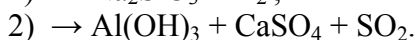


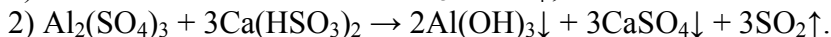
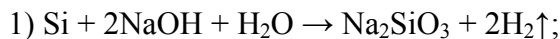
Вариант 2

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 $\text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ необходимо добавить к 400 г 3%-ного раствора сульфата калия, чтобы массовая доля K_2SO_4 увеличилась в два с половиной раза? (6 баллов)

Решение. Масса сульфата калия в исходном растворе равна

$$m(\text{K}_2\text{SO}_4) = m(\text{р-ра}) \cdot \omega = 400 \cdot 0.03 = 12 \text{ (г)}.$$

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

$$m(\text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}) = M \cdot \nu = 499x,$$

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

$$m(\text{K}_2\text{SO}_4) = 12 + 0.5x \cdot 174 = 12 + 87x,$$

а масса раствора станет равна

$$m(\text{р-ра}) = 400 + 499x.$$

По условию, массовая доля K_2SO_4 в конечном растворе должна составить 7.5%:

$$\omega(\text{K}_2\text{SO}_4) = \frac{12 + 87x}{400 + 499x} = 0.075,$$

отсюда $x = 0.363$ моль. Масса квасцов равна

$$m(\text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}) = M \cdot \nu = 499 \cdot 0.363 = 181.1 \text{ г}.$$

Ответ: 181.1 г.

3. При повышении температуры на 30 градусов скорость некоторой реакции возрастает в 22 раза. На сколько градусов надо изменить температуру, чтобы скорость реакции увеличилась в 50 раз? (8 баллов)

Решение: Воспользуемся правилом Вант-Гоффа.

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

$$22 = \gamma^{\frac{30}{10}} = \gamma^3, \quad \text{получаем } \gamma = \sqrt[3]{22} = 2.8.$$

Зная температурный коэффициент скорости реакции, можем определить, на сколько градусов нужно повысить температуру для увеличения скорости в 50 раз:

$$50 = 2.8^{\frac{x}{10}}.$$

Прологарифмируем обе части уравнения:

$$\lg 50 = \frac{x}{10} \cdot \lg 2.8,$$

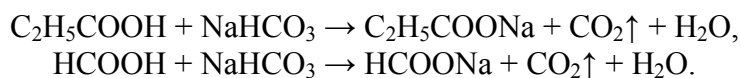
$$1.699 = \frac{x}{10} \cdot 0.447,$$

$$x = 38.$$

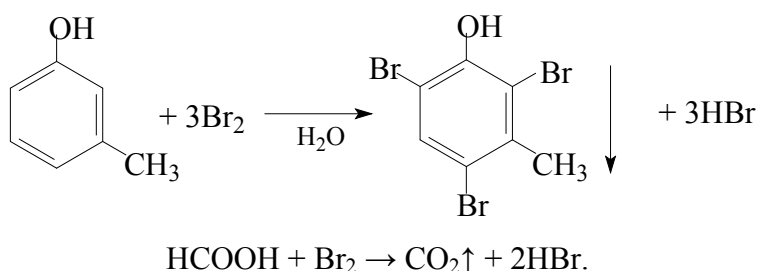
Ответ: надо повысить температуру на 38 градусов.

4. В трёх пробирках находятся водные растворы трёх соединений: *m*-крезол (*m*-метилфенол), пропионовая (пропановая) кислота и муравьиная кислота. Предложите способы обнаружения данных соединений, используя только водный раствор гидрокарбоната натрия и бромную воду. Напишите уравнения протекающих реакций. **(8 баллов)**

Решение. Запишем уравнения протекающих реакций. С гидрокарбонатом натрия вступают в реакцию карбоновые кислоты:



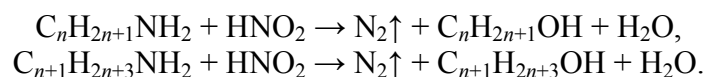
Эти реакции сопровождаются выделением пузырьков бесцветного газа без запаха. С бромной водой реагируют крезол и муравьиная кислота:



Реакция крезола сопровождается образованием белого осадка, а в ходе реакции с муравьиной кислотой бромная вода обесцвечивается и выделяются пузырьки газа.

5. При взаимодействии смеси первичного алифатического амина и его ближайшего гомолога общей массой 2.22 г с избытком азотистой кислоты выделилось 987 мл газа (при нормальном давлении и 28 °С). Определите количественный состав исходной смеси и строение исходных аминов. Напишите уравнения протекающих реакций. **(10 баллов)**

Решение. Запишем уравнения реакций первичных аминов с азотистой кислотой:



Количество азота, выделившегося в двух реакциях:

$$v(\text{N}_2) = \frac{101.3 \cdot 0.987}{8.314 \cdot 301} = 0.04 \text{ моль.}$$

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

$$\begin{cases} x + y = 0.04, \\ (14n + 17)x + (14n + 31)y = 2.22 \end{cases}$$

Однозначно решить такую систему нельзя, однако из первого уравнения можно составить неравенство:

$$0 < x < 0.04$$

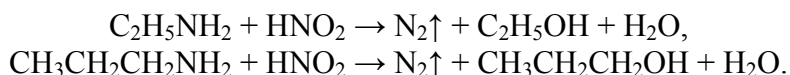
и подставить его в выражение для n , полученное из второго уравнения:

$$n = (14x + 0.98) / 0.56,$$

откуда

$$1.75 < n < 2.75.$$

Поскольку n – натуральное число, то единственный ответ $n = 2$. Следовательно, первый амин – этиламин, а второй – пропиламин.



Подставляя полученное значение n в систему уравнений, получаем:

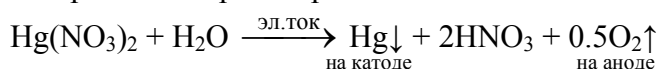
$$\begin{aligned}x + y &= 0.04 \\45x + 59y &= 2.22\end{aligned}$$

Откуда $x = 0.01$, а $y = 0.03$, следовательно, в исходной смеси было 0.01 моль этиламина и 0.03 моль пропиламина.

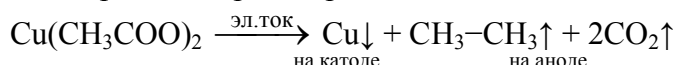
6. Электрический ток пропустили через два последовательно соединенных электролизера с децимолярными ($c = 0.1$ моль/л) водными растворами нитрата ртути (II) и ацетата меди (II) (анодные и катодные пространства и сами электролизеры разделены диафрагмами, объем раствора в каждом электролизере составляет 1 л), при этом на катоде первого электролизера выделилось 4.02 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



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

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

где m – масса выделившегося вещества 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.

На катоде первого электролизера:

$$m(\text{Hg}) = \frac{201}{2F} \cdot I \cdot t = 4.02, \text{ отсюда } \frac{I \cdot t}{F} = 0.04$$

На катоде второго электролизера:

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

Тогда $m(\text{Cu}) = 1.28$ г (0.02 моль).

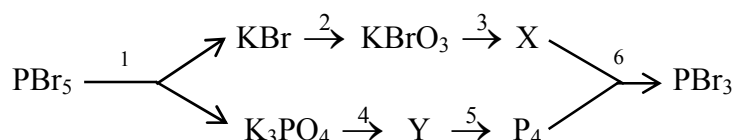
Следовательно, на аноде первого электролизера выделилось 0.01 моль O_2 , тогда

$$m(\text{O}_2) = 0.01 \cdot 32 = 0.32 \text{ г.}$$

На аноде второго электролизера выделились 0.02 моль C_2H_6 ($m(\text{C}_2\text{H}_6) = 0.02 \cdot 30 = 0.6$ г) и 0.04 моль CO_2 ($m(\text{CO}_2) = 0.04 \cdot 44 = 1.76$ г).

Ответ: первый электролизер – на катоде 4.02 г Hg, на аноде – 0.32 г O_2 ; второй электролизер – на катоде 1.28 г Cu, на аноде – 0.6 г C_2H_6 и 1.76 г CO_2 .

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



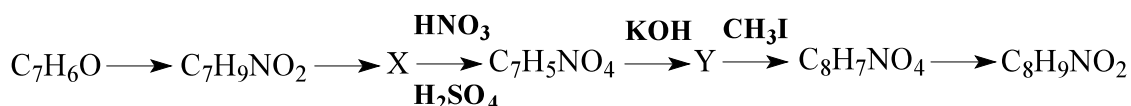
(12 баллов)

Решение. Приведем один из возможных вариантов решения.

- 1) $\text{PBr}_5 + 8\text{KOH (p-p, изб)} \rightarrow \text{K}_3\text{PO}_4 + 5\text{KBr} + 4\text{H}_2\text{O}$,
- 2) $\text{KBr} + 3\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{эл-лиз}} \text{KBrO}_3 + 3\text{H}_2 \uparrow$ (без диафрагмы)
- 3) $2\text{KBrO}_3 + 12\text{HCl (конц)} \rightarrow 5\text{Cl}_2 \uparrow + \text{Br}_2 + 2\text{KCl} + 6\text{H}_2\text{O}$
(или $\text{KBrO}_3 + 6\text{HBr (конц)} \rightarrow 3\text{Br}_2 + \text{KBr} + 3\text{H}_2\text{O}$,
или $4\text{KBrO}_3 + 4\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ (конц)} \rightarrow 5\text{O}_2 \uparrow + 2\text{Br}_2 + 4\text{KHSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$),
- 4) $2\text{K}_3\text{PO}_4 + 3\text{CaCl}_2 \text{ (p-p)} \rightarrow \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \downarrow + 6\text{KCl}$,
- 5) $2\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 10\text{C} + 6\text{SiO}_2 \xrightarrow{t^\circ} 6\text{CaSiO}_3 + 10\text{CO} \uparrow + \text{P}_4 \uparrow$,
- 6) $\text{P}_4 + 6\text{Br}_2 \text{ (недост)} \rightarrow 4\text{PBr}_3$.

Ответ: X – Br_2 , Y – $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$.

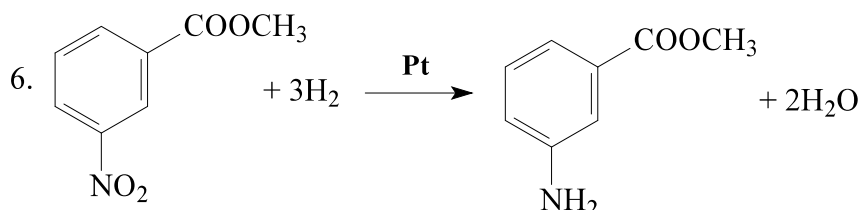
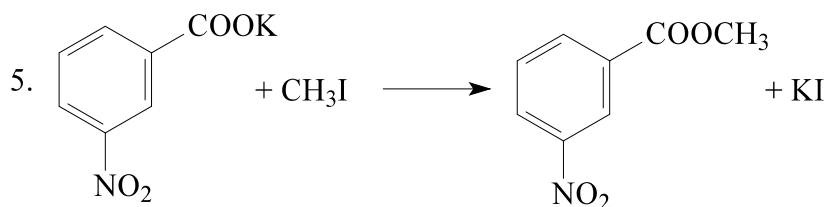
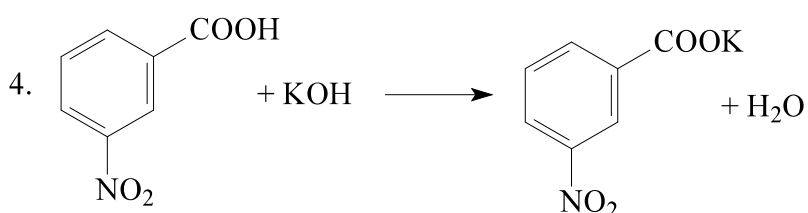
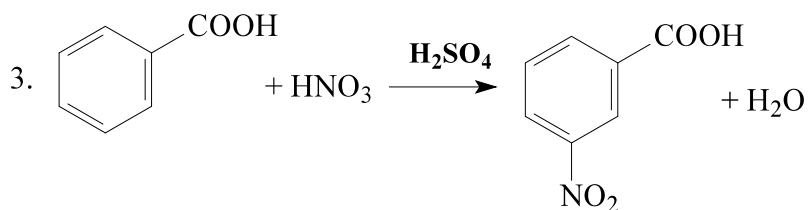
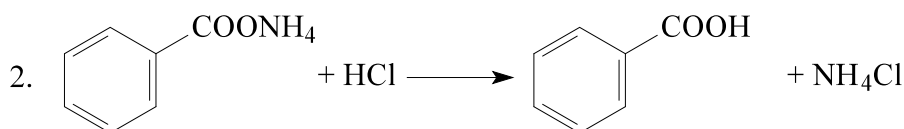
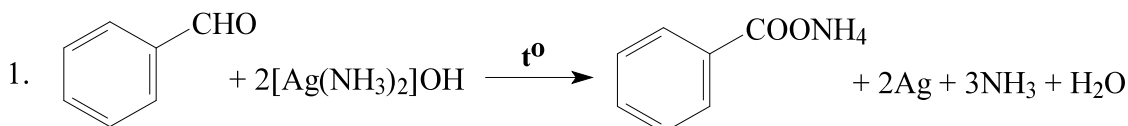
8. Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений:



Укажите структурные формулы веществ и условия протекания реакций.

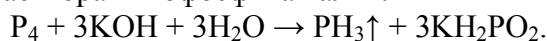
(12 баллов)

Решение. Приведем один из возможных вариантов решения.



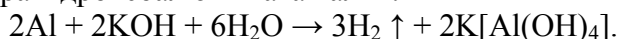
9. В смеси находятся эквимольные количества белого фосфора (P₄) и простого вещества А, а также некоторое количество алюминия. При обработке этой смеси избытком горячего концентрированного раствора гидроксида калия выделилось 13.44 л газа (н.у.) с плотностью по воздуху 0.6207. Масса твердого остатка после 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 азотной кислоты? (14 баллов)

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



x моль x моль

Алюминий реагирует с горячим концентрированным раствором щелочи с образованием водорода и раствора тетрагидроксоалюмината калия:



y моль 1.5 y моль

Значит, только вещество А не реагирует с раствором щелочи и остается в твердом остатке в количестве $v(A) = 3.6 / M(A) = x$ моль.

По условию, $v(A) = v(P_4) = x$ моль и тогда $v(PH_3) = x$ моль.

Средняя молярная масса газовой смеси фосфина и водорода

$$M_{см} = 29 \cdot 0.6207 = 18 \text{ г/моль},$$

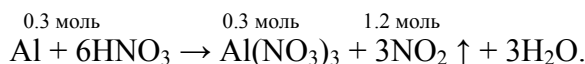
$$v(\text{газов}) = x + 1.5y = 13.44 / 22.4 = 0.6 \text{ моль}.$$

Тогда $18 = (34x + 2 \cdot 1.5y) / 0.6 = (34x + 2(0.6 - x)) / 0.6,$

отсюда $x = 0.3$ моль, $y = 0.2$ моль, а $M_A = 3.6 / 0.3 = 12$ г/моль. Вещество А – это углерод.

В исходной смеси содержится $0.3 \cdot 124 = 37.2$ г белого фосфора, $0.3 \cdot 12 = 3.6$ г углерода и $0.2 \cdot 27 = 5.4$ г алюминия.

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



0.3 моль 0.3 моль 1.2 моль
0.2 моль 0.6 моль

В результате этих реакций выделяется 7.8 моль оксида азота (IV) и 0.3 моль оксида углерода (IV). При поглощении газов раствором щелочи происходят следующие реакции:



0.3 моль 0.3 моль

Всего потребуется 8.1 моль NaOH, объем раствора равен

$$V(NaOH) = 8.1 \cdot 40 / (0.2 \cdot 1.220) = 1327.9 \approx 1328 \text{ мл}.$$

Ответ: углерод; 37.2 г белого фосфора; 3.6 г углерода; 5.4 г алюминия; 1328 мл NaOH.

10. В результате кислотного гидролиза 22.4 г сложного эфира получено 26 г смеси органических веществ. При добавлении к этой смеси избытка водного раствора гидросульфита натрия выпало 29.6 г белого осадка. При окислении той же смеси подкисленным раствором перманганата калия образуется 24 г уксусной кислоты. Установите

формулу эфира и напишите уравнения протекающих реакций (считать, что все реакции протекают с выходом 100%). (14 баллов)

Решение. Запишем уравнение реакции гидролиза сложного эфира в общем виде:



Увеличение массы смеси произошло за счёт присоединившейся воды:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 26 - 22.4 = 3.6 \text{ г,}$$

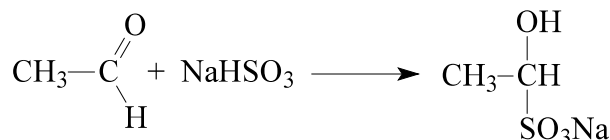
$$v(\text{H}_2\text{O}) = 3.6 / 18 = 0.2 \text{ моль.}$$

тогда $v(\text{H}_2\text{O}) = v(\text{эфира}) = v(\text{R}_1\text{COOH}) = v(\text{R}_2-\text{OH}) = 0.2$ моль. Тогда легко находится молярная масса сложного эфира:

$$M = 22.4 / 0.2 = 112 \text{ г/моль, отсюда } M(\text{R}_1 + \text{R}_2) = 112 - 44 = 68 \text{ г/моль.}$$

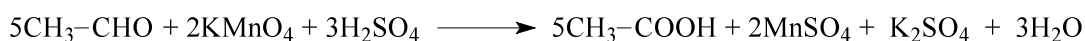
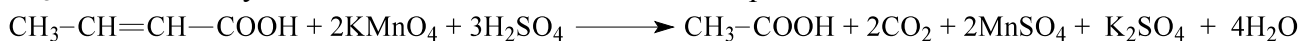
Таким образом, суммарная формула, описывающая оба радикала – C_5H_8 , это означает, что в радикалах содержится или две двойные связи или одна тройная.

Гидросульфит образует сульфопроизводные с альдегидами и некоторыми кетонами. Альдегид мог образоваться в единственном случае – если радикалом R_2 является винил ($-\text{CH}=\text{CH}_2$). Тогда образующийся неустойчивый виниловый спирт $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{OH}$ перегруппировывается в уксусный альдегид, который и образует сульфопроизводные в реакциях с гидросульфитом:



$$m(\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{SO}_3\text{Na}) = 148 \cdot 0.2 = 29.6 \text{ г.}$$

Далее по условию задачи при окислении смеси кислым раствором перманганата калия образуется 24 г уксусной кислоты. Из двух возможных радикалов R_1 : $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-$ и $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-$ по условию задачи подходит только второй. Тогда:



Таким образом, формула сложного эфира:

