульфата бария позволяет использовать его в качестве контрастного агента при рентгеноскопии органов желудочно-кишечного тракта. Соединением бария, разлагающимся при нагревании, могут, скорее всего, быть карбонат, сульфит или нитрат. Определим потерю массы при разложении 1.000 г соли в каждом из этих случаев:



Объём выделившегося газа также соответствует последнему случаю.

Задание № 6

Условие:

Сумма коэффициентов в реакции белого фосфора с концентрированной серной кислотой составляет 33. Сколько атомов фосфора взаимодействует с 30 молекулами серной кислоты?

Ответ: 12

Точное совпадение ответа — 3 балла

Условие:

Запишите формулу продукта окисления фосфора в этой реакции.

Ответ: HPO_3

Точное совпадение ответа — 1 балл

Максимальный балл за задание — 4

Решение.



Сильные водоотнимающие свойства концентрированной серной кислоты делают образование ортофосфорной кислоты маловероятным — получится метафосфорная кислота.

Из уравнения реакции видно, что с 30 молекулами серной кислоты взаимодействует 12 атомов фосфора.

Задание № 7

Условие:

Молекула вещества, присутствующего практически в любой домашней аптечке, образована атомами двух элементов и содержит 18 электронов. Приведите название этого вещества.

Ответ: Пероксид водорода

Точное совпадение ответа — 1 балл

Условие:

Запишите формулу данного вещества.

Ответ: H_2O_2

Точное совпадение ответа — 1 балл

Условие:

Сколько моль протонов содержится в 5.1 г этого вещества? Ответ округлите до десятых.

Ответ: 2.7

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4

Решение.

Очевидно, что искомое вещество не может содержать элементов тяжелее хлора. Однако вариант HCl маловероятен — применение этого вещества в медицине достаточно ограничено, а согласно условию задачи вещество должно

быть достаточно распространенным. Анализируя возможные варианты, получаем, что искомое вещество — H_2O_2 (пероксид водорода или перекись водорода).

Один моль этого вещества содержит $2 + 2 \cdot 8 = 18$ моль протонов (ядро атома водорода содержит один протон, ядро атома кислорода — 8 протонов). Тогда в 5.1 г пероксида водорода будет содержаться:

$$18 \cdot 5.1 \div 34 = 2.7 \text{ моль протонов.}$$

Задание № 8

Условие:

В древности людям были известны только семь металлов. Это число соотносилось с количеством планет, которые признавали астрономы тех времён. Каждой планете приписывали знак, одновременно служивший символом металла, находившегося под её влиянием. Заполните таблицу.

В этом задании используются не все варианты ответа из правого столбца. Неиспользованные варианты приведены в последней ячейке таблицы.

Ответ:

Планета	Описание элемента	Символ элемента
Марс	Марс — бог войны. Из соответствующего металла изготавливают режущие инструменты, оружие.	✓ Fe
Меркурий	Жидкий при комнатной температуре металл, недаром его называли жидким серебром. Его способность ускользать алхимики сравнивали с хитростью и увёртливостью бога Меркурия.	✓ Hg
Сатурн	С древности ядовитую соль этого металла и уксусной кислоты называли «сахар-сатурн».	✓ Pb
Венера	По легенде Венера — богиня красоты — возникла из пены морской у берегов Кипра. Там же открыли месторождения этого металла.	✓ Cu
		○ Ag

		<ul style="list-style-type: none"> ○ Au ○ Sn
--	--	--

За каждый верный ответ — 1 балл

Максимальный балл за задание — 4

Решение.

К семи металлам древности относятся: золото, серебро, железо, медь, ртуть, свинец и олово. Исходя из описания свойств, соответствующих данным элементам простых веществ, можно прийти к следующему соотнесению:

Планета	Описание элемента	Символ элемента
Марс	Марс — бог войны. Из соответствующего металла изготавливают режущие инструменты, оружие.	Fe
Меркурий	Жидкий при комнатной температуре металл, недаром его называли жидким серебром. Его способность ускользать алхимики сравнивали с хитростью и увёртливостью бога Меркурия.	Hg
Сатурн	С древности ядовитую соль этого металла и уксусной кислоты называли «сахарсатурн».	Pb
Венера	По легенде Венера — богиня красоты — возникла из пены морской у берегов Кипра. Там же открыли месторождения этого металла. Отсюда и произошло латинское название металла — <i>cuprum</i> .	Cu

Задание № 9

Условие:

В какой последовательности необходимо выполнить действия, чтобы с наименьшими затратами выделить графит из смеси сульфата натрия, стальной стружки, графита и иода?

Ответ:

- ✓ Возгонка
- ✓ Добавление соляной кислоты

Точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 3

Решение.

Возможно несколько вариантов решения. Ниже приведён один из них.

- Действие магнитом — отделяется стальная стружка
- Возгонка — отделяется иод
- Добавление воды — сульфат натрия растворяется
- Фильтрование

Альтернативные варианты:

- Возгонка — отделяется иод
- Действие магнита — отделяются стальные стружки
- Добавление воды
- Фильтрование

Или

- Возгонка
- Добавление воды
- Фильтрование
- Действие магнита

Задание № 10

Условие:

Одним из методов получения металлов из оксидов является алюминотермия — восстановление оксида металлическим алюминием. Условием возможности применения данного метода получения металлов является в первую очередь экзотермичность процессов. Основываясь на теплотах образования ряда оксидов, рассчитайте тепловые эффекты реакций восстановления приведённых ниже оксидов металлов алюминием и определите, в каких из этих случаев алюминотермия применима в качестве метода получения металла.

Ответ:

Оксид	Al ₂ O ₃	MgO	CaO	TiO ₂	ZnO	CuO	Fe ₃ O ₄
Q _{обр} , кДж/Моль	1676	602	635	944	351	162	1117
Алюминотермия применима	○	○	○	✓	✓	✓	✓

За каждый верный ответ — 1.5 балла

За каждую ошибку снимается 1.5 балла

Максимальный балл за задание — 6

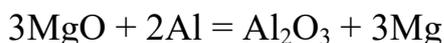
Решение.

Для определения теплового эффекта реакций воспользуемся следствием из закона Гесса: тепловой эффект реакции равен разности теплот образования продуктов реакции и исходных веществ с учётом стехиометрических коэффициентов:

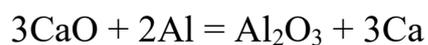
$$Q_{p-ции} = \sum (mQ) \text{ продукты} - \sum (nQ) \text{ реагенты},$$

где m и n — число молей каждого вещества в уравнении реакции.

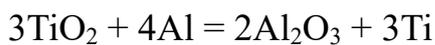
При этом теплоты образования простых веществ в их наиболее устойчивом состоянии равны нулю.



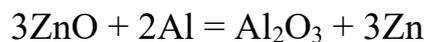
$$Q = 1676 - 3 \cdot 602 = -130 \text{ кДж} < 0 \text{ — алюминотермия неприменима.}$$



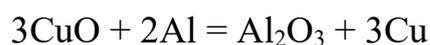
$Q = 1676 - 3 \cdot 635 = -229 \text{ кДж} < 0$ — алюминотермия неприменима.



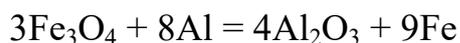
$Q = 2 \cdot 1676 - 3 \cdot 944 = 520 \text{ кДж} > 0$ — алюминотермия применима.



$Q = 1676 - 3 \cdot 351 = 623 \text{ кДж} > 0$ — алюминотермия применима.



$Q = 1676 - 3 \cdot 162 = 1190 \text{ кДж} > 0$ — алюминотермия применима.



$Q = 4 \cdot 1676 - 3 \cdot 1117 = 3353 \text{ кДж} > 0$ — алюминотермия применима.

Таким образом, среди рассматриваемых металлов алюминотермию можно применять для получения титана, цинка, меди, железа.

Задание № 11

Условие:

Установите соответствие между формулой вещества и описанием его строения.

Ответ:

Содержит ковалентную неполярную связь, способно образовывать водородные связи	H_2O_2
Содержит ковалентную неполярную связь, образует ионную кристаллическую решётку	Na_2O_2
Содержит ковалентную полярную связь, образует ионную кристаллическую решётку	NH_4Cl

За каждую верную пару — 1 балл

Максимальный балл за задание — 3

Решение.

В списке три вещества с ионной кристаллической решеткой — хлорид аммония NH_4Cl , пероксид (перекись) натрия Na_2O_2 и хлорид натрия NaCl . Ковалентная связь присутствует в первых двух из них — в катионе аммония и в пероксид-анионе, соответственно. Поскольку во втором случае эта связь образована между атомами одного и того же элемента (кислорода), это будет ковалентная неполярная связь, а в первом, где связь образуется между атомами разных элементов — ковалентная полярная связь.

Вещество, содержащее ковалентную неполярную связь и образующее ионную кристаллическую решётку — Na_2O_2 .

Вещество, содержащее ковалентную полярную связь и образующее ионную кристаллическую решётку — NH_4Cl .

Образовывать водородные связи способны два вещества из приведенного набора — фтороводород и пероксид водорода. Однако только во втором

из них присутствует ковалентная неполярная связь О-О. Таким образом, вещество, которое содержит ковалентную неполярную связь и способно образовывать водородные связи — H_2O_2 .

Задание № 12

Условие:

При проведении элементного анализа были определены брутто-формулы ряда солей. Определите типы этих солей.

Ответ:

$\text{Cu}_2\text{CH}_2\text{O}_5$	Основная
$\text{Cr}_2\text{N}_2\text{O}_7\text{H}_8$	Средняя
$\text{CaC}_2\text{H}_2\text{O}_6$	Кислая
$\text{SN}_2\text{O}_4\text{H}_8$	Средняя

За каждую верную пару — 1 балл

Максимальный балл за задание — 4

Решение.

Приведём формулы этих солей к общепринятому виду. Как первое, так и четвертое соединение содержат атомы азота и водорода в мольном соотношении 1 : 4 — логично предположить, что в состав этих солей входят ионы аммония.

Тогда:

$\text{SN}_2\text{O}_4\text{H}_8 \equiv (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ — сульфат аммония, средняя соль.

$\text{Cr}_2\text{N}_2\text{O}_7\text{H}_8 \equiv (\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ — дихромат (бихромат) аммония, средняя соль.

Соль $\text{Cu}_2\text{CH}_2\text{O}_5$, по-видимому, содержит либо карбонат-анион, либо анион муравьиной кислоты. В первом случае получаем $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$, во втором — $\text{Cu}_2(\text{HCO}_2)\text{HO}_3$ — такого вещества не существует. Следовательно, $\text{Cu}_2\text{CH}_2\text{O}_5 \equiv (\text{CuOH})_2\text{CO}_3$ — карбонат гидроксомеди, основная соль.

Соль $\text{CaC}_2\text{H}_2\text{O}_6$, по-видимому, содержит либо гидрокарбонат-анион, либо анион муравьиной кислоты. В первом случае получаем $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, во втором — $\text{Ca}_2(\text{HCO}_2)_2\text{O}$ — такого вещества не существует. Следовательно, $\text{CaC}_2\text{H}_2\text{O}_6 \equiv \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ — гидрокарбонат кальция, кислая соль.