

Разбор заданий школьного этапа ВсОШ по химии

для 9 класса

2023/24 учебный год

Максимальное количество баллов — 50

Задание № 1

Общее условие:

Нагревание металла **X** в токе жёлто-зелёного газа **Y** приводит к образованию фиолетовых кристаллов вещества **Z**. В результате эксперимента было обнаружено, что из 1.000 г **X** образуется 2.286 г **Z** (выход 75 %).

Условие:

Запишите символ элемента, образующего соединение **X**.

Ответ: Cr

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Запишите брутто-формулу вещества **Z**.

Ответ: CrCl₃

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Определите теоретическую массу **Z**, которая могла быть получена в результате эксперимента. Ответ выразите в граммах, округлите до целых.

Ответ: 3

Точное совпадение ответа — 1 балл

Максимальный балл за задание — 5 баллов

Решение.

Исходя из условия задачи, можно сделать предположение о том, что вещество **Y** — хлор. Тогда **Z** — хлорид металла **X**. Теоретическая масса (при выходе 100 %) вещества **Z** равна: $2.286 / 0.75 = 3.048 \text{ г} \approx 3 \text{ г}$. Тогда молекулярную массу вещества $\mathbf{Z} = \mathbf{XCl}_n$ можно вычислить по следующей формуле:

$$M(\mathbf{XCl}_n) = Ar(\text{Cl}) \cdot n \cdot 3.048 / (3.048 - 1) = 52.83n.$$

$$Ar(\mathbf{X}) = (52.83 - 35.5) \cdot n = 17.33n.$$

Перебор значений n приводит при $n = 3$ к $Ar(\mathbf{X}) = 52 \text{ г/моль}$, что соответствует хрому (Cr). Итак, $\mathbf{Z} = \text{CrCl}_3$.

Задание № 2

Общее условие:

При добавлении к водному раствору вещества **X** ($\omega(\text{Na}) = 29.11\%$; $\omega(\text{S}) = 40.51\%$; $\omega(\text{O}) = 30.38\%$) разбавленной серной кислоты происходит выделение сернистого газа и помутнение раствора за счёт образования простого вещества жёлтого цвета.

Условие:

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

Ответ: 158

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Определите сумму минимальных целочисленных коэффициентов в уравнении реакции взаимодействия раствора **X** с разбавленной серной кислотой.

Ответ: 6

Точное совпадение ответа — 2 балла

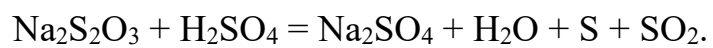
Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

Указание на массовое содержание натрия, серы и кислорода в составе соединения позволяет утверждать, что

$$\begin{aligned} \text{X} &= \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ (158 г/моль): } n(\text{Na}) : n(\text{S}) : n(\text{O}) = \\ &= 29.11 / 23 : 40.51 / 32 : 30.38; \\ &16 = 2 : 2 : 3. \end{aligned}$$

Взаимодействие тиосульфата натрия с серной кислотой приводит к диспропорционированию вещества на серу и сернистый газ:



$$1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 = 6.$$

Задание № 3

Условие:

На простые вещества действовали указанными в таблице реагентами. Также приведены некоторые продукты реакций, общее число которых составляло от 1 до 3. Заполните пропуски формулами этих простых веществ.

Простое вещество	Реагент	Один из продуктов
...	NaOH	Na ₂ O
...	SO ₂	SO ₃
...	[Cu(NH ₃) ₄]Cl ₂	[Cu(NH ₃) ₂]Cl
...	NaOH	O ₂

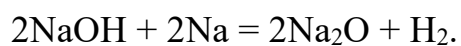
Ответ:

Простое вещество	Реагент	Один из продуктов
Na	NaOH	Na ₂ O
O₂	SO ₂	SO ₃
Cu	[Cu(NH ₃) ₄]Cl ₂	[Cu(NH ₃) ₂]Cl
F₂	NaOH	O ₂

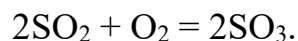
За каждый верный пункт — 1 балл, всего — 4 балла

Решение.

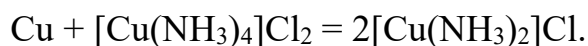
Известный способ получения оксида натрия — реакция гидроксида натрия с натрием:



Получение SO_3 из SO_2 в промышленности проводится окислением сернистого газа кислородом:



Заметим, что при добавлении одного атома меди к формульной единице реагента получается такое же соотношение атомов, как в продукте, значит, речь идёт о сопропорционировании меди:



Только одно простое вещество взаимодействует с гидроксидом натрия с выделением кислорода — фтор (из простых веществ лишь он способен окислить кислород):



Задание № 4

Условие:

Какие из перечисленных неорганических веществ способны практически необратимо реагировать с водой при комнатной температуре?

Ответ:

- PCl_3
- CO_2
- SiO_2
- SO_3
- ZnO
- P_4O_{10}
- F_2
- N_2O
- MgO
- Fe
- Li
- P_4
- CaH_2
- Al_2S_3

За каждый верный ответ — 0.5 балла

При выборе более 13 пунктов — 0 баллов

Максимальный балл за задание — 3.5 балла

Решение.

Углекислый газ и оксид кремния (IV) не реагируют с водой необратимо, хоть и являются кислотными оксидами. Угольная кислота неустойчива и легко распадается, а кремниевая кислота образуется лишь на поверхности оксида кремния и при нагревании отщепляет воду обратно.

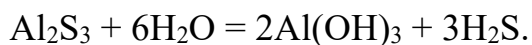
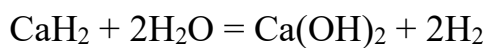
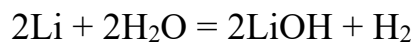
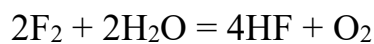
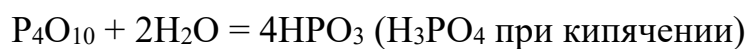
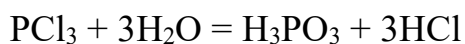
С водой также по кинетическим причинам не реагируют ZnO и MgO.

N₂O не реагирует с водой, так как является несолеобразующим оксидом.

Железо, как и фосфор, не реагирует с водой при комнатной температуре.

Сульфид алюминия нацело гидролизуется водой с образованием гидроксида алюминия и сероводорода, это можно понять, заглянув в таблицу растворимости.

Уравнения реакций:



Задание № 5

Общее условие:

После взаимодействия 50 мл 0.07 моль/л раствора мышьяковой кислоты (H_3AsO_4) и 140 мл раствора гидроксида натрия в сосуде, помимо воды, была обнаружена лишь смесь солей в равном количестве. При этом в полученном растворе соотношение атомов натрия и мышьяка равно 3:2 соответственно.

Условие:

Сколько различных солей входит в полученный раствор?

Ответ: 2

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Определите концентрацию исходного раствора гидроксида натрия. Ответ выразите в миллимоль/литр, округлите до десятых.

Ответ: 37.5

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

Мышьяковая кислота — трёхосновная кислота. Смесь сразу трёх солей — среднего арсената, гидроарсената и дигидроарсената — не может быть получена. Итак, две соли.

Есть два варианта состава эквимольной смеси солей: арсенат + гидроарсенат и гидроарсенат + дигидроарсенат. В первом случае соотношение атомов натрия и мышьяка равно 5 к 2, во втором — 3 к 2 соответственно. Таким

образом, речь идёт об эквимольной смеси гидроарсената и дигидроарсената.

$$n(\text{H}_3\text{AsO}_4) = 0.05 \cdot 0.07 = 3.5 \text{ ммоль.}$$

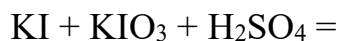
$$n(\text{NaOH}) = 1.5 \cdot n(\text{H}_3\text{AsO}_4) = 5.25 \text{ ммоль.}$$

$$c(\text{NaOH}) = 5.25 / 0.14 = 37.5 \text{ мМ.}$$

Задание № 6

Условие:

Определите число протонов в молекуле простого вещества, которое образуется в результате протекания реакции:



Ответ: 106

Точное совпадение ответа — 1 балл

Условие:

Определите сумму минимальных целочисленных коэффициентов в уравнении реакции:

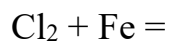


Ответ: 20

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Определите степень окисления, в которую перейдет элемент-восстановитель в результате протекания реакции (например, +4 или -2):



Ответ: +3

Точное совпадение ответа — 1 балл

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

1. 106 (I₂)

2. $3\text{Cl}_2 + \text{KI} + 6\text{KOH} = 6\text{KCl} + 3\text{H}_2\text{O} + \text{KIO}_3$

3.+3 (FeCl₃)

Задание № 7

Общее условие:

При сгорании 16.4 г газовой смеси этана (C_2H_6) и пропана (C_3H_8) образуются только углекислый газ, вода и выделяется 844.2 кДж теплоты. Теплоты сгорания этана и пропана равны 1560 и 2206 кДж/моль соответственно.

Условие:

Запишите коэффициент перед кислородом в уравнении реакции сгорания пропана, если все коэффициенты — наименьшие целые числа.

Ответ: 5

Точное совпадение ответа — 1.5 балла

Условие:

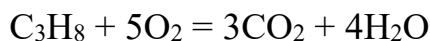
Определите молярное соотношение этана и пропана $\frac{n(C_2H_6)}{n(C_3H_8)}$ в смеси. Ответ округлите до целых.

Ответ: 4

Точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 4.5 балла

Решение.



Пусть в исходной смеси находится x моль этана и y моль пропана. Выразим теплоту сгорания 1 моль смеси через наши переменные:

$$Q_m = (Q_{\text{сгор}}(C_2H_6) \cdot x + Q_{\text{сгор}}(C_3H_8) \cdot y) / (x + y).$$

При этом количество моль смеси может быть найдено по формуле:

$$n_{\text{см}} = x + y = m_{\text{см}}/M_{\text{см}} = 16.4/M_{\text{см}}.$$

Тогда, разделив количество выделившейся в ходе сгорания смеси теплоты на число моль смеси, получим мольную теплоту сгорания смеси:

$$\begin{aligned} 844.6 \cdot M_{\text{см}} / 16.4 &= (Q_{\text{сгор}}(\text{C}_2\text{H}_6) \cdot x + Q_{\text{сгор}}(\text{C}_3\text{H}_8) \cdot y) / (x + y) = \\ &= 1560 \cdot x(\text{C}_2\text{H}_6) + 2206 \cdot x(\text{C}_3\text{H}_8) = 51.5 \cdot (30 \cdot x(\text{C}_2\text{H}_6) + 44 \cdot x(\text{C}_3\text{H}_8)) = \\ &= 1545 \cdot x(\text{C}_2\text{H}_6) + 2266 \cdot x(\text{C}_3\text{H}_8) \Rightarrow 15 \cdot x(\text{C}_2\text{H}_6) = 60 \cdot x(\text{C}_3\text{H}_8) \Rightarrow \\ &\Rightarrow x(\text{C}_2\text{H}_6) / x(\text{C}_3\text{H}_8) = 4 \end{aligned}$$

Задание № 8

Общее условие:

Соединение ^{18}F -дезоксиглюкоза, имеющее формулу $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{O}_5^{18}\text{F}$, широко используется в ядерной медицине для проведения позитронно-эмиссионной томографии. ^{18}F -дезоксиглюкоза быстро распадается, поэтому ее получают непосредственно перед проведением томографии.

Условие:

Определите массовую долю фтора в ^{18}F -дезоксиглюкозе. Ответ выразите в процентах, округлите до целых. При расчётах атомные массы всех элементов округляйте до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [9.9; 10.1]

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Сколько ^{18}F будет в теле пациента непосредственно перед томографией, если изначально выделяют 0.1 грамм ^{18}F -дезоксиглюкозы, 15 % вещества распадается с момента получения до введения пациенту, а 15 % от введённого количества распадётся до момента непосредственного проведения томографии? Ответ выразите в миллиграммах, округлите до сотых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [7.14; 7.23]

Точное совпадение ответа — 2 балла

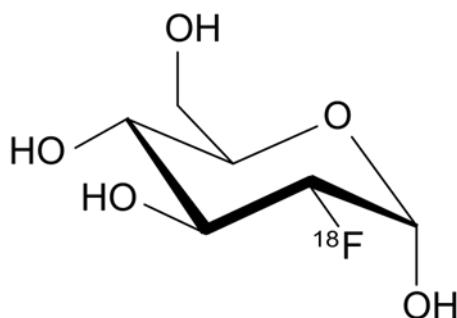
Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

Определим молярную массу ^{18}F -дезоксиглюкозы.

Она равна $12 \cdot 6 + 11 + 16 \cdot 5 + 18 = 181$ г/моль.

Массовая доля ^{18}F в этом соединении равна $18 / 181 \cdot 100 \% = 9.94475 \%$ или 10% после округления.



Оценим общую массу ^{18}F -дезоксиглюкозы, которая останется в теле пациента к моменту проведения томографии.

Она равна $0.1 \cdot (1 - 0.15) \cdot (1 - 0.15) = 0.07225$ грамма.

Учитывая массовую долю ^{18}F в ^{18}F -дезоксиглюкозе, получим $0.07225 \cdot 0.0994 = 0.00718$ грамм или 7.2 мг. Если учесть диапазон ответов на первый вопрос, получаем диапазон $[7.14; 7.23]$.

Задание № 9

Общее условие:

Соединение Ba_2XO_6 при нагревании разлагается с образованием оксида бария и смеси газов, которая состоит из двух простых веществ, причём одно из них является одноатомным. Эта смесь имеет плотность по водороду, равную 32.5.

Условие:

Определите мольное соотношение между двумя газами в смеси, разделив большее количество на меньшее. Ответ округлите до десятых.

Ответ: 2

Точное совпадение ответа — 3 балла

Условие:

Запишите химический символ элемента X.

Ответ: Xe

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 5 баллов

Решение.

Смесь газов после разложения должна состоять из кислорода и второго газа — простого вещества. Пусть второе простое вещество одноатомное.

Запишем уравнение разложения соли Ba_2XO_6 с учётом всей информации из задачи:



Смесь из 1 моль X и 2 моль O_2 имеет массу, равную $32.5 \cdot 2 \cdot 3 = 195$ г. Вычитая $2 \cdot 32$ грамм из массы 2 моль O_2 , получим $195 - 64 = 131$ г, что соответствует ксенону.

Задание № 10

Общее условие:

Дан набор газов: HCl , CO_2 , NH_3 , H_2 , O_2 , HI .

Условие:

Какие из них можно сушить над концентрированной серной кислотой?

Ответ:

- HCl
- CO_2
- NH_3
- H_2
- O_2
- HI

За каждый верный ответ — 0.5 балла

При выборе более 4 пунктов — 0 баллов

Условие:

Выберите два газа, смесь которых НЕ может быть тяжелее воздуха.

Ответ:

- HCl
- CO_2
- NH_3
- H_2
- O_2
- HI

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

С серной кислотой не реагируют хлороводород, углекислый газ, водород и кислород. Аммиак вступает в реакцию с образованием гидросульфата аммония, а иодоводород окисляется с образованием иода.

Необходимо создать смесь со средней молярной массой в 29 г/моль. Подходит смесь любых газов, кроме аммиака с водородом.

Задание № 11

Условие:

Определите типы кристаллических решёток перечисленных соединений (при условии, что они находятся в твердом состоянии), а также типы связей для **некоторых** из них.

Ответ:

H ₂ O	Молекулярная решётка
Si	Атомная решётка
	Ковалентная неполярная связь
LiF	Ионная решётка
HF	Молекулярная решётка
Fe	Металлическая решётка
	Металлическая связь
Na ₂ SO ₄	Ионная решётка

За каждую верную пару — 0.5 балла, всего — 4 балла

Решение.

В твёрдом виде молекулы воды не диссоциируют на ионы, а образуют сеть водородных связей, поэтому кристаллическая решётка является молекулярной.

В твёрдом виде каждый атом кремния связывается с другими атомами посредством четырёх ковалентных связей, поэтому решётка является атомной.

LiF является солью, в её структуре присутствуют катионы Li⁺ и анионы F⁻.

Поэтому кристаллическая решётка является ионной.

В твёрдом HF, в отличие от LiF, не образуются катионы H⁺ и анионы F⁻ из-за высокой энергии связи HF. Поэтому кристаллическая решётка является молекулярной.

Na₂SO₄ является солью, в её структуре присутствуют катионы Na⁺ и анионы SO₄²⁻. Поэтому кристаллическая решётка является ионной.

Fe является металлом и имеет металлическую кристаллическую решётку, а также металлическую связь.

Ковалентная неполярная связь может образоваться между двумя одинаковыми атомами. Среди всех представленных веществ подходит только Si, в котором каждый атом кремния связан с четырьмя соседними атомами кремния посредством четырёх ковалентных неполярных связей.

Задание № 12

Общее условие:

Природный уран почти полностью состоит из изотопа с массовым числом, равным 238. Этот изотоп последовательно распадается с выделением альфа-частиц и электронов, а конечным продуктом распада является стабильный свинец-206.

Альфа-частицей называют ядро атома гелия-4.

Условие:

Сколько альфа-частиц получится из одной частицы урана-238, когда тот превратится в свинец-206?

Ответ: 8

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Уран-238 распадается так медленно, что скорость его распада можно считать постоянной на протяжении многих лет — 12.5 тысяч распадов в секунду на 1 грамм изотопа.

Определите активность источника массой 25 кг, содержащего 0.5 % урана-238 по массе. Ответ выразите в тысячах распадов в секунду, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [1562; 1563]

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

Массовое число изменяется лишь в ходе альфа-распада, значит, число таких распадов равно $(238 - 206) / 4 = 8$.

Активность такого источника будет равна $25 \cdot 1000 \cdot 0.005 \cdot 12.5 = 1562$ кБк.