

Разбор заданий школьного этапа ВсОШ по химии

для 9 класса

2023/24 учебный год

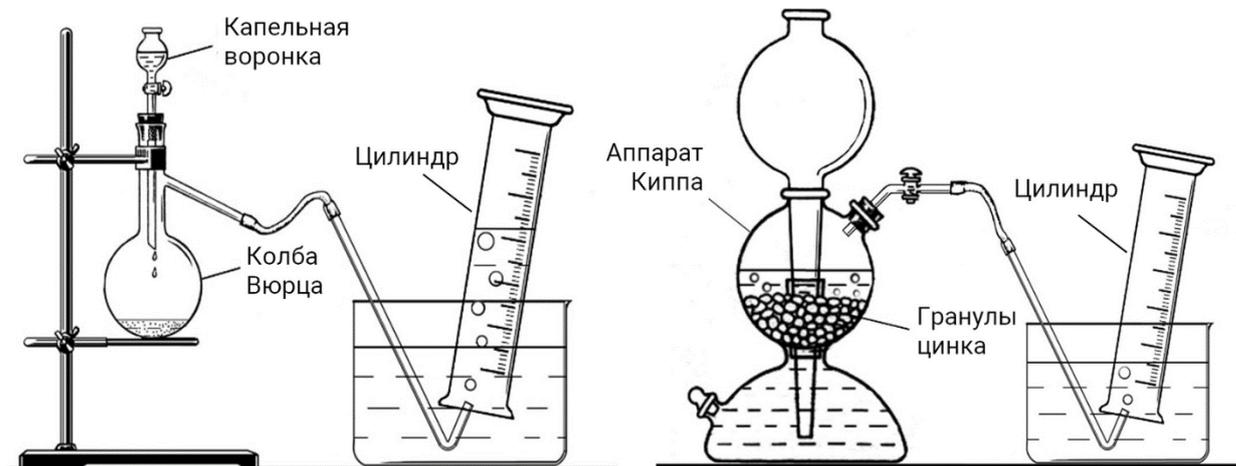
Максимальное количество баллов — 50

Задание № 1

Условие:

В колбу Вюрца поместили кристаллы перманганата калия. Капельную воронку наполнили концентрированным раствором вещества **А**. Когда открыли кран капельной воронки, раствор **А** начал взаимодействовать с кристаллами перманганата калия в колбе Вюрца, при этом выделялся газ **Б**, простое вещество жёлто-зелёного цвета, и его собирали в цилиндр. Заполнив цилиндр на половину объёма, опыт прекратили.

В аппарат Киппа поместили гранулы цинка и залили раствор вещества **А**. При взаимодействии раствора **А** с цинком выделялся бесцветный газ **В**, который собирали в цилиндр, наполовину заполненный газом **Б**.



Цилиндр, заполненный смесью газов **Б** и **В**, неплотно закрыли пробкой, извлекли из ванны и осветили яркой вспышкой света. В результате очень быстрой реакции образовался газ **А**.

Газ **А** хорошо растворяется в воде. Раствор **А** реагирует с питьевой (пищевой) содой. В результате реакции выделяется газ **Г**, а в растворе образуется соль **Д**.
Запишите формулы веществ.

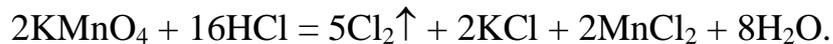
Ответ:

А	HCl
Б	Cl ₂
В	H ₂
Г	CO ₂
Д	NaCl

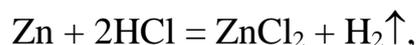
За каждый верный пункт — 1 балл, всего — 5 баллов

Решение.

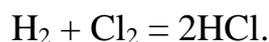
Простое вещество жёлто-зелёного цвета — Cl₂ (газ **Б**). Его получают окислением HCl (газ **А**):



Цинк с соляной кислотой дают водород (газ **В**):



который реагирует с хлором:



Раствор HCl (соляная кислота) реагирует с карбонатом натрия:



Задание № 2

Общее условие:

Вещество состоит из ионов, имеющих одинаковую электронную конфигурацию. Масса положительного иона более чем втрое превышает массу отрицательного иона.

Условие:

Запишите формулу вещества.

Ответ: LiH

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Запишите электронную конфигурацию ионов, входящих в состав вещества (пример записи: $1s^2 2s^2 2p^2$).

Ответ: $1s^2$

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

Отрицательный ион должен быть очень лёгким. Самый лёгкий анион — H^- , его электронная конфигурация — $1s^2$. Такую же электронную конфигурацию имеет положительный ион лития, Li^+ , который почти в 7 раз тяжелее иона H^- .
Формула вещества — LiH.

Задание № 3

Условие:

Плотность воздуха при определённых температуре и давлении равна 1.00 г/л. Смесь кислорода с неизвестным газом при этих же условиях имеет плотность 1.25 г/л. Какой это мог быть газ?

Ответ:

- Гелий
- Неон
- Аргон
- Криптон

За каждый верный ответ — 2 балла

Штраф за каждый неверный ответ — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

Относительная плотность смеси по воздуху равна $1.25 : 1.00 = 1.25$, следовательно, молярная масса смеси: $M = 29 \cdot 1.25 = 36.25$ г/моль. Молярная масса кислорода меньше средней, значит, молярная масса второго газа больше средней, $M_2 > 36.25$ г/моль. Это Ar и Kr.

Задание № 4

Общее условие:

Для лучевой терапии рака используют один из радиоактивных изотопов стронция. Его вводят в организм в виде растворимого хлорида, в котором массовая доля металла составляет 55.6 %.

Условие:

Определите массовое число изотопа.

Ответ: 89

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Определите период его полураспада, если известно, что за 101 сутки распадается 75 % изотопа. Ответ выразите в сутках, округлите до десятых.

Ответ: 50.5

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

Обозначим массовое число стронция A , тогда массовая доля металла в хлориде: $\omega(\text{Sr}) = A : (A + 71) = 0.556$, откуда $A = 89$.

75 % стронция распалось, 25 % (то есть $1 / 4$) осталось. Это означает, что прошло 2 периода полураспада, так как $1 / 4 = (1 / 2)^2$. Период полураспада стронция-89 равен $101 / 2 = 50.5$ сут.

Задание № 5

Условие:

Заполните пропуски химическими формулами.

При разложении соединения ... образовалось два простых вещества: 165.6 г металла ... и 53.76 л (н.у.) негорючего газа ...

Ответ:

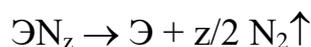
При разложении соединения **Pb(N₃)₂** или **PbN₆** образовалось два простых вещества: 165.6 г металла **Pb** и 53.76 л (н.у.) негорючего газа **N₂**.

За верно определённое соединение — 2 балла, за каждое верно определённое простое вещество — 1 балл, всего — 4 балла

Решение.

Негорючий газ N₂.

Пусть формула соединения — ЭN_z, тогда уравнение разложения имеет вид:



$$\nu(\text{N}_2) = 53.76/22.4 = 2.4 \text{ моль,}$$

$$\nu(\text{Э}) = 2.4 / (z/2) = 4.8 / z.$$

$$M(\text{Э}) = 165.6 / (4.8/z) = 34.5 \cdot z.$$

При $z = 6$ получаем $M(\text{Э}) = 207$ г/моль — Pb.

Соединение — азид свинца, PbN₆ или Pb(N₃)₂.

Задание № 6

Общее условие:

Чтобы нагреть воздух в небольшой квартире на 1 градус Цельсия, требуется 200 кДж теплоты. Для этого можно использовать три вида топлива, теплоты сгорания которых приведены в таблице.

Топливо	Водород H ₂	Уголь С	Метан CH ₄
Теплота сгорания, кДж/моль	286	394	890

Условие:

Какого топлива потребуется меньше всего по массе?

Ответ:

- Водорода
- Угля
- Метана

Точное совпадение ответа — 1 балл

Условие:

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

Ответ: 1.4

Точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

Теплоту в расчёте на единицу массы называют удельной. Наибольшая удельная теплота — у водорода: $286 \text{ кДж/моль} / 2 \text{ г/моль} = 143 \text{ кДж/г}$. Для получения 200 кДж надо сжечь $200 / 143 = 1.4 \text{ г H}_2$.

Задание № 7

Общее условие:

Оксид редкого металла, расположенного в третьей группе Периодической системы, имеет нежный розовый цвет. Массовая доля металла в оксиде равна 87.43 %.



Условие:

Запишите порядковый номер неизвестного металла.

Ответ: 68

Точное совпадение ответа — 3 балла

Условие:

Запишите формулу оксида этого металла.

Ответ: Er_2O_3

Точное совпадение ответа — 1 балл

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

Формула оксида элемента 3 группы — $\text{Э}_2\text{O}_3$.

$$\omega(\text{Э}) = 2M(\text{Э}) / (2M(\text{Э}) + 16 \cdot 3) = 0.8743.$$

$M(\text{Э}) = 167$ г/моль — эрбий, Er, порядковый номер 68. Формула оксида — Er_2O_3 .

Задание № 8

Условие:

Заполните пропуски химическими формулами и символами элементов.

Знаменитая скульптура Большого каскада Петергофа выполнена из сплава двух металлов — ... и ..., а снаружи покрыта золотом. Если образец такого сплава массой 10.0 г обработать соляной кислотой, то он растворится в ней лишь частично, выделив 1.2 л (н.у.) водорода и образовав 6.5 г твёрдого остатка — розово-красного порошка ..., который темнеет на воздухе.

Если к образовавшемуся раствору по каплям добавлять раствор гидроксида натрия, наблюдается выпадение белого осадка вещества ..., который растворяется в избытке щёлочи. Это вещество относится к классу ...

Ответ:

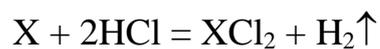
Знаменитая скульптура Большого каскада Петергофа выполнена из сплава двух металлов — **Zn** и **Cu**, а снаружи покрыта золотом. Если образец такого сплава массой 10.0 г обработать соляной кислотой, то он растворится в ней лишь частично, выделив 1.2 л (н.у.) водорода и образовав 6.5 г твёрдого остатка — розово-красного порошка **Cu**, который темнеет на воздухе.

Если к образовавшемуся раствору по каплям добавлять раствор гидроксида натрия, наблюдается выпадение белого осадка вещества **Zn(OH)₂**, который растворяется в избытке щёлочи. Это вещество относится к классу **амфотерных гидроксидов**.

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

Решение.

Розово-красный порошок **Y**, который не растворяется в соляной кислоте, — медь **Cu**. Металл **X** в кислоте растворяется. Пусть металл — двухвалентный, тогда:

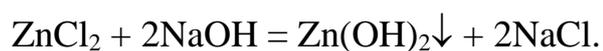


$$v(\text{H}_2) = 1.2 / 22.4 = 0.0536 \text{ моль} = v(X),$$

$$m(X) = 10 - 6.5 = 3.5 \text{ г},$$

$$M(X) = 3.5 / 0.0536 = 65 \text{ г/моль} — \text{Zn}.$$

Хлорид цинка реагирует с щёлочью, образуя при недостатке последней нерастворимый гидроксид $\text{Zn}(\text{OH})_2$ (вещество Z):



$\text{Zn}(\text{OH})_2$ — амфотерный гидроксид.

Задание № 9

Общее условие:

Одной из первых химических реакций, осуществлённых человеком в древние времена, стал синтез синего пигмента, которого не существует в природе. Этот пигмент представляет собой кристаллическое вещество, состоящее из кальция, кремния, кислорода и неизвестного элемента X. Для получения пигмента использовали мел, малахит и кварцевый песок. Массовые доли элементов в синем пигменте: кальций — 10.6 %; кремний — 29.8 %; кислород — 42.6 %.



Условие:

Запишите химический символ элемента X.

Ответ: Cu

Точное совпадение ответа — 1 балл

Условие:

Запишите химическую формулу синего пигмента, расположив элементы в порядке убывания их атомных масс.

Ответ: $\text{CuCaSi}_4\text{O}_{10}$

Точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

В состав малахита входит элемент медь, она же является одним из компонентов синего пигмента, **X** — Cu.

Формулу пигмента найдём по массовым долям.

$$\omega(\text{Cu}) = 100 - 10.6 - 29.8 - 42.6 = 17.0\%.$$

$\nu(\text{Cu}) : \nu(\text{Ca}) : \nu(\text{Si}) : \nu(\text{O}) = (17.0/64) : (10.6/40) : (29.8/28) : (42.6/16) =$
 $= 1 : 1 : 4 : 10.$ Формула пигмента — $\text{CuCaSi}_4\text{O}_{10}$, это египетский синий.

Задание № 10

Общее условие:

Лекарственный препарат, применяемый при расстройствах пищеварения, состоит из двух бинарных соединений магния: **A** и **B**. Массовая доля вещества **A** в этом препарате составляет 15 %, а **B** — 85 %. При нагревании соединение **A** разлагается, превращаясь в **B**. Это превращение сопровождается выделением газа, простого вещества без цвета и без запаха. Глеющая лучинка, внесённая в выделяющийся газ, ярко вспыхивает.

Если нагреть 28.0 г данного лекарственного препарата, то после полного превращения **A** в **B** масса твёрдого остатка составит 26.8 г.

Бинарные соединения — вещества, состоящие из двух элементов.

Условие:

Запишите формулы веществ **A** и **B**.

Ответ:

A: MgO_2

B: MgO

За каждый верный пункт — 1 балл, всего — 2 балла

Условие:

Какой объём газа (н.у.) выделяется при нагревании 28.0 г лекарственного препарата, описанного в условии задания? Ответ выразите в миллилитрах, округлите до целых.

Ответ: 840

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

Начнём со второго вопроса. При разложении А выделяется кислород, его масса $28.0 - 26.8 = 1.2$ г.

$$\nu(\text{O}_2) = 1.2 / 32 = 0.0375 \text{ моль,}$$

$$\nu(\text{O}_2) = 0.0375 \cdot 22.4 = 0.84 \text{ л} = 840 \text{ мл.}$$

Очевидно, что продукт разложения, вещество В — устойчивый оксид магния, MgO. В реакцию разложения вступает $28 \cdot 15 \% : 100\% = 4.2$ г А, при этом теряется 1.2 г O₂ и образуется $4.2 - 1.2 = 3.0$ г MgO.

$$\nu(\text{MgO}) = 3.0 : 40 = 0.075 \text{ моль} = \nu(\text{A}),$$

$M(\text{A}) = 4.2 : 0.075 = 56$ г/моль — это пероксид магния, MgO.

Задание № 11

Условие:

В пробирках, пронумерованных цифрами **1–5**, выданы растворы следующих кислот: азотная, серная, хлороводородная, иодоводородная и сероводородная. Из каждой пробирки отобрали пробы растворов по 1 мл, к которым добавили бромную воду. В пробе из пробирки **1** наблюдалось появление интенсивной бурой окраски раствора. В пробе из пробирки **5** жёлто-бурая окраска бромной воды исчезла, раствор помутнел. В пробах из пробирок **2, 3** и **4** изменений не наблюдали.

Затем из пробирок **2, 3** и **4** снова отобрали пробы по 1 мл, к которым добавили раствор хлорида бария. Изменения наблюдались только в пробе из пробирки **3**, в ней выпал осадок белого цвета. В пробирки **2** и **4** поместили по кусочку медной проволоки. В пробирке **2** изменений не наблюдалось, а в пробирке **4** медь начала растворяться, из раствора выделялся газ, бурящийся на воздухе. Установите соответствие между номерами и содержимым пробирок.

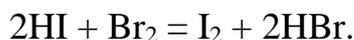
Ответ:

1	Иодоводородная кислота
2	Хлороводородная кислота
3	Серная кислота
4	Азотная кислота
5	Сероводородная кислота

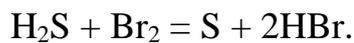
За каждую верную пару — 1 балл, всего — 5 баллов

Решение.

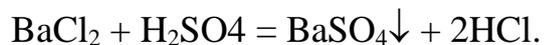
1) В пробирке **1** — иодоводородная кислота, при её реакции с бромной водой выделяется иод, который окрашивает раствор в тёмный цвет:



2) В пробирке **5** — сероводородная кислота, она обесцвечивает бромную воду, при этом образуется коллоидная сера, вызывающая помутнение раствора:



3) В пробирке **3** — серная кислота, она образует осадок с хлоридом бария:



4) В пробирке **4** — азотная кислота, она растворяет медь с выделением бурого газа NO_2 :



5) Остаётся хлороводородная кислота в пробирке **2**.

Задание № 12

Общее условие:

Частицы твёрдых веществ могут находиться во взвешенном состоянии в газообразной или жидкой среде, например, частички пыли в воздухе или частички глины в воде. При определённых условиях под действием силы тяжести частицы твёрдого вещества оседают, этот процесс называют седиментацией. Скорость оседания частиц, имеющих сферическую форму, описывается уравнением:

$$v = \frac{2}{9} \cdot \frac{r^2(\rho - \rho_0)g}{\eta},$$

где v — скорость оседания частиц, r — радиус частиц, ρ — плотность частиц вещества, находящихся во взвешенном состоянии, ρ_0 — плотность среды, η — вязкость среды, g — ускорение свободного падения.

Условие:

Исследовали оседание частичек пыли в воздухе. Какие частички пыли оседают быстрее?

Ответ:

- Крупные
- Мелкие
- Одинаково
- Недостаточно данных

Точное совпадение ответа — 1 балл

Условие:

Имеется смесь мелких частиц золота и речного песка, близких по размерам. Смесь высыпали в воду. Какие частицы оседают быстрее?

Ответ:

- Частицы золота
- Частицы речного песка
- Одинаково
- Недостаточно данных

Точное совпадение ответа — 1 балл

Условие:

Исследовали седиментацию частиц кварца в воде. Затем повторили опыт, предварительно растворив в воде сахар. Как изменилась скорость оседания частиц кварца?

Ответ:

- Увеличилась
- Уменьшилась
- Не изменилась

Точное совпадение ответа — 1 балл

Условие:

Имеются две партии микроскопических частиц золота сферической формы. Радиусы частиц в первой партии в два раза больше, чем во второй. Золотые частицы из обеих партий поместили в воду. Что наблюдалось?

Ответ:

- Частицы золота из разных партий оседают с одинаковой скоростью
- Частицы из первой партии оседают в два раза быстрее
- Частицы из первой партии оседают в четыре раза быстрее

Точное совпадение ответа — 1 балл

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

1. Из формулы следует, что скорость оседания увеличивается с ростом размера частиц, поэтому крупные частицы оседают быстрее.
2. Из формулы следует, что скорость оседания увеличивается с ростом плотности вещества, поэтому тяжёлые частицы, в данном случае частицы золота, оседают быстрее.
3. Вязкость раствора сахара выше, чем вязкость чистой воды. Из формулы следует, что при увеличении вязкости скорость оседания уменьшается.
4. Из формулы следует, что при увеличении радиуса частиц в 2 раза скорость оседания увеличится в 4 раза.