

**Всероссийская олимпиада школьников
II (муниципальный) этап 2010-2011**

*Химия
9 класс*

Критерии проверки

Задание 1.

Минерал состоит из следующих элементов: железа, меди, серы. Массовая доля железа в этом минерале 30,44%, а массовые доли меди и серы одинаковы.

1. Выведите формулу минерала.
2. Как называется этот минерал?

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
1) Вычислим массу каждого элемента в 100 г минерала: $m(\text{Fe}) = 100 \text{ г} \cdot 0,3044 = 30,44 \text{ г}$.	2
2) $\omega(\text{Cu}) = \omega(\text{S}) = (100\% - 30,44\%) : 2 = 34,78\%$	2
3) $m(\text{Cu}) = m(\text{S}) = 100 \text{ г} \cdot 0,3478 = 34,78 \text{ г}$.	2
4) Вычислим количество вещества каждого элемента в 100 г минерала: $n(\text{Fe}) = m(\text{Fe}) : M(\text{Fe}) = 30,44 \text{ г} : 56 \text{ г/моль} = 0,543 \text{ моль}$.	2
5) $n(\text{Cu}) = m(\text{Cu}) : M(\text{Cu}) = 34,78 \text{ г} : 64 \text{ г/моль} = 0,543 \text{ моль}$.	2
6) $n(\text{S}) = m(\text{S}) : M(\text{S}) = 34,78 \text{ г} : 32 \text{ г/моль} = 1,086 \text{ моль}$.	2
7) $n(\text{Fe}) : n(\text{Cu}) : n(\text{S}) = 0,543 : 0,543 : 1,086 = 1 : 1 : 2$	2
Формула минерала: FeCuS_2	2
Минерал FeCuS_2 - пирит.	4
Максимальный балл	20

Задание 2.

Газ, полученный действием соляной кислоты на карбонат кальция массой 187,5 г с массовой долей примесей 20%, пропустили через раствор щелочи массой 280 г с массовой долей KOH 10%.

Вычислите массу образовавшейся соли.

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
1) Составим уравнения реакций: $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ (1)	2
$\text{CO}_2 + \text{KOH} = \text{KHCO}_3$ (2) или $\text{CO}_2 + 2\text{KOH} = \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ (3)	2
2) Рассчитаем массу CaCO_3 : $\omega(\text{CaCO}_3) = 100\% - 20\% = 80\%$ $m(\text{CaCO}_3) = 187,5 \text{ г} \cdot 0,80 = 150 \text{ г}$	2
3) $m(\text{KOH}) = 280 \text{ г} \cdot 0,10 = 28 \text{ г}$	2
4) $M(\text{CaCO}_3) = 100 \text{ г/моль}$ $n(\text{CaCO}_3) = 150 \text{ г} : 100 \text{ г/моль} = 1,5 \text{ моль}$ $n(\text{CO}_2) = n(\text{CaCO}_3) = 1,5 \text{ моль}$	2
5) $M(\text{KOH}) = 56 \text{ г/моль}$ $n(\text{KOH}) = 28 \text{ г} : 56 \text{ г/моль} = 0,5 \text{ моль}$	2

6) Определим соотношение количества веществ KOH и CO ₂ : $n(\text{CO}_2) : n(\text{KOH}) = 1,5 : 0,5 = 3 : 1$	2
7) CO ₂ взят в избытке, так как по уравнению (2) - $n(\text{CO}_2) : n(\text{KOH}) = 1 : 1$, по уравнению (3) - $n(\text{CO}_2) : n(\text{KOH}) = 1 : 2$.	2
8) Соль образуется по уравнению (2) - KHCO ₃ M(KHCO ₃) = 100 г/моль	2
$n(\text{KHCO}_3) = n(\text{KOH}) = 0,5 \text{ моль}; m(\text{KHCO}_3) = 0,5 \text{ моль} \cdot 100 = 50 \text{ г}$	2
Максимальный балл	20

Задание 3.

Даны вещества: 1) иодид калия, 2) водород, 3) бром, 4) вода, 5) серная кислота, 6) сернистый газ, 7) кремний, 8) перманганат калия, 9) хлорид железа(II).

- С какими из перечисленных веществ может реагировать хлор?
- Напишите уравнения соответствующих реакций.
- Укажите, в каком случае реакции невозможны.

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
1) $\text{Cl}_2 + 2\text{KI} = \text{I}_2 + 2\text{KCl}$	2
2) $\text{Cl}_2 + \text{H}_2 = 2\text{HCl}$	2
3) $5\text{Cl}_2 + \text{Br}_2 + 6\text{H}_2\text{O} = 2\text{HBrO}_3 + 10\text{HCl}$	3
4) $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{HCl} + \text{HClO}$	2
5) Cl ₂ и H ₂ SO ₄ не взаимодействуют	1
6) $\text{Cl}_2 + \text{SO}_2 = \text{SO}_2\text{Cl}_2$	3
$\text{Cl}_2 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{HCl}$	3
7) $2\text{Cl}_2 + \text{Si} = \text{SiCl}_4$	2
8) Cl ₂ и KMnO ₄ не взаимодействуют	1
9) $\text{Cl}_2 + 2\text{FeCl}_2 = 2\text{FeCl}_3$	1
Максимальный балл	20

Задание 4.

Даны растворы следующих солей: хлорид бериллия, хлорид магния, хлорид аммония, хлорид меди, хлорид железа(III) и хлорид марганца(II).

- Приведите реагент, с помощью которого можно идентифицировать (определить) указанные растворы солей.
- Напишите уравнения реакций.
- Укажите признаки, по которым следует распознать данные растворы солей.

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
1) Реагентом распознавания указанных солей может быть раствор щелочи, например NaOH или KOH.	1
2) $\text{BeCl}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Be}(\text{OH})_2\downarrow + 2\text{NaCl}$ белый осадок, растворимый в избытке реагента:	1
$\text{Be}(\text{OH})_2 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2[\text{Be}(\text{OH})_4]$	2
$\text{MgCl}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Mg}(\text{OH})_2\downarrow + 2\text{NaCl}$ белый осадок, не растворимый в избытке реагента.	1
$\text{NH}_4\text{Cl} + \text{NaOH} = \text{NaCl} + \text{NH}_3\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ газ с характерным запахом, который обнаруживают с помощью а) влажной красной лакмусовой бумажки (синее в парах аммиака);	1

б) влажной фенолфталеиновой бумажки (окрашивается в малиновый цвет в парах аммиака);	1
в) стеклянной палочкой, кончик которой смочен концентрированной хлороводородной кислотой – в парах аммиака наблюдается образование белого дыма хлорида аммония: $\text{NH}_3 + \text{HCl} = \text{NH}_4\text{Cl}$	1
$\text{CuCl}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Cu}(\text{OH})_2\downarrow + 2\text{NaCl}$ голубой	1 1
$\text{FeCl}_3 + 3\text{NaOH} = \text{Fe}(\text{OH})_3\downarrow + 3\text{NaCl}$ красно-бурый	1 1
$\text{MnCl}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Mn}(\text{OH})_2\downarrow + 2\text{NaCl}$ белый, буряющий на воздухе:	1 1
$2\text{Mn}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 = 2\text{MnO}_2\downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$ или $2\text{Mn}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 = 2\text{MnO}(\text{OH})_2$ черно-коричневый	2 1
Максимальный балл	20

Задание 5.

К 34 г 8%-ного раствора хлорида цинка прилили 25 г 8%-ного раствора гидроксида натрия. Образовавшийся осадок отфильтровали и прокалили. Определите массу и состав осадка.

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
1) Составим уравнение реакции: $\text{ZnCl}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Zn}(\text{OH})_2 + 2\text{NaCl}$	2
2) Рассчитаем массу и количество вещества ZnCl_2 : $M(\text{ZnCl}_2) = 136 \text{ г/моль}$. $m(\text{ZnCl}_2) = 34 \text{ г} \cdot 0,08 = 2,72 \text{ г}$ $n(\text{ZnCl}_2) = 2,72 \text{ г} : 136 \text{ г/моль} = 0,02 \text{ моль}$	2
3) $m(\text{NaOH}) = 25 \text{ г} \cdot 0,08 = 2 \text{ г}$ $n(\text{NaOH}) = 2 \text{ г} : 40 \text{ г/моль} = 0,05 \text{ моль}$	2
4) на 0,02 моль ZnCl_2 требуется 0,04 моль NaOH (см. уравнение), следовательно, ZnCl_2 - в недостатке, а NaOH - в избытке.	2
5) $n[\text{Zn}(\text{OH})_2] = n(\text{ZnCl}_2) = 0,02 \text{ моль}$	2
6) $n(\text{NaOH})$ не прореагировавшего: $0,05 - 0,04 = 0,01 \text{ (моль)}$	2
7) $\text{Zn}(\text{OH})_2 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$ $n(\text{Zn}(\text{OH})_2) = 0,5n(\text{NaOH}) \approx 0,005 \text{ моль}$	3 1
8) $n[\text{Zn}(\text{OH})_2]$ остаток = $0,02 \text{ моль} - 0,005 \text{ моль} = 0,015 \text{ моль}$	1
9) при прокаливании: $\text{Zn}(\text{OH})_2 = \text{ZnO} + \text{H}_2\text{O}$	2
10) Состав осадка - ZnO ; $m(\text{ZnO}) = 0,015 \text{ моль} \cdot 81 \text{ г/моль} = 1,215 \text{ г}$	1
Максимальный балл	20

Всероссийская олимпиада школьников

II (муниципальный) этап

Химия

10 класс

Критерии проверки

Задание 1.

В Георгиевском зале Большого Кремлевского дворца колонны сделаны из металла, который обладает следующими свойствами:

- а) он легко растворяется в кислотах и щелочах с выделением водорода;
- б) если 6,5 г этого металла нагреть до температуры 1180 К, его пары займут объем 2,24 л (в пересчете на нормальные условия);
- в) какой объем водорода, измеренного при 17°C и давлении 98642 Па, выделится при взаимодействии 1,168 г этого металла с разбавленной серной кислотой?
- г) какой объем водорода, измеренного при нормальных условиях, выделится при взаимодействии такой же массы металла со 100 мл раствора едкого натра 25% концентрации ($\rho = 1,125$ г/мл)?

Назовите металл, из которого отлиты колонны. Напишите уравнения реакций.

Произведите необходимые расчеты и вычисления.

Решение:

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
а) Металлом, легко растворяющимся в кислотах и щелочах, может быть один из металлов, обладающий амфотерными свойствами (Al, Zn, Sn).	3
б) Определим молярную массу этого металла: $n = m/M$ и $n = V/V_m$, т.е. $m/M = V/V_m$ откуда $M = (V_m \cdot V) \cdot m$ $M = (22,4 \text{ л/моль} : 2,24 \text{ л}) \cdot 6,5 \text{ г} = 65 \text{ г/моль}$ – это цинк	4
в) $Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2 \uparrow$, (1)	2
$V_0(H_2) = (1,168 \text{ г} : 65 \text{ г/моль}) \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 0,4025 \text{ л}$ (нормальные условия)	2
$V(H_2) = (P_0 \cdot V_0 \cdot T) : (T_0 \cdot P) = (101300 \text{ Па} \cdot 402,5 \text{ мл} \cdot 290\text{К}) : (98642 \text{ Па} \cdot 273\text{К}) = 439,1$ мл	2
г) $Zn + 2NaOH + 2H_2O = Na_2[Zn(OH)_4] + H_2 \uparrow$ (2)	2
$n(Zn) = m(Zn) : M(Zn) = 1,168 \text{ г} : 65 \text{ г/моль} = 0,018 \text{ моль}$	1
$n[Na(OH)] = [V(\text{раствора}) \cdot \rho \cdot \omega] : M[Na(OH)] =$ $= (100 \text{ мл} \cdot 1,125 \text{ г/мл} \cdot 0,25) : 40 \text{ г/моль} = 0,7 \text{ моль}$	1
Едкий натр взят в избытке, расчет ведем по цинку:	1
по уравнению реакции (2) $n(Zn) = n(H_2) = 0,018 \text{ моль}$	1
$V(H_2) = 0,018 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 0,403 \text{ л}$	1
Максимальный балл	20

Задание 2.

Из 25 г природного известняка с массовой долей $CaCO_3$ 80% получили ацетилен.

Углекислый газ, образовавшийся при сжигании полученного ацетилена, пропустили через 80 мл гидроксида натрия с массовой долей NaOH, равной 32% (плотность 1,25 г/мл).

Определите массовую долю образовавшейся в растворе соли.

Приведите уравнения соответствующих реакций.

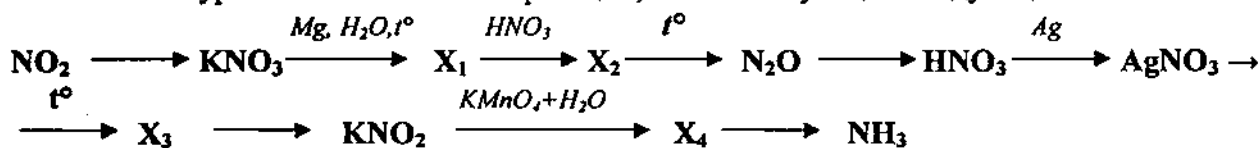
Решение:

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Получение ацетилена из известняка: t° 1) $CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$	1

t°	
2) $\text{CaO} + 3\text{C} \rightarrow \text{CaC}_2 + \text{CO}$	1
3) $\text{CaC}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2\uparrow + \text{Ca(OH)}_2$	1
Горение ацетилена:	1
4) $2\text{C}_2\text{H}_2 + 5\text{O}_2 \rightarrow 4\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	
Взаимодействие CO_2 с гидроксидом натрия (возможно образование кислой и средней соли):	
5) $\text{CO}_2 + \text{NaOH} = \text{NaHCO}_3$	1
6) $\text{CO}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	1
Найдем массу карбоната кальция: $m(\text{CaCO}_3) = 25 \cdot 0,80 = 20$ (г)	1
Найдем количество вещества ацетилена полученного из известняка, с использованием стехиометрической цепочки по уравнениям 1-3: 1 моль $\text{CaCO}_3 \rightarrow$ 1 моль $\text{CaO} \rightarrow$ 1 моль $\text{CaC}_2 \rightarrow$ 1 моль C_2H_2 $n(\text{CaCO}_3) = 20:100 = 0,2$ (моль) $n(\text{C}_2\text{H}_2) = 0,2$ (моль)	2 1
Найдем количество вещества углекислого газа, полученного при сгорании 0,2 моль ацетилена по уравнению 4: $n(\text{CO}_2) = 2 \cdot n(\text{C}_2\text{H}_2) = 0,4$ (моль)	1
Рассчитаем число моль гидроксида натрия: $n(\text{NaOH}) = (0,32 \cdot 1,25 \cdot 80): 40 = 0,8$ (моль)	2
В растворе образовалась соль Na_2CO_3 по уравнению 6, так как $n(\text{C}_2\text{H}_2) : n(\text{NaOH}) = 0,4 : 0,8 = 1 : 2$ $n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = n(\text{CO}_2) = 0,4$ моль $m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = n(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,4 \cdot 106 = 42,4$ (г)	2 2
Найдем массу полученного раствора $m(\text{р-р}) = m(\text{р-р NaOH}) + m(\text{CO}_2) = 80 \cdot 1,25 + 44 \cdot 0,4 = 100 + 17,6 = 117,6$ (г)	2
$\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = m(\text{Na}_2\text{CO}_3) : m(\text{р-р}) = 42,4 : 117,6 = 0,3605$ или 36,05 %	1
Максимальный балл	20

Задание 3.

Напишите уравнения химических реакций, соответствующих следующей схеме:



Укажите условия протекания реакций. Определите неизвестные вещества.

Решение:

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$2\text{NO}_2 + 2\text{KOH} = \text{KNO}_2 + \text{KNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ (допустимо использование какого-либо окислителя, например O_3 , Cl_2 и др.)	2
$\text{KNO}_3 + 4\text{Mg} + 6\text{H}_2\text{O} = \text{NH}_3\uparrow + 4\text{Mg(OH)}_2 + \text{KOH}$	$\text{X}_1 - \text{NH}_3$ 2
$\text{NH}_3 + \text{HNO}_3 = \text{NH}_4\text{NO}_3$	$\text{X}_2 - \text{NH}_4\text{NO}_3$ 2
$\text{NH}_4\text{NO}_3 = \text{N}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O}$	2
$5\text{N}_2\text{O} + 8\text{KMnO}_4 + 12\text{H}_2\text{SO}_4 = 10\text{HNO}_3 + 8\text{MnSO}_4 + 4\text{K}_2\text{SO}_4 + 7\text{H}_2\text{O}$	2
$4\text{HNO}_3 + 3\text{Ag} = 3\text{AgNO}_3 + \text{NO}\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$	2
$2\text{AgNO}_3 = 2\text{NO}_2\uparrow + 2\text{Ag} + \text{O}_2\uparrow$	$\text{X}_3 - \text{NO}_2$ 2
$2\text{NO}_2 + 2\text{KOH} = \text{KNO}_2 + \text{KNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	2
$3\text{KNO}_2 + 2\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O} = 3\text{KNO}_3 + 2\text{MnO}_2 + 2\text{KOH}$	$\text{X}_4 - \text{KNO}_3$ 2
$\text{KNO}_3 + 4\text{Zn} + 7\text{KOH} = \text{NH}_3\uparrow + 4\text{K}_2\text{ZnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ (допустимо использование другого сильного восстановителя, например Al, Mg)	2
Максимальный балл	20

Задание 4.

Теплота образования некоторого газообразного углеводорода равна 103,7 кДж/моль. В результате сгорания образца этого углеводорода выделилось 511 кДж тепла. Масса образовавшегося при этом диоксида углерода в 3 раза больше, чем исследуемого образца. Теплота сгорания углерода равна 393,5 кДж/моль, а теплота сгорания водорода 241,8 кДж/моль.

Вычислите теплоту сгорания исследуемого углеводорода.

Рассчитайте массу сожженного образца этого углеводорода.

Приведите уравнения соответствующих реакций.

Решение:

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Обозначим формулу углеводорода C_xH_y .	1
Его сгорание происходит в соответствии с уравнением: $C_xH_y + [(2x+y):2]O_2 = xCO_2 + yH_2O$	2
По условию задачи $m(CO_2) = 3m(C_xH_y)$,	1
отсюда $44x = 3 \cdot (12x + 2y)$, $8x = 6y$, $x:y = 6:8 = 3:4$	2
Возможные молекулярные формулы - C_3H_8 , C_6H_{16} и т.д., условию удовлетворяет только первая (так как углеводороды, содержащие 5-6 атомов углерода при обычных условиях не являются газообразными веществами и кроме того в них больше водорода, чем допускает формула C_nH_{2n+2}).	2
Таким образом, сожжению был подвергнут пропан	1
$C_3H_8 + 5O_2 = 3CO_2 + 4H_2O$	2
Рассчитаем теплоту сгорания пропана:	
1) $3C + 4H_2 = C_3H_8$ $Q_1 = 103,7$ кДж/моль	1
2) $3C + 3O_2 = 3CO_2$ $Q_2 = 3 \cdot 393,5$ кДж/моль = 1180,5 кДж/моль	1
3) $4H_2 + 2O_2 = 4H_2O$ $Q_3 = 4 \cdot 241,8$ кДж/моль = 967,2 кДж/моль	1
$Q = (Q_2 + Q_3) - Q_1 = (1180,5 + 967,2) - 103,7 = 2044$ (кДж/моль)	3
При сгорании 1 моль пропана выделяется 2044 кДж/моль, а так как выделилось 511 кДж, то следовательно, было сожжено $511:2044 = 0,25$ (моль) C_3H_8 и его масса составит 44 г/моль $\cdot 0,25$ моль = 11 г.	2
	1
Максимальный балл	20

Задание 5.

В шести пробирках находятся растворы солей одинаковой концентрации, содержащие ионы: Zn^{2+} , Al^{3+} , Mn^{2+} , Pb^{2+} , Fe^{3+} , Cr^{3+} . Используя в качестве реактивов растворы аммиака, едкого натра и соляной кислоты, определите содержимое каждой пробирки. Напишите уравнения реакций. Решение представьте в виде таблицы.

Решение:

	Pb^{2+}	Zn^{2+}	Al^{3+}	Mn^{2+}	Fe^{3+}	Cr^{3+}
NH_4OH	↓ белый	↓ белый раств. в избытке реагента	↓ белый	↓ бурет	↓ красно- бурый	↓ серо- зеленый
$NaOH$	↓ раств. в избытке реагента	↓ раств. в избытке реагента	↓ раств. в избытке реагента	↓ бурет	↓ красно- бурый	↓ раств. в избытке реагента
HCl	↓ раств. в горячей воде	-	-	-	-	-

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$Pb^{2+} + 2NH_4OH = Pb(OH)_2\downarrow + 2NH_4^+$	1
$Zn^{2+} + 4NH_4OH(\text{изб.}) = [Zn(NH_3)_4]^{2+} + 4H_2O$	1
$Al^{3+} + 3NH_4OH = Al(OH)_3\downarrow + 3NH_4^+$	1
$Mn^{2+} + 2NH_4OH = Mn(OH)_2\downarrow + 2NH_4^+$	1
$2Mn(OH)_2 + O_2 = 2MnO_2\downarrow + 2H_2O$ или $2Mn(OH)_2 + O_2 = 2MnO(OH)_2\downarrow$	1
$Fe^{3+} + 3NH_4OH = Fe(OH)_3\downarrow + 3NH_4^+$	1
$Cr^{3+} + 3NH_4OH = Cr(OH)_3\downarrow + 3NH_4^+$	1
$Pb^{2+} + 2NaOH = Pb(OH)_2\downarrow + 2Na^+$	1
$Pb(OH)_2 + 2NaOH(\text{изб.}) = Na_2[Pb(OH)_4]$	1
$Zn^{2+} + 2NaOH = Zn(OH)_2\downarrow + 2Na^+$	1
$Zn(OH)_2 + 2NaOH(\text{изб.}) = Na_2[Zn(OH)_4]$	1
$Al^{3+} + 3NaOH = Al(OH)_3\downarrow + 3Na^+$	1
$Al(OH)_3 + NaOH(\text{изб.}) = Na[Al(OH)_4]$ или $Al(OH)_3 + 3NaOH(\text{изб.}) = Na_3[Al(OH)_6]$	1
$Mn^{2+} + 2NaOH = Mn(OH)_2\downarrow + 2Na^+$	1
$2Mn(OH)_2 + O_2 = 2MnO_2\downarrow + 2H_2O$ или $2Mn(OH)_2 + O_2 = 2MnO(OH)_2\downarrow$	1
$Cr^{3+} + 3NaOH = Cr(OH)_3\downarrow + 3Na^+$	1
$Cr(OH)_3 + NaOH = Na[Cr(OH)_4]$	1
$Pb^{2+} + 2HCl = PbCl_2\downarrow + 2H^+$	1
За таблицу мысленного эксперимента	2
Максимальный балл	20

Всероссийская олимпиада школьников

II (муниципальный) этап

Химия

11 класс

Критерии проверки

Задание 1.

Соединения А и Б имеют общую формулу $C_4H_8O_2$. При щелочном гидролизе А получаются два органических вещества — В и Г. При сплавлении В со щелочью образуется метан. Соединение Г реагирует с металлическим натрием с выделением водорода. Вещество Б вступает в реакцию серебряного зеркала с образованием нового вещества Д, которое, в свою очередь, может образовывать сложные эфиры как с кислотами, так и со спиртами.

Установите строение органических соединений А, Б, В, Г и Д и напишите уравнения соответствующих химических реакций.

Решение:

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Соединения, отвечающие по составу данной брутто-формуле, могут быть карбоновыми кислотами, сложными эфирами, органическими веществами, содержащими различные функциональные группы, например, альдегидную и спиртовую и т.д.	1
<p>Можно предположить, что если при сплавлении со щелочью какого-либо вещества образуется углеводород, то само это соединение, может быть, солью карбоновой кислоты (В). Тогда вещество Г, образующееся при щелочном гидролизе А одновременно с В и реагирующее с металлическим натрием с выделением водорода, может быть спиртом.</p> $CH_3COONa \xrightarrow{NaOH \text{ (сплавл.)}} CH_4 \uparrow + Na_2CO_3$ $2CH_3CH_2OH \xrightarrow[-H_2 \uparrow]{2Na} 2CH_3CH_2ONa$	1 1
<p>Структура В из первой реакции находится однозначно; следовательно, в составе молекулы спирта Г содержится два углеродных атома, поскольку исходное соединение А, из которого и получены В и Г, содержит 4 углеродных атома. Таким образом, А — сложный эфир — этилацетат, при щелочном гидролизе образуется натриевая соль уксусной кислоты (В) и спирт — этанол (Г):</p> $ \begin{array}{ccc} \begin{array}{c} CH_3-C=O \\ \\ O-C_2H_5 \end{array} & \xrightarrow{NaOH, H_2O} & \begin{array}{c} CH_3-C=O \\ \\ ONa \end{array} + CH_3CH_2OH \\ \text{(А)} & & \text{(В)} \quad \quad \quad \text{(Г)} \end{array} $	3
<p>Поскольку Б вступает в реакцию серебряного зеркала, можно предположить, что оно содержит функциональную альдегидную группу, которая в процессе окисления при взаимодействии с аммиачным раствором оксида серебра трансформируется в карбоксильную в образующемся соединении Д. Это согласуется и с тем фактом, что вещество Д способно вступать в реакцию этерификации со спиртами. При этом отмечено, что сложные эфиры образуются и при взаимодействии Д с кислотами, следовательно, необходимая для выполнения этой функции гидроксигруппа соединения Д уже входила в состав исходного вещества Б.</p>	1

<p>Таким образом, органическое соединение Б является бифункциональным производным - альдегидспиртом.</p> $\boxed{\text{H}-\text{C}(=\text{O})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}}$	2
<p>Взаимодействие этого альдегидспирта с аммиачным раствором оксида серебра приведет к образованию нового бифункционального производного — соответствующей гидроксикислоте:</p> $\text{H}-\text{C}(=\text{O})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH} \xrightarrow[\text{-2Ag}]{\text{Ag}_2\text{O (аммиачн. р-р)}} \text{HO}-\text{C}(=\text{O})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$ <p style="text-align: center;">(Б) (Д)</p>	3
<p>Полученная структурная формула согласуется с информацией о возможности синтеза сложного эфира в реакции, как со спиртом, так и с кислотой:</p> $\begin{array}{ccc} \text{H}_3\text{C}-\text{C}(=\text{O})-\text{OH} & \xrightarrow{\text{HO}-\text{C}(=\text{O})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}} & \text{HO}-\text{C}(=\text{O})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O}-\text{C}(=\text{O})-\text{CH}_3 \\ & \updownarrow & \updownarrow \\ & \text{H}_3\text{C}-\text{O}-\text{C}(=\text{O})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH} & \end{array}$ <p style="text-align: center;">(Д)</p>	4
<p>Следует отметить, что соединение Б может быть представлено и другими изомерными структурами, являющимися также альдегидспиртами и удовлетворяющими условию задачи, а именно:</p> $\begin{array}{cc} \text{H}-\text{C}(=\text{O})-\text{CH}_2-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\text{CH}_3 & \text{H}-\text{C}(=\text{O})-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\ \text{H}-\text{C}(=\text{O})-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{OH} & \text{H}-\text{C}(=\text{O})-\underset{\text{OH}}{\text{C}}(\text{CH}_3)_2 \end{array}$	4
<p>Все элементы ответа записаны неверно</p>	0
<p>Максимальный балл</p>	20

Задание 2.

Сточные воды травильного цеха содержат 4,9 г/л серной кислоты и 7,6 г/л сульфата железа (II). Определите количество извести (CaO), которое потребуется для нейтрализации кислоты и осаждения железа, учитывая, что в товарном продукте содержится 50% оксида кальция. Обработке подвергается 400 м³ сточных вод.

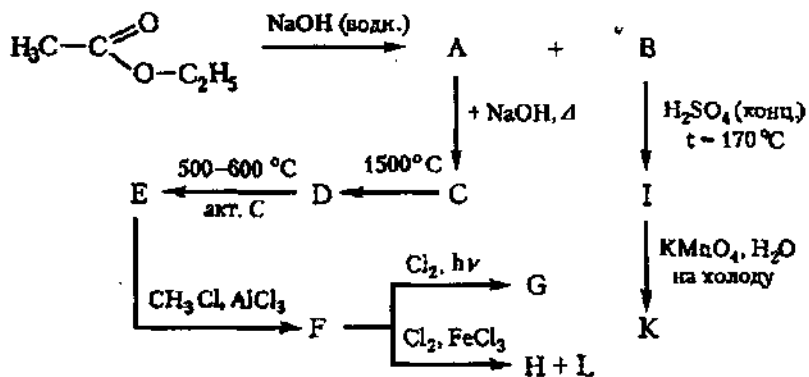
Решение:

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = C \cdot V = 4,9 \text{ г/л} \cdot 400000 \text{ л} = 1960000 \text{ г}$	2

$m(\text{FeSO}_4) = C \cdot V = 7,6 \text{ г/л} \cdot 400000 \text{ л} = 3040000 \text{ г}$	2
При внесении негашеной извести в сточные воды сначала происходит реакция: $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2$,	2
$\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ (1)	1
$\text{FeSO}_4 + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{CaSO}_4 + \text{Fe}(\text{OH})_2$ (2)	1
или $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ $\text{FeSO}_4 + \text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{CaSO}_4 + \text{Fe}(\text{OH})_2$	
$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = m(\text{H}_2\text{SO}_4) : M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1960000 \text{ г} : 98 \text{ г/моль} = 20000 \text{ моль}$	2
$n(\text{FeSO}_4) = m(\text{FeSO}_4) : M(\text{FeSO}_4) = 3040000 \text{ г} : 152 \text{ г/моль} = 20000 \text{ моль}$	2
По уравнению реакции 1: $n(\text{H}_2\text{SO}_4) = n[\text{Ca}(\text{OH})_2] = n(\text{CaO}) = 20000 \text{ моль}$	1
По уравнению реакции 2: $n(\text{FeSO}_4) = n[\text{Ca}(\text{OH})_2] = n(\text{CaO}) = 20000 \text{ моль}$	1
Суммарное количество CaO равно 40000 моль.	2
Находим массу CaO: $m(\text{CaO}) = n(\text{CaO}) \cdot M(\text{CaO}) = 40000 \text{ моль} \cdot 56 \text{ г/моль} = 2240000 \text{ г} = 2,24 \text{ т}$	2
Находим массу товарного продукта: $(2,24 \text{ т} \cdot 100\%) : 50\% = 4,48 \text{ т}$	2
Все элементы ответа записаны неверно	0
Максимальный балл	20

Задание 3.

Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить цепочку превращений:



Решение:

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Щелочной гидролиз этилацетата приводит к образованию ацетата натрия (А) и этанола (В).	2
При сплавлении ацетата натрия со щелочью образуется углеводород — метан (С).	2
$ \begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{C} \begin{array}{l} \text{=O} \\ \text{/} \\ \text{ONa} \end{array} \xrightarrow[\text{-Na}_2\text{CO}_3]{\text{NaOH, сплавл}} \text{CH}_4 \\ \text{A} \qquad \qquad \qquad \text{C} \end{array} $	
Неполный пиролиз метана приведет к образованию ацетилена (D):	
$ 2\text{CH}_4 \xrightarrow{1500^\circ\text{C}} \text{HC}\equiv\text{CH} + 3\text{H}_2 \\ \text{D} $	
	2

1-й образец получен с давлением карбоната натрия с оксидом алюминия, 2-й — при взаимодействии раствора сульфата алюминия с раствором щелочи, 3-й — при действии раствора щелочи на гидроксид алюминия, 4-й — при растворении алюминия в растворе щелочи. Выведите формулы алюминатов и напишите уравнения соответствующих реакций. Солями, какой из алюминиевых кислот можно условно считать все алюминаты?

Решение:

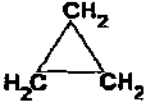
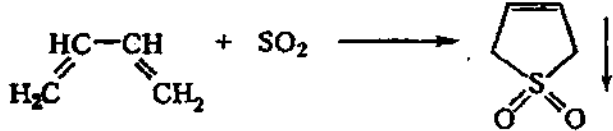
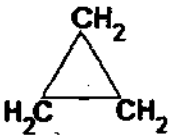
Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
По массовым долям компонентов (%) определим формулы алюминатов:	
1) $n(\text{Na}) : n(\text{Al}) : n(\text{O}) = (28,05/23) : (32,93/27) : (39,02/16) = 1,2 : 1,2 : 2,4 = 1 : 1 : 2$ Следовательно, формула алюмината — NaAlO_2 .	2
2) $n(\text{Na}) : n(\text{Al}) : n(\text{O}) : n(\text{H}) = (19,50/23) : (22,88/27) : (54,24/16) : (3,39/1) = 0,85 : 3,39 : 3,39 : 1 = 1 : 1 : 4 : 4$ Следовательно, формула алюмината — NaAlO_4H_4 , или $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$, или $\text{NaAlO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.	2
3) $n(\text{Na}) : n(\text{Al}) : n(\text{O}) : n(\text{H}) = (22,02/23) : (25,84/27) : (49,76/16) : (2,39/1) = 0,96 : 0,96 : 3,11 : 2,39 = 1 : 1 : 4 : 3$ Следовательно, формула алюмината — $\text{Na}_4\text{Al}_4\text{O}_{13}\text{H}_{10}$, или $\text{Na}_4[\text{Al}_4\text{O}_3(\text{OH})_{10}]$, или $\text{NaAlO}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.	2
4) $n(\text{Na}) : n(\text{Al}) : n(\text{O}) : n(\text{H}) = (14,94/23) : (17,53/27) : (62,33/16) : (5,19/1) = 0,64 : 0,64 : 3,9 : 5,19 = 1 : 1 : 6 : 8$ Следовательно, формула алюмината — NaAlO_6H_8 , или $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, или $\text{NaAlO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$.	2
Напишем уравнения реакций получения этих алюминатов:	
1) $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow 2\text{NaAlO}_2 + \text{CO}_2 \uparrow$	2
2) $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 8\text{NaOH} = 2[\text{Al}(\text{OH})_4] + 3\text{Na}_2\text{SO}_4$	2
3) $4\text{Al}(\text{OH})_3 + 4\text{NaOH} = [\text{Al}_4\text{O}_3(\text{OH})_{10}] + 3\text{H}_2\text{O}$	2
4) $2\text{Al} + 2\text{NaOH} + 10\text{H}_2\text{O} = 2\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] \cdot 2\text{H}_2\text{O} + 3\text{H}_2 \uparrow$	2
1) Сопоставление формул алюминатов, полученных разными способами, показывает, что все их можно рассматривать как соли метаалюминиевой кислоты с различным содержанием воды, приходящимся на моль алюмината: 1) NaAlO_2 ; 2) $\text{NaAlO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; 3) $4\text{NaAlO}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$; 4) $\text{NaAlO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	4 (по 1 баллу за каждую формулу)
Все элементы ответа записаны неверно	0
Максимальный балл	20

Задание 5.

В неподписанных газометрах находятся следующие газы: пропан, пропен, циклопропан, пропилен и бутадиев-1,3. С помощью, каких химических реактивов можно установить содержимое каждого из газометров?

Решение:

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
1. Реакция обесцвечивания бромной воды, в нее вступают все имеющиеся газы, кроме пропана: $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{Br}_2 \rightarrow \text{CH}_3-\text{CHBr}-\text{CH}_2\text{Br}$	2

 $+ Br_2 \rightarrow CH_2Br-CH_2-CH_2Br$ $CH_3-C\equiv CH + 2Br_2 \rightarrow CH_3-CBr_2-CHBr_2$ $CH_2=CH-CH=CH_2 + 2Br_2 \rightarrow CH_2Br-CHBr-CHBr-CH_2Br$	<p>2</p> <p>2</p> <p>2</p>
<p>2. При пропускании пропина через аммиачный раствор оксида серебра будет наблюдаться образование осадка, чего не произойдет в остальных случаях, т.к. атом водорода при углеродном атоме в sp-гибридном состоянии обладает кислотным характером, т.е. может (подобно кислоте) замещаться на металлы с образованием солеподобных металлических производных:</p> $CH_3-C\equiv CH + [Ag(NH_3)_2]OH \rightarrow CH_3-C\equiv CAg\downarrow + 2NH_3\uparrow + H_2O$	<p>3</p>
<p>3. Сопряженные диены, каким является бутадиен -1,3, легко вступают в характерную для них реакцию 1,4 присоединения. Образование циклических сульфонов - надежная идентификация этого углеводорода:</p> 	<p>3</p>
<p>4. Для того, чтобы различить циклопропан и пропен, имеющие одинаковый состав C₃H₆, можно воспользоваться реакцией Вагнера: алкены обесцвечивают водный раствор перманганата калия на холоду, а циклопропан - только при нагревании:</p> $3CH_3-CH_2=CH_2 + 2KMnO_4 + 4H_2O = 3CH_3-CH_2(OH)-CH_2(OH) + 2KOH + 2MnO_2$  $+ 2KMnO_4 + 4H_2O = 3CH_2(OH)-CH_2-CH_2(OH) + 2KOH + 2MnO_2$	<p>3</p> <p>3</p>
<p>Все элементы ответа записаны неверно</p>	<p>0</p>
<p>Максимальный балл</p>	<p>20</p>