

Заключительный этап межрегиональной межвузовской олимпиады школьников

Сибирского федерального округа «Будущее Сибири» 2015-2016 г.

Решения олимпиадных заданий по химии

8 класс

Часть 1. Разминка (общая оценка 30 баллов).

Решение.

- 1.1. Переход воды из твердого состояния в жидкое при нагревании – это **физическое** явление, а взаимодействие воды с оксидом натрия – **химическое** явление.
- 1.2. В реакции растворов $K_2CO_3 + H_2SO_4 = ?$ признаком реакции является **выделение газа**, а в реакции растворов $Ba(NO_3)_2 + H_2SO_4 = ?$ признаком реакции является **образование осадка**.
- 1.3. В атоме калия в основном состоянии количество неспаренных электронов равно **1**, а в ионе K^+ – **0**.
- 1.4. В реакции $S + O_2 = SO_2$ окислителем является **кислород**, а восстановителем является **сера**.
- 1.5. Ядро природного изотопа фтора содержит **9** протонов и **10** нейтронов.
- 1.6. Среда водного раствора H_2SO_4 **кислая**, а водного раствора $Ca(OH)_2$ – **щелочная**.
- 1.7. Высшая степень окисления у серы **+6**, а низшая **-2**.
- 1.8. В щелочной среде фенолфталеин окрашен в **малиновый (розовый, красный)** цвет, а в кислой – **бесцветный**.
- 1.9. Из четырех неметаллов – кислород, азот, фтор и хлор самым активным является **фтор**, а наименее активным **азот**.
- 1.10. При комнатной температуре и атмосферном давлении жидкими простыми веществами являются **ртуть** и **бром**.

Система оценивания:

Каждый правильный ответ по 1,5 б

всего $1,5 \cdot 2 \cdot 10 = 30$ баллов.

Итого 30 баллов

Часть 2. Качественные задания (общая оценка 35 баллов).

2.1. В трех пробирках, пронумерованных цифрами 1, 2, 3, находятся водные растворы бинарных (двухэлементных) солей, образованных только элементами 3 периода.

При добавлении раствора гидроксида калия к раствору из 1 пробирки изменений не наблюдается. В растворах из 2 и 3 пробирок выпадают осадки белого цвета. Добавление избытка раствора гидроксида калия приводит к растворению осадка из 2 пробирки. Осадок из 3 пробирки в избытке щелочи не растворяется.

Добавление раствора карбоната натрия к раствору из 1 пробирки изменений не вызывает. В растворе из 2 пробирки выпадает осадок белого цвета и выделяется газ. В растворе из 3 пробирки тоже выпадает белый осадок, но газ не выделяется. Однако тот же газ выделяется при растворении этого белого осадка в соляной кислоте.

Прибавление раствора нитрата серебра приводит к образованию осадков в растворах из всех трех пробирок: белого творожистого в растворах из 2 и 3 пробирок и черного в растворе из 1 пробирки.

Определите составы солей, находящихся в пробирках 1-3.

Напишите уравнения всех описанных реакций.

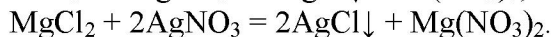
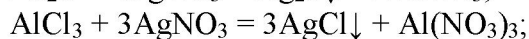
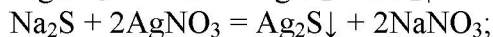
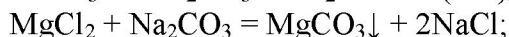
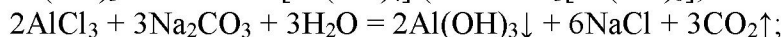
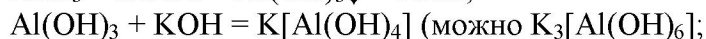
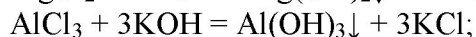
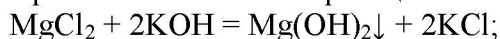
Решение.

В 3 периоде только три металла, которые и могут быть катионами в определяемых солях: Na, Mg и Al. Растворимый в воде гидроксид образует только Na^+ , следовательно, он и находится в 1 пробирке. Гидроксид, растворимый в избытке щелочи, образует только катион Al^{3+} , следовательно, он находится во 2 пробирке. Гидроксид, не растворимый ни в воде, ни в избытке щелочи, образует только катион Mg^{2+} , значит, он в 3 пробирке.

Неметаллов в 3 периоде 5, но аргон соединений не образует, а силициды и фосфида либо гидролизуются, либо не растворяются в воде. Поэтому анионами могут быть только сульфид и хлорид. Сульфид с катионами серебра дает черный осадок, а хлорид – белый творожистый. Следовательно, анионом в 1 пробирке является S^{2-} , а во 2 и в 3 пробирках Cl^- .

Итак, в пробирках находятся: 1 – Na_2S , 2 – AlCl_3 , 3 – MgCl_2 .

Уравнения описанных реакций:



Система оценивания:

За состав каждой соли по 4 б (по 2 б за катион и анион), за уравнения реакций по 1 б,
 $4*3+1*9 = 21$ балл.

Итого 21 балл

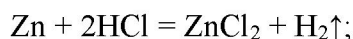
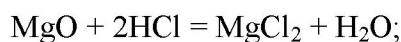
2.2. Произойдет ли химическое взаимодействие с растворителем при раздельном помещении твердых веществ NH_4Cl , Na_2CO_3 , Ag, MgO, Zn, $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$:

- а) в хлороводородную кислоту; б) в водный раствор гидроксида натрия;
в) в разбавленную (10 масс. %) азотную кислоту?

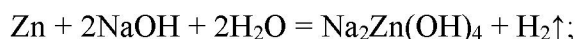
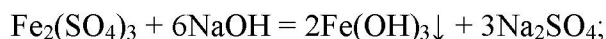
Ответы подтвердите уравнениями реакций. Если вещество не взаимодействует с растворителем, то обязательно укажите это.

Решение.

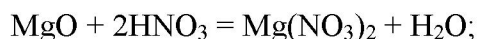
- а) Не взаимодействуют с HCl: NH_4Cl , Ag, $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$.



- б) Не взаимодействуют с NaOH: Na_2SO_3 , Ag, MgO.



- в) Не взаимодействуют с HNO_3 : NH_4Cl , $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$.



Система оценивания:

За верное указание об отсутствии взаимодействия по 0,5 балла,

за уравнения реакций по 1 баллу

$0,5*8+1*10 = 14$ баллов.

Итого 14 баллов

Часть 3. Расчетные задачи (общая оценка 35 баллов).

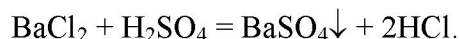
3.1. К раствору, содержащему 7,74 г смеси сульфата калия и сульфата натрия, добавили 152,4 мл 10 %-ного раствора хлорида бария (концентрация раствора 10 масс. %, плотность 1,092 г/мл). Выпавший осадок отфильтровали. К фильтрату (профильтрованному раствору) добавили 16 мл серной кислоты с концентрацией 2 моль/л, получив еще одну порцию такого же осадка, масса которого составила 6,99 г. Определите массовые доли солей в исходной смеси и массу оксида серы(VI), необходимую для приготовления израсходованной серной кислоты.

Решение.

а) Выпавший осадок – сульфат бария, по условию задачи его отделяют фильтрованием:
 $K_2SO_4 + BaCl_2 = BaSO_4\downarrow + 2KCl$; $Na_2SO_4 + BaCl_2 = BaSO_4\downarrow + 2NaCl$.

В фильтрате могут присутствовать: непрореагировавшие сульфат калия и сульфат натрия (если хлорид бария в недостатке), хлорид бария (если он взят в избытке) и образовавшиеся хлорид калия и хлорид натрия.

В реакции с серной кислотой получился такой же осадок:



(3 балла: по 1 баллу за каждое уравнение реакции).

б) Определим массу оксида серы(VI), необходимую для приготовления раствора серной кислоты: $SO_3 + H_2O = H_2SO_4$, то есть из 1 моль оксида получается 1 моль кислоты. Количество H_2SO_4 равно $0,016*2 = 0,032$ моль, следовательно, количество оксида серы(VI) равно 0,032 моль. Масса оксида серы (VI) составит $0,032*80 = 2,56$ г.

(3 балла. 1 балла за уравнение реакции + 2 балла за определение массы оксида).

в) Количество $BaCl_2$, содержавшегося в исходном растворе:

$$n(BaCl_2) = 0,1*152,4*1,092/208 = 0,08 \text{ моль.}$$

(2 балла).

В реакции с серной кислотой получился осадок сульфата бария, следовательно, хлорид бария был взят в избытке, а сульфаты при первом сливании прореагировали полностью.

(2 балла за установление избытка хлорида бария)

Количество сульфата бария получившегося в результате реакции с серной кислотой:

$$n(BaSO_4) = 6,99/233 = 0,03 \text{ моль.}$$

Количество H_2SO_4 посчитано в п. б и равно 0,032 моль, следовательно, серная кислота взята в избытке по отношению к оставшемуся в растворе хлориду бария.

$$\text{Тогда } n(BaCl_2_{(ост)}) = n(BaSO_4) = 6,99/233 = 0,03 \text{ моль.}$$

Следовательно, 0,03 моль хлорида бария оставалось в фильтрате, а в реакцию с сульфатами вступило $n(BaCl_2) = 0,08 - 0,03 = 0,05$ моль.

(6 баллов: 2 балла за расчет количества сульфата + 2 балла за вывод об избытке серной кислоты + 2 балла за количество хлорида бария, вступившего в реакцию с сульфатами).

Суммарное количество сульфатов калия и натрия равно количеству прореагировавшего с ними хлорида бария (0,05 моль), а их общая масса по условию составляет 7,74 г.

Пусть x – $n(\text{K}_2\text{SO}_4)$, y – $n(\text{Na}_2\text{SO}_4)$, тогда $m(\text{K}_2\text{SO}_4) = 174x$, $m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 142y$.

Решаем систему из двух уравнений:

$$174x + 142y = 7,74;$$

$$x + y = 0,05.$$

$$x = 0,05 - y; \Rightarrow 174(0,05 - y) + 142y = 7,74; \Rightarrow 8,7 - 174y + 142y = 7,74; \Rightarrow 32y = 0,96; \Rightarrow$$

$$y = 0,03 \text{ моль}; x = 0,02 \text{ моль}.$$

Количество солей: $n(\text{K}_2\text{SO}_4) = 0,02$ моль, $n(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0,03$ моль

Массы солей: $m(\text{K}_2\text{SO}_4) = n \cdot M = 0,02 \cdot 174 = 3,48$ г;

$m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = n \cdot M = 0,03 \cdot 142 = 4,26$ г.

Массовые доли солей в исходной смеси:

$$\omega(\text{K}_2\text{SO}_4) = 100 \cdot 3,48 / 7,74 = 45,0 \%; \omega(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 100 \cdot 4,26 / 7,74 = 55,0 \%.$$

(5 баллов. 3 балла за составление и решение системы уравнений, 1 балл за расчет масс солей, 1 балл за расчет массовых долей).

Ответ: $\omega(\text{K}_2\text{SO}_4) = 45,0 \%$, $\omega(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 55,0 \%$, $m(\text{SO}_3) = 2,56$ г.

Итого 21 балл

3.2. Природный минерал тенорит черного цвета представляет собой практически чистый оксид хорошо известного Вам металла 4 периода. Для полного растворения навески минерала потребовалось 69,7 мл соляной кислоты ($\omega(\text{HCl}) = 10$ масс. %, $\rho = 1,047$ г/мл). К образовавшемуся раствору голубого цвета прилили раствор гидроксида натрия ($\omega(\text{NaOH}) = 6$ масс. %, $\rho = 1,065$ г/мл) до прекращения образования сине-голубого осадка. Осадок отфильтровали и прокалили, в результате чего получился черный порошок и вода. Нагревание черного порошка в атмосфере водорода привело к образованию порошка красного цвета.

а) Напишите уравнения всех перечисленных реакций.

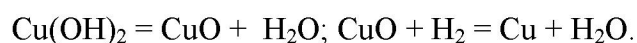
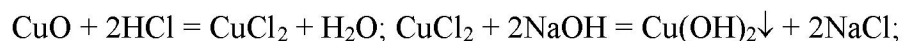
б) Назовите все вещества, содержащие металл 4 периода.

в) Рассчитайте массу навески минерала и объем раствора гидроксида натрия, необходимый для полного протекания реакции.

Решение.

а) При растворении черного оксида металла в соляной кислоте образуется голубой раствор его хлорида, взаимодействие которого со щелочью приводит к образованию сине-голубого осадка его гидроксида. Прокаливание сине-голубого гидроксида металла привело к получению черного оксида, в результате нагревания которого в атмосфере водорода получился красный порошок металла. Все эти цвета характерны для хорошо известного Вам красного металла 4 периода – меди.

Уравнения реакций:



б) Названия веществ:

CuO – оксид меди(II); CuCl_2 – хлорид меди(II); $\text{Cu}(\text{OH})_2$ – гидроксид меди(II); Cu – медь.

в) Количество взятого тенорита по уравнению реакции растворения будет равно половине от количества потребованной соляной кислоты.

$$m(\text{p-ра}) = 69,7 \cdot 1,047 = 73 \text{ (г)}; m(\text{HCl}) = 0,1 \cdot 73 = 7,3 \text{ (г)}; n(\text{HCl}) = 7,3/36,5 = 0,2 \text{ (моль)}.$$

$$n(\text{CuO}) = 0,5 \cdot 0,2 = 0,1 \text{ (моль)}; m(\text{CuO}) = 0,1 \cdot 80 = \mathbf{8 \text{ (г)}}.$$

Количество требуемой щелочи по уравнению реакции осаждения гидроксида будет равно удвоенному количеству хлорида меди, которое равно количеству тенорита.

$$n(\text{NaOH}) = 2n(\text{CuO}) = 2 \cdot 0,1 = 0,2 \text{ (моль)}; m(\text{NaOH}) = 0,2 \cdot 40 = 8 \text{ (г)};$$

$$m(\text{p-ра}) = 8/0,06 = 133,3 \text{ (г)}; V(\text{p-ра}) = 133,3/1,065 = \mathbf{125 \text{ (мл)}}.$$

Система оценивания:

Уравнения реакций по 1 баллу, названия веществ (включая медь) по 1 баллу, масса тенорита и объем раствора гидроксида натрия по 3 балла $1 \cdot 4 + 1 \cdot 4 + 3 \cdot 2 = 14$ баллов.

Итого 14 баллов

Заключительный этап межрегиональной межвузовской олимпиады школьников

Сибирского федерального округа «Будущее Сибири» 2015-2016 г.

Решения олимпиадных заданий по химии

9 класс

Часть 1. Разминка (общая оценка 30 баллов).

Решение.

1.1. Для водородных соединений элементов VIA группы H_2E с увеличением порядкового номера кислотные свойства **возрастают**, а восстановительные свойства **тоже возрастают**.

1.2. В реакции растворов $K_2CO_3 + H_2SO_4 = ?$ признаком реакции является **выделение газа**, а в реакции растворов $Ba(NO_3)_2 + H_2SO_4 = ?$ признаком реакции является **образование осадка**.

1.3. В атоме алюминия в основном состоянии количество неспаренных электронов равно **1**, а в ионе Al^{3+} – **0**.

1.4. В реакции $2H_2S + SO_2 = 3S + 2H_2O$ окислителем является вещество **SO_2** , а восстановителем является вещество **H_2S** .

1.5. Ядро природного изотопа фтора содержит **9** протонов и **10** нейтронов.

1.6. Среда водного раствора $CuCl_2$ **кислая**, а водного раствора $(NH_4)_2SO_4$ – **тоже кислая**.

1.7. В соединении $K_2Cr_2O_7$ степень окисления хрома **+6**, а в соединении $K_3[Cr(OH)_6]$ **+3**.

1.8. Агрегатное состояние I_2 при комнатной температуре и атмосферном давлении **твердое**, а его кристаллическая решетка в твердом состоянии **молекулярная**.

1.9. Из четырех неметаллов – кислород, азот, фтор и хлор самым активным является **фтор**, а наименее активным **азот**.

1.10. При термическом разложении хлорида аммония образуются **аммиак (NH_3)** и **хлороводород (HCl)**.

Система оценивания:

Каждый правильный ответ по 1,5 б

всего $1,5 \cdot 2 \cdot 10 = 30$ баллов.

Итого 30 баллов

Часть 2. Качественные задания (общая оценка 35 баллов).

2.1. В трех пробирках, пронумерованных цифрами 1, 2, 3, находятся водные растворы бинарных (двухэлементных) солей, образованных только элементами 3 периода.

При добавлении раствора гидроксида калия к раствору из 1 пробирки изменений не наблюдается. В растворах из 2 и 3 пробирок выпадают осадки белого цвета. Добавление избытка раствора гидроксида калия приводит к растворению осадка из 2 пробирки. Осадок из 3 пробирки в избытке щелочи не растворяется.

Добавление раствора карбоната натрия к раствору из 1 пробирки изменений не вызывает. В растворе из 2 пробирки выпадает осадок белого цвета и выделяется газ. В растворе из 3 пробирки тоже выпадает белый осадок, но газ не выделяется. Однако тот же газ выделяется при растворении этого белого осадка в соляной кислоте.

Прибавление раствора нитрата серебра приводит к образованию осадков в растворах из всех трех пробирок: белого творожистого в растворах из 2 и 3 пробирок и черного в растворе из 1 пробирки.

Определите составы солей, находящихся в пробирках 1-3.

Напишите уравнения всех описанных реакций.

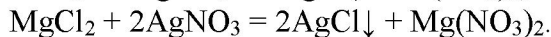
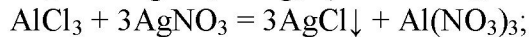
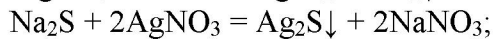
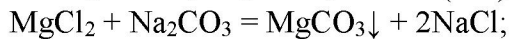
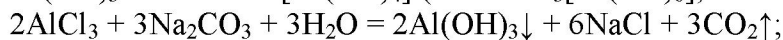
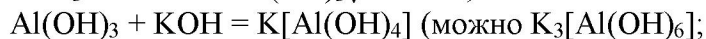
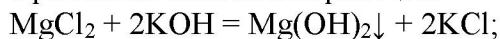
Решение.

В 3 периоде только три металла, которые и могут быть катионами в определяемых солях: Na, Mg и Al. Растворимый в воде гидроксид образует только Na^+ , следовательно, он и находится в 1 пробирке. Гидроксид, растворимый в избытке щелочи, образует только катион Al^{3+} , следовательно, он находится во 2 пробирке. Гидроксид, не растворимый ни в воде, ни в избытке щелочи, образует только катион Mg^{2+} , значит, он в 3 пробирке.

Неметаллов в 3 периоде 5, но аргон соединений не образует, а силициды и фосфиды либо гидролизуются, либо не растворяются в воде. Поэтому анионами могут быть только сульфид и хлорид. Сульфид с катионами серебра дает черный осадок, а хлорид – белый творожистый. Следовательно, анионом в 1 пробирке является S^{2-} , а во 2 и в 3 пробирках Cl^- .

Итак, в пробирках находятся: 1 – Na_2S , 2 – AlCl_3 , 3 – MgCl_2 .

Уравнения описанных реакций:



Система оценивания:

**За состав каждой соли по 4 б (по 2 б за катион и анион), за уравнения реакций по 1 б,
 $4*3+1*9 = 21$ балл.**

Итого 21 балл

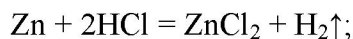
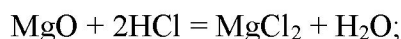
2.2. Произойдет ли химическое взаимодействие с растворителем при отдельном помещении твердых веществ NH_4Cl , Na_2CO_3 , Ag, MgO, Zn, $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$:

- а) в хлороводородную кислоту; б) в водный раствор гидроксида натрия;
в) в разбавленную (10 масс. %) азотную кислоту?

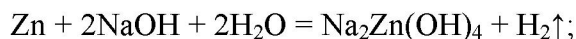
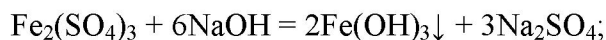
Ответы подтвердите уравнениями реакций. Если вещество не взаимодействует с растворителем, то обязательно укажите это.

Решение.

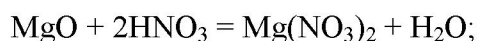
а) Не взаимодействуют с HCl: NH_4Cl , Ag, $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$.



б) Не взаимодействуют с NaOH: Na_2SO_3 , Ag, MgO.



в) Не взаимодействуют с HNO_3 : NH_4Cl , $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$.





Система оценивания:

**За верное указание об отсутствии взаимодействия по 0,5 балла,
за уравнения реакций по 1 баллу**

0,5*8+1*10 = 14 баллов.

Итого 14 баллов

Часть 3. Расчетные задачи (общая оценка 35 баллов).

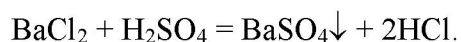
3.1. К раствору, содержащему 7,74 г смеси сульфата калия и сульфата натрия, добавили 152,4 мл 10 %-ного раствора хлорида бария (концентрация раствора 10 масс. %, плотность 1,092 г/мл). Выпавший осадок отфильтровали. К фильтрату (профильтрованному раствору) добавили 16 мл серной кислоты с концентрацией 2 моль/л, получив еще одну порцию такого же осадка, масса которого составила 6,99 г. Определите массовые доли солей в исходной смеси и массу оксида серы(VI), необходимую для приготовления израсходованной серной кислоты.

Решение.

а) Выпавший осадок – сульфат бария, по условию задачи его отделяют фильтрованием:
 $\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{BaCl}_2 = \text{BaSO}_4\downarrow + 2\text{KCl}$; $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{BaCl}_2 = \text{BaSO}_4\downarrow + 2\text{NaCl}$.

В фильтрате могут присутствовать: непрореагировавшие сульфат калия и сульфат натрия (если хлорид бария в недостатке), хлорид бария (если он взят в избытке) и образовавшиеся хлорид калия и хлорид натрия.

В реакции с серной кислотой получился такой же осадок:



(3 балла: по 1 баллу за каждое уравнение реакции).

б) Определим массу оксида серы(VI), необходимую для приготовления раствора серной кислоты: $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4$, то есть из 1 моль оксида получается 1 моль кислоты. Количество H_2SO_4 равно $0,016 \cdot 2 = 0,032$ моль, следовательно, количество оксида серы(VI) равно 0,032 моль. Масса оксида серы (VI) составит $0,032 \cdot 80 = 2,56$ г.

(3 балла. 1 балла за уравнение реакции + 2 балла за определение массы оксида).

в) Количество BaCl_2 , содержавшегося в исходном растворе:

$$n(\text{BaCl}_2) = 0,1 \cdot 152,4 \cdot 1,092 / 208 = 0,08 \text{ моль}.$$

(2 балла).

В реакции с серной кислотой получился осадок сульфата бария, следовательно, хлорид бария был взят в избытке, а сульфаты при первом сливании прореагировали полностью.

(2 балла за установление избытка хлорида бария)

Количество сульфата бария получившегося в результате реакции с серной кислотой:

$$n(\text{BaSO}_4) = 6,99 / 233 = 0,03 \text{ моль}.$$

Количество H_2SO_4 посчитано в п. б и равно 0,032 моль, следовательно, серная кислота взята в избытке по отношению к оставшемуся в растворе хлориду бария.

$$\text{Тогда } n(\text{BaCl}_2_{\text{ост}}) = n(\text{BaSO}_4) = 6,99 / 233 = 0,03 \text{ моль}.$$

Следовательно, 0,03 моль хлорида бария оставалось в фильтрате, а в реакцию с сульфатами вступило $n(\text{BaCl}_2) = 0,08 - 0,03 = 0,05$ моль.

(6 баллов: 2 балла за расчет количества сульфата + 2 балла за вывод об избытке серной кислоты + 2 балла за количество хлорида бария, вступившего в реакцию с сульфатами).

Суммарное количество сульфатов калия и натрия равно количеству прореагировавшего с ними хлорида бария (0,05 моль), а их общая масса по условию составляет 7,74 г.

Пусть x – $n(\text{K}_2\text{SO}_4)$, y – $n(\text{Na}_2\text{SO}_4)$, тогда $m(\text{K}_2\text{SO}_4) = 174x$, $m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 142y$.

Решаем систему из двух уравнений:

$$174x + 142y = 7,74;$$

$$x + y = 0,05.$$

$$x = 0,05 - y; \Rightarrow 174(0,05 - y) + 142y = 7,74; \Rightarrow 8,7 - 174y + 142y = 7,74; \Rightarrow 32y = 0,96; \Rightarrow y = 0,03 \text{ моль}; x = 0,02 \text{ моль}.$$

Количество солей: $n(\text{K}_2\text{SO}_4) = 0,02$ моль, $n(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0,03$ моль

Массы солей: $m(\text{K}_2\text{SO}_4) = n \cdot M = 0,02 \cdot 174 = 3,48$ г;

$m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = n \cdot M = 0,03 \cdot 142 = 4,26$ г.

Массовые доли солей в исходной смеси:

$$\omega(\text{K}_2\text{SO}_4) = 100 \cdot 3,48 / 7,74 = 45,0 \%; \omega(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 100 \cdot 4,26 / 7,74 = 55,0 \%$$

(5 баллов. 3 балла за составление и решение системы уравнений, 1 балл за расчет масс солей, 1 балл за расчет массовых долей).

Ответ: $\omega(\text{K}_2\text{SO}_4) = 45,0 \%$, $\omega(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 55,0 \%$, $m(\text{SO}_3) = 2,56$ г.

Итого 21 балл

3.2. Природный минерал тенорит черного цвета представляет собой практически чистый оксид хорошо известного Вам металла 4 периода. Для полного растворения навески минерала потребовалось 69,7 мл соляной кислоты ($\omega(\text{HCl}) = 10$ масс. %, $\rho = 1,047$ г/мл). К образовавшемуся раствору голубого цвета прилили раствор гидроксида натрия ($\omega(\text{NaOH}) = 6$ масс. %, $\rho = 1,065$ г/мл) до прекращения образования сине-голубого осадка. Осадок отфильтровали и прокалили, в результате чего получился черный порошок и вода. Нагревание черного порошка в атмосфере водорода привело к образованию порошка красного цвета.

а) Напишите уравнения всех перечисленных реакций.

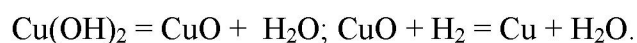
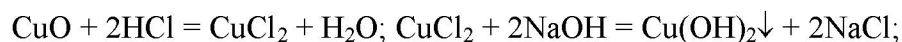
б) Назовите все вещества, содержащие металл 4 периода.

в) Рассчитайте массу навески минерала и объем раствора гидроксида натрия, необходимый для полного протекания реакции.

Решение.

а) При растворении черного оксида металла в соляной кислоте образуется голубой раствор его хлорида, взаимодействие которого со щелочью приводит к образованию сине-голубого осадка его гидроксида. Прокаливание сине-голубого гидроксида металла привело к получению черного оксида, в результате нагревания которого в атмосфере водорода получился красный порошок металла. Все эти цвета характерны для хорошо известного Вам красного металла 4 периода – меди.

Уравнения реакций:



б) Названия веществ:

CuO – оксид меди(II); CuCl₂ – хлорид меди(II); Cu(OH)₂ – гидроксид меди(II); Cu – медь.

в) Количество взятого тенорита по уравнению реакции растворения будет равно половине от количества потребовавшейся соляной кислоты.

$$m(\text{p-ра}) = 69,7 \cdot 1,047 = 73 \text{ (г)}; m(\text{HCl}) = 0,1 \cdot 73 = 7,3 \text{ (г)}; n(\text{HCl}) = 7,3/36,5 = 0,2 \text{ (моль)}.$$

$$n(\text{CuO}) = 0,5 \cdot 0,2 = 0,1 \text{ (моль)}; m(\text{CuO}) = 0,1 \cdot 80 = \mathbf{8 \text{ (г)}}.$$

Количество требуемой щелочи по уравнению реакции осаждения гидроксида будет равно удвоенному количеству хлорида меди, которое равно количеству тенорита.

$$n(\text{NaOH}) = 2n(\text{CuO}) = 2 \cdot 0,1 = 0,2 \text{ (моль)}; m(\text{NaOH}) = 0,2 \cdot 40 = 8 \text{ (г)};$$

$$m(\text{p-ра}) = 8/0,06 = 133,3 \text{ (г)}; V(\text{p-ра}) = 133,3/1,065 = \mathbf{125 \text{ (мл)}}.$$

Система оценивания:

Уравнения реакций по 1 баллу, названия веществ (включая медь) по 1 баллу, масса тенорита и объем раствора гидроксида натрия по 3 балла $1 \cdot 4 + 1 \cdot 4 + 3 \cdot 2 = 14$ баллов.

Итого 14 баллов

Заключительный этап межрегиональной межвузовской олимпиады школьников

Сибирского федерального округа «Будущее Сибири» 2015-2016 г.

Решения олимпиадных заданий по химии

10 класс

Часть 1. Разминка (общая оценка 20 баллов).

Решение.

- 1.1. Для водородных соединений элементов VIA группы H_2E с увеличением порядкового номера кислотные свойства **возрастают**, а восстановительные свойства **тоже возрастают**.
- 1.2. При взаимодействии карбида алюминия с водой образуется продукт, относящийся к классу **алканов**, а при взаимодействии карбида кальция с водой – к классу **алкинов**.
- 1.3. В атоме алюминия в основном состоянии количество неспаренных электронов равно **1**, а в ионе Al^{3+} – **0**.
- 1.4. В газофазной реакции $2NO + O_2 = 2NO_2 + Q$ установилось химическое равновесие. Если увеличить температуру, то равновесие сместится **влево**, а если внести катализатор – **равновесие сохранится**.
- 1.5. Фосфористая кислота H_3PO_3 имеет основность, равную **2**, а фосфорноватистая кислота H_3PO_2 – **1**.
- 1.6. Среда водного раствора $CuCl_2$ **кислая**, а водного раствора $(NH_4)_2SO_4$ – **тоже кислая**.
- 1.7. В соединении $K_2Cr_2O_7$ степень окисления хрома **+6**, а в соединении $K_3[Cr(OH)_6]$ **+3**.
- 1.8. Агрегатное состояние I_2 при комнатной температуре и атмосферном давлении **твердое**, а его кристаллическая решетка в твердом состоянии **молекулярная**.
- 1.9. Органический продукт, образующийся при взаимодействии алкенов с перманганатом калия в щелочной среде относится к классу **двухатомных спиртов (гликолей, диолов)**, а происходящий процесс называется реакцией **Вагнера**.
- 1.10. При термическом разложении хлорида аммония образуются **аммиак (NH_3)** и **хлороводород (HCl)**.

Система оценивания:

Каждый правильный ответ по 1 б

*всего $1*2*10 = 20$ баллов.*

Итого 20 баллов

Часть 2. Качественные задания (общая оценка 40 баллов).

2.1. Имеется семь водных растворов, содержащих следующие соединения в одинаковой молярной концентрации: уксусная кислота, формиат натрия, муравьиная кислота, ацетат натрия, хлороводород, хлорид натрия, серная кислота. Известно, что муравьиная кислота сильнее уксусной кислоты.

Расположите эти растворы в ряд в порядке возрастания значений pH. Ответ поясните.

Решение.

Самые высокие концентрации H^+ и, как следствие, самые маленькие значения pH (поскольку это **отрицательный** десятичный логарифм $[H^+]$) будут в растворах сильных кислот HCl и H_2SO_4 . Поскольку серная кислота при диссоциации дает два протона, а соляная один, самый низкий pH будет в растворе H_2SO_4 . Кислая среда будет еще в двух растворах слабых кислот – муравьиной и уксусной. Поскольку муравьиная кислота сильнее уксусной кислоты, в ее растворе pH будет меньше. В растворе $NaCl$ – соли сильной кислоты и сильного основания – среда будет нейтральная, а в растворах солей сильного основания и слабых кислот CH_3COONa и $HCOONa$ среда будет слабощелочной

(за счет гидролиза по аниону). Поскольку муравьиная кислота сильнее уксусной, то ее соль будет подвержена гидролизу в меньшей степени, и pH в растворе формиата натрия будет меньше, чем в растворе ацетата натрия. Получаем следующий порядок возрастания значений pH:



Система оценивания:

Правильное положение каждого раствора в ряду по 1 б, верное пояснение места каждого раствора в ряду по 1 б (если перепутано направление ряда, то снимается 4 б; если сумма получается < 0, то выставляется 0) **1*7+1*7 = 14 баллов.**

Итого 14 баллов

2.2. Произойдет ли химическое взаимодействие с растворителем при раздельном помещении твердых веществ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, Na_2SO_3 , Ag, ZnS, Al, FeSO_4 :

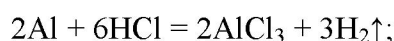
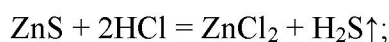
а) в хлороводородную кислоту; б) в водный раствор гидроксида натрия;

в) в концентрированную азотную кислоту?

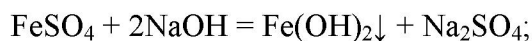
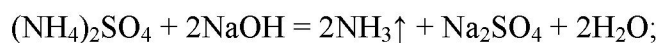
Ответы подтвердите уравнениями реакций. Если вещество не взаимодействует с растворителем, то обязательно укажите это.

Решение.

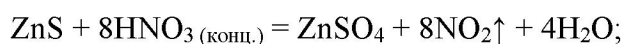
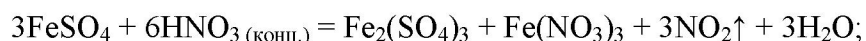
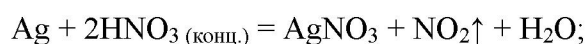
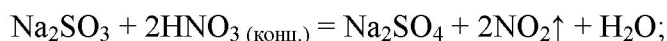
а) Не взаимодействуют с HCl: $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, Ag, FeSO_4 .



б) Не взаимодействуют с NaOH: Na_2SO_3 , Ag, ZnS.



в) Не взаимодействуют с HNO_3 (конц.): $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, Al.



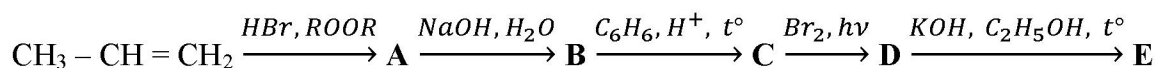
Система оценивания:

За верное указание об отсутствии взаимодействия по 0,5 балла, за уравнения реакций по 1 баллу

0,5*8+1*10 = 14 баллов.

Итого 14 баллов

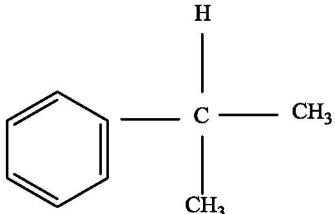
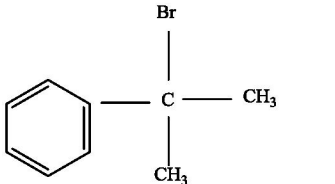
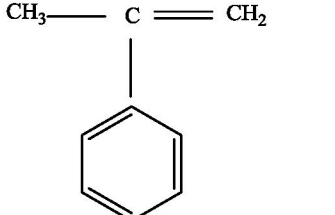
2.3. Расшифруйте схему превращений (изобразите структурные формулы и напишите названия органических соединений **A – E**).



Назовите механизмы реакций превращения B в C и C в D

Решение.

A	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2\text{Br}$	1-бромпропан
B	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2\text{OH}$	пропанол-1

C		изопропилбензол, кумол, 1-метилэтилбензол, 2-фенилпропан
D		2-бром-2-фенилпропан
E		2-фенилпропен

B → C – электрофильное замещение

C → D – свободно-радикальное замещение

Система оценивания:

Структурные формулы соединений А-Е по 1 баллу, названия по 1 баллу

$1 * 5 + 1 * 5 = 10$ баллов;

Названия механизмов по 1 баллу

$1 * 2 = 2$ балла.

Итого 12 баллов.

Часть 3. Расчетные задачи (общая оценка 40 баллов).

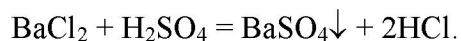
3.1. К раствору, содержащему 7,74 г смеси сульфата калия и сульфата натрия, добавили 152,4 мл 10 %-ного раствора хлорида бария (концентрация раствора 10 масс. %, плотность 1,092 г/мл). Выпавший осадок отфильтровали. К фильтрату (профильтрованному раствору) добавили 16 мл серной кислоты с концентрацией 2 моль/л, получив еще одну порцию такого же осадка, масса которого составила 6,99 г. Определите массовые доли солей в исходной смеси и массу оксида серы(VI), необходимую для приготовления израсходованной серной кислоты.

Решение.

а) Выпавший осадок – сульфат бария, по условию задачи его отделяют фильтрованием:
 $K_2SO_4 + BaCl_2 = BaSO_4 \downarrow + 2KCl$; $Na_2SO_4 + BaCl_2 = BaSO_4 \downarrow + 2NaCl$.

В фильтрате могут присутствовать: непрореагировавшие сульфат калия и сульфат натрия (если хлорид бария в недостатке), хлорид бария (если он взят в избытке) и образовавшиеся хлорид калия и хлорид натрия.

В реакции с серной кислотой получился такой же осадок:



(3 балла: по 1 баллу за каждое уравнение реакции).

б) Определим массу оксида серы(VI), необходимую для приготовления раствора серной кислоты: $SO_3 + H_2O = H_2SO_4$, то есть из 1 моль оксида получается 1 моль кислоты. Количество H_2SO_4 равно $0,016 * 2 = 0,032$ моль, следовательно, количество оксида серы(VI) равно 0,032 моль. Масса оксида серы (VI) составит $0,032 * 80 = 2,56$ г.

(3 балла. 1 балла за уравнение реакции + 2 балла за определение массы оксида).

в) Количество BaCl_2 , содержащегося в исходном растворе:

$$n(\text{BaCl}_2) = 0,1 \cdot 152,4 \cdot 1,092 / 208 = 0,08 \text{ моль.}$$

(2 балла).

В реакции с серной кислотой получился осадок сульфата бария, следовательно, хлорид бария был взят в избытке, а сульфаты при первом сливании прореагировали полностью.

(2 балла за установление избытка хлорида бария)

Количество сульфата бария получившегося в результате реакции с серной кислотой:

$$n(\text{BaSO}_4) = 6,99 / 233 = 0,03 \text{ моль.}$$

Количество H_2SO_4 посчитано в п. б и равно 0,032 моль, следовательно, серная кислота взята в избытке по отношению к оставшемуся в растворе хлориду бария.

$$\text{Тогда } n(\text{BaCl}_2_{\text{ост}}) = n(\text{BaSO}_4) = 6,99 / 233 = 0,03 \text{ моль.}$$

Следовательно, 0,03 моль хлорида бария оставалось в фильтрате, а в реакцию с сульфатами вступило $n(\text{BaCl}_2) = 0,08 - 0,03 = 0,05$ моль.

(6 баллов: 2 балла за расчет количества сульфата + 2 балла за вывод об избытке серной кислоты + 2 балла за количество хлорида бария, вступившего в реакцию с сульфатами).

Суммарное количество сульфатов калия и натрия равно количеству прореагировавшего с ними хлорида бария (0,05 моль), а их общая масса по условию составляет 7,74 г.

Пусть $x - n(\text{K}_2\text{SO}_4)$, $y - n(\text{Na}_2\text{SO}_4)$, тогда $m(\text{K}_2\text{SO}_4) = 174x$, $m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 142y$.

Решаем систему из двух уравнений:

$$174x + 142y = 7,74;$$

$$x + y = 0,05.$$

$$x = 0,05 - y; \Rightarrow 174(0,05 - y) + 142y = 7,74; \Rightarrow 8,7 - 174y + 142y = 7,74; \Rightarrow 32y = 0,96; \Rightarrow$$

$$y = 0,03 \text{ моль; } x = 0,02 \text{ моль.}$$

Количество солей: $n(\text{K}_2\text{SO}_4) = 0,02$ моль, $n(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0,03$ моль

Массы солей: $m(\text{K}_2\text{SO}_4) = n \cdot M = 0,02 \cdot 174 = 3,48$ г;

$m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = n \cdot M = 0,03 \cdot 142 = 4,26$ г.

Массовые доли солей в исходной смеси:

$$\omega(\text{K}_2\text{SO}_4) = 100 \cdot 3,48 / 7,74 = 45,0 \%; \omega(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 100 \cdot 4,26 / 7,74 = 55,0 \%.$$

(5 баллов. 3 балла за составление и решение системы уравнений, 1 балл за расчет масс солей, 1 балл за расчет массовых долей).

Ответ: $\omega(\text{K}_2\text{SO}_4) = 45,0 \%$, $\omega(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 55,0 \%$, $m(\text{SO}_3) = 2,56$ г.

Итого 21 балл

3.2. На 170 г раствора хлорида анилина с концентрацией 20 % (по массе) действовали 54,6 мл 20 % (по массе) раствора гидроксида натрия (плотность 1,22 г/мл). Органический продукт выделили из смеси и ввели в реакцию ацилирования с 40 г уксусного ангидрида.

а) Напишите уравнения протекающих реакций.

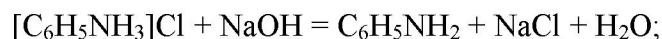
б) Определите массовую долю анилина в смеси, полученной после проведения реакции с гидроксидом натрия.

в) Вычислите массу N-фенилацетамида, образовавшегося в реакции с уксусным ангидридом.

г) Изобразите структурные формулы всех органических веществ, упомянутых в условии задачи и вопросах к ней.

Решение.

а) Уравнения реакций:



б) Определим массовую долю анилина в смеси, полученной после проведения реакции с гидроксидом натрия.

$$M([\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_3]\text{Cl}) = 129,5 \text{ г/моль};$$

$$m([\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_3]\text{Cl}) = 170 \cdot 0,2 = 34 \text{ г}; n([\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_3]\text{Cl}) = 34/129,5 = 0,26 \text{ моль}.$$

$$M(\text{NaOH}) = 40 \text{ г/моль}; m_{\text{р-р}}(\text{NaOH}) = 54,6 \cdot 1,22 = 66,6 \text{ г}; m(\text{NaOH}) = 66,6 \cdot 0,2 = 13,32 \text{ г};$$

$$n(\text{NaOH}) = 13,32/40 = 0,33 \text{ моль (избыток)}.$$

$$M(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = 93 \text{ г/моль}; n(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = 0,26 \text{ моль}; m(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = 0,26 \cdot 93 = 24,2 \text{ г};$$

$$w(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = 24,2/(170 + 66,6) \cdot 100\% = 10,3 \%;$$

в) Вычислим массу N-фенилацетамида, образовавшегося в реакции с уксусным ангидридом.

$$n(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = 0,26 \text{ моль};$$

$$M((\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}) = 102 \text{ г/моль}; n((\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}) = 40/102 = 0,39 \text{ моль – избыток}$$

$$M(\text{C}_6\text{H}_5\text{NHC}(\text{O})\text{CH}_3) = 135 \text{ г/моль}; m(\text{C}_6\text{H}_5\text{NHC}(\text{O})\text{CH}_3) = 0,26 \cdot 135 = 35,1 \text{ г}.$$

в) Структурные формулы:

Хлорид анилинния – $[\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_3]^+ \text{Cl}^-$;

Уксусный ангидрид – $\text{CH}_3\text{C}(\text{O})-\text{O}-\text{C}(\text{O})-\text{CH}_3$;

Анилин – $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$;

N-фенилацетамид – $\text{C}_6\text{H}_5\text{NHC}(\text{O})\text{CH}_3$.

Система оценивания:

Уравнения реакций по 2 балла

2*2 = 4 балла

Вывод об избытке щелочи 2 балла, расчет массовой доли 3 балла

2+3 = 5 баллов

Вывод об избытке ангидрида 2 балла, расчет массы продукта 2 балла

2+2 = 4 балла

Структурные формулы органических веществ по 1,5 балла

1,5*4 = 6 баллов

Итого 19 баллов

Заключительный этап межрегиональной межвузовской олимпиады школьников

Сибирского федерального округа «Будущее Сибири» 2015-2016 г.

Решения олимпиадных заданий по химии

11 класс

Часть 1. Разминка (общая оценка 20 баллов).

Решение.

- 1.1. Для водородных соединений элементов VIA группы H_2E с увеличением порядкового номера кислотные свойства **возрастают**, а восстановительные свойства **тоже возрастают**.
- 1.2. При взаимодействии карбида алюминия с водой образуется продукт, относящийся к классу **алканов**, а при взаимодействии карбида кальция с водой – к классу **алкинов**.
- 1.3. Степень диссоциации уксусной кислоты с увеличением температуры **увеличивается**, а с увеличением концентрации **уменьшается**.
- 1.4. В газофазной реакции $2NO + O_2 = 2NO_2 + Q$ установилось химическое равновесие. Если увеличить температуру, то равновесие сместится **влево**, а если внести катализатор – **равновесие сохранится**.
- 1.5. Фосфористая кислота H_3PO_3 имеет основность, равную **2**, а фосфорноватистая кислота H_3PO_2 – **1**.
- 1.6. Среда водного раствора $CuCl_2$ **кислая**, а водного раствора $(NH_4)_2SO_4$ – **тоже кислая**.
- 1.7. В соединении $K_2Cr_2O_7$ степень окисления хрома **+6**, а в соединении $K_3[Cr(OH)_6]$ **+3**.
- 1.8. Агрегатное состояние I_2 при комнатной температуре и атмосферном давлении **твердое**, а его кристаллическая решетка в твердом состоянии **молекулярная**.
- 1.9. Органический продукт, образующийся при взаимодействии алкенов с перманганатом калия в щелочной среде относится к классу **двухатомных спиртов (гликолей, диолов)**, а происходящий процесс называется реакцией **Вагнера**.
- 1.10. Продуктом реакции внутримолекулярной дегидратации спиртов являются **алкены**, межмолекулярной дегидратации – **простые эфиры**.

Система оценивания:

Каждый правильный ответ по 1 б

всего $1 \cdot 2 \cdot 10 = 20$ баллов.

Итого 20 баллов

Часть 2. Качественные задания (общая оценка 40 баллов).

2.1. Имеется семь водных растворов, содержащих следующие соединения в одинаковой молярной концентрации: уксусная кислота, формиат натрия, муравьиная кислота, ацетат натрия, гидросульфат натрия, сульфат натрия, серная кислота.

Расположите эти растворы в ряд в порядке возрастания значений pH. Ответ поясните.

Решение.

Самые высокие концентрации H^+ и, как следствие, самые маленькие значения pH (поскольку это **отрицательный** десятичный логарифм $[H^+]$) будут в растворах сильной по двум ступеням кислоты H_2SO_4 и ее кислой соли $NaHSO_4$. Поскольку серная кислота при диссоциации дает два протона, а гидросульфат натрия один, самый низкий pH будет в растворе H_2SO_4 . Кислая среда будет еще в двух растворах слабых кислот – муравьиной и уксусной. Из-за индуктивного эффекта метильной группы муравьиная кислота сильнее уксусной кислоты, поэтому в ее растворе pH будет меньше. В растворе Na_2SO_4 – соли сильной кислоты и сильного основания – среда будет нейтральная, а в растворах солей сильного основания и слабых кислот CH_3COONa и $HCOONa$ среда будет слабощелочной

(за счет гидролиза по аниону). Поскольку муравьиная кислота сильнее уксусной, то ее соль будет подвержена гидролизу в меньшей степени, и pH в растворе формиата натрия будет меньше, чем в растворе ацетата натрия. Получаем следующий порядок возрастания значений pH:



Система оценивания:

Правильное положение каждого раствора в ряду по 1 б, верное пояснение места каждого раствора в ряду по 1 б (если перепутано направление ряда, то снимается 4 б; если сумма получается < 0, то выставляется 0) **1*7+1*7 = 14 баллов.**

Итого 14 баллов

2.2. Произойдет ли химическое взаимодействие с растворителем при раздельном помещении твердых веществ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, Na_2SO_3 , Ag, ZnS, Al, FeSO_4 :

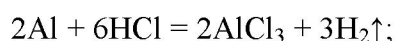
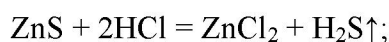
а) в хлороводородную кислоту; б) в водный раствор гидроксида натрия;

в) в концентрированную азотную кислоту?

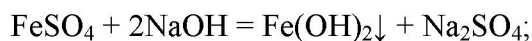
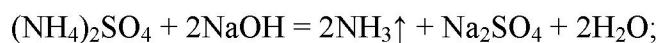
Ответы подтвердите уравнениями реакций. Если вещество не взаимодействует с растворителем, то обязательно укажите это.

Решение.

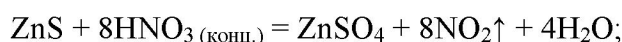
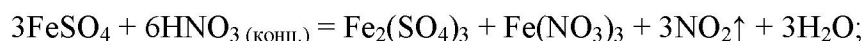
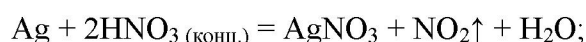
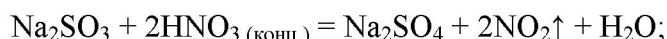
а) Не взаимодействуют с HCl: $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, Ag, FeSO_4 .



б) Не взаимодействуют с NaOH: Na_2SO_3 , Ag, ZnS.



в) Не взаимодействуют с HNO_3 (конц.): $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, Al.



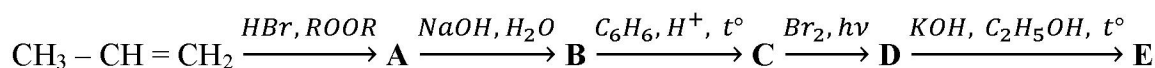
Система оценивания:

За верное указание об отсутствии взаимодействия по 0,5 балла, за уравнения реакций по 1 баллу

0,5*8+1*10 = 14 баллов.

Итого 14 баллов

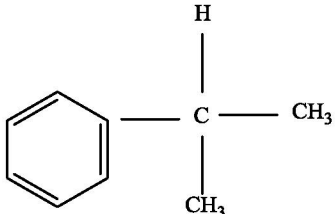
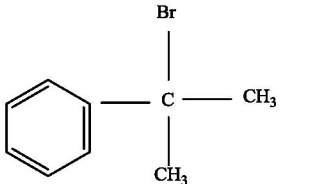
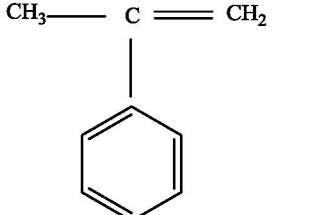
2.3. Расшифруйте схему превращений (изобразите структурные формулы и напишите названия органических соединений **A – E**).



Назовите механизмы реакций превращения B в C и C в D

Решение.

A	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2\text{Br}$	1-бромпропан
B	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2\text{OH}$	пропанол-1

C		изопропилбензол, кумол, 1-метилэтилбензол, 2-фенилпропан
D		2-бром-2-фенилпропан
E		2-фенилпропен

B → C – электрофильное замещение

C → D – свободно-радикальное замещение

Система оценивания:

Структурные формулы соединений А-Е по 1 баллу, названия по 1 баллу

$1 * 5 + 1 * 5 = 10$ баллов;

Названия механизмов по 1 баллу

$1 * 2 = 2$ балла.

Итого 12 баллов.

Часть 3. Расчетные задачи (общая оценка 40 баллов).

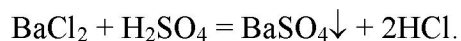
3.1. К раствору, содержащему 7,74 г смеси сульфата калия и сульфата натрия, добавили 152,4 мл 10 %-ного раствора хлорида бария (концентрация раствора 10 масс. %, плотность 1,092 г/мл). Выпавший осадок отфильтровали. К фильтрату (профильтрованному раствору) добавили 16 мл серной кислоты с концентрацией 2 моль/л, получив еще одну порцию такого же осадка, масса которого составила 6,99 г. Определите массовые доли солей в исходной смеси и массу оксида серы(VI), необходимую для приготовления израсходованной серной кислоты.

Решение.

а) Выпавший осадок – сульфат бария, по условию задачи его отделяют фильтрованием:
 $K_2SO_4 + BaCl_2 = BaSO_4 \downarrow + 2KCl$; $Na_2SO_4 + BaCl_2 = BaSO_4 \downarrow + 2NaCl$.

В фильтрате могут присутствовать: непрореагировавшие сульфат калия и сульфат натрия (если хлорид бария в недостатке), хлорид бария (если он взят в избытке) и образовавшиеся хлорид калия и хлорид натрия.

В реакции с серной кислотой получился такой же осадок:



(3 балла: по 1 баллу за каждое уравнение реакции).

б) Определим массу оксида серы(VI), необходимую для приготовления раствора серной кислоты: $SO_3 + H_2O = H_2SO_4$, то есть из 1 моль оксида получается 1 моль кислоты. Количество H_2SO_4 равно $0,016 * 2 = 0,032$ моль, следовательно, количество оксида серы(VI) равно 0,032 моль. Масса оксида серы (VI) составит $0,032 * 80 = 2,56$ г.

(3 балла. 1 балла за уравнение реакции + 2 балла за определение массы оксида).

в) Количество BaCl_2 , содержащегося в исходном растворе:

$$n(\text{BaCl}_2) = 0,1 \cdot 152,4 \cdot 1,092 / 208 = 0,08 \text{ моль.}$$

(2 балла).

В реакции с серной кислотой получился осадок сульфата бария, следовательно, хлорид бария был взят в избытке, а сульфаты при первом сливании прореагировали полностью.

(2 балла за установление избытка хлорида бария)

Количество сульфата бария получившегося в результате реакции с серной кислотой:

$$n(\text{BaSO}_4) = 6,99 / 233 = 0,03 \text{ моль.}$$

Количество H_2SO_4 посчитано в п. б и равно 0,032 моль, следовательно, серная кислота взята в избытке по отношению к оставшемуся в растворе хлориду бария.

$$\text{Тогда } n(\text{BaCl}_2_{\text{(ост)}}) = n(\text{BaSO}_4) = 6,99 / 233 = 0,03 \text{ моль.}$$

Следовательно, 0,03 моль хлорида бария оставалось в фильтрате, а в реакцию с сульфатами вступило $n(\text{BaCl}_2) = 0,08 - 0,03 = 0,05$ моль.

(6 баллов: 2 балла за расчет количества сульфата + 2 балла за вывод об избытке серной кислоты + 2 балла за количество хлорида бария, вступившего в реакцию с сульфатами).

Суммарное количество сульфатов калия и натрия равно количеству прореагировавшего с ними хлорида бария (0,05 моль), а их общая масса по условию составляет 7,74 г.

Пусть $x - n(\text{K}_2\text{SO}_4)$, $y - n(\text{Na}_2\text{SO}_4)$, тогда $m(\text{K}_2\text{SO}_4) = 174x$, $m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 142y$.

Решаем систему из двух уравнений:

$$174x + 142y = 7,74;$$

$$x + y = 0,05.$$

$$x = 0,05 - y; \Rightarrow 174(0,05 - y) + 142y = 7,74; \Rightarrow 8,7 - 174y + 142y = 7,74; \Rightarrow 32y = 0,96; \Rightarrow$$

$$y = 0,03 \text{ моль; } x = 0,02 \text{ моль.}$$

Количество солей: $n(\text{K}_2\text{SO}_4) = 0,02$ моль, $n(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0,03$ моль

Массы солей: $m(\text{K}_2\text{SO}_4) = n \cdot M = 0,02 \cdot 174 = 3,48$ г;

$m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = n \cdot M = 0,03 \cdot 142 = 4,26$ г.

Массовые доли солей в исходной смеси:

$$\omega(\text{K}_2\text{SO}_4) = 100 \cdot 3,48 / 7,74 = 45,0 \%; \quad \omega(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 100 \cdot 4,26 / 7,74 = 55,0 \%.$$

(5 баллов. 3 балла за составление и решение системы уравнений, 1 балл за расчет масс солей, 1 балл за расчет массовых долей).

Ответ: $\omega(\text{K}_2\text{SO}_4) = 45,0 \%$, $\omega(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 55,0 \%$, $m(\text{SO}_3) = 2,56$ г.

Итого 21 балл

3.2. На 170 г раствора гидросульфата анилина с концентрацией 15 % (по массе) действовали 90 мл 15 % (по массе) раствора гидроксида калия (плотность 1,14 г/мл). Органический продукт выделили из смеси и ввели в реакцию ацилирования с 15 г хлорангидрида уксусной кислоты.

а) Напишите уравнения протекающих реакций.

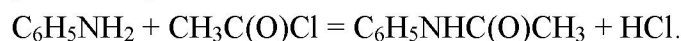
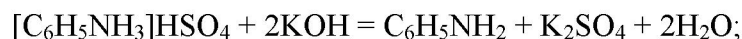
б) Определите массовую долю анилина в смеси, полученной после проведения реакции с гидроксидом калия.

в) Вычислите массу ацетанилида, образовавшегося в реакции с хлорангидридом уксусной кислоты.

г) Изобразите структурные формулы всех органических веществ, упомянутых в условии задачи и вопросах к ней.

Решение.

а) Уравнения реакций:



б) Определим массовую долю анилина в смеси, полученной после проведения реакции с гидроксидом калия.

$$M([\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_3]\text{HSO}_4) = 191 \text{ г/моль};$$

$$m([\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_3]\text{HSO}_4) = 170 * 0,15 = 25,5 \text{ г}; n([\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_3]\text{HSO}_4) = 25,5/191 = 0,13 \text{ моль}.$$

$$M(\text{KOH}) = 56 \text{ г/моль}; m_{\text{р-р}}(\text{KOH}) = 90 * 1,14 = 102,6 \text{ г}; m(\text{KOH}) = 102,6 * 0,15 = 15,39 \text{ г};$$

$$n(\text{KOH}) = 15,39/56 = 0,27 \text{ моль} - \text{избыток};$$

$$M(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = 93 \text{ г/моль}; n(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = 0,13 \text{ моль}; m(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = 0,13 * 93 = 12,1 \text{ г};$$

$$w(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = 12,1 / (170 + 102,6) * 100\% = 4,44 \%;$$

в) Вычислим массу ацетанилида, образовавшегося в реакции с уксусным ангидридом.

$$n(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = 0,13 \text{ моль};$$

$$M(\text{CH}_3\text{C}(\text{O})\text{Cl}) = 78,5 \text{ г/моль}; n(\text{CH}_3\text{C}(\text{O})\text{Cl}) = 15/78,5 = 0,19 \text{ моль} - \text{избыток}$$

$$M(\text{C}_6\text{H}_5\text{NHC}(\text{O})\text{CH}_3) = 135 \text{ г/моль}; m(\text{C}_6\text{H}_5\text{NHC}(\text{O})\text{CH}_3) = 0,13 * 135 = 17,55 \text{ г}.$$

в) Структурные формулы:

Гидросульфат анилина – $[\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_3]^+ \text{HSO}_4^-$;

Хлорангидрид уксусной кислоты – $\text{CH}_3\text{C}(\text{O})\text{Cl}$;

Анилин – $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$;

Ацетанилид – $\text{C}_6\text{H}_5\text{NHC}(\text{O})\text{CH}_3$.

Система оценивания:

Уравнения реакций по 2 балла

2*2 = 4 балла

Вывод об избытке щелочи 2 балла, расчет массовой доли 3 балла

2+3 = 5 баллов

Вывод об избытке ангидрида 2 балла, расчет массы продукта 2 балла

2+2 = 4 балла

Структурные формулы органических веществ по 1,5 балла

1,5*4 = 6 баллов

Итого 19 баллов

Заключительный этап межрегиональной межвузовской олимпиады школьников

Сибирского федерального округа «Будущее Сибири» 2015-2016 г.

Решения олимпиадных заданий по химии

8 класс

2 вариант

Часть 1. Разминка (общая оценка 30 баллов).

Решение.

- 1.1. Переход воды из жидкого состояния в газообразное при нагревании – это **физическое** явление, а взаимодействие воды с оксидом кальция – **химическое** явление.
- 1.2. В реакции растворов $\text{BaCl}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = ?$ признаком реакции является **образование осадка**, а в реакции растворов $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = ?$ признаком реакции является **выделение газа**.
- 1.3. В атоме натрия в основном состоянии количество неспаренных электронов равно 1, а в ионе Na^+ – 0.
- 1.4. В реакции $\text{C} + \text{O}_2 = \text{CO}_2$ окислителем является **кислород**, а восстановителем является **углерод**.
- 1.5. Ядро природного изотопа алюминия содержит **13** протонов и **14** нейтронов.
- 1.6. Среда водного раствора H_3PO_4 **кислая**, а водного раствора KOH – **щелочная**.
- 1.7. Высшая степень окисления у хлора +7, а низшая –1.
- 1.8. В щелочной среде фенолфталеин окрашен в **малиновый (розовый, красный)** цвет, а в кислой – **бесцветный**.
- 1.9. Из четырех неметаллов – сера, азот, фтор и бром самым активным является **фтор**, а наименее активным **азот**.
- 1.10. При комнатной температуре и атмосферном давлении жидкими простыми веществами являются **ртуть** и **бром**.

Система оценивания:

Каждый правильный ответ по 1,5 б

всего $1,5 \cdot 2 \cdot 10 = 30$ баллов.

Итого 30 баллов

Часть 2. Качественные задания (общая оценка 35 баллов).

2.1. В трех пробирках, пронумерованных цифрами 1, 2, 3, находятся водные растворы бинарных (двухэлементных) солей, образованных только элементами 3 периода.

Прибавление раствора нитрата серебра приводит к образованию осадков в растворах из всех трех пробирок: белого творожистого в растворах из 1 и 2 пробирок и черного в растворе из 3 пробирки.

При добавлении раствора гидроксида калия к раствору из 3 пробирки изменений не наблюдается. В растворах из 1 и 2 пробирок выпадают осадки белого цвета. Добавление избытка раствора гидроксида калия приводит к растворению осадка из 1 пробирки. Осадок из 2 пробирки в избытке щелочи не растворяется.

Добавление раствора карбоната натрия к раствору из 3 пробирки изменений не вызывает. В растворе из 1 пробирки выпадает осадок белого цвета и выделяется газ. В растворе из 2 пробирки тоже выпадает белый осадок, но газ не выделяется. Однако тот же газ выделяется при растворении этого белого осадка в соляной кислоте.

Определите составы солей, находящихся в пробирках 1-3.

Напишите уравнения всех описанных реакций.

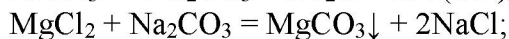
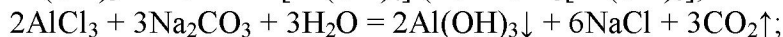
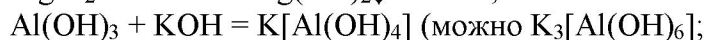
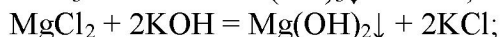
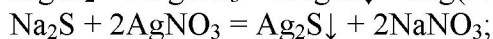
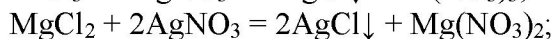
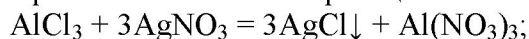
Решение.

В 3 периоде только три металла, которые и могут быть катионами в определяемых солях: Na, Mg и Al. Растворимый в воде гидроксид образует только Na^+ , следовательно, он и находится в 3 пробирке. Гидроксид, растворимый в избытке щелочи, образует только катион Al^{3+} , следовательно, он находится в 1 пробирке. Гидроксид, не растворимый ни в воде, ни в избытке щелочи, образует только катион Mg^{2+} , значит, он во 2 пробирке.

Неметаллов в 3 периоде 5, но аргон соединений не образует, а силициды и фосфида либо гидролизуются, либо не растворяются в воде. Поэтому анионами могут быть только сульфид и хлорид. Сульфид с катионами серебра дает черный осадок, а хлорид – белый творожистый. Следовательно, анионом в 3 пробирке является S^{2-} , а в 1 и во 2 пробирках Cl^- .

Итак, в пробирках находятся: 1 – AlCl_3 , 2 – MgCl_2 , 3 – Na_2S .

Уравнения описанных реакций:



Система оценивания:

За состав каждой соли по 4 б (по 2 б за катион и анион), за уравнения реакций по 1 б,
 $4*3+1*9 = 21$ балл.

Итого 21 балл

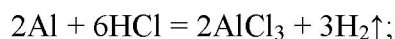
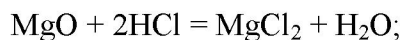
2.2. Произойдет ли химическое взаимодействие с растворителем при раздельном помещении твердых веществ NH_4NO_3 , K_2CO_3 , Cu, MgO, Al, $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$:

- а) в разбавленную хлороводородную кислоту; б) в водный раствор гидроксида калия;
в) в разбавленную (10 масс. %) азотную кислоту?

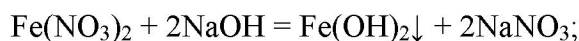
Ответы подтвердите уравнениями реакций. Если вещество не взаимодействует с растворителем, то обязательно укажите это.

Решение.

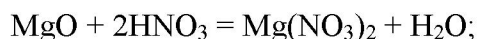
а) Не взаимодействуют с разбавленной HCl: NH_4NO_3 , Cu, $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$.



б) Не взаимодействуют с NaOH: K_2CO_3 , Cu, MgO.



в) Не взаимодействуют с HNO_3 (разб.): NH_4NO_3 , $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$.



Система оценивания:

За верное указание об отсутствии взаимодействия по 0,5 балла,

за уравнения реакций по 1 баллу

$0,5*8+1*10 = 14$ баллов.

Итого 14 баллов

Часть 3. Расчетные задачи (общая оценка 35 баллов).

3.1. К раствору, содержащему 3,245 г смеси хлорида калия и хлорида натрия, добавили 124,8 мл 10 %-ного раствора нитрата серебра (плотность раствора равна 1,09 г/мл). Выпавший осадок отфильтровали. К фильтрату (профильтрованному раствору) добавили 16 мл соляной кислоты с концентрацией 2 моль/л, получив еще одну порцию такого же осадка, масса которого составила 4,305 г.

а) Напишите уравнения проведенных реакций.

б) Вычислите массу и объем хлороводорода (при н.у.), необходимый для приготовления израсходованной соляной кислоты.

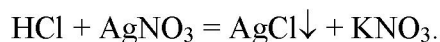
в) Установите массовые доли солей в исходной смеси.

Решение.

а) Выпавший осадок – хлорид серебра, по условию задачи его отделяют фильтрованием:
 $KCl + AgNO_3 = AgCl\downarrow + KNO_3$; $NaCl + AgNO_3 = AgCl\downarrow + NaNO_3$.

В фильтрате могут присутствовать: непрореагировавшие хлорид калия и хлорид натрия (если нитрат серебра в недостатке), нитрат серебра (если он взят в избытке) и образовавшиеся нитрат калия и нитрат натрия.

В реакции с соляной кислотой получился такой же осадок:



(3 балла: по 1 баллу за каждое уравнение реакции).

б) Определим массу и объем хлороводорода, необходимый для приготовления израсходованной соляной кислоты. Количество HCl равно $0,016*2 = 0,032$ моль, следовательно, масса хлороводорода составит $0,032*36,5 = 1,168 \approx 1,17$ г, его объем при н.у. $0,032*22,4 = 0,7168 \approx 0,72$ л.

(3 балла. По 1,5 балла за определение массы и объема хлороводорода).

в) Количество $AgNO_3$, содержавшегося в исходном растворе:

$$n(AgNO_3) = 0,1*124,8*1,09/170 = 0,08 \text{ моль.}$$

(2 балла).

В реакции с соляной кислотой получился осадок хлорида серебра, следовательно, нитрат серебра был взят в избытке, а хлориды при первом сливании прореагировали полностью.

(2 балла за установление избытка нитрата серебра)

Количество хлорида серебра, получившегося в результате реакции с соляной кислотой:

$$n(AgCl) = 4,305/143,5 = 0,03 \text{ моль.}$$

Количество HCl посчитано в п. б и равно 0,032 моль, следовательно, соляная кислота взята в избытке по отношению к оставшемуся в растворе нитрату серебра.

$$\text{Тогда } n(AgNO_3_{\text{ост}}) = n(AgCl) = 4,305/143,5 = 0,03 \text{ моль.}$$

Следовательно, 0,03 моль нитрата серебра оставалось в фильтрате, а в реакцию с хлоридами вступило $n(AgNO_3) = 0,08 - 0,03 = 0,05$ моль.

(6 баллов: 2 балла за расчет количества хлорида серебра + 2 балла за вывод об избытке соляной кислоты + 2 балла за количество нитрата серебра, вступившего в реакцию с хлоридами).

Суммарное количество хлоридов калия и натрия равно количеству прореагировавшего с ними нитрата серебра (0,05 моль), а их общая масса по условию составляет 3,245 г.

Пусть x – $n(\text{KCl})$, y – $n(\text{NaCl})$, тогда $m(\text{KCl}) = 74,5x$, $m(\text{NaCl}) = 58,5y$.

Решаем систему из двух уравнений:

$$74,5x + 58,5y = 3,245;$$

$$x + y = 0,05.$$

$$x = 0,05 - y; \Rightarrow 74,5(0,05 - y) + 58,5y = 3,245; \Rightarrow 3,725 - 74,5y + 58,5y = 3,245; \Rightarrow$$

$$16y = 0,48; \Rightarrow y = 0,03 \text{ моль}; x = 0,02 \text{ моль}.$$

Количество солей: $n(\text{KCl}) = 0,02$ моль, $n(\text{NaCl}) = 0,03$ моль

Массы солей: $m(\text{KCl}) = n \cdot M = 0,02 \cdot 74,5 = 1,49$ г;

$m(\text{NaCl}) = n \cdot M = 0,03 \cdot 58,5 = 1,755$ г.

Массовые доли солей в исходной смеси:

$$\omega(\text{KCl}) = 100 \cdot 1,49 / 3,245 = 45,9 \%; \omega(\text{NaCl}) = 100 \cdot 1,755 / 3,245 = 54,1 \%.$$

(5 баллов. 3 балла за составление и решение системы уравнений, 1 балл за расчет масс солей, 1 балл за расчет массовых долей).

Ответ: $\omega(\text{KCl}) = 45,9 \%$, $\omega(\text{NaCl}) = 54,1 \%$, $m(\text{HCl}) = 1,17$ г, $V(\text{HCl}) = 0,72$ л.

Итого 21 балл

3.2. Природный минерал малахит красивого зелено-бирюзового цвета представляет собой практически чистый гидрокарбонат хорошо известного Вам металла 4 периода (его состав $(\text{MOH})_2\text{CO}_3$, где М – тот самый металл). Для полного растворения навески минерала потребовалось 69,7 мл соляной кислоты ($\omega(\text{HCl}) = 10$ масс. %, $\rho = 1,047$ г/мл). К образовавшемуся раствору голубого цвета прилили раствор гидроксида натрия ($\omega(\text{NaOH}) = 6$ масс. %, $\rho = 1,065$ г/мл) до прекращения образования сине-голубого осадка. Осадок отфильтровали и прокалили, в результате чего получился черный порошок и вода. Нагревание черного порошка в атмосфере водорода привело к образованию порошка красного цвета.

а) Напишите уравнения всех перечисленных реакций.

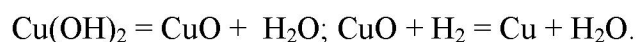
б) Назовите все вещества, содержащие металл 4 периода (кроме гидрокарбоната).

в) Рассчитайте массу навески минерала и объем раствора гидроксида натрия, необходимый для полного протекания реакции.

Решение.

а) При растворении зеленого гидрокарбоната металла в соляной кислоте образуется голубой раствор его хлорида, взаимодействие которого со щелочью приводит к образованию сине-голубого осадка его гидроксида. Прокаливание сине-голубого гидроксида металла привело к получению черного оксида, в результате нагревания которого в атмосфере водорода получился красный порошок металла. Все эти цвета характерны для хорошо известного Вам красного металла 4 периода – меди.

Уравнения реакций:



б) Названия веществ:

CuCl_2 – хлорид меди(II); $\text{Cu}(\text{OH})_2$ – гидроксид меди(II); CuO – оксид меди(II); Cu – медь.

в) Количество взятого малахита по уравнению реакции растворения будет $\frac{1}{4}$ от количества потребовавшейся соляной кислоты.

$$m(\text{p-ра}) = 69,7 \cdot 1,047 = 73 \text{ (г)}; m(\text{HCl}) = 0,1 \cdot 73 = 7,3 \text{ (г)}; n(\text{HCl}) = 7,3/36,5 = 0,2 \text{ (моль)}.$$

$$n(\text{CuO}) = \frac{1}{4} \cdot 0,2 = 0,05 \text{ (моль)}; m((\text{CuOH})_2\text{CO}_3) = 0,05 \cdot 222 = 11,1 \text{ (г)}.$$

Количество требуемой щелочи по уравнению реакции осаждения гидроксида будет равно удвоенному количеству хлорида меди, которое в 2 раза больше, чем количество малахита.

$$n(\text{NaOH}) = 4n((\text{CuOH})_2\text{CO}_3) = 4 \cdot 0,05 = 0,2 \text{ (моль)}; m(\text{NaOH}) = 0,2 \cdot 40 = 8 \text{ (г)};$$

$$m(\text{p-ра}) = 8/0,06 = 133,3 \text{ (г)}; V(\text{p-ра}) = 133,3/1,065 = 125 \text{ (мл)}.$$

Система оценивания:

Уравнения реакций по 1 баллу, названия веществ (включая медь) по 1 баллу, масса малахита и объем раствора гидроксида натрия по 3 балла $1 \cdot 4 + 1 \cdot 4 + 3 \cdot 2 = 14$ баллов.

Итого 14 баллов

Заключительный этап межрегиональной межвузовской олимпиады школьников

Сибирского федерального округа «Будущее Сибири» 2015-2016 г.

Решения олимпиадных заданий по химии

9 класс

2 вариант

Часть 1. Разминка (общая оценка 30 баллов).

Решение.

1.1. Для водородных соединений элементов VIIA группы НЭ с уменьшением порядкового номера кислотные свойства **возрастают**, а восстановительные свойства **тоже возрастают**.

1.2. В реакции растворов $\text{BaCl}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = ?$ признаком реакции является **образование осадка**, а в реакции растворов $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = ?$ признаком реакции является **выделение газа**.

1.3. В атоме галлия в основном состоянии количество неспаренных электронов равно **1**, а в ионе Ga^{3+} – **0**.

1.4. В реакции $2\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 = 3\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$ восстановителем является вещество **H_2S** , а окислителем является вещество **SO_2** .

1.5. Ядро природного изотопа алюминия содержит **13** протонов и **14** нейтронов.

1.6. Среда водного раствора NH_4Cl **кислая**, а водного раствора FeSO_4 – **тоже кислая**.

1.7. В соединении CrHPO_4 степень окисления хрома **+2**, а в соединении $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ **+6**.

1.8. Агрегатное состояние Br_2 при комнатной температуре и атмосферном давлении **жидкость**, а его кристаллическая решетка в твердом состоянии **молекулярная**.

1.9. Из четырех неметаллов – сера, азот, фтор и бром самым активным является **фтор**, а наименее активным **азот**.

1.10. При термическом разложении бромида аммония образуются **аммиак (NH_3)** и **бромоводород (HBr)**.

Система оценивания:

Каждый правильный ответ по 1,5 б

всего $1,5 \cdot 2 \cdot 10 = 30$ баллов.

Итого 30 баллов

Часть 2. Качественные задания (общая оценка 35 баллов).

2.1. В трех пробирках, пронумерованных цифрами 1, 2, 3, находятся водные растворы бинарных (двухэлементных) солей, образованных только элементами 3 периода.

Прибавление раствора нитрата серебра приводит к образованию осадков в растворах из всех трех пробирок: белого творожистого в растворах из 1 и 2 пробирок и черного в растворе из 3 пробирки.

При добавлении раствора гидроксида калия к раствору из 3 пробирки изменений не наблюдается. В растворах из 1 и 2 пробирок выпадают осадки белого цвета. Добавление избытка раствора гидроксида калия приводит к растворению осадка из 1 пробирки. Осадок из 2 пробирки в избытке щелочи не растворяется.

Добавление раствора карбоната натрия к раствору из 3 пробирки изменений не вызывает. В растворе из 1 пробирки выпадает осадок белого цвета и выделяется газ. В растворе из 2 пробирки тоже выпадает белый осадок, но газ не выделяется. Однако тот же газ выделяется при растворении этого белого осадка в соляной кислоте.

Определите составы солей, находящихся в пробирках 1-3.

Напишите уравнения всех описанных реакций.

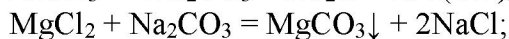
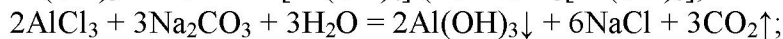
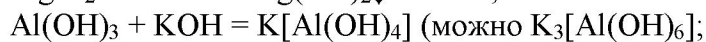
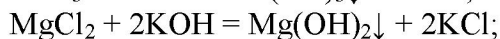
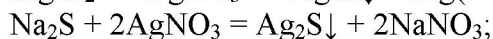
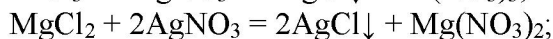
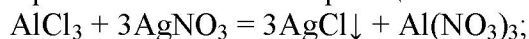
Решение.

В 3 периоде только три металла, которые и могут быть катионами в определяемых солях: Na, Mg и Al. Растворимый в воде гидроксид образует только Na^+ , следовательно, он и находится в 3 пробирке. Гидроксид, растворимый в избытке щелочи, образует только катион Al^{3+} , следовательно, он находится в 1 пробирке. Гидроксид, не растворимый ни в воде, ни в избытке щелочи, образует только катион Mg^{2+} , значит, он во 2 пробирке.

Неметаллов в 3 периоде 5, но аргон соединений не образует, а силициды и фосфида либо гидролизуются, либо не растворяются в воде. Поэтому анионами могут быть только сульфид и хлорид. Сульфид с катионами серебра дает черный осадок, а хлорид – белый творожистый. Следовательно, анионом в 3 пробирке является S^{2-} , а в 1 и во 2 пробирках Cl^- .

Итак, в пробирках находятся: 1 – AlCl_3 , 2 – MgCl_2 , 3 – Na_2S .

Уравнения описанных реакций:



Система оценивания:

За состав каждой соли по 4 б (по 2 б за катион и анион), за уравнения реакций по 1 б,
 $4 \cdot 3 + 1 \cdot 9 = 21$ балл.

Итого 21 балл

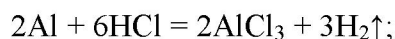
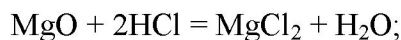
2.2. Произойдет ли химическое взаимодействие с растворителем при раздельном помещении твердых веществ NH_4NO_3 , K_2CO_3 , Cu, MgO, Al, $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$:

- а) в разбавленную хлороводородную кислоту; б) в водный раствор гидроксида калия;
в) в разбавленную (10 масс. %) азотную кислоту?

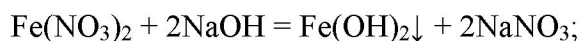
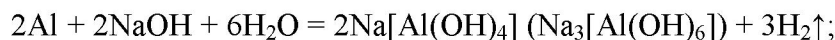
Ответы подтвердите уравнениями реакций. Если вещество не взаимодействует с растворителем, то обязательно укажите это.

Решение.

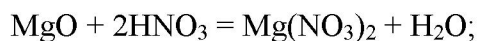
а) Не взаимодействуют с разбавленной HCl: NH_4NO_3 , Cu, $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$.



б) Не взаимодействуют с NaOH: K_2CO_3 , Cu, MgO.



в) Не взаимодействуют с HNO_3 (разб.): NH_4NO_3 , $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$.



Система оценивания:

За верное указание об отсутствии взаимодействия по 0,5 балла,

за уравнения реакций по 1 баллу

Итого 14 баллов

$0,5*8+1*10 = 14$ баллов.

Часть 3. Расчетные задачи (общая оценка 35 баллов).

3.1. К раствору, содержащему 3,245 г смеси хлорида калия и хлорида натрия, добавили 124,8 мл 10 %-ного раствора нитрата серебра (плотность раствора равна 1,09 г/мл). Выпавший осадок отфильтровали. К фильтрату (профильтрованному раствору) добавили 16 мл соляной кислоты с концентрацией 2 моль/л, получив еще одну порцию такого же осадка, масса которого составила 4,305 г.

а) Напишите уравнения проведенных реакций.

б) Вычислите массу и объем хлороводорода (при н.у.), необходимый для приготовления израсходованной соляной кислоты.

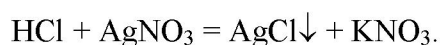
в) Установите массовые доли солей в исходной смеси.

Решение.

а) Выпавший осадок – хлорид серебра, по условию задачи его отделяют фильтрованием:
 $KCl + AgNO_3 = AgCl\downarrow + KNO_3$; $NaCl + AgNO_3 = AgCl\downarrow + NaNO_3$.

В фильтрате могут присутствовать: непрореагировавшие хлорид калия и хлорид натрия (если нитрат серебра в недостатке), нитрат серебра (если он взят в избытке) и образовавшиеся нитрат калия и нитрат натрия.

В реакции с соляной кислотой получился такой же осадок:



(3 балла: по 1 баллу за каждое уравнение реакции).

б) Определим массу и объем хлороводорода, необходимый для приготовления израсходованной соляной кислоты. Количество HCl равно $0,016*2 = 0,032$ моль, следовательно, масса хлороводорода составит $0,032*36,5 = 1,168 \approx 1,17$ г, его объем при н.у. $0,032*22,4 = 0,7168 \approx 0,72$ л.

(3 балла. По 1,5 балла за определение массы и объема хлороводорода).

в) Количество $AgNO_3$, содержавшегося в исходном растворе:

$$n(AgNO_3) = 0,1*124,8*1,09/170 = 0,08 \text{ моль.}$$

(2 балла).

В реакции с соляной кислотой получился осадок хлорида серебра, следовательно, нитрат серебра был взят в избытке, а хлориды при первом сливании прореагировали полностью.

(2 балла за установление избытка нитрата серебра)

Количество хлорида серебра, получившегося в результате реакции с соляной кислотой:

$$n(AgCl) = 4,305/143,5 = 0,03 \text{ моль.}$$

Количество HCl посчитано в п. б и равно 0,032 моль, следовательно, соляная кислота взята в избытке по отношению к оставшемуся в растворе нитрату серебра.

$$\text{Тогда } n(AgNO_3_{\text{ост}}) = n(AgCl) = 4,305/143,5 = 0,03 \text{ моль.}$$

Следовательно, 0,03 моль нитрата серебра оставалось в фильтрате, а в реакцию с хлоридами вступило $n(AgNO_3) = 0,08 - 0,03 = 0,05$ моль.

(6 баллов: 2 балла за расчет количества хлорида серебра + 2 балла за вывод об избытке соляной кислоты + 2 балла за количество нитрата серебра, вступившего в реакцию с хлоридами).

Суммарное количество хлоридов калия и натрия равно количеству прореагировавшего с ними нитрата серебра (0,05 моль), а их общая масса по условию составляет 3,245 г.

Пусть x – $n(\text{KCl})$, y – $n(\text{NaCl})$, тогда $m(\text{KCl}) = 74,5x$, $m(\text{NaCl}) = 58,5y$.

Решаем систему из двух уравнений:

$$74,5x + 58,5y = 3,245;$$

$$x + y = 0,05.$$

$$x = 0,05 - y; \Rightarrow 74,5(0,05 - y) + 58,5y = 3,245; \Rightarrow 3,725 - 74,5y + 58,5y = 3,245; \Rightarrow$$

$$16y = 0,48; \Rightarrow y = 0,03 \text{ моль}; x = 0,02 \text{ моль}.$$

Количество солей: $n(\text{KCl}) = 0,02$ моль, $n(\text{NaCl}) = 0,03$ моль

Массы солей: $m(\text{KCl}) = n \cdot M = 0,02 \cdot 74,5 = 1,49$ г;

$m(\text{NaCl}) = n \cdot M = 0,03 \cdot 58,5 = 1,755$ г.

Массовые доли солей в исходной смеси:

$$\omega(\text{KCl}) = 100 \cdot 1,49 / 3,245 = 45,9 \%; \omega(\text{NaCl}) = 100 \cdot 1,755 / 3,245 = 54,1 \%.$$

(5 баллов. 3 балла за составление и решение системы уравнений, 1 балл за расчет масс солей, 1 балл за расчет массовых долей).

Ответ: $\omega(\text{KCl}) = 45,9 \%$, $\omega(\text{NaCl}) = 54,1 \%$, $m(\text{HCl}) = 1,17$ г, $V(\text{HCl}) = 0,72$ л.

Итого 21 балл

3.2. Природный минерал малахит красивого зелено-бирюзового цвета представляет собой практически чистый гидрокарбонат хорошо известного Вам металла 4 периода (его состав $(\text{MOH})_2\text{CO}_3$, где М – тот самый металл). Для полного растворения навески минерала потребовалось 69,7 мл соляной кислоты ($\omega(\text{HCl}) = 10$ масс. %, $\rho = 1,047$ г/мл). К образовавшемуся раствору голубого цвета прилили раствор гидроксида натрия ($\omega(\text{NaOH}) = 6$ масс. %, $\rho = 1,065$ г/мл) до прекращения образования сине-голубого осадка. Осадок отфильтровали и прокалили, в результате чего получился черный порошок и вода. Нагревание черного порошка в атмосфере водорода привело к образованию порошка красного цвета.

а) Напишите уравнения всех перечисленных реакций.

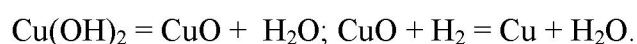
б) Назовите все вещества, содержащие металл 4 периода (кроме гидрокарбоната).

в) Рассчитайте массу навески минерала и объем раствора гидроксида натрия, необходимый для полного протекания реакции.

Решение.

а) При растворении зеленого гидрокарбоната металла в соляной кислоте образуется голубой раствор его хлорида, взаимодействие которого со щелочью приводит к образованию сине-голубого осадка его гидроксида. Прокаливание сине-голубого гидроксида металла привело к получению черного оксида, в результате нагревания которого в атмосфере водорода получился красный порошок металла. Все эти цвета характерны для хорошо известного Вам красного металла 4 периода – меди.

Уравнения реакций:



б) Названия веществ:

CuCl_2 – хлорид меди(II); $\text{Cu}(\text{OH})_2$ – гидроксид меди(II); CuO – оксид меди(II); Cu – медь.

в) Количество взятого малахита по уравнению реакции растворения будет $\frac{1}{4}$ от количества потребовавшейся соляной кислоты.

$$m(\text{p-ра}) = 69,7 \cdot 1,047 = 73 \text{ (г)}; m(\text{HCl}) = 0,1 \cdot 73 = 7,3 \text{ (г)}; n(\text{HCl}) = 7,3/36,5 = 0,2 \text{ (моль)}.$$

$$n(\text{CuO}) = \frac{1}{4} \cdot 0,2 = 0,05 \text{ (моль)}; m((\text{CuOH})_2\text{CO}_3) = 0,05 \cdot 222 = 11,1 \text{ (г)}.$$

Количество требуемой щелочи по уравнению реакции осаждения гидроксида будет равно удвоенному количеству хлорида меди, которое в 2 раза больше, чем количество малахита.

$$n(\text{NaOH}) = 4n((\text{CuOH})_2\text{CO}_3) = 4 \cdot 0,05 = 0,2 \text{ (моль)}; m(\text{NaOH}) = 0,2 \cdot 40 = 8 \text{ (г)};$$

$$m(\text{p-ра}) = 8/0,06 = 133,3 \text{ (г)}; V(\text{p-ра}) = 133,3/1,065 = 125 \text{ (мл)}.$$

Система оценивания:

Уравнения реакций по 1 баллу, названия веществ (включая медь) по 1 баллу, масса малахита и объем раствора гидроксида натрия по 3 балла $1 \cdot 4 + 1 \cdot 4 + 3 \cdot 2 = 14$ баллов.

Итого 14 баллов

Заключительный этап межрегиональной межвузовской олимпиады школьников

Сибирского федерального округа «Будущее Сибири» 2015-2016 г.

Решения олимпиадных заданий по химии

10 класс

2 вариант

Часть 1. Разминка (общая оценка 20 баллов).

- 1.1. Для водородных соединений элементов VIIA группы НЭ с уменьшением порядкового номера кислотные свойства **возрастают**, а восстановительные свойства **тоже возрастают**.
- 1.2. При взаимодействии карбида кальция с водой образуется продукт, относящийся к классу **алкинов**, а при взаимодействии карбида алюминия с водой – к классу **алканов**.
- 1.3. В атоме галлия в основном состоянии количество неспаренных электронов равно **1**, а в ионе Ga^{3+} – **0**.
- 1.4. В газофазной реакции $2NO_2 = 2NO - Q$ установилось химическое равновесие. Если увеличить температуру, то равновесие сместится **вправо**, а если внести катализатор – **равновесие сохранится**.
- 1.5. Фосфорная кислота H_3PO_4 имеет основность, равную **3**, а фосфорноватистая кислота H_3PO_2 – **1**.
- 1.6. Среда водного раствора NH_4Cl **кислая**, а водного раствора $FeSO_4$ – **тоже кислая**.
- 1.7. В соединении $CrHPO_4$ степень окисления хрома **+2**, а в соединении $Na_2Cr_2O_7$ **+6**.
- 1.8. Агрегатное состояние Br_2 при комнатной температуре и атмосферном давлении **жидкость**, а его кристаллическая решетка в твердом состоянии **молекулярная**.
- 1.9. Процесс, происходящий при взаимодействии алкенов с перманганатом калия в щелочной среде называется реакцией **Вагнера**, а органический продукт, образующийся в этой реакции, относится к классу **двухатомных спиртов (гликолей, диолов)**.
- 1.10. При термическом разложении бромида аммония образуются **аммиак (NH_3)** и **бромоводород (HBr)**.

Система оценивания:

Каждый правильный ответ по 1 б

*всего $1*2*10 = 20$ баллов.*

Итого 20 баллов

Часть 2. Качественные задания (общая оценка 40 баллов).

2.1. Имеется семь водных растворов, содержащих следующие соединения в одинаковой молярной концентрации: уксусная кислота, пропионат натрия, серная кислота, пропионовая кислота, ацетат натрия, хлороводород, хлорид натрия. Известно, что пропионовая кислота слабее уксусной кислоты.

Расположите эти растворы в ряд в порядке убывания значений pH. Ответ поясните.

Решение.

Самые высокие концентрации H^+ и, как следствие, самые маленькие значения pH (поскольку это **отрицательный** десятичный логарифм $[H^+]$) будут в растворах сильных кислот HCl и H_2SO_4 . Поскольку серная кислота при диссоциации дает два протона, а соляная один, самый низкий pH будет в растворе H_2SO_4 . Кислая среда будет еще в двух растворах слабых кислот – пропионовой и уксусной. Поскольку пропионовая кислота слабее уксусной кислоты, в ее растворе pH будет больше. В растворе $NaCl$ – соли сильной кислоты и сильного основания – среда будет нейтральная, а в растворах солей сильного основания и слабых кислот CH_3COONa и CH_3CH_2COONa среда будет слабощелочной (за счет гидролиза по аниону). Поскольку пропионовая кислота слабее

уксусной, то ее соль будет подвержена гидролизу в большей степени, и pH в растворе пропионата натрия будет больше, чем в растворе ацетата натрия. Получаем следующий порядок убывания значений pH:



Система оценивания:

Правильное положение каждого раствора в ряду по 1 б, верное пояснение места каждого раствора в ряду по 1 б (если перепутано направление ряда, то снимается 4 б; если сумма получается < 0, то выставляется 0) **1*7+1*7 = 14 баллов.**

Итого 14 баллов

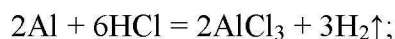
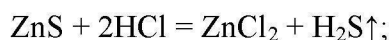
2.2. Произойдет ли химическое взаимодействие с растворителем при раздельном помещении твердых веществ NH_4NO_3 , K_2SO_3 , Cu , ZnS , Al , $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$:

- а) в разбавленную хлороводородную кислоту; б) в водный раствор гидроксида калия; в) в концентрированную азотную кислоту?

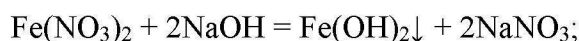
Ответы подтвердите уравнениями реакций. Если вещество не взаимодействует с растворителем, то обязательно укажите это.

Решение.

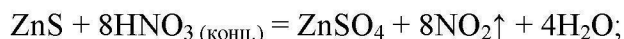
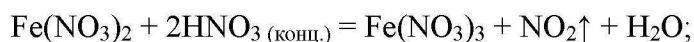
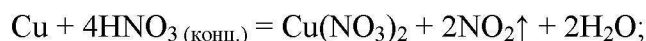
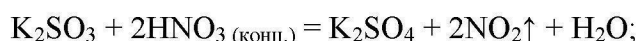
а) Не взаимодействуют с разбавленной HCl: NH_4NO_3 , Cu , $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$.



б) Не взаимодействуют с NaOH: K_2SO_3 , Cu , ZnS .



в) Не взаимодействуют с HNO_3 (конц.): NH_4NO_3 , Al .



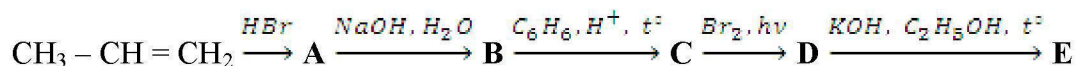
Система оценивания:

За верное указание об отсутствии взаимодействия по 0,5 балла, за уравнения реакций по 1 баллу

0,5*8+1*10 = 14 баллов.

Итого 14 баллов

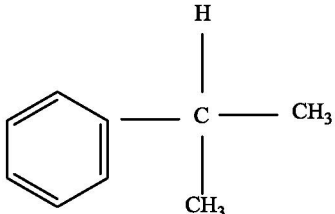
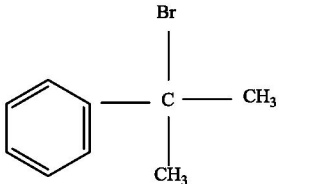
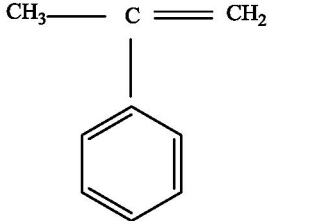
2.3. Расшифруйте схему превращений (изобразите структурные формулы и напишите названия органических соединений **A – E**).



Назовите механизмы реакций превращения B в C и C в D

Решение.

A	$\text{CH}_3 - \text{CHBr} - \text{CH}_3$	2-бромпропан
B	$\text{CH}_3 - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CH}_3$	пропанол-2, изопропанол

C		изопропилбензол, кумол, 1-метилэтилбензол, 2-фенилпропан
D		2-бром-2-фенилпропан
E		2-фенилпропен

B → C – электрофильное замещение

C → D – свободно-радикальное замещение

Система оценивания:

Структурные формулы соединений А-Е по 1 баллу, названия по 1 баллу

Названия механизмов по 1 баллу

Итого 12 баллов.

1*5+1*5 = 10 баллов;

1*2 = 2 балла.

Часть 3. Расчетные задачи (общая оценка 40 баллов).

3.1. К раствору, содержащему 3,245 г смеси хлорида калия и хлорида натрия, добавили 124,8 мл 10 %-ного раствора нитрата серебра (плотность раствора равна 1,09 г/мл). Выпавший осадок отфильтровали. К фильтрату (профильтрованному раствору) добавили 16 мл соляной кислоты с концентрацией 2 моль/л, получив еще одну порцию такого же осадка, масса которого составила 4,305 г.

а) Напишите уравнения проведенных реакций.

б) Вычислите массу и объем хлороводорода (при н.у.), необходимый для приготовления израсходованной соляной кислоты.

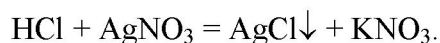
в) Установите массовые доли солей в исходной смеси.

Решение.

а) Выпавший осадок – хлорид серебра, по условию задачи его отделяют фильтрованием:
 $KCl + AgNO_3 = AgCl\downarrow + KNO_3$; $NaCl + AgNO_3 = AgCl\downarrow + NaNO_3$.

В фильтрате могут присутствовать: непрореагировавшие хлорид калия и хлорид натрия (если нитрат серебра в недостатке), нитрат серебра (если он взят в избытке) и образовавшиеся нитрат калия и нитрат натрия.

В реакции с соляной кислотой получился такой же осадок:



(3 балла: по 1 баллу за каждое уравнение реакции).

б) Определим массу и объем хлороводорода, необходимый для приготовления израсходованной соляной кислоты. Количество HCl равно $0,016 \cdot 2 = 0,032$ моль, следовательно, масса хлороводорода составит $0,032 \cdot 36,5 = 1,168 \approx 1,17$ г, его объем при н.у. $0,032 \cdot 22,4 = 0,7168 \approx 0,72$ л.

(3 балла. По 1,5 балла за определение массы и объема хлороводорода).

в) Количество AgNO_3 , содержавшегося в исходном растворе:

$$n(\text{AgNO}_3) = 0,1 \cdot 124,8 \cdot 1,09 / 170 = 0,08 \text{ моль.}$$

(2 балла).

В реакции с соляной кислотой получился осадок хлорида серебра, следовательно, нитрат серебра был взят в избытке, а хлориды при первом сливании прореагировали полностью.

(2 балла за установление избытка нитрата серебра)

Количество хлорида серебра, получившегося в результате реакции с соляной кислотой:

$$n(\text{AgCl}) = 4,305 / 143,5 = 0,03 \text{ моль.}$$

Количество HCl посчитано в п. б и равно 0,032 моль, следовательно, соляная кислота взята в избытке по отношению к оставшемуся в растворе нитрату серебра.

$$\text{Тогда } n(\text{AgNO}_3_{\text{(ост)}}) = n(\text{AgCl}) = 4,305 / 143,5 = 0,03 \text{ моль.}$$

Следовательно, 0,03 моль нитрата серебра оставалось в фильтрате, а в реакцию с хлоридами вступило $n(\text{AgNO}_3) = 0,08 - 0,03 = 0,05$ моль.

(6 баллов: 2 балла за расчет количества хлорида серебра + 2 балла за вывод об избытке соляной кислоты + 2 балла за количество нитрата серебра, вступившего в реакцию с хлоридами).

Суммарное количество хлоридов калия и натрия равно количеству прореагировавшего с ними нитрата серебра (0,05 моль), а их общая масса по условию составляет 3,245 г.

Пусть $x - n(\text{KCl})$, $y - n(\text{NaCl})$, тогда $m(\text{KCl}) = 74,5x$, $m(\text{NaCl}) = 58,5y$.

Решаем систему из двух уравнений:

$$74,5x + 58,5y = 3,245;$$

$$x + y = 0,05.$$

$$x = 0,05 - y; \Rightarrow 74,5(0,05 - y) + 58,5y = 3,245; \Rightarrow 3,725 - 74,5y + 58,5y = 3,245; \Rightarrow$$

$$16y = 0,48; \Rightarrow y = 0,03 \text{ моль; } x = 0,02 \text{ моль.}$$

Количество солей: $n(\text{KCl}) = 0,02$ моль, $n(\text{NaCl}) = 0,03$ моль

Массы солей: $m(\text{KCl}) = n \cdot M = 0,02 \cdot 74,5 = 1,49$ г;

$m(\text{NaCl}) = n \cdot M = 0,03 \cdot 58,5 = 1,755$ г.

Массовые доли солей в исходной смеси:

$$\omega(\text{KCl}) = 100 \cdot 1,49 / 3,245 = 45,9 \%; \quad \omega(\text{NaCl}) = 100 \cdot 1,755 / 3,245 = 54,1 \%.$$

(5 баллов. 3 балла за составление и решение системы уравнений, 1 балл за расчет масс солей, 1 балл за расчет массовых долей).

Ответ: $\omega(\text{KCl}) = 45,9 \%$, $\omega(\text{NaCl}) = 54,1 \%$, $m(\text{HCl}) = 1,17$ г, $V(\text{HCl}) = 0,72$ л.

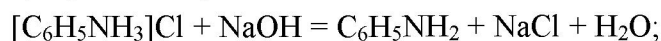
Итого 21 балл

3.2. На 194 г раствора хлорида анилина с концентрацией 20 % (по массе) подействовали 56 мл 20 % (по массе) раствора гидроксида натрия (плотность 1,22 г/мл). Органический продукт выделили из смеси и ввели в реакцию ацилирования с 38 г уксусного ангидрида.

- а) Напишите уравнения протекающих реакций.
 б) Определите массовую долю анилина в смеси, полученной после проведения реакции с гидроксидом натрия.
 в) Вычислите массу N-фенилацетамида, образовавшегося в реакции с уксусным ангидридом.
 г) Изобразите структурные формулы всех органических веществ, упомянутых в условии задачи и вопросах к ней.

Решение.

а) Уравнения реакций:



б) Определим массовую долю анилина в смеси, полученной после проведения реакции с гидроксидом натрия.

$$M([\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_3]\text{Cl}) = 129,5 \text{ г/моль};$$

$$m([\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_3]\text{Cl}) = 194 * 0,2 = 38,8 \text{ г}; n([\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_3]\text{Cl}) = 38,8/129,5 = 0,3 \text{ моль}.$$

$$M(\text{NaOH}) = 40 \text{ г/моль}; m_{\text{р-р}}(\text{NaOH}) = 56 * 1,22 = 68,32 \text{ г}; m(\text{NaOH}) = 68,32 * 0,2 = 13,66 \text{ г};$$

$$n(\text{NaOH}) = 13,66/40 = 0,34 \text{ моль (избыток)}.$$

$$M(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = 93 \text{ г/моль}; n(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = 0,3 \text{ моль}; m(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = 0,3 * 93 = 27,9 \text{ г};$$

$$w(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = 27,9/(194 + 68,32) * 100\% = 10,6 \%;$$

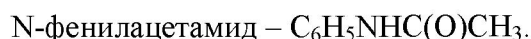
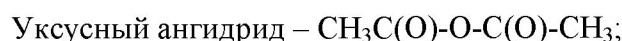
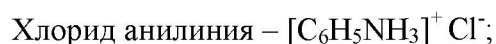
в) Вычислим массу N-фенилацетамида, образовавшегося в реакции с уксусным ангидридом.

$$n(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = 0,3 \text{ моль};$$

$$M((\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}) = 102 \text{ г/моль}; n((\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}) = 38/102 = 0,37 \text{ моль – избыток}$$

$$M(\text{C}_6\text{H}_5\text{NHC}(\text{O})\text{CH}_3) = 135 \text{ г/моль}; m(\text{C}_6\text{H}_5\text{NHC}(\text{O})\text{CH}_3) = 0,3 * 135 = 40,5 \text{ г}.$$

в) Структурные формулы:



Система оценивания:

Уравнения реакций по 2 балла

2*2 = 4 балла

Вывод об избытке щелочи 2 балла, расчет массовой доли 3 балла

2+3 = 5 баллов

Вывод об избытке ангидрида 2 балла, расчет массы продукта 2 балла

2+2 = 4 балла

Структурные формулы органических веществ по 1,5 балла

1,5*4 = 6 баллов

Итого 19 баллов

Заключительный этап межрегиональной межвузовской олимпиады школьников

Сибирского федерального округа «Будущее Сибири» 2015-2016 г.

Решения олимпиадных заданий по химии

11 класс

2 вариант

Часть 1. Разминка (общая оценка 20 баллов).

- 1.1. Для водородных соединений элементов VIIA группы НЭ с уменьшением порядкового номера кислотные свойства **возрастают**, а восстановительные свойства **тоже возрастают**.
- 1.2. При взаимодействии карбида кальция с водой образуется продукт, относящийся к классу **алкинов**, а при взаимодействии карбида алюминия с водой – к классу **алканов**.
- 1.3. Степень диссоциации муравьиной кислоты с уменьшением концентрации **увеличивается**, а с увеличением температуры **тоже увеличивается**.
- 1.4. В газофазной реакции $2\text{NO}_2 = 2\text{NO} - Q$ установилось химическое равновесие. Если увеличить температуру, то равновесие сместится **вправо**, а если внести катализатор – **равновесие сохранится**.
- 1.5. Фосфорная кислота H_3PO_4 имеет основность, равную **3**, а фосфорноватистая кислота H_3PO_2 – **1**.
- 1.6. Среда водного раствора NH_4Cl **кислая**, а водного раствора FeSO_4 – **тоже кислая**.
- 1.7. В соединении CrHPO_4 степень окисления хрома **+2**, а в соединении $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ **+6**.
- 1.8. Агрегатное состояние Br_2 при комнатной температуре и атмосферном давлении **жидкость**, а его кристаллическая решетка в твердом состоянии **молекулярная**.
- 1.9. Процесс, происходящий при взаимодействии алкенов с перманганатом калия в щелочной среде называется реакцией **Вагнера**, а органический продукт, образующийся в этой реакции, относится к классу **двухатомных спиртов (гликолей, диолов)**.
- 1.10. Продуктом реакции межмолекулярной дегидратации спиртов являются **простые эфиры**, внутримолекулярной дегидратации – **алкены**.

Система оценивания:

Каждый правильный ответ по 1 б

всего $1 \cdot 2 \cdot 10 = 20$ баллов.

Итого 20 баллов

Часть 2. Качественные задания (общая оценка 40 баллов).

2.1. Имеется семь водных растворов, содержащих следующие соединения в одинаковой молярной концентрации: уксусная кислота, пропионат натрия, серная кислота, пропионовая кислота, ацетат натрия, гидросульфат натрия, сульфат натрия.

Расположите эти растворы в ряд в порядке убывания значений рН. Ответ поясните.

Решение.

Самые высокие концентрации H^+ и, как следствие, самые маленькие значения рН (поскольку это **отрицательный** десятичный логарифм $[\text{H}^+]$) будут в растворах сильной по двум ступеням кислоты H_2SO_4 и ее кислой соли NaHSO_4 . Поскольку серная кислота при диссоциации дает два протона, а гидросульфат натрия один, самый низкий рН будет в растворе H_2SO_4 . Кислая среда будет еще в двух растворах слабых кислот – пропионовой и уксусной. Из-за большего индуктивного эффекта этильной группы пропионовая кислота слабее уксусной кислоты, поэтому в ее растворе рН будет больше. В растворе Na_2SO_4 – соли сильной кислоты и сильного основания – среда будет нейтральная, а в растворах солей сильного основания и слабых кислот CH_3COONa и $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COONa}$ среда будет слабощелочной (за счет гидролиза по аниону). Поскольку

пропионовая кислота слабее уксусной, то ее соль будет подвержена гидролизу в большей степени, и pH в растворе пропионата натрия будет больше, чем в растворе ацетата натрия. Получаем следующий порядок убывания значений pH:
 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COONa} > \text{CH}_3\text{COONa} > \text{Na}_2\text{SO}_4 > \text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH} > \text{CH}_3\text{COOH} > \text{NaHSO}_4 > \text{H}_2\text{SO}_4$

Система оценивания:

Правильное положение каждого раствора в ряду по 1 б, верное пояснение места каждого раствора в ряду по 1 б (если перепутано направление ряда, то снимается 4 б; если сумма получается < 0, то выставляется 0) **1*7+1*7 = 14 баллов.**

Итого 14 баллов

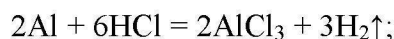
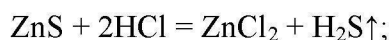
2.2. Произойдет ли химическое взаимодействие с растворителем при раздельном помещении твердых веществ NH_4NO_3 , K_2SO_3 , Cu , ZnS , Al , $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$:

- а) в разбавленную хлороводородную кислоту; б) в водный раствор гидроксида калия; в) в концентрированную азотную кислоту?

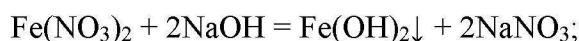
Ответы подтвердите уравнениями реакций. Если вещество не взаимодействует с растворителем, то обязательно укажите это.

Решение.

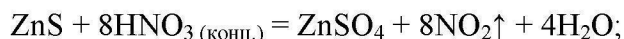
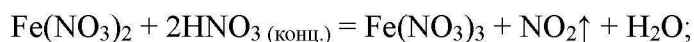
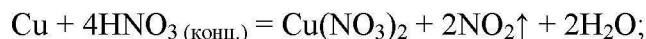
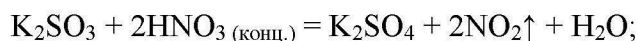
а) Не взаимодействуют с разбавленной HCl: NH_4NO_3 , Cu , $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$.



б) Не взаимодействуют с NaOH: K_2SO_3 , Cu , ZnS .



в) Не взаимодействуют с HNO_3 (конц.): NH_4NO_3 , Al .



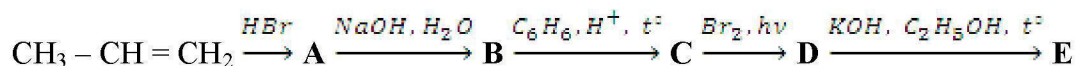
Система оценивания:

За верное указание об отсутствии взаимодействия по 0,5 балла, за уравнения реакций по 1 баллу

0,5*8+1*10 = 14 баллов.

Итого 14 баллов

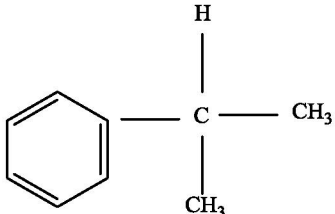
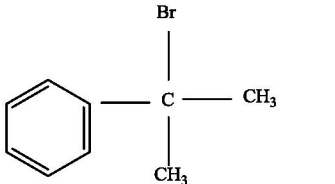
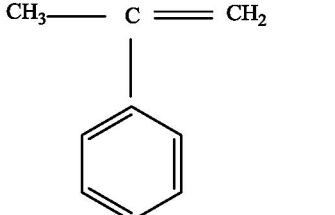
2.3. Расшифруйте схему превращений (изобразите структурные формулы и напишите названия органических соединений **A – E**).



Назовите механизмы реакций превращения B в C и C в D

Решение.

A	$\text{CH}_3 - \text{CHBr} - \text{CH}_3$	2-бромпропан
B	$\text{CH}_3 - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CH}_3$	пропанол-2, изопропанол

C		изопропилбензол, кумол, 1-метилэтилбензол, 2-фенилпропан
D		2-бром-2-фенилпропан
E		2-фенилпропен

В → С – электрофильное замещение

С → Д – свободно-радикальное замещение

Система оценивания:

Структурные формулы соединений А-Е по 1 баллу, названия по 1 баллу

Названия механизмов по 1 баллу

Итого 12 баллов.

1*5+1*5 = 10 баллов;

1*2 = 2 балла.

Часть 3. Расчетные задачи (общая оценка 40 баллов).

3.1. К раствору, содержащему 3,245 г смеси хлорида калия и хлорида натрия, добавили 124,8 мл 10 %-ного раствора нитрата серебра (плотность раствора равна 1,09 г/мл). Выпавший осадок отфильтровали. К фильтрату (профильтрованному раствору) добавили 16 мл соляной кислоты с концентрацией 2 моль/л, получив еще одну порцию такого же осадка, масса которого составила 4,305 г.

а) Напишите уравнения проведенных реакций.

б) Вычислите массу и объем хлороводорода (при н.у.), необходимый для приготовления израсходованной соляной кислоты.

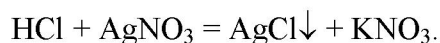
в) Установите массовые доли солей в исходной смеси.

Решение.

а) Выпавший осадок – хлорид серебра, по условию задачи его отделяют фильтрованием:
 $\text{KCl} + \text{AgNO}_3 = \text{AgCl}\downarrow + \text{KNO}_3$; $\text{NaCl} + \text{AgNO}_3 = \text{AgCl}\downarrow + \text{NaNO}_3$.

В фильтрате могут присутствовать: непрореагировавшие хлорид калия и хлорид натрия (если нитрат серебра в недостатке), нитрат серебра (если он взят в избытке) и образовавшиеся нитрат калия и нитрат натрия.

В реакции с соляной кислотой получился такой же осадок:



(3 балла: по 1 баллу за каждое уравнение реакции).

б) Определим массу и объем хлороводорода, необходимый для приготовления израсходованной соляной кислоты. Количество HCl равно $0,016 \cdot 2 = 0,032$ моль, следовательно, масса хлороводорода составит $0,032 \cdot 36,5 = 1,168 \approx 1,17$ г, его объем при н.у. $0,032 \cdot 22,4 = 0,7168 \approx 0,72$ л.

(3 балла. По 1,5 балла за определение массы и объема хлороводорода).

в) Количество AgNO_3 , содержавшегося в исходном растворе:

$$n(\text{AgNO}_3) = 0,1 \cdot 124,8 \cdot 1,09 / 170 = 0,08 \text{ моль.}$$

(2 балла).

В реакции с соляной кислотой получился осадок хлорида серебра, следовательно, нитрат серебра был взят в избытке, а хлориды при первом сливании прореагировали полностью.

(2 балла за установление избытка нитрата серебра)

Количество хлорида серебра, получившегося в результате реакции с соляной кислотой:

$$n(\text{AgCl}) = 4,305 / 143,5 = 0,03 \text{ моль.}$$

Количество HCl посчитано в п. б и равно 0,032 моль, следовательно, соляная кислота взята в избытке по отношению к оставшемуся в растворе нитрату серебра.

$$\text{Тогда } n(\text{AgNO}_3_{\text{(ост)}}) = n(\text{AgCl}) = 4,305 / 143,5 = 0,03 \text{ моль.}$$

Следовательно, 0,03 моль нитрата серебра оставалось в фильтрате, а в реакцию с хлоридами вступило $n(\text{AgNO}_3) = 0,08 - 0,03 = 0,05$ моль.

(6 баллов: 2 балла за расчет количества хлорида серебра + 2 балла за вывод об избытке соляной кислоты + 2 балла за количество нитрата серебра, вступившего в реакцию с хлоридами).

Суммарное количество хлоридов калия и натрия равно количеству прореагировавшего с ними нитрата серебра (0,05 моль), а их общая масса по условию составляет 3,245 г.

Пусть $x - n(\text{KCl})$, $y - n(\text{NaCl})$, тогда $m(\text{KCl}) = 74,5x$, $m(\text{NaCl}) = 58,5y$.

Решаем систему из двух уравнений:

$$74,5x + 58,5y = 3,245;$$

$$x + y = 0,05.$$

$$x = 0,05 - y; \Rightarrow 74,5(0,05 - y) + 58,5y = 3,245; \Rightarrow 3,725 - 74,5y + 58,5y = 3,245; \Rightarrow$$

$$16y = 0,48; \Rightarrow y = 0,03 \text{ моль; } x = 0,02 \text{ моль.}$$

Количество солей: $n(\text{KCl}) = 0,02$ моль, $n(\text{NaCl}) = 0,03$ моль

Массы солей: $m(\text{KCl}) = n \cdot M = 0,02 \cdot 74,5 = 1,49$ г;

$m(\text{NaCl}) = n \cdot M = 0,03 \cdot 58,5 = 1,755$ г.

Массовые доли солей в исходной смеси:

$$\omega(\text{KCl}) = 100 \cdot 1,49 / 3,245 = 45,9 \%; \quad \omega(\text{NaCl}) = 100 \cdot 1,755 / 3,245 = 54,1 \%.$$

(5 баллов. 3 балла за составление и решение системы уравнений, 1 балл за расчет масс солей, 1 балл за расчет массовых долей).

Ответ: $\omega(\text{KCl}) = 45,9 \%$, $\omega(\text{NaCl}) = 54,1 \%$, $m(\text{HCl}) = 1,17$ г, $V(\text{HCl}) = 0,72$ л.

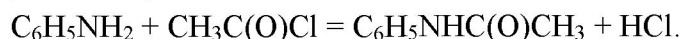
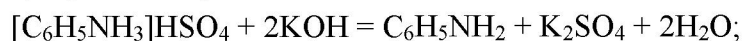
Итого 21 балл

3.2. На 191 г раствора гидросульфата анилина с концентрацией 15 % (по массе) подействовали 102 мл 15 % (по массе) раствора гидроксида калия (плотность 1,14 г/мл). Органический продукт выделили из смеси и ввели в реакцию ацилирования с 16 г хлорангидрида уксусной кислоты.

- а) Напишите уравнения протекающих реакций.
 б) Определите массовую долю анилина в смеси, полученной после проведения реакции с гидроксидом калия.
 в) Вычислите массу ацетанилида, образовавшегося в реакции с хлорангидридом уксусной кислоты.
 г) Изобразите структурные формулы всех органических веществ, упомянутых в условии задачи и вопросах к ней.

Решение.

а) Уравнения реакций:



б) Определим массовую долю анилина в смеси, полученной после проведения реакции с гидроксидом калия.

$$M([\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_3]\text{HSO}_4) = 191 \text{ г/моль};$$

$$m([\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_3]\text{HSO}_4) = 191 * 0,15 = 28,65 \text{ г}; n([\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_3]\text{HSO}_4) = 28,65/191 = 0,15 \text{ моль}.$$

$$M(\text{KOH}) = 56 \text{ г/моль}; m_{\text{р-р}}(\text{KOH}) = 102 * 1,14 = 116,28 \text{ г};$$

$$m(\text{KOH}) = 116,28 * 0,15 = 17,442 \text{ г};$$

$$n(\text{KOH}) = 17,442/56 = 0,31 \text{ моль} - \text{избыток};$$

$$M(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = 93 \text{ г/моль}; n(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = 0,15 \text{ моль}; m(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = 0,15 * 93 = 13,95 \text{ г};$$

$$w(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = 13,95 / (191 + 116,28) * 100\% = 4,54 \%;$$

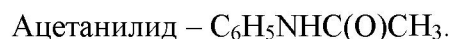
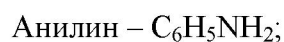
в) Вычислим массу ацетанилида, образовавшегося в реакции с уксусным ангидридом.

$$n(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = 0,15 \text{ моль};$$

$$M(\text{CH}_3\text{C}(\text{O})\text{Cl}) = 78,5 \text{ г/моль}; n(\text{CH}_3\text{C}(\text{O})\text{Cl}) = 16/78,5 = 0,204 \text{ моль} - \text{избыток}$$

$$M(\text{C}_6\text{H}_5\text{NHC}(\text{O})\text{CH}_3) = 135 \text{ г/моль}; m(\text{C}_6\text{H}_5\text{NHC}(\text{O})\text{CH}_3) = 0,15 * 135 = 20,25 \text{ г}.$$

в) Структурные формулы:



Система оценивания:

Уравнения реакций по 2 балла

2*2 = 4 балла

Вывод об избытке щелочи 2 балла, расчет массовой доли 3 балла

2+3 = 5 баллов

Вывод об избытке ангидрида 2 балла, расчет массы продукта 2 балла

2+2 = 4 балла

Структурные формулы органических веществ по 1,5 балла

1,5*4 = 6 баллов

Итого 19 баллов