

Разбор заданий школьного этапа ВсОШ по химии

для 9 класса

2023/24 учебный год

Максимальное количество баллов — 50

Задание № 1

Общее условие:

В спасательном жилете из самолета всегда можно найти фонарик, который будет работать только при попадании в воду. Внутри фонарика находятся железная пластинка и 13 г безводного сульфата меди (II). При попадании воды эта соль растворяется, и происходит электрохимическая реакция, благодаря которой загорается светодиод. Ресурс работы такого фонарика составляет 9 часов.



Условие:

К каким типам можно отнести описанную реакцию?

Ответ:

- Замещения
- Гетерогенная
- Обмена
- Окислительно-восстановительная
- Гомогенная

- Соединения
- Разложения

Точное совпадение ответа — 1.5 балла

Штраф за каждый неверный ответ — 0.5 балла

Условие:

Какое количество вещества сульфата меди потребуется взять для изготовления фонарика с ресурсом работы 24 часа? Ответ выразите в молях, округлите до сотых.

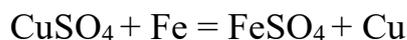
Ответ: 0.22

Точное совпадение ответа — 1.5 балла

Максимальный балл за задание — 3 балла

Решение.

В реакцию вступает твёрдое вещество — железо. Следовательно, реакция *гетерогенная*. Вещество является простым — это достаточное условие, чтобы отнести реакцию к *окислительно-восстановительным*. Тип реакций, в которых происходит замещение одного металла в составе соли другим, относится к реакциям *замещения*:



Чтобы увеличить ресурс работы фонарика до 24 часов, потребуется взять $13 \cdot 24 / 9 = 34.7$ г сульфата меди, что составляет $34.7 / 160 = 0.22$ моль.

Задание № 2.1

Условие:

Бабушке на грядку нужно внести азотно-фосфорное удобрение, содержащее 28 % азота и 21 % фосфора по массе. Помогите бабушке выбрать наиболее подходящее вещество:



Ответ:

- Ортофосфат аммония
- Гидрофосфат аммония
- Дигидрофосфат аммония
- Смесь вышеперечисленных солей

Точное совпадение ответа — 2 балла

Решение.

Определим массовые доли азота и фосфора в указанных соединениях:

$$w(\text{N}) = n(\text{N}) \cdot 14 / M(\text{в-ва}) \cdot 100 \%,$$

где $n(\text{N})$ – число атомов азота в соединении, 14 г/моль — молярная масса азота, $M(\text{в-ва})$ — молярная масса соединения.

$$w(\text{P}) = n(\text{P}) \cdot 31 / M(\text{в-ва}) \cdot 100 \%,$$

где $n(\text{P})$ — число атомов фосфора в соединении, 31 г/моль — молярная масса фосфора, $M(\text{в-ва})$ — молярная масса соединения.

Название вещества	Формула	w (N), %	w (P), %
Ортофосфат аммония	$(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$	28	21
Гидрофосфат аммония	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	21	23
Дигидрофосфат аммония	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	31	27

Отсюда видно, какая соль является оптимальным удобрением для указанных в задании условий.

Задание № 2.2

Условие:

Бабушке на грядку нужно внести азотно-фосфорное удобрение, содержащее 21 % азота и 23 % фосфора по массе. Помогите бабушке выбрать наиболее подходящее вещество:



Ответ:

- Ортофосфат аммония
- Гидрофосфат аммония
- Дигидрофосфат аммония
- Смесь вышеперечисленных солей

Точное совпадение ответа — 2 балла

Решение по аналогии с заданием № 2.1

Задание № 2.3

Условие:

Бабушке на грядку нужно внести азотно-фосфорное удобрение, содержащее 12 % азота и 27 % фосфора по массе. Помогите бабушке выбрать наиболее подходящее вещество:



Ответ:

- Ортофосфат аммония
- Гидрофосфат аммония
- Дигидрофосфат аммония
- Смесь вышеперечисленных солей

Точное совпадение ответа — 2 балла

Решение по аналогии с заданием № 2.1

Задание № 3

Условие:

Юный химик Филипп отправился на каникулы на море. Там он заскучал и решил немного поэкспериментировать: получить иод из имеющихся в наличии средств. Выберите минимальный набор реактивов, необходимый для проведения опыта:

Ответ:

- Уголь
- Поваренная соль
- Морская капуста
- Отбеливатель с активным хлором
- Гелевая ручка
- Белая гуашь
- Электролит для свинцового аккумулятора
- Речной песок

За каждый верный ответ — 1 балл

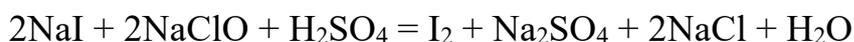
Штраф за каждый неверный ответ — 1 балл

Максимальный балл за задание — 3 балла

Решение.

Морская капуста является хорошо известным источником иода. В ней он содержится в виде различных соединений, в том числе и в виде солей — иодидов калия и натрия. Отбеливатели содержат окислители, электролит для свинцового аккумулятора — серная кислота — создаст кислую среду.

Пример возможной реакции:



Задание № 4.1

Условие:

Для обезжиривания посуды в химических лабораториях используют хромовую смесь — раствор дихромата калия в серной кислоте. Какую массу дихромата калия надо добавить к 100 %-ной серной кислоте, чтобы получить 1 кг хромовой смеси с мольной долей серной кислоты 98.4 %? Ответ выразите в граммах, округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [46.0; 47.0]

Точное совпадение ответа — 3 балла

Решение.

Обозначим количество вещества дихромата калия x , серной кислоты — y .

Тогда легко составить систему уравнений:

$$294x + 98y = 1000$$

$$y/(x + y) = 0.984$$

Отсюда $x = 0.158$ моль

$$M(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 0.1563 \cdot 294 = 45.9 \text{ г}$$

Задание № 4.2

Условие:

Для обезжиривания посуды в химических лабораториях используют хромовую смесь — раствор дихромата калия в серной кислоте. Какую массу дихромата калия надо добавить к 100 %-ной серной кислоте, чтобы получить 0.5 кг хромовой смеси с мольной долей серной кислоты 99.2 %? Ответ выразите в граммах, округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [11.5; 12.5]

Точное совпадение ответа — 3 балла

Решение по аналогии с заданием № 4.1

Задание № 5

Условие:

Ниже зашифрована формула некоторого химического соединения. Рисунки соответствуют элементам, а числа показывают их процентное содержание по массе.

Элемент				
Массовая доля	29.4 %	0.7 %	22.8 %	47.1 %

Определите химическую формулу вещества. В ответе запишите брутто-формулу, расположив элементы в том же порядке, что и в ребусе.

Ответ: CaHPO_4

Точное совпадение ответа — 5 баллов

Решение.

Последний рисунок, очевидно, указывает на кислород. Второй элемент, судя по очень маленькой массовой доле, водород. Найдём их соотношение в веществе.

Пусть количество атомов водорода равно 1, количество атомов кислорода — x . Тогда можно составить пропорцию:

$$1 — 16x$$

$$0.7 — 47.1$$

$$\text{Отсюда } x = 47.1 / (0.7 \cdot 16) = 4.2 \approx 4$$

Найдём массу первого элемента, приходящуюся на 4 моль атомов кислорода:

$$64 — y$$

$$47.1 — 29.1$$

$y = 64 \cdot 29.1/47.1 = 39.5 \approx 40$ г, что соответствует молярной массе кальция (как раз элемент, содержащийся в костях).

Аналогично подойдем к определению оставшегося элемента:

$$64 — z$$

$$47.1 — 22.8$$

$z = 64 \cdot 22.8/47.1 = 31$ г, что соответствует фосфору (рисунок, очевидно, символизирует красный фосфор).

Соединение – CaHPO_4 .

Задание № 6.1

Условие:

В четыре пробирки массой по 13.00 г поместили по 10.00 г 20 %-ного водного раствора гидроксида натрия. После этого в пробирки добавили маленькими порциями по 1.00 г следующих тщательно измельченных веществ и нагрели:

- Натрий;
- Иод;
- Медь;
- Алюминий;

При необходимости (реакция не начиналась сразу) пробирку подогревали.

Определите массы пробирок с веществами спустя сутки после добавления реагентов. Испарением воды пренебечь. Ответ введите в граммах, округлите до сотых.

Добавленное вещество	Масса пробирки, г
Натрий	...
Иод	...
Медь	...
Алюминий	...

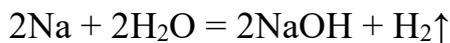
Ответ:

Добавленное вещество	Масса пробирки, г
Натрий	23.96
Иод	24.00
Медь	24.00
Алюминий	23.89

За каждый верный пункт — 1 балл, всего — 4 балла

Решение.

Натрий будет взаимодействовать с присутствующей в растворе водой, при этом выделится водород:



Соответственно, масса пробирки с раствором увеличится на массу добавленного натрия и уменьшится на массу выделившегося водорода.

$$m(\text{H}_2) = 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot m(\text{Na}) / M(\text{Na}) = 1/23 = 0.04 \text{ г}$$

Масса пробирки с раствором составит

$$m(\text{проб.}) = 13 + 10 + 1 - 0.04 = 23.96 \text{ г}$$

Иод реагирует со щёлочью, однако продукты взаимодействия остаются в растворе:

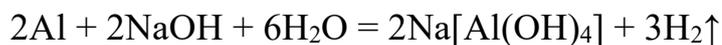


$$m(\text{проб.}) = 13 + 10 + 1 = 24.00 \text{ г}$$

Медь реагировать с раствором щелочи не будет

$$m(\text{проб.}) = 13 + 10 + 1 = 24.00 \text{ г}$$

Алюминий взаимодействует с раствором щёлочи с выделением водорода, в условиях избытка щёлочи образуются гидроксокомплексы:



$$m(\text{H}_2) = 2 \cdot \frac{3}{2} \cdot m(\text{Al}) / M(\text{Al}) = 3/27 = 0.11 \text{ г}$$

$$m(\text{проб.}) = 13 + 10 + 1 - 0.11 = 23.89 \text{ г}$$

Задание № 6.2

Условие:

В четыре пробирки массой по 13.00 г поместили по 10.00 г 30 %-ного водного раствора гидроксида натрия. После этого в пробирки добавили маленькими порциями по 3.00 г следующих тщательно измельченных веществ и нагрели:

- Калий;
- Серебро;
- Иод;
- Кремний.

При необходимости (реакция не начиналась сразу) пробирку подогревали.

Определите массы пробирок с веществами спустя сутки после добавления реагентов. Испарением воды пренебечь. Ответ введите в граммах, округлите до сотых.

Добавленное вещество	Масса пробирки, г
Калий	...
Серебро	...
Иод	...
Кремний	...

Ответ:

Добавленное вещество	Масса пробирки, г
Калий	25.92
Серебро	26.00
Иод	26.00
Кремний	25.57

За каждый верный пункт — 1 балл, всего — 4 балла

Решение по аналогии с заданием № 6.1

Задание № 7

Общее условие:

Как известно, в природе встречаются озера, вода которых радиоактивна. При этом радиоактивность снижается как при стоянии проб воды, так и при их кипячении.

Какой элемент отвечает за радиоактивность такой воды? Обратите внимание, что название данного элемента является производным от названия другого радиоактивного элемента, при исследовании свойств которого он и был открыт.

Условие:

Запишите атомную массу его наиболее стабильного изотопа (именно она указана в таблице Менделеева). Ответ выразите в г/моль, округлите до целых.

Ответ: 222

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Радиоактивные элементы нестабильны, они подвергаются последовательному радиоактивному распаду, конечным продуктом которого для тяжелых элементов является либо висмут-209, либо свинец (изотопы с массовыми числами 206, 207 или 208). Запишите массовое число конечного продукта распада наиболее стабильного изотопа обсуждаемого элемента.

Справочный материал:

Существует три типа радиоактивного распада. При альфа-распаде ядро радиоактивного элемента испускает ядро изотопа гелия с массовым числом 4, при бета-минус-распаде — испускает электрон (массовое число 0), при бета-плюс-распаде — позитрон (антиэлектрон, массовое число 0).

Ответ: 206

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Важнейшей характеристикой активности радиоактивного элемента является его период полураспада — время, за которое количество исходных ядер уменьшается в 2 раза. Для наиболее стабильного изотопа обсуждаемого элемента эта величина составляет 3.8 суток. Во сколько раз уменьшится количество ядер этого изотопа через полмесяца? Ответ округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [15; 17]

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 6 баллов

Решение.

Уменьшение радиоактивности проб воды как при стоянии, так и при кипячении позволяет сделать вывод, что радиоактивность воды обусловлена некоторым растворённым в ней газом. Радиоактивным газом является радон, основной природный изотоп — ^{222}Rn .

Из приведённых для справки данных нетрудно увидеть, что изменение массы происходит только при альфа-распаде, притом потеря массы должна быть кратна 4 а.е.м. Тогда легко проверить:

$$222 - 206 = 16 \text{ — кратно } 4$$

$$222 - 207 = 15 \text{ — не кратно } 4$$

$$222 - 208 = 14 \text{ — не кратно } 4$$

$$222 - 209 = 13 \text{ — не кратно } 4$$

Таким образом, распад идёт с образованием в качестве конечного продукта ^{206}Pb .

Количество ядер радиоактивного элемента уменьшается в соответствии с законом радиоактивного распада:

$$N = N_0 \cdot 2^{-t/T},$$

где N — число ядер, оставшихся через промежуток времени t ,

N_0 — начальное количество ядер радиоактивного элемента,

T — период полураспада.

Тогда за полмесяца количество ядер уменьшится примерно в $2^{15.5/3.8} = 2^4 = 16$ раз.

Задание № 8.1

Условие:

Установите соответствие между символом элемента и формой орбитали, на которой располагаются электроны, обладающие в атоме данного элемента наибольшей энергией.

Ответ:

Ne	
Zn	
S	
K	
Mg	
Mn	

За каждую верную пару — 0.5 балла, всего — 3 балла

Задание № 8.2

Условие:

Установите соответствие между символом элемента и формой орбитали, на которой располагаются электроны, обладающие в атоме данного элемента наибольшей энергией.

Ответ:

Cl	
He	
Fe	 или 
Ti	 или 
Na	
Al	

За каждую верную пару — 0.5 балла, всего — 3 балла

Задание № 9.1

Общее условие:

Некий минерал состоит из четырех элементов. Массовые доли хлора, водорода и кислорода в нем равны 32.4 %, 5.5 %, 43.8 % соответственно.

Условие:

Запишите химический символ недостающего элемента.

Ответ: Ca

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Запишите формулу нерастворимого или малорастворимого продукта взаимодействия этого минерала с раствором кристаллической соды.

Ответ: CaCO₃

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Запишите формулу нерастворимого или малорастворимого продукта взаимодействия этого минерала с раствором глауберовой соли.

Ответ: CaSO₄

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 6 баллов

Решение.

Найдём соотношение количества атомов указанных элементов:

$$32.4/35.5 : 5.5/1 : 43.8 : 16 = 0.9 : 5.5 : 2.7 = 1 : 6 : 3.$$

По всей видимости, минерал — кристаллогидрат хлорида некоторого металла.

На этот металл приходится $100 - 32.4 - 5.5 - 43.8 = 18.3 \%$.

Если металл одновалентный, его атомная масса составляет:

$35.5/32.4 \cdot 18.3 = 20.05$ а.е.м. — ничего подходящего нет.

Если металл двухвалентный, получаем атомную массу 40.1 а.е.м., что соответствует кальцию.

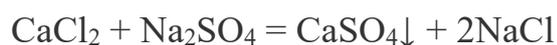
Таким образом, минерал — $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, антарктицит.

Уравнения реакций:

Кристаллическая сода — $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$. Нерастворимым продуктом будет карбонат кальция:



Глауберова соль — $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$. Малорастворимым продуктом будет сульфат кальция:



Задание № 9.2

Общее условие:

Некий минерал состоит из четырех элементов. Массовые доли хлора, водорода и кислорода в нем равны 35.0 %, 5.9 %, 47.3 % соответственно.

Условие:

Запишите химический символ недостающего элемента.

Ответ: Mg

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Запишите формулу нерастворимого или малорастворимого продукта взаимодействия этого минерала с раствором кристаллической соды.

Ответ: MgCO_3

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Запишите формулу нерастворимого или малорастворимого продукта взаимодействия этого минерала с раствором каустической соды.

Ответ: $\text{Mg}(\text{OH})_2$

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 6 баллов

Решение по аналогии с заданием № 9.1

Задание № 10.1

Общее условие:

Сосуд, заполненный при некоторых условиях неоном, имеет массу 90.0 г. Если сосуд при тех же условиях заполнить криптоном, то его масса составит 95.0 г.

Условие:

Определите массу сосуда. Ответ выразите в граммах, округлите до десятых.

Ответ: 88.4

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

В каком объемном соотношении надо смешать гелий и ксенон, чтобы данный сосуд, заполненный этой смесью при тех же условиях, имел массу 92.5 г? В ответ запишите отношение объема ксенона к объему гелия, округлите до сотых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [0.62; 0.63]

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

Согласно закону Авогадро, при одинаковых условиях в равных объёмах различных газов содержится одинаковое количество вещества. Пусть количество вещества, содержащееся в сосуде массой x г, составляет n моль.

Тогда:

$$x + 20n = 90$$

$$x + 84n = 95$$

Отсюда $x = 88.4$ г, $n = 0.078$ моль

Для смеси гелия и ксенона будет справедливо утверждение:

$$y \cdot 4 + (0.078 - y) \cdot 131 + 88.4 = 92.5, \text{ где } y \text{ — количество вещества гелия}$$
$$y = 0.048$$

Отношение объёмов гелия и ксенона составит $(0.078 - 0.048)/0.048 = 0.625$.

Задание № 10.2

Общее условие:

Сосуд, заполненный при некоторых условиях закисью азота (веселящим газом), имеет массу 105.0 г. Если сосуд при тех же условиях заполнить монооксидом азота, то его масса составит 101.0 г.

Условие:

Определите массу сосуда. Ответ выразите в граммах, округлите до десятых.

Ответ: 92.4

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

В каком объемном соотношении надо смешать азот и диоксид азота, чтобы данный сосуд, заполненный этой смесью при тех же условиях, имел массу 103.0 г? В ответ запишите отношение объема азота к объему диоксида азота, округлите до сотых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [0.99; 1.01]

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение по аналогии с заданием № 10.1

Задание № 11.1

Условие:

Заполните пропуски.

Простое вещество ... при горении во фторе образует соединение ..., содержащее 78.1 % галогена по массе, а при горении в хлоре — соединение ..., содержащее 81.6 % галогена.

Ответ:

Простое вещество S или S₆ или S₈ при горении во фторе образует соединение SF₆, содержащее 78.1 % галогена по массе, а при горении в хлоре — соединение SCl₄, содержащее 81.6 % галогена.

За верный первый пункт — 2 балла, за верные второй и третий пункты — по 1 баллу, всего — 4 балла

Условие:

Вещество, полученное при горении в хлоре, растворили в воде и к полученному раствору добавили лакмус.

Какую окраску приобретет раствор?

Ответ:

- Красный
- Фиолетовый
- Синий
- Невозможно определить

Точное совпадение ответа — 1 балл

Максимальный балл за задание — 5 баллов

Решение.

Молярная масса неизвестного элемента составит:

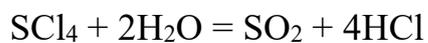
$$M = 21.9 \cdot 19 \cdot x / 78.1 = 5.33x,$$

где x — валентность неизвестного элемента в его фториде.

Перебирая возможные значения x , при $x = 6$ получаем $M = 32$, что соответствует сере:



Массовая доля хлора составляет $35.5 \cdot 4 / (32 + 35.5 \cdot 4) = 81.6\%$, что соответствует условию задачи.



Среда кислая, лакмус приобретёт розовую окраску.

Задание № 11.2

Условие:

Заполните пропуски.

Простое вещество ... при горении в хлоре образует соединение ..., содержащее 85.1 % галогена по массе, а при взаимодействии с избытком иода — соединение ..., содержащее 92.5 % галогена.

Ответ:

Простое вещество **P** или **P₄** при горении в хлоре образует соединение **PCl₅**, содержащее 85.1 % галогена по массе, а при взаимодействии с избытком иода — соединение **PI₃**, содержащее 92.5 % галогена.

За верный первый пункт — 2 балла, за верные второй и третий пункты — по 1 баллу, всего — 4 балла

Условие:

Вещество, полученное при взаимодействии с иодом, растворили в воде и к полученному раствору добавили метиловый оранжевый.

Какую окраску приобретет раствор?

Ответ:

- Красный
- Оранжевый
- Желтый
- Невозможно определить

Точное совпадение ответа — 1 балл

Максимальный балл за задание — 5 баллов

Решение по аналогии с № 11.1

Задание № 12

Общее условие:

Для сваривания различных металлических частей (например, трамвайных рельсов) нередко используется термитная смесь. Одним из наиболее распространенных вариантов такой смеси является железный термит, состоящий из стехиометрической смеси оксида железа (III) и порошка алюминия. Количество теплоты, теплоемкость и изменение температуры связаны между собой соотношениями $Q = C \cdot \Delta t$, где Q — количество теплоты, сообщенной системе, C — ее общая теплоемкость, Δt — изменение температуры системы.

Условие:

Определите количество теплоты, выделяющееся при воспламенении 20.0 г такой смеси, если энтальпии образования оксида железа (III) и оксида алюминия составляют -822 и -1670 кДж/моль, соответственно. Ответ выразите в килоджоулях, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [77; 81]

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

До какой температуры раскалятся продукты реакции, если их начальная температура составляет 20 °C. Теплоемкости веществ приведены в таблице. Температурной зависимостью теплоемкости можно пренебречь.

	Al	Fe	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
C, Дж/(моль К)	55	66	142	103.8

Ответ: засчитывается в диапазоне [3200; 3500]

Точное совпадение ответа — 3 балла

Условие:

Оцените, температуру, достигаемую продуктами реакции, если взять не 20.0 г, а 10.0 г термитной смеси. Ответ выразите в кельвинах, округлите до целых.

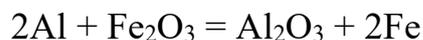
Ответ: засчитывается в диапазоне [3200; 3500]

Точное совпадение ответа — 1 балл

Максимальный балл за задание — 6 баллов

Решение.

Определим изменение энтальпии в реакции



Оно составит: $\Delta H = \Delta_f H(\text{Al}_2\text{O}_3) - \Delta_f H(\text{Fe}_2\text{O}_3) = -1670 + 822 = -848$ кДж, что соответствует тепловому эффекту 848 кДж.

Данный тепловой эффект сопровождает реакцию с участием

$$2 \cdot 27 + (2 \cdot 56 + 3 \cdot 16) = 214 \text{ г смеси.}$$

Тогда тепловой эффект реакции для 20 г смеси составит

$$20 \cdot 848 / 214 = 79.3 \text{ кДж.}$$

Теплоемкость продуктов реакции составит:

$$C = 142 + 2 \cdot 66 = 274 \text{ Дж/К} \cdot \text{моль.}$$

Температура достигнет:

$$848\,000 / 274 + 273 = 3367.89 \text{ }^\circ\text{C.}$$