

## 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.

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 сульфата калия увеличилась в два с половиной раза?

10. В результате кислотного гидролиза 22.4 г сложного эфира было 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 образовалось 24 г уксусной кислоты. Установите формулу эфира и напишите уравнения протекающих реакций (примите, что все реакции идут с выходом 100%).

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?

4. В трёх пробирках находятся водные растворы трёх соединений: м-крезола (м-метилфенола), пропиононой (пропановой) кислоты и муравьиной кислоты. Как распознать данные соединения, используя только водный раствор гидрокарбоната натрия и бромную воду? Напишите уравнения протекающих реакций.

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 °C). Определите количественный состав исходной смеси и строение исходных аминов. Напишите уравнения протекающих реакций.

6. Электрический ток пропустили через два последовательно соединённых электролизера с децимолярными (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.

7. Напишите уравнения реакций, соответствующих приведенным ниже превращениям, и укажите условия их проведения.



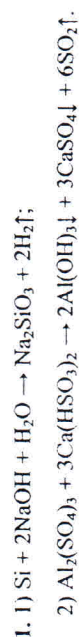
8. Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений:



Укажите структурные формулы веществ и условия протекания реакций.

9. В смеси находятся эквимольные количества белого фосфора  $\text{P}_4$  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. Найдите минимальный объем 20%-ного раствора гидроксида натрия (плотность 1.220 г/мл), который понадобится для поглощения газов, выделившихся при обработке такого же количества исходной смеси избытком горячей концентрированной азотной кислоты.

### Вариант 2



2. Масса сульфата калия в исходном растворе равна

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

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

$$m(\text{p-ра}) = 400 + 499x.$$

По условию, массовая доля  $\text{K}_2\text{SO}_4$  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. Воспользуемся правилом Вант-Гоффа:

$$\frac{r_2}{r_1} = \gamma^{\frac{\Delta T}{T_1}}$$

$$22 = \gamma^{10} = \gamma^3$$

В нашем случае

$$\gamma = \sqrt[3]{22} \approx 2.8.$$

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

$$50 = 2.8^{10}$$

Прологарифмируем обе части уравнения:

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

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

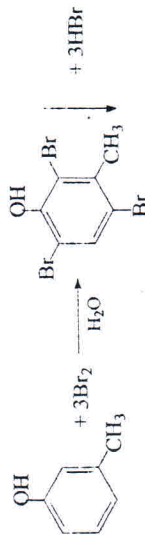
$$x = 38.$$

Ответ: надо повысить температуру на 38 градусов.

4. Запишем уравнения протекающих реакций. С гидрокарбонатом натрия вступают в реакцию карбоновые кислоты, а крезол не реагирует:

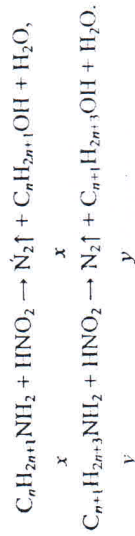


Эти реакции сопровождаются выделением пузырьков  $\text{CO}_2$ , бесцветного газа без запаха. С бромной водой реагируют крезол и муравьиная кислота:



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

5. Пусть первого амина было  $x$  моль, а второго –  $y$  моль. Запишем уравнения реакций первичных аминов с азотистой кислотой:



Количество азота, выделившегося в двух реакциях:

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

Составим 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 (и  $x$ , и  $y$  – положительные):

$$0 < x < 0.04$$

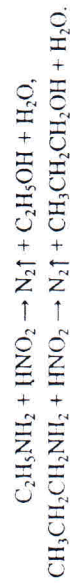
и подставить его в выражение для  $n$ , полученное из второго уравнения:

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

откуда

$$1.75 < n < 2.75.$$

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



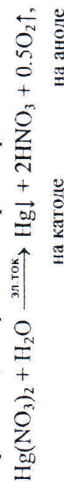
Подставляя полученное значение  $n$  во второе уравнение системы, получаем:

$$\begin{cases} x + y = 0.04, \\ 45x + 59y = 2.22. \end{cases}$$

Решение системы  $x = 0.01$ ,  $y = 0.03$  (моль), следовательно, в исходной смеси было 0.01 моль этиламина и 0.03 моль пропиламина.

Ответ:  $\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$  0.01 моль,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$  0.03 моль.

6. 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 ( $A$ ),  $t$  – продолжительность электролиза ( $с$ ),  $F$  – постоянная 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  $m(\text{Cu}) = 1.28 \text{ г}$  ( $0.02 \text{ моль}$ ). Следовательно, на аноде первого электролизера выделилось  $0.01 \text{ моль}$   $\text{O}_2$ , его масса равна

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

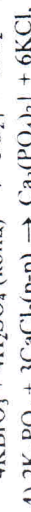
На аноде второго электролизера выделилось  $0.02 \text{ моль}$   $\text{C}_2\text{H}_6$  и  $0.04 \text{ моль}$   $\text{CO}_2$ :

$$m(\text{C}_2\text{H}_6) = 0.02 \cdot 30 = 0.6 \text{ г}$$

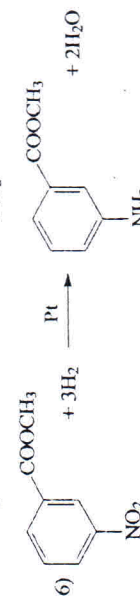
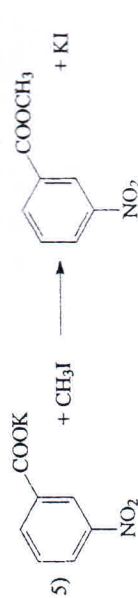
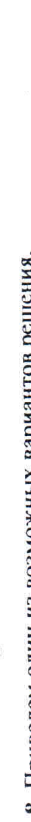
$$m(\text{CO}_2) = 0.04 \cdot 44 = 1.76 \text{ г}.$$

Ответ: первый электролизер – на катоде  $4.02 \text{ г}$   $\text{Hg}$ , на аноде –  $0.32 \text{ г}$   $\text{O}_2$ ; второй электролизер – на катоде  $1.28 \text{ г}$   $\text{Cu}$ , на аноде –  $0.6 \text{ г}$   $\text{C}_2\text{H}_6$  и  $1.76 \text{ г}$   $\text{CO}_2$ .

7. Приведем один из возможных вариантов решения.



8. Приведем один из возможных вариантов решения.



9. Пусть в смеси было  $x \text{ моль}$   $\text{P}_4$  и  $y \text{ моль}$  алюминия. Белый фосфор реагирует с горячим концентрированным раствором щелочи с образованием фосфина и раствора гипофосфита калия:



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



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

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

Средняя молярная масса газовой смеси фосфина и водорода

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

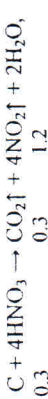
$$v(\text{газов}) = x + 1.5y = 13.44 / 22.4 = 0.6 \text{ моль}.$$

$$\text{Тогда } 18 = \frac{34x + 2 \cdot 1.5y}{0.6},$$

отсюда  $x = 0.3$ ,  $y = 0.2 \text{ (моль)}$ , а  $M(\text{A}) = 3.6 / 0.3 = 12 \text{ г/моль}$ . Вещество А – это углерод.

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

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



В результате этих реакций выделяется  $7.8 \text{ моль}$  оксида азота(IV) и  $0.3 \text{ моль}$  оксида углерода(IV). При поглощении газов раствором щелочи происходят

следующие реакции (по условию, количество щелочи – минимальное, следовательно, с  $\text{CO}_2$  записываем реакцию образования кислой соли):



Всего потребуется 8.1 моль  $\text{NaOH}$ .

$$m(\text{NaOH}) = 8.1 \cdot 40 = 324 \text{ г},$$

$$V(\text{р-ра NaOH}) = \frac{m}{\omega \cdot \rho} = \frac{324}{0.2 \cdot 1.220} = 1328 \text{ мл}.$$

Ответ: углерод; 37.2 г белого фосфора; 3.6 г углерода; 5.4 г алюминия; 1328 мл  $\text{NaOH}$ .

10. Запишем уравнение реакции гидролиза неизвестного сложного эфира:



Увеличение массы смеси произошло за счёт присоединившейся воды:

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

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

$$v(\text{H}_2\text{O}) = v(\text{эфира}) = v(\text{R}_1\text{COOH}) = v(\text{R}_2\text{-OH}) = 0.2 \text{ моль}.$$

Молярная масса сложного эфира равна

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

Суммарная формула, описывающая оба радикала, –  $\text{C}_5\text{H}_8$ , и 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  $\text{R}_2$  являлся винил  $\text{CH}=\text{CH}_2$ . Тогда образующийся неустойчивый винильный спирт  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{OH}$  перегруппировывается в уксусный альдегид, который и образует сульфопроизводное 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 вариантов радикала  $\text{R}_1$ :



по условию задачи подходит только второй. Тогда:



Таким образом, формула сложного эфира:

