

35 Турнир имени М. В. Ломоносова 30 сентября 2012
Решения заданий конкурса по химии

Задача 1

Оксид углерода (IV) — это CO_2 , оксид фосфора (III) — это P_2O_3 .

Молекулярная масса $\text{CO}_2 = 12 + 16 \times 2 = 44$ г/моль,

молекулярная масса $\text{P}_2\text{O}_3 = 31 \times 2 + 16 \times 3 = 110$ г/моль

$\nu(\text{CO}_2)$ в 1 грамме = $1/44$ моль, $\nu(\text{P}_2\text{O}_3)$ в 1 грамме = $1/110$ моль

число молекул (CO_2) в 1 грамме = $N_A/44$

число молекул (P_2O_3) в 1 грамме = $N_A/110$

число атомов (С и О) в 1 грамме $\text{CO}_2 = 3 \times N_A/44$

число атомов (Р и О) в 1 грамме $\text{P}_2\text{O}_3 = 5 \times N_A/110$

N_A — это число Авогадро, $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$, но подставлять это значение в выражения в

решении не нужно, т.к. при вычислении соотношения числа атомов, содержащихся в CO_2 и P_2O_3 , оно сократится:

соотношение числа атомов $\text{CO}_2 : \text{P}_2\text{O}_3 = (3 \times N_A / 44) : (5 \times N_A / 110) = 3/44 : 5/110 = 1,5$

Критерии оценки

Решение с пояснением и с ответом 8 баллов

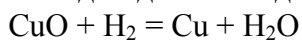
(Если полного решения нет, но есть пояснения, можно получить 4 балла)

кол-во молекул пропорционально кол-ву молей, или соотношения кол-ва молей в 1 г обратно пропорционально отношению молярных масс, 2 балла,

CO_2 три атома в молекуле, P_2O_3 - пять атомов, это дает соотношение 3 : 5 2 балла)

Задача 2

Оксид меди взаимодействует с кислородом по реакции



Масса вещества в трубке уменьшилась на массу кислорода, который при восстановлении меди перешел в воду.

$m(\text{O}) = 12,8$ г, $\nu(\text{O}) = 0,8$ моль

В CuO количество кислорода равно количеству всего исходного оксида меди, тогда

$\nu(\text{CuO}) = 0,8$ моль, $m(\text{CuO}) = 63,64$ г или если округлить молярную массу меди до 64 г/моль 64 г.

Правильный ответ от 63,5 до 64,0, в зависимости от точности взятой молярной массы меди.

Критерии оценки

уравнение реакции 2 балла.

Расчет этим или другим способом и ответ 6 баллов

Всего 8 баллов

Задача 3

1) Пусть в растворе x моль H_2O + y моль HNO_3

количество молей водорода: $2x + y$

количество молей кислорода: $x + 3y$

$2x + y = x + 3y$, $x = 2y$

соотношение 1 : 2 (на один моль кислоты приходится два моля воды)

2) 2 моля воды = 36 г, 1 моль кислоты = 63 г. В сумме это 99 г.

Если пересчитать на 100 г, получим 36,36 г и 63,63 г

Приблизительный ответ — 36 г воды и 63 г азотной кислоты — принимается.

Критерии оценки

Расчет молярного отношения любым способом 4 балла

Если приведен только ответ без объяснения, откуда он взялся не более 2 баллов

Расчет масс кислоты и воды — 6 баллов

Всего 10 баллов

Задача 4

Поскольку водные растворы прозрачны, это означает, что в них не должно образовываться никакого осадка. Но во втором растворе обнаружены одновременно ионы Cu^{2+} и OH^- , а они образуют $\text{Cu}(\text{OH})_2$, который выпадает в осадок. Аналогично, в третьем растворе Ba^{2+} и SO_4^{2-} образуют нерастворимый BaSO_4 . В пятом растворе сосуществуют Al^{3+} и CO_3^{2-} ; в таблице растворимости указано, что карбонат алюминия, который мог бы получиться при соединении этих ионов, не существует.

Это связано с тем, что как ионы алюминия, так и карбонат-ионы в водных растворах могут гидролизироваться, причем области их устойчивого существования не совпадают, поэтому существовать одновременно они не могут.

В пятом растворе должен выпасть осадок гидроксида алюминия.

Таким образом, в растворах №2, 3 и 5 выпадают осадки, и эти растворы не могут быть прозрачными, т.к. они проанализированы ошибочно.

Некоторые участники писали, что ион меди имеет синюю окраску, и значит раствор не может быть прозрачным. Это неверно. В этом случае раствор не может оставаться бесцветным, но вполне может быть прозрачным, вспомните хотя бы о существовании цветного стекла.

Кроме того, участники часто писали, что в растворах нарушена электронейтральность, так как не совпадает количество катионов и анионов. Это тоже неверно. Был проведен только качественный анализ, поэтому мы не знаем количеств ионов в растворах.

Электронейтральность обеспечивается одинаковыми суммарными концентрациями положительно и отрицательно заряженных ионов, но не равным числом их видов.

Критерии оценки

Гидроксид меди $\text{Cu}(\text{OH})_2$ выпадает в осадок 2 балла

Сульфат бария BaSO_4 выпадает в осадок 2 балла

Алюминий +3 и карбонат-ион образуют осадок гидроксида алюминия 4 балла

(если указано только, что карбонат алюминия не существует, или что он сам и выпадает в осадок - до 2 баллов)

Верный набор неправильно проанализированных растворов + 2 балла

Всего 10 баллов

Задача 5

Определим эквивалент первого металла

$(11,2 \times 2,16) / 2,69 = 9$ г. При степени окисления +1 и +2 подходящих металлов нет. При степени окисления +3 $M = 27$ г/моль, это алюминий.

(слово эквивалент использовать не обязательно, можно просто рассмотреть разные степени окисления)

Аналогично определяем второй металл

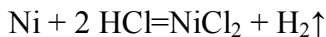
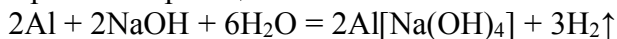
$(11,2 \times 2,84) / 1,084 = 29,3$

При степени окисления +2 $M = 2$ подходит никель.

Сплав никеля с алюминием применяется для получения никеля Ренея — катализатора гидрирования, причем именно таким образом, как описано в задаче: алюминий растворяют в щелочи, а никель с развитой поверхностью остается.

Кобальт, который практически невозможно отличить от никеля по молярной массе, также считался правильным ответом.

Уравнения реакций:



Критерии оценки

Определение алюминия на основе расчета или подтвержденное расчетом 4 балла

Определение никеля (или кобальта) 4 балла

(Если второй металл определен как железо 2 балла)

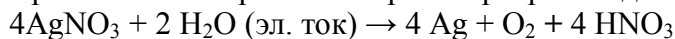
Реакции: Al со щелочью 2 балла

Ni (Co) с кислотой 1 балл

Всего 11 баллов

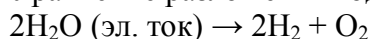
Задача 6

Уравнение электролиза нитрата серебра в водном растворе



На катоде при этом газ не выделяется. Выделение газа на катоде означает, что нитрат серебра полностью израсходовался и началось разложение воды.

Уравнение разложения воды



Определим массу серебра и кислорода (первая часть электролиза, газа на катоде нет, нитрат серебра расходуется полностью)

$$m(\text{AgNO}_3) = 100 \times 0,05 = 5 \text{ г}, \nu(\text{AgNO}_3) = 5/170 = 0,0294 \text{ моль} = \nu(\text{Ag}),$$

$$m(\text{Ag}) = 0,0294 \times 108 = 3,17 \text{ г}$$

$$\nu(\text{O}_2) = \nu(\text{AgNO}_3)/4 = 0,0725 \text{ моль}, m(\text{O}_2) = 0,23 \text{ г}$$

масса Ag 3,17 г

масса O₂ 0,23 г

Расчет массы воды

$$\nu(\text{H}_2) = 5,6 / 22,4 = 0,25 \text{ моль}, \nu(\text{H}_2\text{O}) = 0,25 \text{ моль}, m(\text{H}_2\text{O}) = 4,5 \text{ г.}$$

Масса раствора в результате электролиза уменьшилась на массу серебра, кислорода и воды (воду можно учесть по соответствующим количествам водорода и кислорода отдельно)

$$m \text{ р-ра} = 100 - 3,17 - 0,23 - 4,5 = 92,1 \text{ г}$$

Критерии оценки

Уравнение электролиза нитрата серебра 3 балла

Уравнение разложения воды 1 балл

Расчет масс продуктов при электролизе нитрата серебра 5 баллов

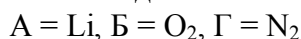
Расчет массы воды 2 балла

Расчет массы конечного раствора 3 балла

Всего 14 баллов

Задача 7

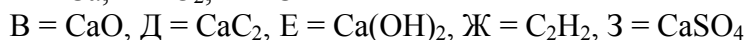
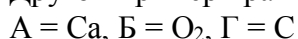
В этой задаче возможно несколько правильных решений. Приведем одно из них:



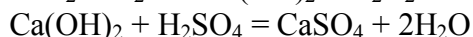
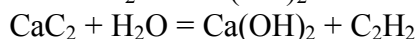
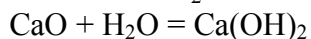
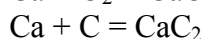
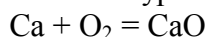
Тогда



Другой пример правильного решения:



Запишем уравнения реакций для второго случая.



Критерии оценки

Полное правильное решение задачи 12 баллов

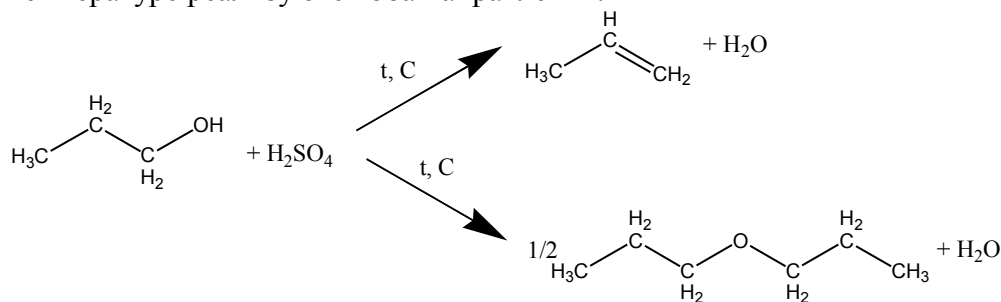
(условно вещества А, Б и Г - по 2 балла, В, Д, Е, Ж и З - по 1 баллу, полное решение + 1 балл)

Варианты решений с умеренными ошибками оценивались промежуточным числом баллов, в зависимости от конкретной ошибки.

Примерами таких решений является $A = Na$ или K , так как при окислении эти металлы не дают оксидов; $\Gamma = H_2$, так как тогда \mathcal{J} — тоже водород, а разные буквы должны обозначать разные вещества; $\Gamma = S$ и $\mathcal{J} = H_2S$, так как сульфиды щелочных металлов не разлагаются водой, хотя и частично гидролизуются в растворах, а сульфиды тяжелых металлов как правило в воде не растворяются.

Задача 8

При нагревании спирта с серной кислотой реакция может идти по двум направлениям в зависимости от температуры — с образованием алкена (при более сильном нагревании) или простого эфира (при умеренном нагревании). В данном случае при промежуточной температуре реализуются оба направления.



1) Таким образом продукты представляют собой пропен и ди(н-пропиловый) эфир

2) Расчет. Количество исходного спирта составляет 0,06 моль.

Пусть x моль – количество пропанола, превратившегося в пропен, и y моль – количество пропанола, превратившегося в дипропиловый эфир (тогда количество эфира $y/2$ моль)

$$\begin{cases} x + y = 0,06 \\ x + \frac{y}{2} = 0,036 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x = 0,012 \\ y = 0,048 \end{cases}$$

масса пропена = 0,504 г (0,012 моль)

масса эфира = 2,448 г эфира (0,024 моль)

Критерии оценки

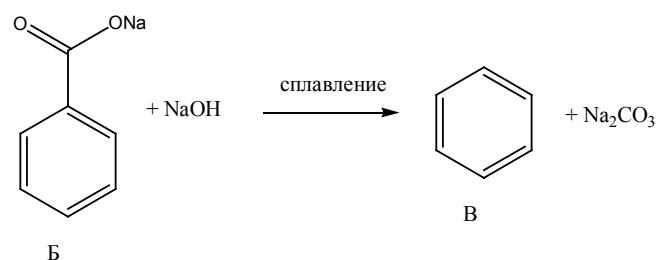
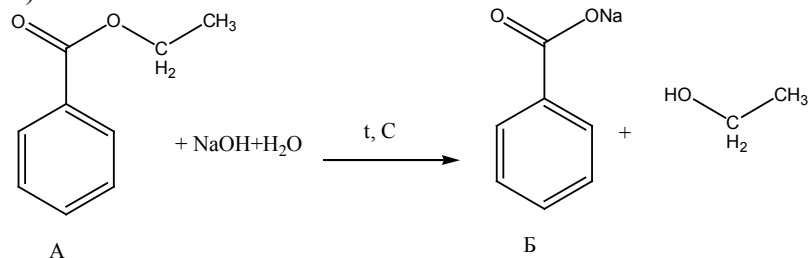
1) 2 балла за каждый продукт (всего 4)

2) 6 баллов за расчет

Всего 10 баллов

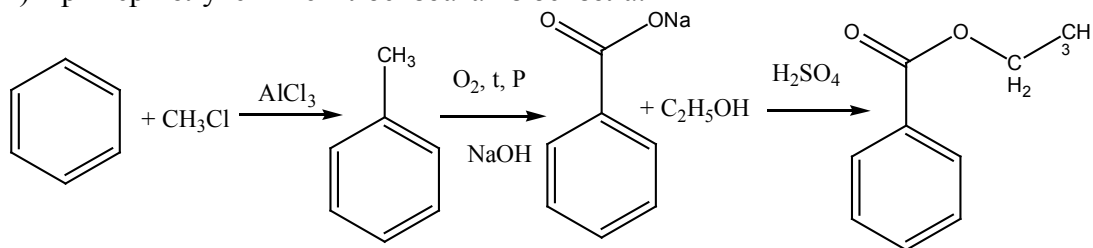
Задача 9

1)

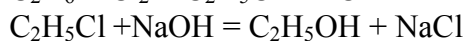
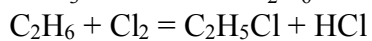
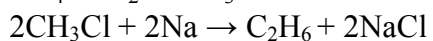
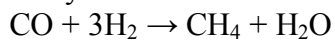


A = этиловый эфир бензойной кислоты, B = бензоат натрия, B = бензол

2) Пример получения этилбензоата из бензола:



Получение использованных органических реагентов



Критерии оценки

1) Вещества А-В по 2 балла (при наличии написанных уравнений реакций) 6 баллов

2) Получение этилбензоата при наличии способа получения всех реагентов 8 баллов

Всего **14** баллов