

LXIX Московская олимпиада школьников по химии

Заключительный этап

теоретический тур

2012/13 уч. год

10 класс

ЗАДАНИЯ

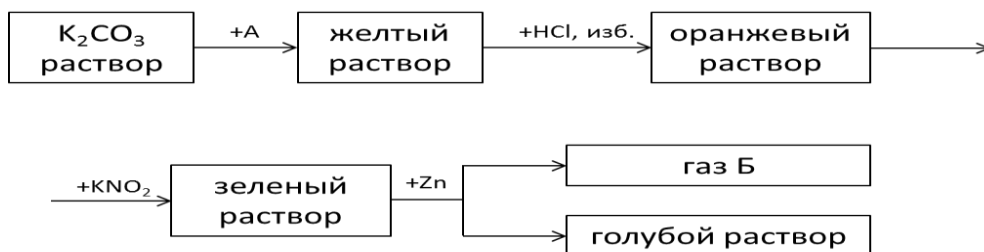
1. Студенту выданы следующие твердые вещества, не растворимые в воде:

1) Zn, 2) Ag, 3) CuS, 4) S, 5) Cr₂O₃, 6) AgCl, 7) I₂.

Ему дано задание получить из них вещества, растворимые в воде, с помощью химических реакций с любыми реагентами. Помогите ему выполнить это задание. Напишите уравнения реакций и укажите условия их протекания (не более двух способов для каждого вещества).

2. Определите брутто-формулу углеводорода, который имеет молекулярную массу меньше 180 и содержит 86,96% углерода по массе. Предложите возможные варианты строения этого углеводорода, если известно, что он имеет в своей структуре только вторичные и третичные атомы углерода и два одинаковых цикла.

3. Расшифруйте приведенную схему превращений, если известно, что вещество А представляет собой оранжевые хорошо растворимые в воде кристаллы.



Напишите уравнения всех реакций, входящих в схему, определите вещества А и Б. Укажите наличием каких веществ обусловлена та или иная окраска раствора.

4. При получении ацетилена пиролизом метана в реактор поступает чистый метан, а выходит из него газовая смесь, содержащая продукты реакции (ацетилен и водород) и непрореагировавший метан (который повторно направляют в реактор). Анализ газовой смеси на выходе из реактора показал, что ее плотность по водороду равна 6,0. Определите: 1) степень превращения метана за один проход через реактор (какая доля метана в % вступила в реакцию) и 2) количественный состав смеси на выходе из реактора (в % по объему).

5. Натриевую соль карбоновой кислоты А нагревали при 300°C в присутствии NaOH. При подкислении продукта реакции получили кислоту Х. На полную нейтрализацию 2,25 г кислоты Х требуется 40,0 г раствора NaOH с массовой долей 5,0%. При сильном нагревании кислоты Х, помимо паров воды, образуется смесь газов Б и В, имеющая плотность по водороду 18.

1) Определите формулу кислоты Х, ответ подтвердите расчетом. 2) Определите вещества А, Б, В и напишите уравнения упомянутых реакций.

6. При сжигании 2,28 г жидкости А получено 2,016 л (н.у.) смеси двух газов с плотностью по водороду 28,67. Смесь полностью поглощается избытком раствора гидроксида бария. При этом выпадает 18,93 г осадка, который растворяется в разбавленной соляной кислоте с выделением тех же газов. Если такой же объем той же смеси газов пропустить в раствор, содержащий гидроксид бария и гипохлорит натрия, также выпадает осадок, но в этом случае его масса 19,89 г. При добавлении избытка соляной кислоты этот осадок растворяется лишь частично. Что представляет собой вещество А? Ответ подтвердите расчетом. Напишите уравнения реакций, упомянутых в задаче.

РЕКОМЕНДАЦИИ К РЕШЕНИЮ

1. (16 баллов)

Примеры реакций (возможны другие варианты)

- 1) $Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$ и $Zn + Cl_2 = ZnCl_2$
- 2) $Ag + 2 HNO_3_{\text{конц.}} = AgNO_3 + NO_2 + H_2O$ и $3Ag + 4 HNO_3_{\text{разб.}} = 3AgNO_3 + NO + 2H_2O$
- 3) $CuS + 8HNO_3_{\text{(гор.)}} = CuSO_4 + 8NO_2 + 4H_2O$ и $CuS + 4H_2SO_4_{\text{(конц., гор.)}} = CuSO_4 + 4SO_2 + 4H_2O$
- 4) $S + O_2 = SO_2$ и $S + 2 Na = Na_2S$
- 5) Сплавление: $Cr_2O_3 + 3KNO_3 + 4KOH = 2 K_2CrO_4 + 3KNO_2 + 2H_2O$
и сплавление $Cr_2O_3 + 2 NaOH = 2 NaCrO_2 + H_2O$
- 6) $AgCl + 2 NH_3_{\text{водн. конц.}} = [Ag(NH_3)_2]Cl$ и $AgCl + 2 KCN = K[Ag(CN)_2] + KCl$
- 7) $I_2 + H_2 = HI$ и $I_2 + Ca = CaI_2$

2. (14 баллов)

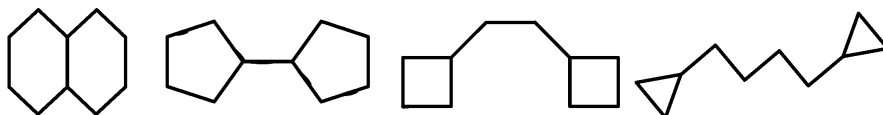
Углеводород C_xH_y

$$x : y = 86,96/12 : 13,04 / 1 = 7,25 : 13,04 = 1 : 1,8$$

Простейшая формула с таким соотношением C_5H_9 , но такой молекулы не существует.

Таким образом, это $C_{10}H_{18}$. Другие кратные формулы не подходят, так как задана граница молекулярной массы

2) возможные структуры



3. (11 баллов)

Вещество А - бихромат калия

Реакции:

- 1) $K_2Cr_2O_7 + 2K_2CO_3 + H_2O = 2K_2CrO_4 + 2KHCO_3$
или $K_2Cr_2O_7 + K_2CO_3 = 2 K_2CrO_4 + CO_2$
- 2) $2K_2CrO_4 + 2HCl = K_2Cr_2O_7 + 2KCl + H_2O$
- 3) $K_2Cr_2O_7 + 3KNO_2 + 8HCl = 2CrCl_3 + 3KNO_3 + 2KCl + 4H_2O$
- 4) $2CrCl_3 + Zn = 2CrCl_2 + ZnCl_2$

$Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2$, т.е газ Б - водород

Окраска раствора : желтый — хромат, оранжевый — бихромат, зеленый – хром(III), голубой – хром(II)

4. (14 баллов)



1) Рассмотрим превращение 1 моля метана

Пусть x моль вступило в реакцию ($x < 1$)

	до реакции	после реакции
CH_4	1	$1 - x$
C_2H_2	0	$0,5 x$
H_2	0	$1,5 x$
всего	1	$x + 1$

Средняя молярная масса конечной смеси 12.

$$16 \frac{1-x}{1+x} + 26 \frac{0.5x}{1+x} + 2 \frac{1.5x}{1+x} = 12$$

Отсюда:

$$16(1-x) + 26 \cdot 0,5 x + 2 \cdot 1,5 x = 12(1+x),$$

$$12x = 4, x = 1/3 (0,33)$$

Конверсия метана $1/3 (0,33)$.

Состав смеси.

Состав по молям эквивалентен составу по объему.

$$\text{метан } (1-x) / (1+x) = (1-0,33) / (1+0,33) = 0,5 = 50 \%$$

$$\text{ацетилен } 0,5 x / (1+x) = 0,125 = 12,5 \%$$

$$\text{водород } 1,5 x / (1+x) = 0,375 = 37,5 \%$$

5. (12 баллов)

Количество щелочи составляет 0,05 моль.

Если кислота одноосновная, то ее молярная масса $2,25 / 0,05 = 45$, что равно молярной массе карбоксильной группы. Значит, кислота двухосновная и содержит только карбоксильные группы, т.е. щавелевая $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$

X = щавелевая кислота



т.е. кислота А - муравьиная



Другие реакции, упомянутые в задаче:



6. (16 баллов)

На основании условия можно предположить, что газы — это CO_2 и SO_2

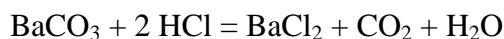
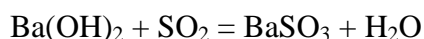
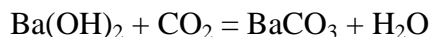
1) Соотношение и количество газов:

$$44x + 64(1-x) = 28,67 \cdot 2 = 57,34$$

отсюда $x = 1/3$, т.е. в смеси $1/3 \text{CO}_2$ и $2/3 \text{SO}_2$

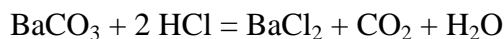
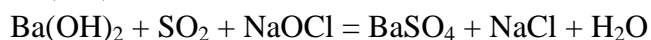
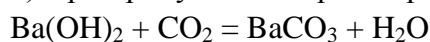
при общем объеме 2,016 л это соответствует 0,06 моль SO_2 и 0,03 моль CO_2

2) При пропускании в раствор гидроксида бария



На основании количества газов масса осадка BaCO_3 должна быть 5,91 г, а $\text{BaSO}_3 = 13,02$ г, общая масса осадков - 18,93 г, что соответствует условию.

3) При пропускании в раствор гидроксида бария с гипохлоритом натрия



BaSO_4 - не растворяется.

Масса осадка: BaCO_3 та же - 5,91 г

BaSO_4 - 13,98 г, общая масса осадка - всего 19,89 г, что соответствует условию.

4) Исходное вещество А образует при сжигании CO_2 и SO_2 в соотношении 1 : 2.

Предполагаем, что это CS_2 .

Проверка. Судя по количеству газов, количество вещества А — 0,03 моль.

2,28 г составляют 0,03 моль, следовательно, молекулярная масса 76, что соответствует сероуглероду.