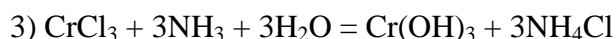


МОСКОВСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ПО ХИМИИ 2016–2017 уч. г.
ОЧНЫЙ ЭТАП
10 класс

1. К жёлтому раствору вещества **A** прилили раствор кислоты **B**, при этом образовалось вещество **C** оранжевого цвета. При нагревании полученного раствора выделился жёлто-зелёный газ **D**, а раствор приобрёл сине-фиолетовую окраску за счёт вещества **E**. Добавление к этому раствору раствора аммиака привело к выпадению серо-зелёного осадка вещества **F**. Осадок растворили в избытке концентрированного раствора гидроксида натрия, при этом был получен зелёный раствор вещества **G**. При добавлении к раствору пероксида водорода образовался жёлтый раствор вещества **A**. Определите вещества **A–G** и напишите уравнения всех упомянутых реакций.

Рекомендации к решению

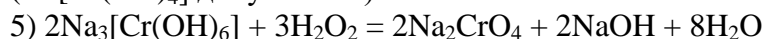
A = Na_2CrO_4 , **B** = HCl , **C** = $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, **D** = Cl_2 , **E** = CrCl_3 , **F** = $\text{Cr}(\text{OH})_3$, **G** = $\text{Na}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6]$ или $\text{Na}[\text{Cr}(\text{OH})_4]$



(NH_4OH допускается)



($\text{Na}[\text{Cr}(\text{OH})_4]$ допускается)



Критерии оценки:

Вещества по 1 баллу, всего 7

Реакции 1, 2 по 2 балла, реакции 3, 4 по 1 баллу, реакция 5 - 3 балла, всего за реакции 9

(уравнение с неверными коэффициентами минус 1 балл)

ВСЕГО 16

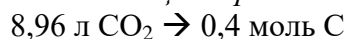
2. При сжигании в кислороде 15,4 г белого кристаллического вещества с молекулярной массой в интервале от 50 до 100 получено 8,96 л углекислого газа (н. у.), 2,24 л азота (н. у.) и 12,6 г воды.

1) Выведите формулу вещества. Приведите все необходимые рассуждения и расчёты.

2) Напишите уравнения реакций, происходящих при нагревании этого вещества и при его сплавлении с избытком NaOH .

3) Предложите два способа получения этого вещества из любых исходных веществ (напишите уравнения реакций).

Рекомендации к решению

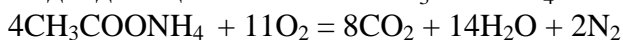


$$C + N + H = 0,4 \times 12 + 0,2 \times 14 + 1,4 \times 1 = 9,0 \text{ г.}$$

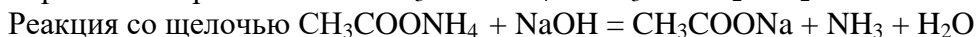
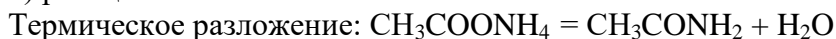
Навеска вещества 15,4 г \rightarrow вещество содержит 6,4 г кислорода \rightarrow 0,4 моль

0,4 : 0,2 : 0,4 : 1,4, т.е. брутто формула (с учетом молекулярной массы) $C_2NO_2H_7$

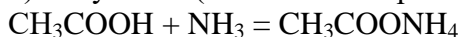
Подходит ацетат аммония CH_3COONH_4



2) реакции



3) получение (возможные варианты)



Критерии оценки:

расчет С, Н и N 2 балла

кол-во кислорода 1 балл

брутто формула (с учетом молекулярной массы) 2 балла

ацетат аммония 2 балла

реакция термического разложения 2 балла

(разложение на уксусную кислоту и аммиак 1 балл)

реакция со щелочью - обмен 1 балл

реакция Дюма 2 балла

получение по 2 балла 4 балла

(уравнение с неверными коэффициентами минус 1 балл)

ВСЕГО 16

3. Газ I с плотностью по водороду 16 пропустили через избыток бромной воды, при этом его объём уменьшился в четыре раза, а плотность по водороду возросла до 22. Полученный при этом газ **II** сожгли в кислороде. Газ, образовавшийся при сгорании (после конденсации паров воды), представляет собой индивидуальное вещество и занимает в 3 раза больший объём (н. у.), чем исходный газ **II**, однако имеет с ним одинаковую плотность. Известно, что газ **II** — эквимольная смесь двух индивидуальных веществ, газообразных при комнатной температуре. Определите качественный и количественный состав газа **I** (если возможно, то укажите несколько вариантов). Приведите необходимые рассуждения расчёты.

Рекомендации к решению

Газ I состоит из 25% газа II (с молекулярной массой 44) и 75% неизвестного газа X с молекулярной массой x. Средняя молекулярная масса = 32

$$0,25 \times 44 + 0,75x = 32$$

отсюда $x = 28$

С учетом реакции с бромной водой, это этилен

(азот или CO не подходят, т.к. не поглощаются бромной водой)

Газ II при сжигании образует CO_2 , 3 моля на 1 моль, т.е. соответствует пропану, но это не пропан, так как по условию это смесь.

Возможные варианты: 1) бутан и этан, 2) изобутан и этан, 3) неопентан (остальные пентаны не газы) и метан

Таким образом, состав газа I

75% этилена + по 12,5% компонентов газа II (все варианты)

Критерии оценки:

Московская олимпиада школьников по химии.
Очный этап. 10 класс

При сгорании получается CO_2 , т.е. мол. масса газа II = 44	1 балл
Его в смеси 25% (0,25 или 1/4)	1 балл
Уравнение для нахождения мол массы поглощенного компонента	2 балла
Решение уравнения, ответ	1 балл
Вывод, что это этилен (обоснование)	2 балла
Обоснование состава газа II	1 балл
Состав газа II, три варианта по 2 балла,	всего 6 баллов
Состав газа I	2 балла

ВСЕГО 16

4. Смесь двух кристаллических веществ массой 11,8 г полностью растворили в воде. При этом выделилось 6,72 л (н. у.) смеси газов с плотностью по водороду 5. После пропускания смеси над платиновым катализатором получено 2,24 л индивидуального газа (н. у.) с плотностью по водороду 15 (реакция прошла полностью). Раствор, полученный после растворения исходной смеси, содержал единственное вещество с массовой долей 5,0 %, на нейтрализацию которого потребовалось 19,6 г серной кислоты.

1) Какие вещества содержались в исходной смеси? Определите их массы.

2) Какой объём воды был взят для растворения смеси?

Приведите необходимые рассуждения и расчёты. Напишите уравнения реакций.

Рекомендации к решению

1) При пропускании над Pt компоненты смеси взаимодействуют друг с другом. Молярная масса продукта 30, молярная масса исходной смеси всего 10, т.е. она содержит водород.

Продукт реакции — этан.

Объём газа уменьшился в 3 раза, реакция в соотношении 2 : 1, значит в смеси — ацетилен и водород.

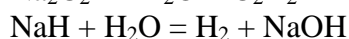
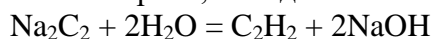
Таким образом, исходная смесь твердых веществ = ацетиленид + гидрид одного и того же металла (т.к. в растворе одно вещество).

Если металл одновалентный, то ацетиленида 0,1 моль, гидрида 0,2 моль.

$0,1(x + 24) + 0,2(x+1) = 11,8$, отсюда $x = 23$, металл натрий

Для двухвалентного металла $x = 46$, такого металла нет.

Таким образом, исходная смесь состоит из Na_2C_2 и NaN .



2) Количественный состав смеси 0,1 моль ацетиленида натрия = 7 г, 0,2 моль гидрида натрия = 4,8 г.

3) Раствор:

19,6 г серной кислоты составляют 0,2 моль, значит в растворе 0,4 моль NaOH (то же количество получается с учетом количеств исходных веществ).

Масса гидроксида натрия 16 г.

Пусть исходный объём воды Z мл (масса Z г).

Тогда масса раствора:

$$Z + 11,8 - 0,3 \cdot 10 = Z + 8,8 \text{ (г)}$$

(0,3 – число моль выделившегося газа, 10 – его молярная масса).

С учетом массовой доли NaOH можно составить уравнение:

$$[16 : (Z + 8,8)] \times 100 = 5,0, \text{ отсюда } Z = 311,2 \text{ г или столько же мл}$$

Ответ 311,2 мл воды.

Критерии оценки:

Этан (с пояснением) 2 балла

Московская олимпиада школьников по химии.
Очный этап. 10 класс

Состав смеси газов (количественный)	2 балла
Состав твердых веществ в общем виде	1 балл
Натрий (расчет)	3 балла
проверка другой степени окисления	1 балл
<i>(если натрий угадан и сделана проверка - за натрий 1 балл, если просто угадан 0 баллов)</i>	
Количественный состав смеси (массы или %)	2 балла
Масса NaOH (расчет любым способом)	1 балл
Уравнение для массы воды	2 балла
Решение и правильный ответ	2 балла
Реакции	2 балла

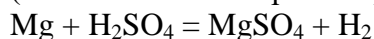
ВСЕГО 18

5. Магниевую пластинку массой 7,34 г растворили в 100 г горячего 30%-го водного раствора серной кислоты. При этом выделился единственный газ с плотностью 0,09 г/л (н. у.). После охлаждения до комнатной температуры раствор отделили от образовавшегося белого осадка X массой 39,36 г. К оставшемуся раствору прибавили избыток раствора хлорида бария, при этом образовалось 34,0 г белого осадка Y. Определите вещества X и Y.

Напишите уравнения упомянутых реакций. Объясните образование осадков. Приведите необходимые рассуждения и расчёты.

Рекомендации к решению

С учетом плотности газа при растворении магния получается сульфат магния и водород (восстановления серы не происходит)



Серной кислоты взято 30 г, т.е. 0,306 моль. Магния взято $7,34 : 24 = 0,306$ моль.

То есть MgSO_4 получено также 0,306 моль.

При добавлении хлорида бария выпадает осадок: $\text{BaCl}_2 + \text{MgSO}_4 = \text{BaSO}_4 + \text{MgCl}_2$

Вещество Y = BaSO_4

Количество сульфата бария $34,0 : 233 = 0,146$ моль.

Следовательно часть сульфата магния выпала в осадок сразу (вещество X).

Это произошло, потому что при охлаждении растворимость MgSO_4 уменьшилась.

Так как H_2SO_4 и Mg взяты в эквивалентных количествах, избытка сульфат-иона в растворе нет, значит в осадок должно выпасть $120 (0,306 - 0,146) = 19,2$ г MgSO_4 . Однако в реальности его больше, значит выпал кристаллогидрат.

Расчет состава кристаллогидрата:

$0,306 - 0,146 = 0,16$ моль. Так как масса осадка 39,36 г, его молярная масса 246

$246 - 120 = 126$, т.е. кристаллогидрат содержит 7 молекул воды

Вещество X = $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

Критерии оценки:

Реакция Mg с серной кислотой	1 балл
Доказательство выделения H_2	1 балл
Расчет кол-в Mg и серной кислоты (эквивалентные количества)	2 балла
Реакция с BaCl_2	1 балл
Ответ, вещество Y	1 балл
Количество сульфата бария	1 балл
Объяснение образования осадков	2 балла
Кол-во в-ва сульфата магния в осадке (расчет)	2 балла

Вывод об образовании кристаллогидрата	2 балла
Расчет состава кристаллогидрата:	2 балла
Ответ, вещество X	1 балл

ВСЕГО 16

6. При действии аммиачного раствора оксида серебра на 34,4 г смеси двух изомеров с брутто-формулой $C_5H_{10}O$ можно получить 64,8 г металлического серебра. При нагревании той же смеси с концентрированной азотной кислотой образуется углекислый газ и четыре карбоновых кислоты с неразветвлённой цепью, которые представляют собой гомологи. Определите качественный состав исходной смеси и её количественный состав в процентах по массе. Приведите необходимые рассуждения и расчёты. Напишите уравнения упомянутых реакций.

Предложите цепочку реакций для синтеза одной из образовавшихся карбоновых кислот (по вашему выбору) исходя из любой другой кислоты, полученной в этой же реакции.

Рекомендации к решению

Судя по реакциям, в смеси альдегид и кетон (альдегид вступает в реакцию серебряного зеркала, кетон нет).

34,4 г составляют 0,4 моль.

Реакция альдегида с оксидом серебра дает 2 моль серебра на 1 моль альдегида, а серебра получено 0,6 моль. Следовательно, в смеси 0,3 моль альдегида и 0,1 моль кетона, который в реакцию не вступает.

Количественный состав смеси в процентах по массе:

Так как молекулярные массы альдегида и кетона равны, то в смеси 25% кетона и 75% альдегида (массовые проценты соответствуют мольным)

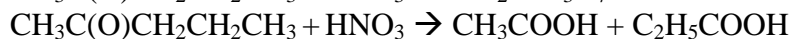
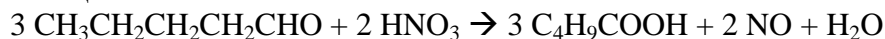
При окислении альдегид превращается в кислоту с неразветвленной цепью, значит, альдегид содержит неразветвленную цепь. Таким образом, $CH_3CH_2CH_2CH_2CHO$ — один из компонентов исходной смеси.

Реакция



Рассмотрим второй компонент. Так как среди продуктов есть CO_2 , то в молекуле кетона есть метильная группа. Судя по остальным продуктам, формула кетона $CH_3C(O)CH_2CH_2CH_3$

Реакции с азотной кислотой



Т.е. качественный состав исходной смеси валериановый альдегид (пентаналь) и метилпропилкетон (пентанон-2).

Синтез:

Для примера приведены схемы для удлинения и укорочения цепи на один атом (требуется только одна цепочка)

Кислоты на выбор: CH_3COOH , C_2H_5COOH , C_3H_7COOH и C_4H_9COOH



Московская олимпиада школьников по химии.
Очный этап. 10 класс

$C_2H_5COOH \rightarrow$ (сплавление с NaOH) $C_2H_6 \rightarrow$ (хлорирование) $C_2H_5Cl \rightarrow$ (гидролиз) $C_2H_5OH \rightarrow$
(окисление) $CH_3CHO \rightarrow$ (окисление) CH_3COOH .

Критерии оценки:

Состав смеси: неразветвленные альдегид и кетон (обоснование, формула альдегида)	2 балла
Формула кетона на основе продуктов окисления	2 балла
Количественный состав смеси, расчет	3 балла
Реакции:	
Реакция серебряного зеркала	2 балла
Окисление альдегида HNO_3 (уравнение с неверными коэффициентами минус 1 балл)	2 балла
Окисление кетона (коэффициенты не требуются, должны быть все продукты)	3 балла
Синтез (каждая невозможная стадия минус 1 балл)	4 балла

ВСЕГО 18