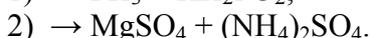
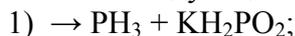


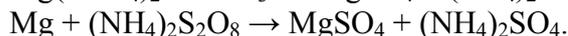
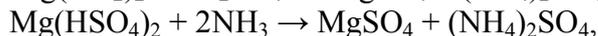
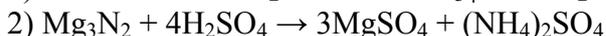
Вариант 1 (10-11 классы)

1. Какие вещества вступили в реакцию и при каких условиях, если в результате образовались следующие вещества (указаны все продукты реакции без коэффициентов):



Напишите уравнения реакций. (4 балла)

Решение:



2. Какую массу квасцов $\text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ необходимо добавить к 300 г 5%-ного раствора сульфата аммония, чтобы массовая доля $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ увеличилась в полтора раза? (6 баллов)

Решение. Масса сульфата аммония в исходном растворе равна

$$m((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4) = m(\text{р-ра}) \cdot \omega = 300 \cdot 0.05 = 15 \text{ (г)}.$$

Добавим к этому раствору x моль $\text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$. Масса квасцов составляет

$$m(\text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}) = M \cdot \nu = 453x,$$

и в этой порции содержится $0.5x$ моль сульфата аммония. Тогда масса сульфата аммония в растворе увеличится и станет равной

$$m((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4) = 15 + 0.5x \cdot 132 = 15 + 66x,$$

а масса раствора станет равна

$$m(\text{р-ра}) = 300 + 453x.$$

По условию, массовая доля $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ в конечном растворе должна составить 7.5%:

$$\omega((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4) = \frac{15 + 66x}{300 + 453x} = 0.075,$$

отсюда $x = 0.234$ моль. Масса добавленных квасцов равна

$$m(\text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}) = M \cdot \nu = 453 \cdot 0.234 = 106 \text{ г}.$$

Ответ: 106 г.

3. При понижении температуры на 20 градусов скорость некоторой реакции уменьшилась в 16 раз. На сколько градусов надо изменить температуру, чтобы скорость реакции понизилась в 25 раз? (8 баллов)

Решение. Воспользуемся правилом Вант-Гоффа:

$$\frac{r_2}{r_1} = \gamma^{\frac{\Delta T}{10}},$$

$$\frac{1}{16} = \gamma^{\frac{-20}{10}} = \frac{1}{\gamma^2}, \quad \text{получаем } \gamma = \sqrt{16} = 4.$$

Зная температурный коэффициент скорости реакции, можем определить, на сколько градусов нужно понизить температуру для уменьшения скорости в 25 раз:

$$\frac{1}{25} = 4^{\frac{x}{10}}.$$

Прологарифмируем обе части уравнения:

$$\lg \frac{1}{25} = \frac{x}{10} \cdot \lg 4,$$

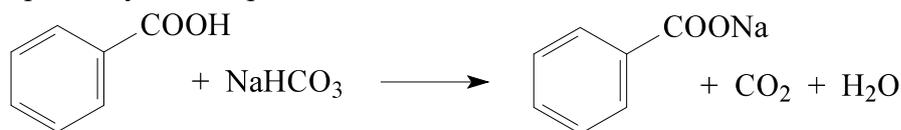
$$-1.398 = \frac{x}{10} \cdot 0.602,$$

$$x = -23.2.$$

Ответ: надо понизить температуру на 23.2 градуса.

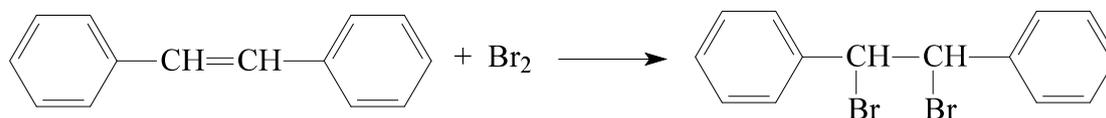
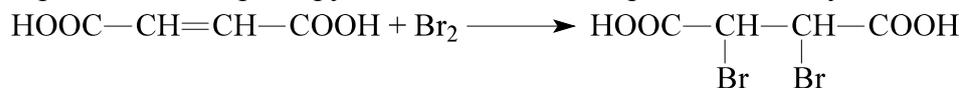
4. В трёх пробирках находятся три твёрдых белых вещества: бензойная кислота, фумаровая (бутендиовая) кислота и *транс*-1,2-дифенилэтилен. Предложите способы обнаружения данных соединений, используя только водный раствор гидрокарбоната натрия и бромную воду. Напишите уравнения протекающих реакций. (8 баллов)

Решение. Приведем уравнения протекающих реакций. В реакцию с гидрокарбонатом натрия вступают карбоновые кислоты:



Протекание этих реакций сопровождаются выделением пузырьков бесцветного газа без запаха (CO_2).

С бромной водой реагируют соединения, содержащие двойную связь:

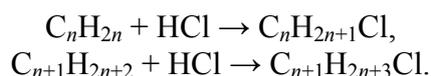


В результате протекания этих реакций бромная вода обесцвечивается.

Соединение, вступающее в реакцию и с гидрокарбонатом натрия, и с бромной водой, это бутендиовая кислота. Бензойная кислота реагирует только с NaHCO_3 , а дифенилэтилен – только с бромной водой.

5. При взаимодействии смеси алкена и его ближайшего гомолога общей массой 1.4 г с точно рассчитанным объёмом газообразного хлороводорода объёмом 739 мл (при нормальном давлении и 27°C), образовалось два хлоралкана. Определите количественный состав исходной смеси и строение исходных алкенов, если известно, что один из них образует третичный хлорид. Напишите уравнения протекающих реакций. (10 баллов)

Решение. Уравнения реакций алкенов с хлороводородом:



Количество хлороводорода, израсходованного в двух этих реакциях, составляет

$$\nu(\text{HCl}) = \frac{pV}{RT} = \frac{101.3 \cdot 0.739}{8.314 \cdot 300} = 0.03 \text{ моль}.$$

Пусть первого алкена было x моль, а второго – y моль, тогда можно составить систему:

$$\begin{cases} x + y = 0.03, \\ 14nx + (14n + 14) \cdot y = 1.4. \end{cases}$$

Подобную систему из двух уравнений с тремя неизвестными решить в общем случае нельзя. Однако из первого уравнения можно составить неравенство (определить область допустимых значений x , x – положительное число):

$$0 < x < 0.03$$

и подставить его в выражение для n , полученное из второго уравнения

$$n = (14x + 0.98) / 0.42,$$

откуда

$$2.33 < n < 3.33.$$

Поскольку n – натуральное число, единственное решение $n = 3$. Следовательно, первый алкен – это пропен, а второй – 2-метилпропен.



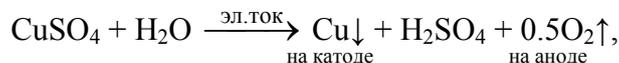
Подставляя в систему полученное значение n , получаем:

$$\begin{cases} x + y = 0.03, \\ 42x + 56y = 1.4. \end{cases}$$

откуда $x = 0.02$, $y = 0.01$ (моль), следовательно, в исходной смеси было 0.02 моль пропена и 0.01 моль 2-метилпропена.

6. Электрический ток пропустили через два последовательно соединенных электролизера с децимолярными ($c = 0.1$ моль/л) водными растворами сульфата меди (II) и ацетата серебра (анодные и катодные пространства и сами электролизеры разделены диафрагмами, объем раствора в каждом электролизере составляет 1 л), при этом на катоде второго электролизера выделилось 2.16 г металла. Определите массы продуктов, выделившихся на каждом электроде. (12 баллов)

Решение. При прохождении электрического тока в обоих электролизерах одновременно протекают следующие процессы: в первом электролизере



во втором электролизере



Массы веществ, образующихся на каждом из электродов, описываются обобщенным законом Фарадея

$$m = \frac{M}{nF} \cdot I \cdot t,$$

где m – масса вещества, выделившегося на электроде (г), M – молярная (или атомарная) масса вещества (г/моль), n – количество электронов, отдаваемых на аноде (или принимаемых на катоде), I – сила тока (А), t – продолжительность электролиза (с), F – константа Фарадея, равная 96500 Кл/моль.

Поскольку электролизеры соединены в цепь последовательно, сила тока, проходящего через них, будет одинакова. На катоде первого электролизера выделилась медь:

$$m(\text{Cu}) = \frac{64}{2F} \cdot I \cdot t, \quad \text{отсюда} \quad \frac{I \cdot t}{F} = \frac{m(\text{Cu})}{32}.$$

На катоде второго электролизера выделилось серебро:

$$m(\text{Ag}) = \frac{108}{1 \cdot F} \cdot I \cdot t = 2.16, \quad \text{отсюда} \quad \frac{I \cdot t}{F} = 0.02.$$

Тогда $\frac{I \cdot t}{F} = \frac{m(\text{Cu})}{32} = 0.02$, $m(\text{Cu}) = 0.64$ г (0.01 моль).

Следовательно, на аноде первого электролизера выделилось 0.005 моль O_2 , тогда

$$m(\text{O}_2) = 0.005 \cdot 32 = 0.16 \text{ г}.$$

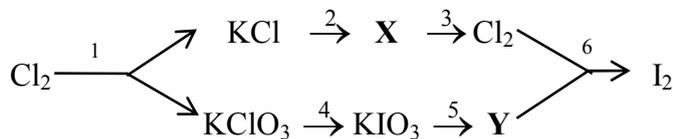
На аноде второго электролизера выделились 0.01 моль C_2H_6 и 0.02 моль CO_2 :

$$m(C_2H_6) = 0.01 \cdot 30 = 0.3 \text{ г,}$$

$$m(CO_2) = 0.02 \cdot 44 = 0.88 \text{ г.}$$

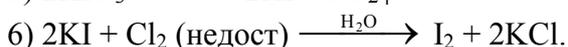
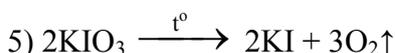
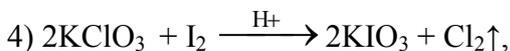
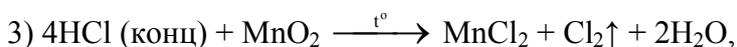
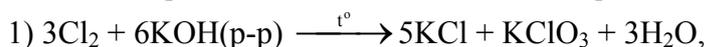
Ответ: первый электролизер – на катоде 0.64 г Cu, на аноде – 0.16 г O_2 ; второй – на катоде 2.16 г Ag, на аноде – 0.3 г C_2H_6 и 0.88 г CO_2 .

7. Напишите уравнения реакций приведенных ниже превращений и укажите условия их проведения.



(12 баллов)

Решение. Приведем один из возможных вариантов.



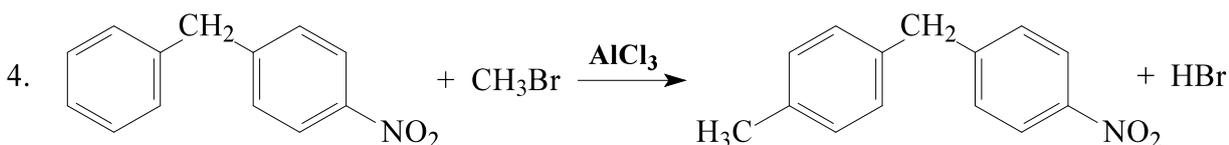
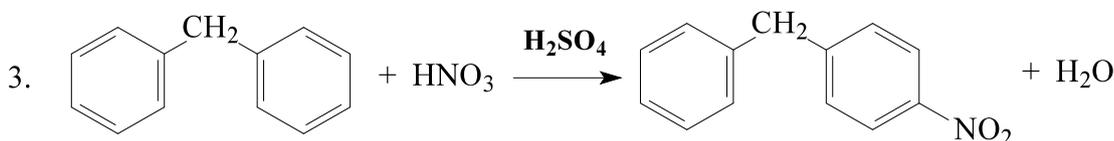
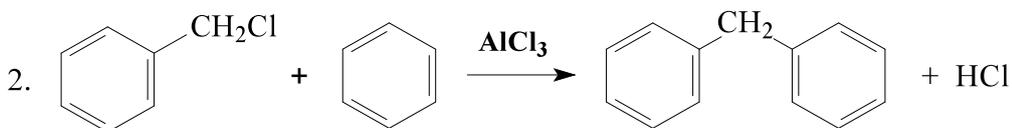
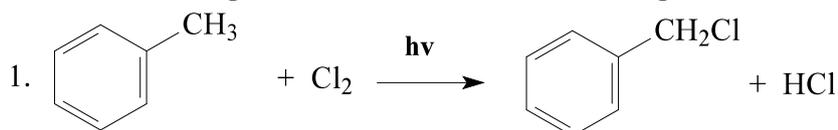
Ответ: X – HCl, Y – KI.

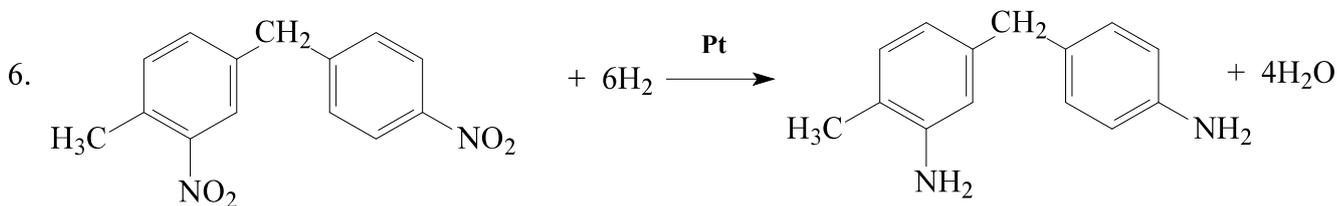
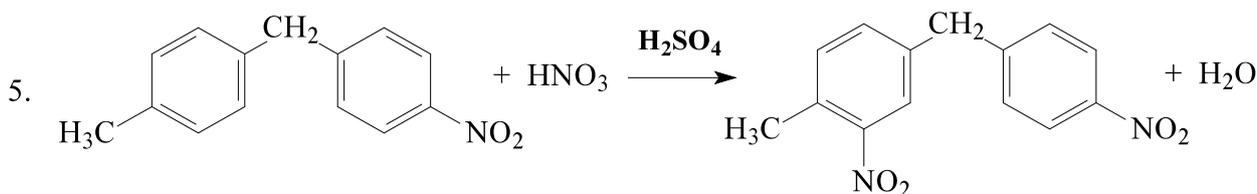
8. Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений:



Укажите структурные формулы веществ и условия протекания реакций. (12 баллов)

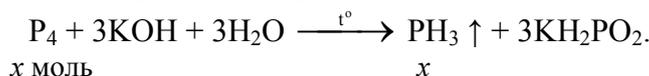
Решение. Приведем один из возможных вариантов.



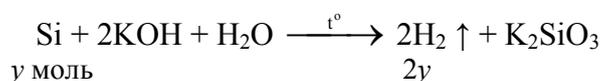


9. В смеси находятся эквимольные количества белого фосфора (P₄) и простого вещества А, а также некоторое количество кремния. При обработке этой смеси избытком горячего концентрированного раствора гидроксида калия выделилось 17.92 л газа (н. у.) с плотностью по воздуху 0.4828. Масса твердого остатка после реакции составила 3.6 г. Определите вещество А и массы каждого из веществ в исходной смеси. Какой минимальный объем 20%-ного раствора гидроксида натрия (плотность 1.220 г/мл) понадобится для поглощения газов, выделившихся при обработке такого же количества исходной смеси избытком горячей концентрированной серной кислоты? (14 баллов)

Решение. Белый фосфор реагирует с горячим концентрированным раствором щелочи с образованием фосфина и раствора гипофосфита калия:



Кремний реагирует с горячим концентрированным раствором щелочи с образованием водорода и раствора силиката калия:



Значит, только вещество А не реагирует с раствором щелочи и остается в твердом остатке в количестве x моль.

$$v(\text{A}) = \frac{3.6}{M(\text{A})}.$$

По условию, $v(\text{A}) = v(\text{P}_4) = x$ моль и тогда $v(\text{PH}_3) = x$ моль.

Средняя молярная масса газовой смеси фосфина и водорода

$$M_{\text{см}} = 29 \cdot 0.4828 = 14 \text{ г/моль},$$

$$v(\text{газов}) = x + 2y = 17.92 / 22.4 = 0.8 \text{ моль}.$$

$$\text{Тогда} \quad 14 = (34x + 2 \cdot 2y) / 0.8 = (34x + 2(0.8 - x)) / 0.8,$$

отсюда $x = 0.3$ моль, $y = 0.25$ моль, а $M(\text{A}) = 3.6 / 0.3 = 12$ г/моль. Вещество А – углерод.

В исходной смеси содержатся

$$m(\text{P}_4) = 0.3 \cdot 124 = 37.2 \text{ г},$$

$$m(\text{C}) = 0.3 \cdot 12 = 3.6 \text{ г},$$

$$m(\text{Si}) = 0.25 \cdot 28 = 7 \text{ г}.$$

При обработке такого же количества смеси концентрированной серной кислотой происходят следующие реакции:

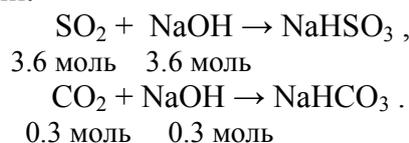


$$\underset{0.3 \text{ моль}}{\text{C}} \quad \quad \quad \underset{0.3 \text{ моль}}{\text{CO}_2} \quad \quad \quad \underset{0.6 \text{ моль}}{2\text{SO}_2}$$

Кремний с серной кислотой не реагирует:



В результате этих реакций выделяется 3.6 моль оксида серы (IV) и 0.3 моль оксида углерода (IV). При поглощении газов раствором щелочи (минимальным количеством) происходят следующие реакции:



Всего потребуется 3.9 моль NaOH. Объем раствора:

$$V(\text{NaOH}) = 3.9 \cdot 40 / (0.2 \cdot 1.220) = 639.3 \approx 639 \text{ мл.}$$

Ответ: углерод; 37.2 г белого фосфора; 3.6 г углерода; 7 г кремния; 639 мл NaOH.

10. В результате кислотного гидролиза 3.92 г сложного эфира получено 4.64 г смеси органических веществ. Эта смесь может обесцветить 640 г 2%-ной бромной воды, при этом образуется 2.4 г уксусной кислоты. Установите формулу эфира и напишите уравнения протекающих реакций (считать, что все реакции протекают с выходом 100%). **(14 баллов)**

Решение. Уравнение реакции кислотного гидролиза сложного эфира в общем виде:



Увеличение массы смеси произошло за счёт прореагировавшей воды:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 4.64 - 3.92 = 0.72 \text{ г,}$$

$$v(\text{H}_2\text{O}) = v(\text{эфира}) = v(\text{R}_1\text{COOH}) = v(\text{R}_2-\text{OH}) = 0.72 / 18 = 0.04 \text{ моль.}$$

Тогда молярная масса сложного эфира равна

$$M = 3.92 / 0.04 = 98 \text{ (г/моль),}$$

отсюда

$$M(\text{R}_1 + \text{R}_2) = 98 - 44 = 54 \text{ (г/моль).}$$

Подбором находим, что два радикала в сумме описываются формулой C_4H_6 , значит, эфир содержал или две двойные связи, или одну тройную.

Найдем количество брома, израсходованного при обработке продуктов гидролиза бромной водой:

$$v(\text{Br}_2) = 640 \cdot 0.02 / 160 = 0.08 \text{ моль,}$$

$$v(\text{Br}_2) = 2v(\text{эфира}).$$

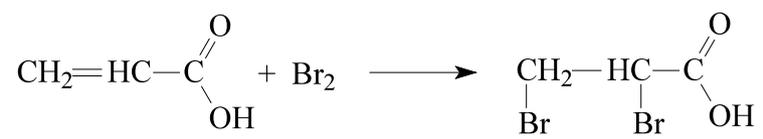
Поскольку по условию задачи после обработки полученной смеси бромной водой образуется уксусная кислота, радикал R_2 – это винил $-\text{CH}=\text{CH}_2$. Количество уксусной кислоты равно количеству эфира:

$$v(\text{CH}_3\text{COOH}) = 2.4 / 60 = 0.04 \text{ моль.}$$

Образующийся в реакции гидролиза виниловый спирт изомеризуется в уксусный альдегид, который и окисляется бромной водой до уксусной кислоты.

В молекуле кислоты также содержится двойная связь, это акриловая кислота. Запишем уравнения всех реакций:





Ответ: винилакрилат

