

Всероссийская олимпиада школьников по химии

Муниципальный этап

11 класс

Решения к заданиям

Задание 1. Соль из воздуха

Какую соль, состоящую из трех химических элементов, можно получить из воздуха?

1. Напишите уравнения реакций, укажите условия их проведения.
2. Какие свойства этой соли нашли применение в сельском хозяйстве?
3. При нагревании соль разлагается с образованием всего 2 продуктов. один из которых – несолеобразующий оксид. Приведите уравнение реакции. Для чего можно использовать данный оксид? (10 баллов)

Решение	Баллы
Воздух состоит из азота, кислорода, воды и углекислого газа. Из этих веществ можно получить нитрат аммония NH_4NO_3	
Возможны разные варианты синтеза.	Любой разумный вариант- 5 баллов
$2\text{H}_2\text{O} = \text{H}_2 + \text{O}_2$ электролиз воды	1 балл
$3\text{H}_2 + \text{N}_2 = 2\text{NH}_3$ нагревание при повышенном давлении в присутствии катализатора	1 балл
$4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 = 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$ каталитическое окисление	1 балл
$4\text{NO} + 2\text{H}_2\text{O} + 3\text{O}_2 = 4\text{HNO}_3$	1 балл
$\text{HNO}_3 + \text{NH}_3 = \text{NH}_4\text{NO}_3$	1 балл
Нитрат аммония применяется в качестве азотного удобрения в сельском хозяйстве	1 балл
При нагревании нитрат аммония разлагается с образованием веселящего газа: $\text{NH}_4\text{NO}_3 = \text{N}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O}$	1 балл
Применение веселящего газа:	Любой разумный вариант- 1 балл, всего 3 балла
Широкое распространение вещество получило в стоматологии и гинекологии. При правильно подобранных пропорциях и в сочетании с кислородом веселящий газ хорошо обезболивает, снимает нервное напряжение. Эти свойства необходимы при лечении, удалении и протезировании зубов, а также при активной родовой деятельности.	1 балл
В пищевой промышленности его используют в качестве пропеллента для создания пены при изготовлении взбитых сливок, кремов, пастилы для тортов.	1 балл
Газ служит упаковочным газом, предотвращающим порчу продукта.	1 балл
Всего 10 баллов	

Задание 2. При щелочном гидролизе сложного эфира были выделены 28,8 г натриевой соли бензойной кислоты и неизвестный спирт. Его сожгли, и продукты сгорания пропустили через трубку, заполненную безводным сульфатом меди (II), который при этом увеличил свою массу на 14,4 г и изменил цвет. Установите структурную формулу и количество исходного сложного эфира, если известно, что образующий его предельный одноатомный спирт окисляется (без изменения скелета) с образованием вещества, вытесняющего углекислый газ из водного раствора гидрокарбоната натрия. (12 баллов)

Решение (допускаются другие формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
1) Поскольку сложный эфир образован бензойной кислотой C_6H_5COOH и предельным одноатомным спиртом $C_nH_{2n+1}OH$, его формула: $C_6H_5COOC_nH_{2n+1}$.	1 балл
2) Уравнение щелочного гидролиза эфира $C_6H_5COOC_nH_{2n+1} + NaOH \rightarrow C_6H_5COONa + C_nH_{2n+1}OH$ (1 уравнение)	1 балл
3) Уравнение сгорания образовавшегося спирта $C_nH_{2n+1}OH + \frac{3n}{2}O_2 \rightarrow nCO_2 + (n + 1)H_2O$ (2 уравнение)	1 балл
4) Пары воды, образующиеся в результате сгорания, при пропускании через трубку с безводным $CuSO_4$ поглощаются, так как $CuSO_4$ образует с водой кристаллогидрат синего цвета: $CuSO_4 + 5H_2O \rightarrow CuSO_4 \cdot 5H_2O$ (3 уравнение)	1 балл
5) Увеличение массы сульфата меди на 14,4 г означает, что им поглощена вода массой $m(H_2O) = 14,4$ г, что соответствует количеству воды $n(H_2O) = \frac{14,4г}{18г/моль} = 0,8моль$	1 балл 1 балл
6) Рассчитаем количество натриевой соли бензойной кислоты образовавшейся в ходе реакции (1): $n(C_6H_5COONa) = \frac{28,8г}{144г/моль} = 0,2моль$	1 балл
7) По уравнению (2) составим пропорцию и решим её при сгорании 1моль спирта образуется $(n + 1)$ моль воды (по уравнению) при сгорании 0,2 моль спирта – 0,8 моль воды(по условию) тогда $\frac{1моль}{0,2моль} = \frac{(n + 1)моль}{0,8моль}$ $n = 3$	1 балл
8) Молекулярная формула спирта: C_3H_7OH	1 балл
9) По условию задачи этот спирт окисляется без изменения скелета с образованием вещества, вытесняющего CO_2 из раствора $NaHCO_3$. Таким веществом может быть кислота, которая получается при окислении только первичного спирта: $CH_3 - CH_2 - CH_2 - OH$.	1 балл
10) Сложный эфир имеет структурную формулу: $C_6H_5 - CO - O - CH_2 - CH_2 - CH_3$ – пропилбензоат	1 балл
Всего 12 баллов	

Задание 3. Медные и серебряные изделия на воздухе темнеют. Воздух - сложная смесь газов, состоящая из азота, кислорода, есть углекислый газ, пары воды и небольшая примесь сероводорода. Они вызывают образование на поверхности медных изделий веществ **A** и **B**. На поверхности серебряных изделий образуется тонкий слой вещества **C**. Вещество **B** и **C** - соли одной и той же кислоты. Чтобы удалить черноту, поверхность медного изделия протирают тампоном, смоченным в нашатырном спирте - 5% растворе аммиака. Для чистки серебряного изделия его заливают горячим водным раствором карбоната натрия, добавляют гранулы цинка и выдерживают несколько часов.

1. Определите вещества **A**, **B** и **C**, которые вызывают почернение медных и серебряных изделий.
2. Составьте уравнения реакций образования веществ **A**, **B** и **C**.
3. Напишите уравнения реакций очистки медных и серебряных изделий.
4. Рассчитайте объем 5% -ного раствора аммиака (плотность 977 г/л), который необходим для химического растворения 0,05 кг вещества **A**.
5. Сколько граммов цинка потребуется для «химического отбеливания» 40 см³ поверхности серебряных изделий, если содержание вещества **C** составляет 0,02 г/см³? (16 баллов)

Решение (допускаются другие формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Вещество A - CuO - оксид меди (II);	1 балл
вещество B - CuS - сульфид меди (II);	1 балл
вещество C - Ag ₂ S- сульфид серебра.	1 балл
Уравнения образования веществ A , B и C : 2Cu + O ₂ → 2CuO	1 балл
2Cu + 2H ₂ S + O ₂ → 2CuS + 2H ₂ O	1 балл
2Ag + 2H ₂ S + O ₂ → 2Ag ₂ S + 2H ₂ O	1 балл
Уравнения реакций очистки медных изделий: CuO + 4NH ₃ + H ₂ O → [Cu(NH ₃) ₄](OH) ₂ (уравнение 1)	2 балла
Уравнения реакций очистки серебряных изделий Ag ₂ S + Zn + 3Na ₂ CO ₃ + 4 H ₂ O → 4Ag + Na ₂ [Zn(OH) ₄] + NaHS + 3NaHCO ₃ (уравнение 2)	2 балла
Количество оксида меди (II) и аммиака: n(CuO) = 50г/80 г/моль = 0,625 моль; по уравнению 1: n(NH ₃) = 4n(CuO) = 4·0,625 моль = 2,5 моль	1 балл
5) Найдем массу аммиака, массу раствора и объем аммиака: m(NH ₃) = 17г/моль·2,5 моль = 42,5 г; m _p (NH ₃) = 42,5 г : 0,05 = 850 г; V _p (NH ₃) = 850 г : 977 г/л = 0,870 л	2 балла
6) Рассчитаем массу серебряного изделия: m(Ag) = 0,02 г/см ³ 40 см ³ = 0,8 г	1 балл
7) Найдем количество вещества сульфида серебра и цинка: n(Ag ₂ S) = 0,8 г : 248 г/моль = 0,003 моль; по уравнению 2n (Zn) = n(Ag ₂ S) = 0,003 моль	1 балл
8) Найдем массу цинка: m(Zn) = 0,003 моль 65 г/моль = 0,195 г	1 балл
16 баллов	

Задание 4. В вашем распоряжении имеются склянки без этикеток с растворами бромида цинка и гидроксида натрия и две пробирки. Как, не используя дополнительных реактивов, распознать эти вещества? Напишите уравнения происходящих реакций в молекулярном и ионном видах.

(7 баллов)

Решение	Баллы
Для определения растворов необходимо к небольшому количеству одного из растворов (раствор 1) медленно прилить избыток второго раствора (раствор 2).	1 балл
Если при этом происходит выпадение студенистого осадка, то щелочь в недостатке.	1 балл
Значит, раствор 1 – раствор щелочи, раствор 2 –раствор бромида цинка.	1 балл
$\text{ZnBr}_2 + 2 \text{NaOH} \rightarrow \text{Zn(OH)}_2\downarrow + 2\text{NaBr}$ $\text{Zn}^{2+} + 2\text{Br}^- + 2 \text{Na}^+ + 2 \text{OH}^- \rightarrow \text{Zn(OH)}_2\downarrow + 2\text{Na}^+ + 2\text{Br}^-$ $\text{Zn}^{2+} + 2 \text{OH}^- \rightarrow \text{Zn(OH)}_2\downarrow$	1 балл
Если же первоначально выпавший осадок исчезает, то щелочь находится в избытке.	1 балл
Значит, раствор 2 –раствор щелочи, а раствор 1 – раствор бромида цинка.	1 балл
$\text{Zn(OH)}_2\downarrow + 2 \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2 [\text{Zn(OH)}_4]$ $\text{Zn(OH)}_2\downarrow + 2 \text{Na}^+ + 2\text{OH}^- \rightarrow 2\text{Na}^+ + [\text{Zn(OH)}_4]^-$ $\text{Zn(OH)}_2\downarrow + 2\text{OH}^- \rightarrow [\text{Zn(OH)}_4]^-$	1 балл
Всего 7 баллов	

Задание 5. Реальный эксперимент

Выполните опыты, используя имеющиеся на столе реактивы и оборудование

При добавлении в охлажденный раствор соли желтого цвета, окрашивающей пламя в фиолетовый цвет, разбавленной соляной кислоты окраска изменилась на оранжево-красную. После нейтрализации раствора концентрированной щелочью цвет раствора вернулся к первоначальному. При добавлении в полученный раствор хлорида бария выпадает осадок желтого цвета. Осадок отфильтровали и в фильтрат добавили раствор нитрата серебра. Установите, какое вещество находилось в пробирке. Напишите уравнения четырех реакций в молекулярной и ионной форме.

Решение

Описание задачи (условие задачи)	Решение задачи (ответ)	Описание опыта
При добавлении в охлажденный раствор соли желтого цвета, окрашивающей пламя в фиолетовый цвет, разбавленной соляной	$2\text{K}_2\text{CrO}_4 + 2\text{HCl} = \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 2\text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$	В стакан налить холодной воды, поместить туда пробирку с раствором хромата калия (2 мл) для охлаждения. После охлаждения к раствору

кислоты окраска изменилась на оранжево-красную.		соли добавить раствор соляной кислоты (2 мл).
После нейтрализации раствора концентрированной щелочью цвет раствора вернулся к первоначальному.	$K_2Cr_2O_7 + 2KOH = 2K_2CrO_4 + H_2O$	Добавить к полученному раствору бихромата калия концентрированный раствор щелочи (1 мл).
При добавлении в полученный раствор хлорида бария выпадает осадок желтого цвета.	$K_2CrO_4 + BaCl_2 = BaCrO_4\downarrow + 2KCl$	Добавить к полученному раствору хромата калия 1 мл раствора хлорида бария.
Осадок отфильтровали и в фильтрат добавили раствор нитрата серебра.	$KCl + AgNO_3 = KNO_3 + AgCl\downarrow$	Отфильтровать осадок хромата бария в чистую пробирку, и добавить в фильтрат 1 мл раствора нитрата серебра. Наблюдать образование белого осадка хлорида серебра
Реактивы	Оборудование	Рисунок прибора
Хромат калия (раствор) Соляная кислота (раствор) Гидроксид калия (концентрированный раствор) Хлорид бария (раствор) Нитрат серебра (раствор)	Стакан 150 мл Пробирки в штативе – 2 штуки Штатив лабораторный Фильтр, воронка	Опыты в пробирке или стакане

Оценивание:

За установление формул веществ – 2 балла (по 1 баллу за каждое вещество)

За уравнения реакций в молекулярной форме – 4 балла (по 1 баллу за каждое уравнение)

За уравнения реакций в ионной форме – 4 балла (по 1 баллу за каждое уравнение)

За выполнение опытов - 4 балла (по 1 баллу за каждый опыт)

За соблюдение техники безопасности и порядка на рабочем месте -1 балл

Всего 15 баллов.

Максимальное количество баллов: 60.