

Вариант 1

- 1.4. Изотоп какого элемента образуется при испускании α -частицы изотопом тория ^{230}Th ?
Напишите уравнение ядерной реакции. (4 балла)
- 2.9. Приведите формулу и назовите углеводород, в молекуле которого содержится столько же электронов, сколько и в молекуле фторида кислорода (II). Напишите уравнение реакции этого углеводорода с хлором и укажите условия ее протекания. (8 баллов)
- 3.8. Рассчитайте количество теплоты, которое выделяется при прокаливании без доступа воздуха 20.67 г эквимольной смеси алюминия, иода и иодида алюминия, если теплота образования иодида алюминия равна 302.9 кДж/моль. Определите качественный и количественный состав (в мольных долях) образовавшейся после прокаливании смеси. (10 баллов)
- 4.9. Растворение образца железа в соляной кислоте при 19°C заканчивается через 30 минут, а при 39°C такой же образец металла растворяется за 4.8 минуты. За какое время такой же образец железа растворяется при 54°C ? Запишите уравнение соответствующей химической реакции. (10 баллов)
- 5.2. Какие из перечисленных ниже веществ реагируют с уксусным альдегидом (CH_3CHO): Br_2 , HBr , HCOOH , $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, HCN , $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$, CH_3MgBr , CH_3COONa ? Напишите уравнения пяти реакций, укажите условия их протекания (температура, катализатор, среда). (10 баллов)
- 6.11. К смеси формиата калия и карбоната натрия добавили концентрированную серную кислоту и слегка нагрели. В результате выделилось 10,08 л (н.у.) смеси газов, относительная плотность которой по монооксиду азота 1.23. Определите массу формиата калия в исходной смеси. (10 баллов)
- 7.8. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей схеме превращений, укажите условия их протекания:
 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{X} \rightarrow \text{N}_2 \rightarrow \text{Y} \rightarrow \text{NH}_3 \rightarrow \text{Z} \rightarrow \text{Ag}_2\text{S}$ (12 баллов)
- 8.6. Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений (соединение $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$ - пиридин):
 $\text{C}_5\text{H}_5\text{N} \leftarrow \text{C}_6\text{H}_4\text{NO}_2\text{K} \leftarrow \text{C}_6\text{H}_7\text{N} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_7\text{NCl}_2 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_7\text{NO} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_7\text{NO}_6\text{S} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$.
Укажите структурные формулы веществ и условия протекания реакций. (12 баллов).
- 9.10. Смесь нитратов хрома(III), марганца(II) и алюминия массой 51.1 г при добавлении к избытку раствора сульфида аммония образует 21.65 г осадка. Если же к исходной смеси добавить избыток раствора гидроксида натрия, то образуется осадок массой 8.9 г. Определите массу солей в исходной смеси, а также объем газа, выделяющегося при реакции смеси с раствором сульфида аммония (при 35°C и 0.95 атм). (12 баллов)
- 10.1. Газовую смесь массой 1.1 г, состоящую из неизвестного алкена и ацетилен, пропустили сначала через аммиачный раствор оксида серебра, а затем через нейтральный раствор перманганата калия. Масса осадка, выпавшего из первого раствора, оказалась на 0.66 г больше массы осадка, выпавшего из второго раствора. Определите неизвестный алкен и вычислите его массу, если известно, что исходная газовая смесь может обесцветить 261.5 мл 3% водного раствора брома (плотность 1.02 г/мл). Какой объем водорода потребуется для полного гидрирования 1 л данной смеси? (12 баллов)

Вариант 2

1.11. Изотоп какого элемента образуется при испускании β -частицы изотопом свинца ^{210}Pb ? Напишите уравнение ядерной реакции. (4 балла)

2.3. Приведите формулу и назовите углеводород, в молекуле которого содержится столько же электронов, сколько и в молекуле оксида хлора (I). Напишите уравнение реакции этого углеводорода с хлором и укажите условия ее протекания. (8 баллов)

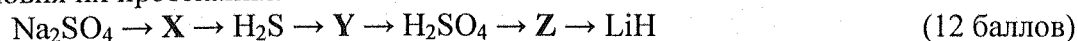
3.6. Рассчитайте количество теплоты, которое выделяется при прокаливании без доступа воздуха 62.7 г эквимольной смеси алюминия, серы и сульфида алюминия, если теплота образования сульфида алюминия равна 508.3 кДж/моль. Определите качественный и количественный состав (в мольных долях) образовавшейся после прокаливания смеси. (10 баллов)

4.2. Растворение образца цинка в растворе гидроксида натрия при 25°C заканчивается через 25 минут, а при 45°C такой же образец металла растворяется за 4 минуты. За какое время такой же образец цинка растворяется при 60°C ? Запишите уравнение соответствующей химической реакции. (10 баллов)

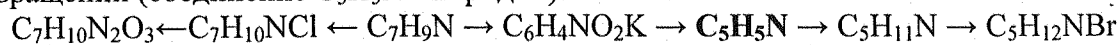
5.3. Какие из перечисленных ниже веществ реагируют с толуолом ($\text{C}_6\text{H}_5\text{-CH}_3$): NaOH , NH_3 , Cl_2 , H_2 , $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, CH_3COOH , C_3H_6 , KMnO_4 ? Напишите уравнения пяти реакций, укажите условия их протекания (температура, катализатор, среда). (10 баллов)

6.7. К смеси формиата калия и карбоната стронция добавили концентрированную серную кислоту и слегка нагрели. В результате выделилось 11.2 л (н.у.) смеси газов, относительная плотность которой по неону 1.56. Определите массу формиата калия в исходной смеси. (10 баллов)

7.3. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей схеме превращений, укажите условия их протекания:



8.9. Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений (соединение $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$ - пиридин):



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

9.5. Смесь сульфатов алюминия, меди(II) и никеля(II) массой 81.2 г при добавлении к избытку раствора сульфида аммония образует 43.4 г осадка. Если же к исходной смеси добавить избыток раствора гидроксида натрия, то образуется осадок массой 28.4 г. Определите массу солей в исходной смеси, а также объем газа, выделяющегося при реакции смеси с раствором сульфида аммония (при 10°C и 0.95 атм). (12 баллов)

10.9. Газовую смесь массой 2.76 г, состоящую из неизвестного алкена и бутина-1, пропустили сначала через аммиачный раствор оксида серебра, а затем через нейтральный раствор перманганата калия. Масса осадка, выпавшего из первого раствора, оказалась на 0.26 г меньше массы осадка, выпавшего из второго раствора. Определите неизвестный алкен и вычислите его массу, если известно, что исходная газовая смесь может обесцветить 523 мл 3% водного раствора брома (плотность 1.02 г/мл). Какой объем водорода потребуется для полного гидрирования 3 л данной смеси? (12 баллов)

- 1.1. Изотоп какого элемента образуется при испускании β -частицы изотопом углерода ^{14}C ? Напишите уравнение ядерной реакции. (4 балла)
- 2.5. Приведите формулу и назовите углеводород, в молекуле которого содержится столько же электронов, сколько и в молекуле оксида серы (IV). Напишите уравнение реакции этого углеводорода с хлором и укажите условия ее протекания. (8 баллов)
- 3.2. Рассчитайте количество теплоты, которое выделяется при прокаливании без доступа воздуха 52.95 г эквимолярной смеси цинка, фосфора и фосфида цинка, если теплота образования фосфида цинка равна 194.9 кДж/моль. Определите качественный и количественный состав (в мольных долях) образовавшейся после прокаливания смеси. (10 баллов)
- 4.6. Растворение образца меди в разбавленной азотной кислоте при 20°C заканчивается через 27 минут, а при 40°C такой же образец металла растворяется за 3 минуты. За какое время такой же образец меди растворяется при 60°C ? Запишите уравнение соответствующей химической реакции. (10 баллов)
- 5.10. Какие из перечисленных ниже веществ реагируют с пропионовым альдегидом ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO}$): H_2 , KMnO_4 , $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$, $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2\text{OH}$, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, $\text{Cu}(\text{OH})_2$, C_2H_4 , HCN ? Напишите уравнения пяти реакций, укажите условия их протекания (температура, катализатор, среда). (10 баллов)
- 6.4. К смеси оксалата натрия и карбоната кальция добавили концентрированную серную кислоту и нагрели. В результате выделилось 8.96 л (н.у.) смеси газов, относительная плотность которой по аргону 1. Определите массу оксалата натрия в исходной смеси. (10 баллов)
- 7.11. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей схеме превращений, укажите условия их протекания:
 $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \rightarrow \text{X} \rightarrow \text{S} \rightarrow \text{Y} \rightarrow \text{ZnCl}_2 \rightarrow \text{Z} \rightarrow \text{Zn}(\text{OH})_2$ (12 баллов)
- 8.11. Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений (соединение $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$ - пиридин):
 $\text{C}_7\text{H}_{10}\text{N}_2\text{O}_3 \leftarrow \text{C}_7\text{H}_{10}\text{NBr} \leftarrow \text{C}_7\text{H}_9\text{N} \rightarrow \text{C}_7\text{H}_3\text{NO}_4\text{K}_2 \rightarrow \text{C}_5\text{H}_5\text{N} \rightarrow \text{C}_5\text{H}_6\text{N}_2\text{O}_6\text{S} \rightarrow \text{C}_5\text{H}_4\text{N}_2\text{O}_2$
 Укажите структурные формулы веществ и условия протекания реакций. (12 баллов)
- 9.8. Смесь хлоридов хрома(III), никеля(II) и марганца(II) массой 70.1 г при добавлении к избытку раствора сульфида аммония образует 47.3 г осадка. Если же к исходной смеси добавить избыток раствора гидроксида натрия, то образуется осадок массой 27.3 г. Определите массу солей в исходной смеси, а также объем газа, выделяющегося при реакции смеси с раствором сульфида аммония (при 5°C и 0.95 атм). (12 баллов)
- 10.5. Газовую смесь массой 1.64 г, состоящую из неизвестного алкена и пропина, пропустили сначала через аммиачный раствор оксида серебра, а затем через нейтральный раствор перманганата калия. Масса осадка, выпавшего из первого раствора, оказалась на 1.78 г больше массы осадка, выпавшего из второго раствора. Определите неизвестный алкен и вычислите его массу, если известно, что исходная газовая смесь может обесцветить 313.8 мл 3% водного раствора брома (плотность 1.02 г/мл). Какой объем водорода потребуется для полного гидрирования 4 л данной смеси? (12 баллов)

1.6. Изотоп какого элемента образуется при испускании β -частицы изотопом циркония ^{97}Zr ? Напишите уравнение ядерной реакции. (4 балла)

2.11. Приведите формулу и назовите углеводород, в молекуле которого содержится столько же электронов, сколько и в молекуле оксида углерода (II). Напишите уравнение реакции этого углеводорода с хлором и укажите условия ее протекания. (8 баллов)

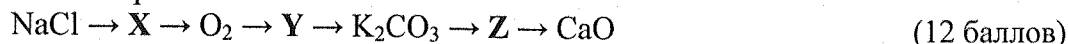
3.11. Определите теплоту образования силицида магния, если при прокаливании без доступа воздуха 96 г эквимольной смеси магния, кремния и силицида магния выделилось 29.7 кДж теплоты. Определите качественный и количественный состав (в мольных долях) образовавшейся после прокаливания смеси. (10 баллов)

4.1. Растворение образца цинка в соляной кислоте при 25°C заканчивается через 18 минут, а при 45°C такой же образец металла растворяется за 2 минуты. За какое время такой же образец цинка растворяется при 60°C ? Запишите уравнение соответствующей химической реакции. (10 баллов)

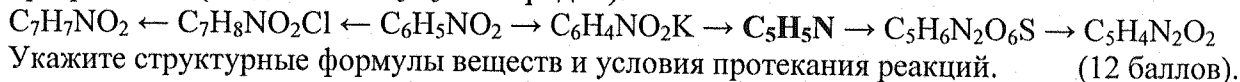
5.4. Какие из перечисленных ниже веществ реагируют с этилбензолом ($\text{C}_6\text{H}_5\text{-C}_2\text{H}_5$): Br_2 , HCl , HNO_3 , $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$, NH_3 , C_2H_4 , $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$, KMnO_4 ? Напишите уравнения пяти реакций, укажите условия их протекания (температура, катализатор, среда). (10 баллов)

6.3. К смеси формиата натрия и карбоната натрия добавили концентрированную серную кислоту и слегка нагрели. В результате выделилось 16.8 л (н.у.) смеси газов, относительная плотность которой по хлору 0.47. Определите массу формиата натрия в исходной смеси. (10 баллов)

7.1. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей схеме превращений, укажите условия их протекания:



8.4. Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений (соединение $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$ - пиридин):



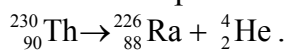
9.12. Смесь нитратов хрома(III), марганца(II) и серебра массой 11.15 г при добавлении к избытку раствора сульфида аммония образует 6.12 г осадка. Если же к исходной смеси добавить избыток раствора гидроксида калия, то образуется осадок массой 4.99 г. Определите массы солей в исходной смеси, а также объем газа, выделяющегося при реакции смеси с раствором сульфида аммония (при 17°C и 0.97 атм). (12 баллов)

10.12. Газовую смесь массой 23.4 г, состоящую из неизвестного алкена и бутина-1, пропустили сначала через аммиачный раствор оксида серебра, а затем через нейтральный раствор перманганата калия. Масса осадка, выпавшего из первого раствора, оказалась на 14.8 г больше массы осадка, выпавшего из второго раствора. Определите неизвестный алкен и вычислите его массу, если известно, что для полного гидрирования 5 л данной смеси требуется 7 л водорода. Какой максимальный объем 3% водного раствора брома (плотность 1.02 г/мл) может обесцветить исходная газовая смесь? (12 баллов)

РЕШЕНИЕ И ОТВЕТЫ К ВАРИАНТУ 1

1. Изотоп какого элемента образуется при испускании α -частицы изотопом тория ${}^{230}\text{Th}$? Напишите уравнение ядерной реакции. (4 балла)

Решение. Уравнение ядерной реакции:



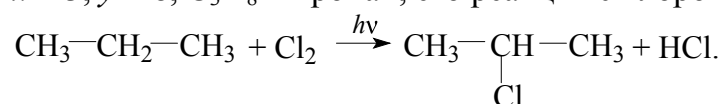
Ответ: изотоп радия.

2. Приведите формулу и назовите углеводород, в молекуле которого содержится столько же электронов, сколько и в молекуле фторида кислорода(II). Напишите уравнение реакции этого углеводорода с хлором и укажите условия ее протекания. (8 баллов)

Решение. В молекуле фторида кислорода OF_2 содержится $n = 8 + 2 \cdot 9 = 26$ электронов. В молекуле любого углеводорода C_xH_y содержится $6x + y$ электронов:

$$6x + y = 26,$$

подбором находим $x = 3, y = 8$, C_3H_8 – пропан, его реакция с хлором:



Есть еще один вариант углеводорода: при $x = 4, y = 2$, C_4H_2 (бутадиин).

3. Рассчитайте количество теплоты, которое выделяется при прокаливании без доступа воздуха 20.67 г эквимольной смеси алюминия, иода и иодида алюминия, если теплота образования иодида алюминия равна 302.9 кДж/моль. Определите качественный и количественный состав (в мольных %) образовавшейся после прокаливании смеси. (10 баллов)

Решение. По условию задачи

$$\nu(\text{Al}) = \nu(\text{I}_2) = \nu(\text{AlI}_3) = x \text{ моль}.$$

Масса смеси составляет

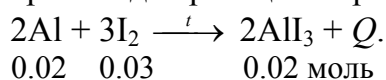
$$27x + 254x + 408x = 20.67,$$

$$689x = 20.67,$$

отсюда

$$x = 0.03 \text{ моль}.$$

При прокаливании смеси происходит реакция образования иодида алюминия:



Из уравнения реакции следует, что алюминий оказался в избытке ($0.03 - 0.02 = 0.01$ моль), образовалось 0.02 моль иодида алюминия, поэтому количество выделившейся теплоты составляет

$$Q = \nu \cdot Q_{\text{обр}}(\text{AlI}_3) = 0.02 \cdot 302.9 = 6.06 \text{ кДж}.$$

Полученная после прокаливании смесь содержит 0.01 моль алюминия и $(0.02 + 0.03) = 0.05$ моль AlI_3 , поэтому мольные доли веществ составляют:

$$x(\text{Al}) = \frac{0.01}{0.01 + 0.05} = 0.167 \text{ (или 16.7\%);}$$

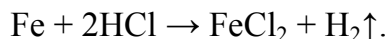
$$x(\text{AlI}_3) = 0.833 \text{ (или 83.3\%).}$$

Ответ: 16.7% Al, 83.3% AlI_3 ; 6.06 кДж.

4. Растворение образца железа в соляной кислоте при 19°C заканчивается через 30 минут, а при 39°C такой же образец металла растворяется за 4.8 минуты. За какое

время такой же образец железа растворится при 54°C? Запишите уравнение соответствующей реакции. (10 баллов)

Решение. Растворение железа в соляной кислоте описывается уравнением:



Поскольку во всех трех случаях масса железа одинакова, можно считать, что скорость реакции w обратно пропорциональна времени протекания реакции t . В соответствии с правилом Вант-Гоффа

$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{w_2}{w_1} = \gamma^{\frac{T_2 - T_1}{10}}.$$

Найдем температурный коэффициент скорости реакции γ . При нагревании от 19 до 39°C:

$$\begin{aligned} \frac{30}{4.8} &= \gamma^{\frac{39-19}{10}}, \\ 6.25 &= \gamma^2, \\ \gamma &= 2.5. \end{aligned}$$

При нагревании от 39 до 54°C скорость реакции увеличится в $2.5^{\frac{54-39}{10}} = 2.5^{1.5} = 3.95$ раза, а время протекания реакции составит $\frac{4.8}{3.95} = 1.22$ мин = 72.9 с.

Ответ: 72.9 с.

5. Какие из перечисленных ниже веществ реагируют с уксусным альдегидом (CH_3CHO): Br_2 , HBr , HCOOH , $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, HCN , $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$, CH_3MgBr , CH_3COONa ? Напишите уравнения пяти реакций, укажите условия их протекания (температура, катализатор, среда). (10 баллов)

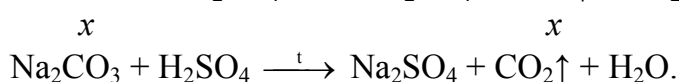
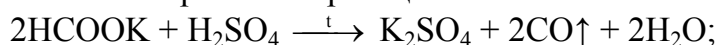
Решение. С CH_3CHO реагируют следующие вещества: Br_2 , $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, HCN , $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$, CH_3MgBr . Уравнения возможных реакций:

- 1) $\text{CH}_3\text{-CHO} + \text{Br}_2 \xrightarrow{\text{H}^+ \text{ или } \text{OH}^-} \text{BrCH}_2\text{-CHO} + \text{HBr}$;
- 2) $\text{CH}_3\text{-CHO} + \text{Br}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + 2\text{HBr}$;
- 3) $\text{CH}_3\text{-CHO} + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \xrightarrow{\text{H}^+ \text{ или } \text{OH}^-} \text{CH}_3\text{-CH(OH)-OC}_2\text{H}_5$ (полуацеталь);
- 4) $\text{CH}_3\text{-CHO} + 2\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \xrightarrow{\text{H}^+} \text{CH}_3\text{-CH(OC}_2\text{H}_5)_2 + \text{H}_2\text{O}$ (ацеталь);
- 5) $\text{CH}_3\text{-CHO} + \text{HCN} \xrightarrow{\text{NaOH}} \text{CH}_3\text{-CH(OH)-CN}$ (нитрил молочной кислоты);
- 6) $\text{CH}_3\text{-CHO} + \text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{-CH=N-C}_6\text{H}_5 + \text{H}_2\text{O}$ (основание Шиффа, имин);
- 7) $\text{CH}_3\text{-CHO} + \text{CH}_3\text{MgBr} \xrightarrow{\text{эфир}} \text{CH}_3\text{-CH(CH}_3\text{)-OMgBr}$.

Ответ: любые пять из вышеприведенных реакций.

6. К смеси формиата калия и карбоната натрия добавили концентрированную серную кислоту и слегка нагрели. В результате выделилось 10.08 л (н. у.) смеси газов, относительная плотность которой по монооксиду азота составила 1.23. Определите массу формиата калия в исходной смеси. (10 баллов)

Решение. Протекают реакции:



Количество газов:

$$v = \frac{10.08}{22.4} = 0.45 \text{ моль.}$$

$$x + y = 0.45;$$

$$y = 0.45 - x.$$

Средняя молярная масса смеси газов:

$$M_{\text{cp}} = 1.23 \cdot 30 = 36.9 \text{ г/моль.}$$

$$M_{\text{cp}} = \frac{28x + 44y}{x + y} = \frac{28x + 44(0.45 - x)}{0.45} = 36.9.$$

$$16.605 = 28x + 19.8 - 44x;$$

$$16x = 3.195;$$

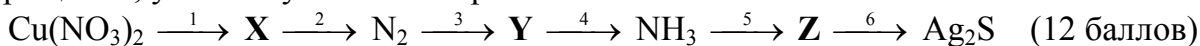
$$x = 0.2 \text{ моль.}$$

Масса формиата калия в исходной смеси:

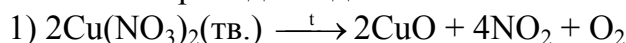
$$m(\text{НСООК}) = x \cdot M(\text{НСООК}) = 0.2 \cdot 84 = 16.8 \text{ г.}$$

Ответ: 16.8 г.

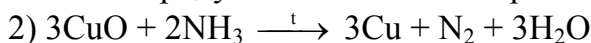
7. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей схеме превращений, укажите условия их протекания:



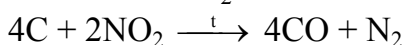
Решение. Приводим один из возможных вариантов:



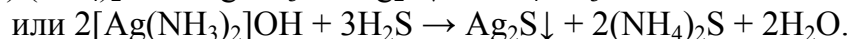
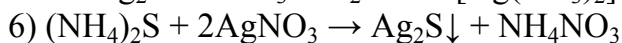
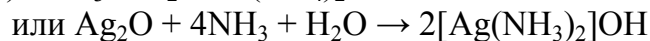
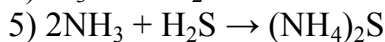
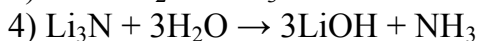
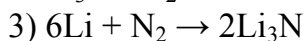
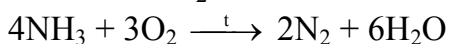
Любой продукт может быть выбран в качестве X. Если X – CuO:



Если X – NO₂:



Если X – O₂:

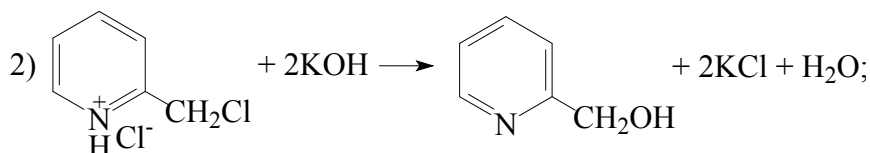
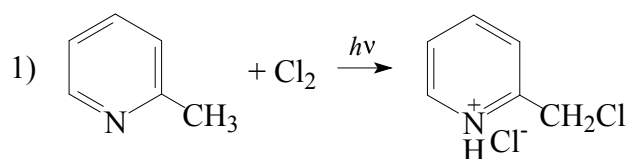


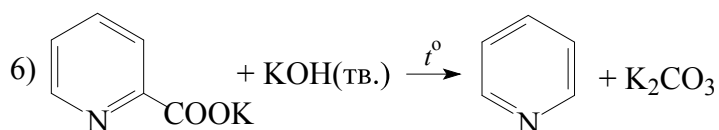
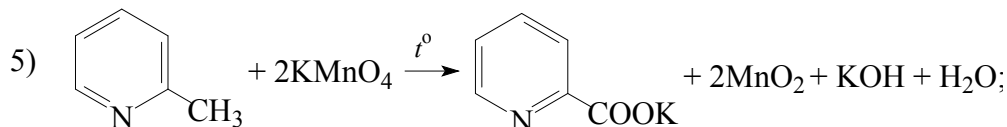
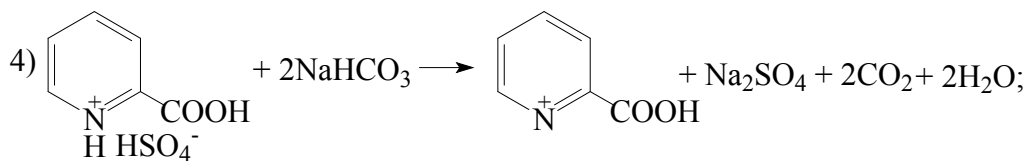
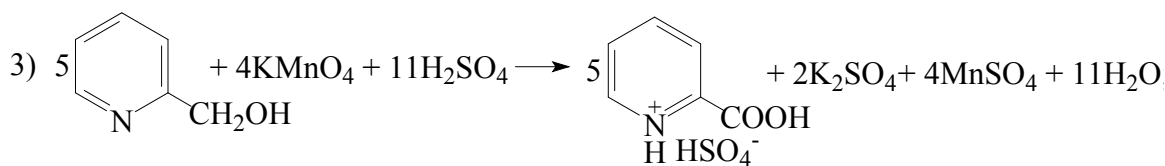
8. Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений (соединение C₅H₅N – пиридин):

$$\text{C}_5\text{H}_5\text{N} \xleftarrow{6} \text{C}_6\text{H}_4\text{NO}_2\text{K} \xleftarrow{5} \text{C}_6\text{H}_7\text{N} \xrightarrow{1} \text{C}_6\text{H}_7\text{NCl}_2 \xrightarrow{2} \text{C}_6\text{H}_7\text{NO} \xrightarrow{3} \text{C}_6\text{H}_7\text{NO}_6\text{S} \rightarrow \xrightarrow{4} \text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$$

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

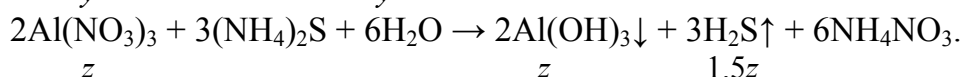
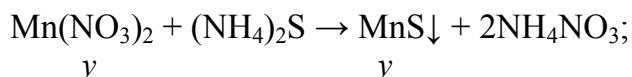
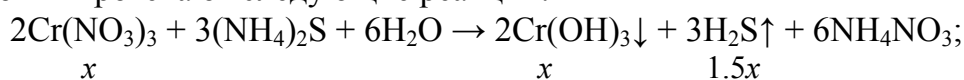
Решение.



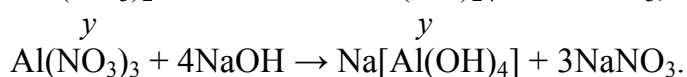
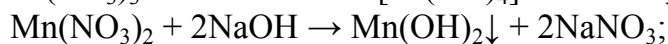
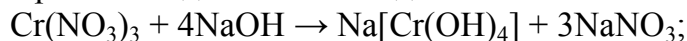


9. Смесь нитратов хрома(III), марганца(II) и алюминия массой 51.1 г при добавлении к избытку раствора сульфида аммония образует 21.65 г осадка. Если же к исходной смеси добавить избыток раствора гидроксида натрия, то образуется осадок массой 8.9 г. Определите массу солей в исходной смеси, а также объем газа, выделяющегося при реакции смеси с раствором сульфида аммония (при 35°C и 0.95 атм). (12 баллов)

Решение. Пусть в исходной смеси содержалось x моль $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$, y моль $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$ и z моль $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$. При добавлении к исходной смеси избытка раствора сульфида аммония протекают следующие реакции:



При взаимодействии исходной смеси с избытком раствора щелочи:



По условию задачи можно записать:

$$238x + 179y + 213z = 51.1;$$

$$103x + 87y + 78z = 21.65;$$

$$89y = 8.9.$$

Из последнего уравнения получим $y = 0.1$ и подставим это значение в первое и второе уравнения, затем решим полученную систему из двух уравнений:

$$\begin{cases} 238x + 213z = 33.2; \\ 103x + 78z = 12.95. \end{cases}$$

Находим $x = 0.05$, $z = 0.1$ моль, тогда

$$m(\text{Cr}(\text{NO}_3)_3) = 238 \cdot 0.05 = 11.9 \text{ г},$$

$$m(\text{Mn}(\text{NO}_3)_2) = 179 \cdot 0.1 = 17.9 \text{ г},$$

$$m(\text{Al}(\text{NO}_3)_3) = 213 \cdot 0.1 = 21.3 \text{ г}.$$

В ходе реакции с сульфидом аммония выделяется сероводород в количестве

$$v(\text{H}_2\text{S}) = 1.5x + 1.5z = 0.225 \text{ моль},$$

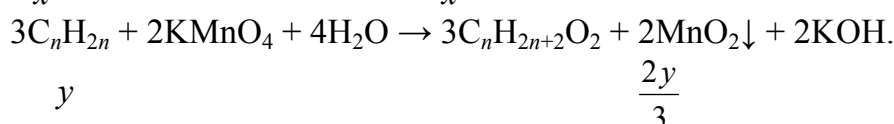
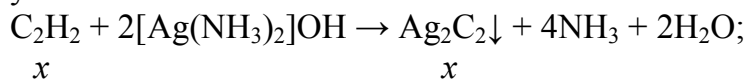
его объем составляет

$$V(\text{H}_2\text{S}) = \frac{v \cdot R \cdot T}{p} = \frac{0.225 \cdot 8.31 \cdot 308}{0.95 \cdot 101.3} = 5.98 \text{ л}.$$

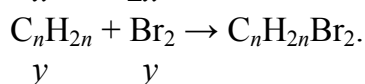
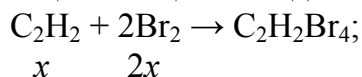
Ответ: 11.9 г $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$; 17.9 г $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$; 21.3 г $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$; 5.98 л H_2S .

10. Газовую смесь массой 1.1 г, состоящую из неизвестного алкена и ацетилен, пропустили сначала через аммиачный раствор оксида серебра, а затем через нейтральный раствор перманганата калия. Масса осадка, выпавшего из первого раствора, оказалась на 0.66 г больше массы осадка, выпавшего из второго раствора. Определите неизвестный алкен и вычислите его массу, если известно, что исходная газовая смесь может обесцветить 261.5 мл 3%-ного водного раствора брома (плотность 1.02 г/мл). Какой объем водорода потребуется для полного гидрирования 1 л данной смеси? (12 баллов)

Решение. Уравнения реакций, происходящих при последовательном пропускании смеси:



В первом растворе образуется осадок ацетиленида серебра, во втором – оксида марганца. Реакции исходной смеси с раствором брома:



По условию:

$$v(\text{Br}_2) = \frac{V \cdot \rho \cdot \omega}{M} = \frac{261.5 \cdot 1.02 \cdot 0.03}{160} = 0.05 \text{ моль}.$$

Составим и решим систему двух уравнений с двумя неизвестными:

$$\begin{cases} 2x + y = 0.05; \\ 240x - \frac{2}{3}87y = 0.66. \end{cases}$$

Решение системы: $x = 0.01$ моль, $y = 0.03$ моль.

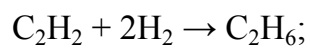
Запишем выражение для массы исходной смеси газов, обозначив массу неизвестного алкена через z :

$$\begin{aligned} 1.1 &= 0.01 \cdot 26 + 0.03 \cdot z. \\ z &= 28 \text{ г/моль}. \end{aligned}$$

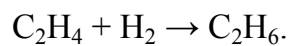
Такая молярная масса соответствует этилену C_2H_4 . Масса этилена:

$$m(\text{C}_2\text{H}_4) = 28 \cdot 0.03 = 0.84 \text{ г}.$$

Рассчитаем количество водорода, необходимое для полного гидрирования исходной смеси:



$$0.01 \quad 0.02$$



$$0.03 \quad 0.03$$

Таким образом, на гидрирование 0.04 моль исходной смеси требуется 0.05 моль водорода (столько же, сколько потребовалось брома на бромирование). Значит, на гидрирование 1 л смеси необходимо водорода

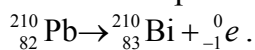
$$V(\text{H}_2) = 1 \cdot \frac{0.05}{0.04} = 1.25 \text{ л.}$$

Ответ: 0.84 г этилена; 1.25 л водорода.

РЕШЕНИЕ И ОТВЕТЫ К ВАРИАНТУ 2

1. Изотоп какого элемента образуется при испускании β -частицы изотопом свинца ^{210}Pb ? Напишите уравнение ядерной реакции. (4 балла)

Решение. Уравнение ядерной реакции:



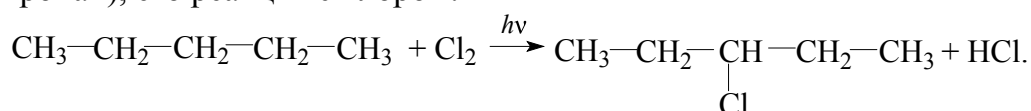
Ответ: изотоп висмута.

2. Приведите формулу и назовите углеводород, в молекуле которого содержится столько же электронов, сколько и в молекуле оксида хлора(I). Напишите уравнение реакции этого углеводорода с хлором и укажите условия ее протекания. (8 баллов)

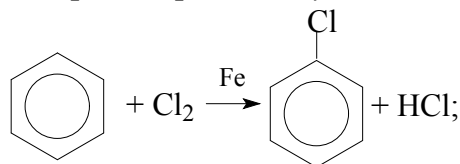
Решение. В молекуле оксида хлора(I) Cl_2O содержится $n = 2 \cdot 17 + 8 = 42$ электрона. В молекуле любого углеводорода C_xH_y содержится $6x + y$ электронов:

$$6x + y = 42,$$

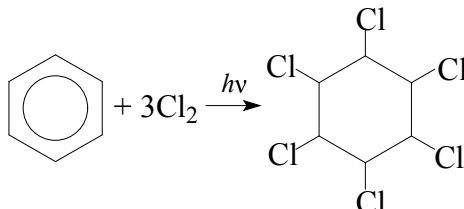
подбором находим $x = 5, y = 12$, C_5H_{12} – пентан (или его изомеры 2-метилбутан, диметилпропан), его реакция с хлором:



Есть еще один вариант углеводорода: при $x = 6, y = 6$, C_6H_6 (бензол).



или



3. Рассчитайте количество теплоты, которое выделяется при прокаливании без доступа воздуха 62.7 г эквимольарной смеси алюминия, серы и сульфида алюминия, если теплота образования сульфида алюминия равна 508.3 кДж/моль. Определите качественный и количественный состав (в мольных %) образовавшейся после прокаливании смеси. (10 баллов)

Решение. По условию задачи

$$\nu(\text{Al}) = \nu(\text{S}) = \nu(\text{Al}_2\text{S}_3) = x \text{ моль}.$$

Масса смеси составляет

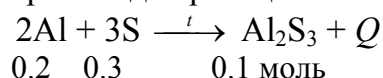
$$27x + 32x + 150x = 62.7,$$

$$209x = 62.7,$$

отсюда

$$x = 0.3 \text{ моль}.$$

При прокаливании смеси происходит реакция:



Из уравнения реакции следует, что алюминий оказался в избытке ($0.3 - 0.2 = 0.1$ моль), и образовалось 0.1 моль сульфида алюминия, поэтому количество выделившейся теплоты составляет

$$Q = v \cdot Q_{\text{обр}}(\text{Al}_2\text{S}_3) = 0.1 \cdot 508.2 = 50.9 \text{ кДж.}$$

Образовавшаяся после прокаливания смесь содержит 0.1 моль алюминия и $(0.1 + 0.3) = 0.4$ моль Al_2S_3 , поэтому мольные доли веществ составляют:

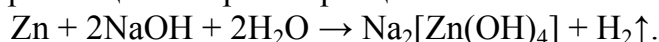
$$x(\text{Al}) = \frac{0.1}{0.1 + 0.4} = 0.2 \text{ (или 20\%);}$$

$$x(\text{Al}_2\text{S}_3) = 0.8 \text{ (или 80\%).}$$

Ответ: 20% Al, 80% Al_2S_3 ; 50.9 кДж.

4. Растворение образца цинка в растворе гидроксида натрия при 25°C заканчивается через 25 минут, а при 45°C такой же образец металла растворяется за 4 минуты. За какое время такой же образец цинка растворится при 60°C ? Запишите уравнение соответствующей реакции. (10 баллов)

Решение. Растворение цинка в растворе щелочи описывается уравнением:



Поскольку во всех трех случаях масса цинка одинакова, можно считать, что скорость реакции w обратно пропорциональна времени протекания реакции t . В соответствии с правилом Вант-Гоффа

$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{w_2}{w_1} = \gamma^{\frac{T_2 - T_1}{10}}.$$

Найдем температурный коэффициент скорости реакции γ . При нагревании от 25 до 45°C :

$$\begin{aligned} \frac{25}{4} &= \gamma^{\frac{45-25}{10}}, \\ 6.25 &= \gamma^2, \\ \gamma &= 2.5. \end{aligned}$$

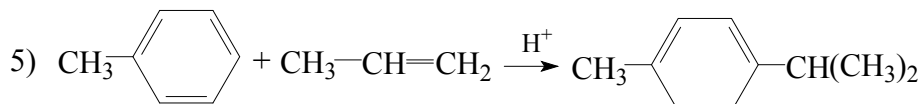
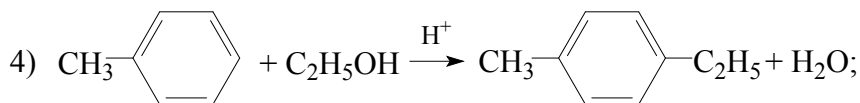
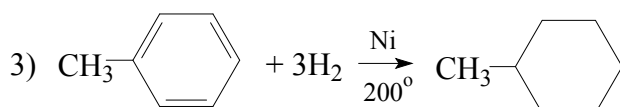
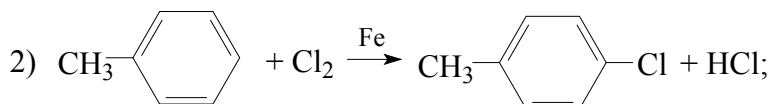
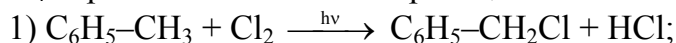
При нагревании от 45 до 60°C скорость реакции увеличится в $2.5^{\frac{60-45}{10}} = 2.5^{1.5} = 3.95$ раза, а время протекания реакции составит $\frac{4}{3.95} = 1.01$ мин = 60.6 с.

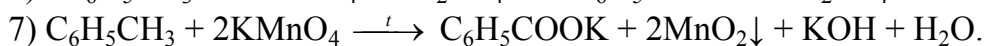
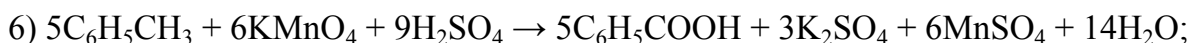
Ответ: 60.6 с.

5. Какие из перечисленных ниже веществ реагируют с толуолом ($\text{C}_6\text{H}_5\text{—CH}_3$): NaOH, NH_3 , Cl_2 , H_2 , $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, CH_3COOH , C_3H_6 , KMnO_4 ? Напишите уравнения пяти реакций, укажите условия их протекания (температура, катализатор, среда).

(10 баллов)

Решение. С толуолом реагируют следующие вещества: Cl_2 , H_2 , $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, C_3H_6 , KMnO_4 . Уравнения возможных реакций:

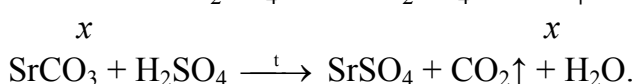
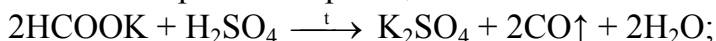




Ответ: любые пять из вышеприведенных реакций.

6. К смеси формиата калия и карбоната стронция добавили концентрированную серную кислоту и слегка нагрели. В результате выделилось 11.2 л (н. у.) смеси газов, относительная плотность которой по неону составила 1.56. Определите массу формиата калия в исходной смеси. (10 баллов)

Решение. Протекают реакции:



Количество газов:

$$v = \frac{11.2}{22.4} = 0.5 \text{ моль.}$$

$$x + y = 0.5;$$

$$y = 0.5 - x.$$

Средняя молярная масса смеси газов:

$$M_{\text{ср}} = 1.56 \cdot 20 = 31.2 \text{ г/моль.}$$

$$M_{\text{ср}} = \frac{28x + 44y}{x + y} = \frac{28x + 44(0.5 - x)}{0.5} = 31.2.$$

$$15.6 = 28x + 22.0 - 44x;$$

$$16x = 6.4;$$

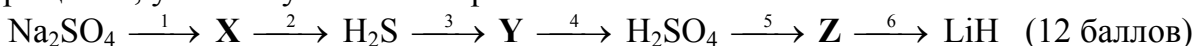
$$x = 0.4 \text{ моль.}$$

Масса формиата калия в исходной смеси:

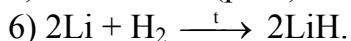
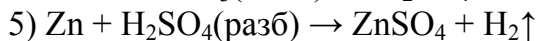
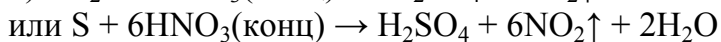
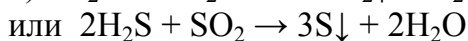
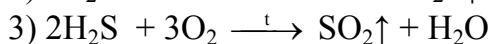
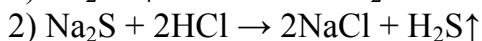
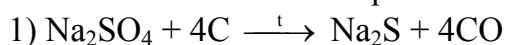
$$m(HCOOK) = x \cdot M(HCOOK) = 0.4 \cdot 84 = 33.6 \text{ г.}$$

Ответ: 33.6 г.

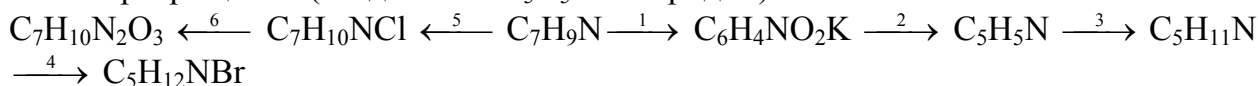
7. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей схеме превращений, укажите условия их протекания:



Решение. Возможный вариант:

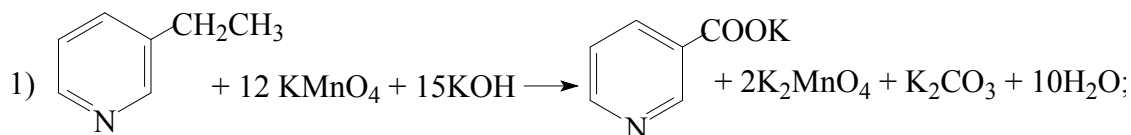


8. Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений (соединение C_5H_5N – пиридин):

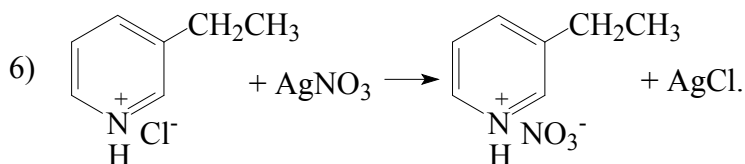
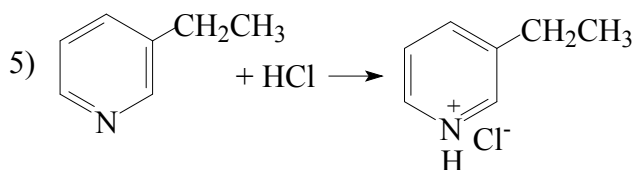
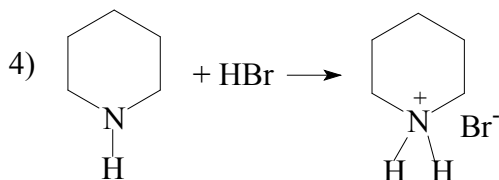
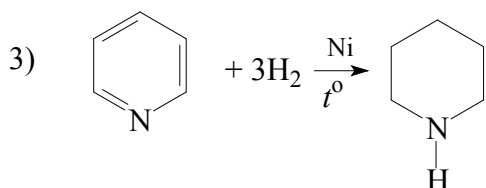
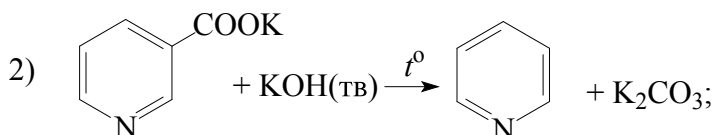
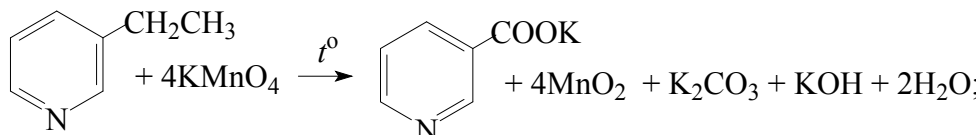


Укажите структурные формулы веществ и условия протекания реакций. (12 баллов)

Решение.

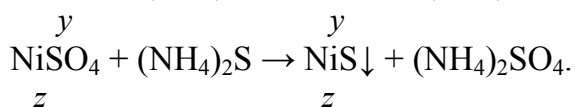
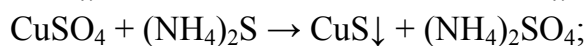
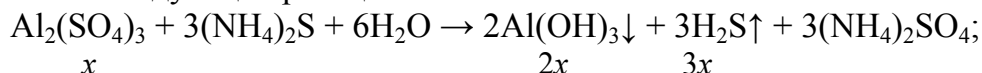


или



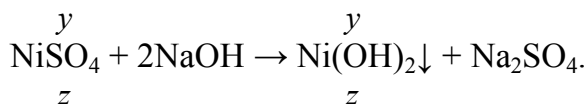
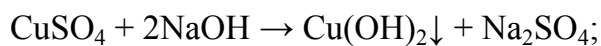
9. Смесь сульфатов алюминия, меди(II) и никеля массой 81.2 г при добавлении к избытку раствора сульфида аммония образует 35.6 г осадка. Если же к исходной смеси добавить избыток раствора гидроксида натрия, то образуется осадок массой 28.4 г. Определите массу солей в исходной смеси, а также объем газа, выделяющегося при реакции смеси с раствором сульфида аммония (при 10°C и 0.95 атм). (12 баллов)

Решение. Пусть в исходной смеси содержалось x моль $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, y моль CuSO_4 и z моль NiSO_4 . При добавлении к исходной смеси избытка раствора сульфида аммония протекают следующие реакции:



При взаимодействии исходной смеси с избытком раствора щелочи:





По условию задачи можно записать:

$$342x + 160y + 155z = 81.2;$$

$$156x + 96y + 91z = 43.4;$$

$$98y + 93z = 28.4.$$

Решая полученную систему из трех уравнений с тремя неизвестными, получаем

$$x = y = 0.1 \text{ моль, } z = 0.2 \text{ моль, тогда}$$

$$m(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = 342 \cdot 0.1 = 34.2 \text{ г,}$$

$$m(\text{CuSO}_4) = 160 \cdot 0.1 = 16.0 \text{ г,}$$

$$m(\text{NiSO}_4) = 155 \cdot 0.2 = 31 \text{ г.}$$

В ходе реакции с сульфидом аммония выделяется сероводород в количестве

$$v(\text{H}_2\text{S}) = 3x = 0.3 \text{ моль,}$$

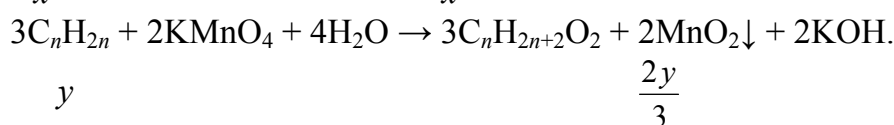
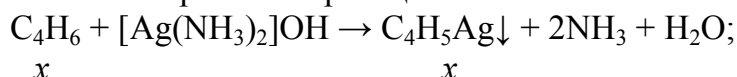
его объем составляет

$$V(\text{H}_2\text{S}) = \frac{v \cdot R \cdot T}{p} = \frac{0.3 \cdot 8.31 \cdot 283}{0.95 \cdot 101.3} = 7.33 \text{ л.}$$

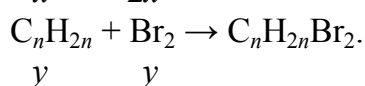
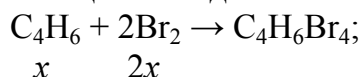
Ответ: 34.2 г $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$; 16.0 г CuSO_4 ; 31.0 г $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$; 7.33 л H_2S .

10. Газовую смесь массой 2.76 г, состоящую из неизвестного алкена и бутина-1, пропустили сначала через аммиачный раствор оксида серебра, а затем через нейтральный раствор перманганата калия. Масса осадка, выпавшего из первого раствора, оказалась на 0.26 г меньше массы осадка, выпавшего из второго раствора. Определите неизвестный алкен и вычислите его массу, если известно, что исходная газовая смесь может обесцветить 523 мл 3%-ного водного раствора брома (плотность 1.02 г/мл). Какой объем водорода потребуется для полного гидрирования 3 л данной смеси? (12 баллов)

Решение. Уравнения реакций:



Реакции исходной смеси с бромом:



$$v(\text{Br}_2) = \frac{V \cdot \rho \cdot \omega}{M} = \frac{523 \cdot 1.02 \cdot 0.03}{160} = 0.1 \text{ моль.}$$

Составим и решим систему двух уравнений с двумя неизвестными:

$$\begin{cases} 2x + y = 0.1; \\ \frac{2}{3}87y - 161x = 0.26. \end{cases}$$

Решение системы: $x = 0.02$ моль, $y = 0.06$ моль.

Запишем выражение для массы исходной смеси газов, обозначив массу неизвестного алкена через z :

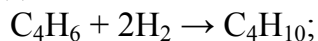
$$2.76 = 0.02 \cdot 54 + 0.06 \cdot z.$$

$$z = 28 \text{ г/моль.}$$

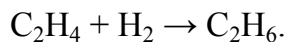
Такая молярная масса соответствует этилену C_2H_4 . Масса этилена:

$$m(C_2H_4) = 28 \cdot 0.06 = 1.68 \text{ г.}$$

Рассчитаем количество водорода, необходимое для полного гидрирования исходной смеси:



$$0.02 \quad 0.04$$



$$0.06 \quad 0.06$$

Таким образом, на гидрирование 0.08 моль исходной смеси требуется 0.1 моль водорода (столько же, сколько потребовалось брома на бромирование). Значит, на гидрирование 3 л смеси необходимо водорода

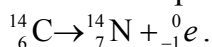
$$V(H_2) = 3 \cdot \frac{0.1}{0.08} = 3.75 \text{ л.}$$

Ответ: 1.68 г этилена; 3.75 л водорода.

РЕШЕНИЕ И ОТВЕТЫ К ВАРИАНТУ 3

1. Изотоп какого элемента образуется при испускании β -частицы изотопом углерода ^{14}C ? Напишите уравнение ядерной реакции. (4 балла)

Решение. Уравнение ядерной реакции:



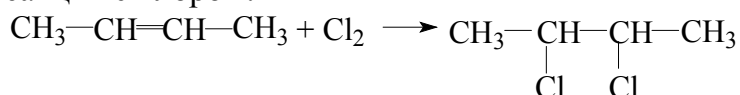
Ответ: изотоп азота.

2. Приведите формулу и назовите углеводород, в молекуле которого содержится столько же электронов, сколько и в молекуле оксида серы(IV). Напишите уравнение реакции этого углеводорода с хлором и укажите условия ее протекания. (8 баллов)

Решение. В молекуле оксида серы(IV) SO_2 содержится $n = 16 + 2 \cdot 8 = 32$ электрона. В молекуле любого углеводорода C_xH_y содержится $6x + y$ электронов:

$$6x + y = 32,$$

подбором находим $x = 4$, $y = 8$, C_4H_8 – бутен (изомеры бутен-1 или бутен-2, циклобутан), его реакция с хлором:



При реакции циклобутана с хлором происходит раскрытие цикла и образование 1,4-дихлорбутана.

3. Рассчитайте количество теплоты, которое выделяется при прокаливании без доступа воздуха 52.95 г эквимольной смеси цинка, фосфора и фосфида цинка, если теплота образования фосфида цинка равна 194.9 кДж/моль. Определите качественный и количественный состав (в мольных %) образовавшейся после прокаливании смеси. (10 баллов)

Решение. По условию задачи

$$\nu(\text{Zn}) = \nu(\text{P}) = \nu(\text{Zn}_3\text{P}_2) = x \text{ моль.}$$

Масса смеси составляет

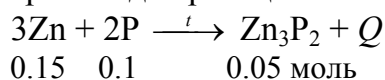
$$65x + 31x + 257x = 52.95,$$

$$353x = 52.95,$$

отсюда

$$x = 0.15 \text{ моль.}$$

При прокаливании смеси происходит реакция:



Из уравнения реакции следует, что фосфор оказался в избытке ($0.15 - 0.1 = 0.05$ моль), и образовалось 0.05 моль фосфида цинка, поэтому количество выделившейся теплоты составляет

$$Q = \nu \cdot Q_{\text{обр}}(\text{Zn}_3\text{P}_2) = 0.05 \cdot 194.9 = 9.75 \text{ кДж.}$$

Образовавшаяся после прокаливании смесь содержит 0.05 моль фосфора и $(0.05 + 0.15) = 0.2$ моль Zn_3P_2 , поэтому мольные доли веществ составляют:

$$x(\text{P}) = \frac{0.05}{0.05 + 0.2} = 0.2 \text{ (или 20\%);}$$

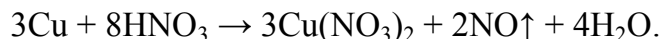
$$x(\text{Zn}_3\text{P}_2) = 0.8 \text{ (или 80\%).}$$

Ответ: 20% P, 80% Zn_3P_2 ; 9.75 кДж.

4. Растворение образца меди в разбавленной азотной кислоте при 20°C заканчивается через 27 минут, а при 40°C такой же образец металла растворяется за 3

минуты. За какое время такой же образец меди растворится при 60°C? Запишите уравнение соответствующей реакции. (10 баллов)

Решение. Растворение меди в разбавленной азотной кислоте описывается, например, уравнением:



Поскольку во всех трех случаях масса цинка одинакова, можно считать, что скорость реакции w обратно пропорциональна времени протекания реакции t . В соответствии с правилом Вант-Гоффа

$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{w_2}{w_1} = \gamma^{\frac{T_2 - T_1}{10}}.$$

Найдем температурный коэффициент скорости реакции γ . При нагревании от 20 до 40°C:

$$\begin{aligned} \frac{27}{3} &= \gamma^{\frac{40-20}{10}}, \\ 9 &= \gamma^2, \\ \gamma &= 3. \end{aligned}$$

При нагревании от 40 до 60°C скорость реакции увеличится в $3^{\frac{60-40}{10}} = 3^2 = 9$ раз, а время протекания реакции составит $\frac{3}{9} = 0.33$ мин = 20 с.

Ответ: 20 с.

5. Какие из перечисленных ниже веществ реагируют с пропионовым альдегидом ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO}$): H_2 , KMnO_4 , $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$, $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, $\text{Cu}(\text{OH})_2$, C_2H_4 , HCN ? Напишите уравнения пяти реакций, укажите условия их протекания (температура, катализатор, среда). (10 баллов)

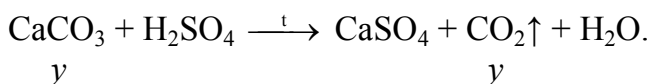
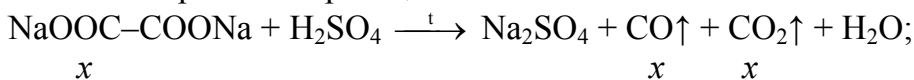
Решение. С пропионовым альдегидом реагируют следующие вещества: H_2 , KMnO_4 , $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, $\text{Cu}(\text{OH})_2$, HCN . Уравнения реакций:

- $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO} + \text{H}_2 \xrightarrow{\text{Ni}} \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$;
- $5\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO} + 2\text{KMnO}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 5\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH} + \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{MnSO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$;
- $3\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO} + 2\text{KMnO}_4 \rightarrow 2\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOK} + \text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH} + 2\text{MnO}_2\downarrow + \text{H}_2\text{O}$;
- $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO} + 2[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{COONH}_4 + 2\text{Ag}\downarrow + 3\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$;
- $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO} + 2\text{Cu}(\text{OH})_2 \xrightarrow{t} \text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH} + \text{Cu}_2\text{O}\downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$;
- $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO} + \text{HCN} \xrightarrow{\text{NaOH}} \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CN}$ (нитрил гидроксикислоты);
- $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO} + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \xrightarrow{\text{H}^+ \text{ или } \text{OH}^-} \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{OC}_2\text{H}_5$ (полуацеталь);
- $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO} + 2\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \xrightarrow{\text{H}^+} \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{OC}_2\text{H}_5)_2 + \text{H}_2\text{O}$ (ацеталь).

Ответ: любые пять из вышеприведенных реакций.

6. К смеси оксалата натрия и карбоната натрия добавили концентрированную серную кислоту и нагрели. В результате выделилось 8.96 л (н. у.) смеси газов, относительная плотность которой по аргону составила 1.0. Определите массу оксалата натрия в исходной смеси. (10 баллов)

Решение. Протекают реакции:



Количество газов:

$$v = \frac{8.96}{22.4} = 0.4 \text{ моль.}$$
$$2x + y = 0.4;$$
$$y = 0.4 - 2x.$$

Средняя молярная масса смеси газов:

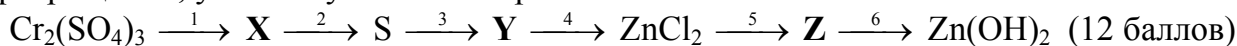
$$M_{\text{cp}} = 1.0 \cdot 40 = 40 \text{ г/моль.}$$
$$M_{\text{cp}} = \frac{28x + 44(x + y)}{2x + y} = \frac{28x + 44(0.4 - x)}{0.4} = 40.$$
$$16 = 28x + 17.6 - 44x;$$
$$16x = 1.6;$$
$$x = 0.1 \text{ моль.}$$

Масса оксалата натрия в исходной смеси:

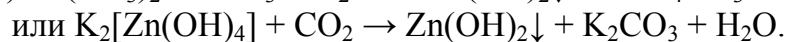
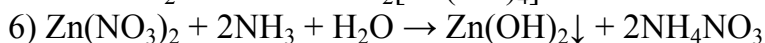
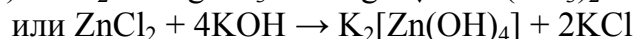
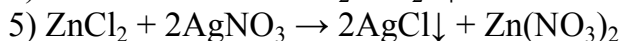
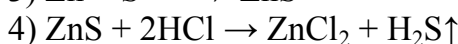
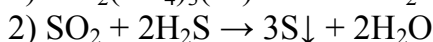
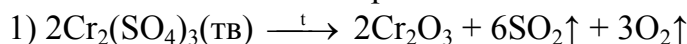
$$m(\text{C}_2\text{O}_4\text{Na}_2) = x \cdot M(\text{C}_2\text{O}_4\text{Na}_2) = 0.1 \cdot 134 = 13.4 \text{ г.}$$

Ответ: 13.4 г.

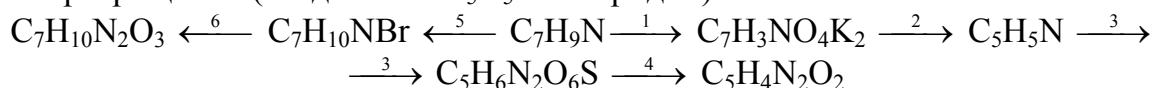
7. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей схеме превращений, укажите условия их протекания:



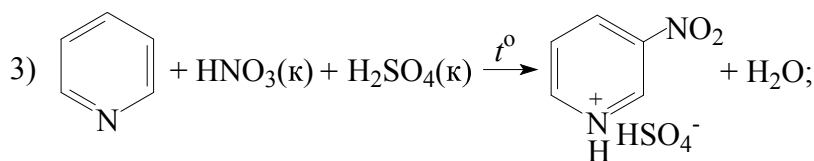
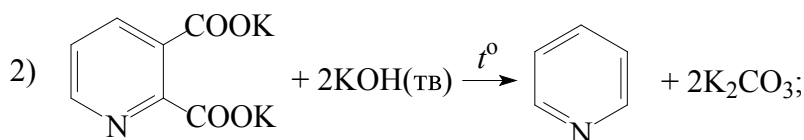
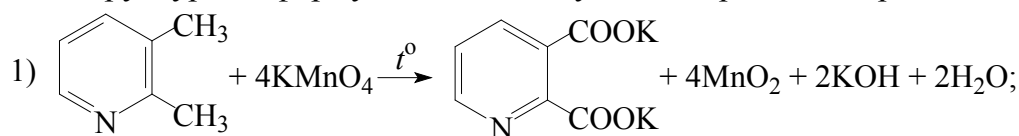
Решение. Возможный вариант:

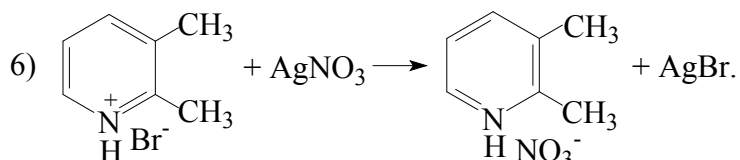
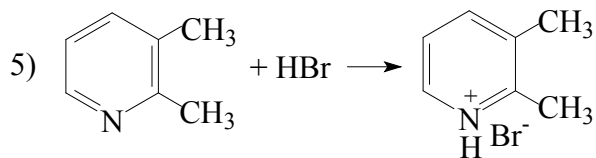
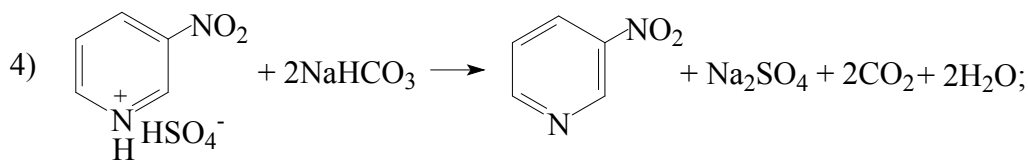


8. Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений (соединение $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$ – пиридин):



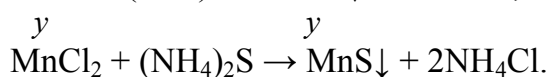
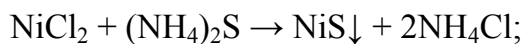
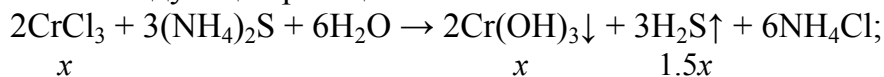
Укажите структурные формулы веществ и условия протекания реакций. (12 баллов)



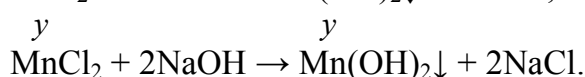
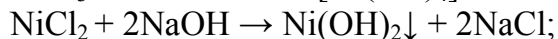


9. Смесь хлоридов хрома(III), никеля и марганца(II) массой 70.1 г при добавлении к избытку раствора сульфида аммония образует 47.3 г осадка. Если же к исходной смеси добавить избыток раствора гидроксида натрия, то образуется осадок массой 27.3 г. Определите массу солей в исходной смеси, а также объем газа, выделяющегося при реакции смеси с раствором сульфида аммония (при 5°C и 0.95 атм). (12 баллов)

Решение. Пусть в исходной смеси содержалось x моль CrCl_3 , y моль NiCl_2 и z моль MnCl_2 . При добавлении к исходной смеси избытка раствора сульфида аммония протекают следующие реакции:



При взаимодействии исходной смеси солей с избытком раствора щелочи:



По условию задачи можно записать:

$$158.5x + 130y + 126z = 70.1;$$

$$103x + 91y + 87z = 47.3;$$

$$93y + 89z = 27.3.$$

Решая полученную систему из трех уравнений, находим $x = 0.2$, $y = z = 0.15$ моль, тогда

$$m(\text{CrCl}_3) = 158.5 \cdot 0.2 = 31.7 \text{ г},$$

$$m(\text{NiCl}_2) = 130 \cdot 0.15 = 19.5 \text{ г},$$

$$m(\text{MnCl}_2) = 126 \cdot 0.15 = 18.9 \text{ г}.$$

В ходе реакции с сульфидом аммония выделяется сероводород в количестве

$$v(\text{H}_2\text{S}) = 1.5x = 0.3 \text{ моль},$$

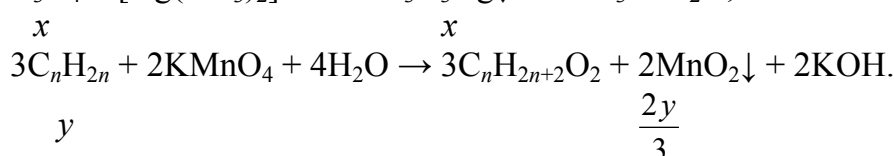
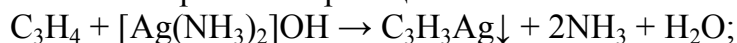
его объем составляет

$$V(\text{H}_2\text{S}) = \frac{v \cdot R \cdot T}{p} = \frac{0.3 \cdot 8.31 \cdot 278}{0.95 \cdot 101.3} = 7.2 \text{ л}.$$

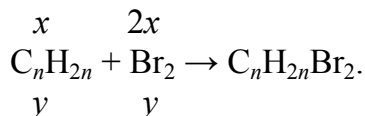
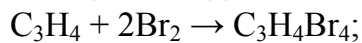
Ответ: 31.7 г CrCl_3 ; 19.5 г NiCl_2 ; 18.9 г MnCl_2 ; 7.2 л H_2S .

10. Газовую смесь массой 1.64 г, состоящую из неизвестного алкена и пропина, пропустили сначала через аммиачный раствор оксида серебра, а затем через нейтральный раствор перманганата калия. Масса осадка, выпавшего из первого раствора, оказалась на 1.78 г больше массы осадка, выпавшего из второго раствора. Определите неизвестный алкен и вычислите его массу, если известно, что исходная газовая смесь может обесцветить 313.8 мл 3%-ного водного раствора брома (плотность 1.02 г/мл). Какой объем водорода потребуется для полного гидрирования 4 л данной смеси? (12 баллов)

Решение. Уравнения реакций:



Реакции исходной смеси с бромом:



$$v(\text{Br}_2) = \frac{V \cdot \rho \cdot \omega}{M} = \frac{313.8 \cdot 1.02 \cdot 0.03}{160} = 0.06 \text{ моль.}$$

Составим и решим систему двух уравнений с двумя неизвестными:

$$\begin{cases} 2x + y = 0.06; \\ 147x - \frac{2}{3}87y = 1.78. \end{cases}$$

Решение системы: $x = 0.02$ моль, $y = 0.02$ моль.

Запишем выражение для массы исходной смеси газов, обозначив массу неизвестного алкена через z :

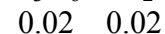
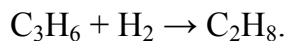
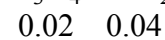
$$1.64 = 0.02 \cdot 40 + 0.02 \cdot z.$$

$$z = 42 \text{ г/моль.}$$

Такая молярная масса соответствует пропену C_3H_6 . Масса пропена:

$$m(\text{C}_3\text{H}_6) = 42 \cdot 0.06 = 0.84 \text{ г.}$$

Рассчитаем количество водорода, необходимое для полного гидрирования исходной смеси:



Таким образом, на гидрирование 0.04 моль исходной смеси требуется 0.06 моль водорода (столько же, сколько потребовалось брома на бромирование). Значит, на гидрирование 4 л смеси необходимо водорода

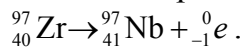
$$V(\text{H}_2) = 4 \cdot \frac{0.06}{0.04} = 6.0 \text{ л.}$$

Ответ: 0.84 г пропена; 6 л водорода.

РЕШЕНИЕ И ОТВЕТЫ К ВАРИАНТУ 4

1. Изотоп какого элемента образуется при испускании β -частицы изотопом циркония ${}^{97}\text{Zr}$? Напишите уравнение ядерной реакции. (4 балла)

Решение. Уравнение ядерной реакции:



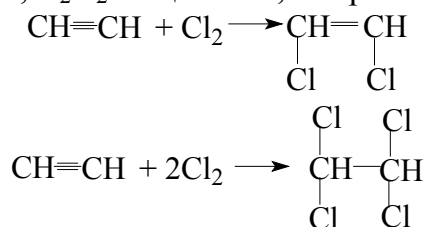
Ответ: изотоп ниобия.

2. Приведите формулу и назовите углеводород, в молекуле которого содержится столько же электронов, сколько и в молекуле оксида углерода(II). Напишите уравнение реакции этого углеводорода с хлором и укажите условия ее протекания. (8 баллов)

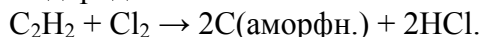
Решение. В молекуле оксида углерода(II) CO содержится $n = 6 + 8 = 14$ электронов. В молекуле любого углеводорода C_xH_y содержится $6x + y$ электронов:

$$6x + y = 14,$$

подбором находим $x = 2, y = 2, \text{C}_2\text{H}_2$ – ацетилен, его реакции с хлором:



Возможна также реакция ацетилена с хлором, приводящая к образованию сажи (аморфного углерода) и хлороводорода:



3. Определите теплоту образования силицида магния, если при прокаливании без доступа воздуха 96 г эквимолярной смеси магния, кремния и силицида магния выделилось 29.7 кДж теплоты. Определите качественный и количественный состав (в мольных долях) образовавшейся после прокаливания смеси. (10 баллов)

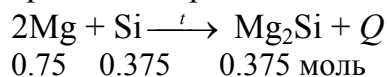
Решение. По условию задачи

$$\nu(\text{Mg}) = \nu(\text{Si}) = \nu(\text{Mg}_2\text{Si}) = x \text{ моль.}$$

Масса смеси составляет

$$\begin{aligned} 24x + 28x + 76x &= 96, \\ 128x &= 96, \\ x &= 0.75 \text{ моль.} \end{aligned}$$

При прокаливании смеси происходит реакция:



Из уравнения реакции следует, что кремний оказался в избытке ($0.75 - 0.375 = 0.375$ моль), и образовалось 0.375 моль Mg_2Si , поэтому теплота образования силицида магния составляет:

$$Q_{\text{обр}}(\text{Mg}_2\text{Si}) = \frac{Q}{\nu} = \frac{29.7}{0.375} = 79.2 \text{ кДж/моль.}$$

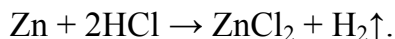
Образовавшаяся после прокаливания смесь содержит 0.375 моль кремния и $0.75 + 0.375 = 1.125$ моль Mg_2Si , поэтому мольные доли веществ составляют:

$$\begin{aligned} x(\text{Si}) &= \frac{0.375}{0.375 + 1.125} = 0.25 \text{ (или 25\%);} \\ x(\text{Mg}_2\text{Si}) &= 0.75 \text{ (или 75\%).} \end{aligned}$$

Ответ: 25% Si, 75% Mg₂Si; 79.2 кДж/моль.

4. Растворение образца цинка в соляной кислоте при 25°C заканчивается через 18 минут, а при 45°C такой же образец металла растворяется за 2 минуты. За какое время такой же образец цинка растворится при 60°C? Запишите уравнение соответствующей реакции. (10 баллов)

Решение: растворение цинка в соляной кислоте описывается уравнением:



Поскольку во всех трех случаях масса цинка одинакова, можно считать, что скорость реакции w обратно пропорциональна времени протекания реакции t . В соответствии с правилом Вант-Гоффа

$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{w_2}{w_1} = \gamma^{\frac{T_2 - T_1}{10}}.$$

Найдем температурный коэффициент скорости реакции γ . При нагревании от 25 до 45°C:

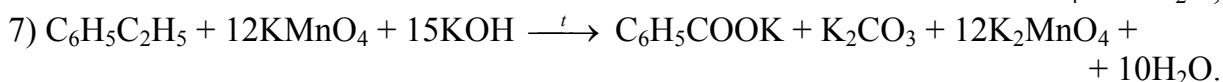
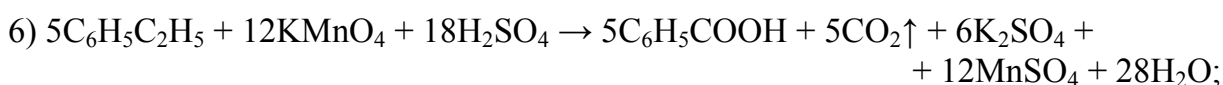
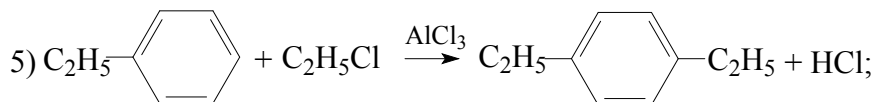
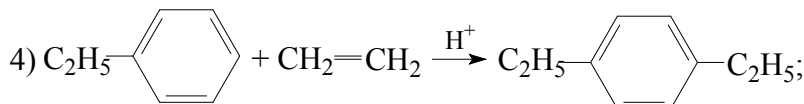
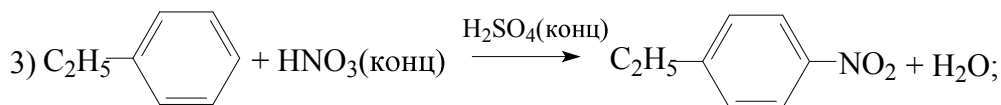
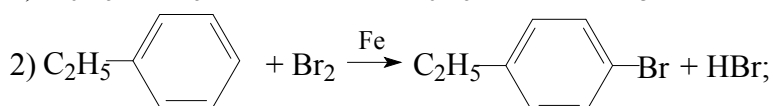
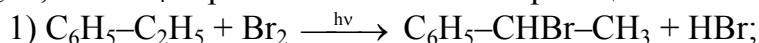
$$\begin{aligned} \frac{18}{2} &= \gamma^{\frac{45-25}{10}}, \\ 9 &= \gamma^2, \\ \gamma &= 3. \end{aligned}$$

При нагревании от 45 до 60°C скорость реакции увеличится в $3^{\frac{60-45}{10}} = 3^{1.5} = 5.2$ раза, а время протекания реакции составит $\frac{2}{5.2} = 0.385$ мин = 23.1 с.

Ответ: 23.1 с.

5. Какие из перечисленных ниже веществ реагируют с этилбензолом (C₆H₅-C₂H₅): Br₂, HCl, HNO₃, C₆H₅COOH, NH₃, C₂H₄, C₂H₅Cl, KMnO₄? Напишите уравнения пяти реакций, укажите условия их протекания (температура, катализатор, среда). (10 баллов)

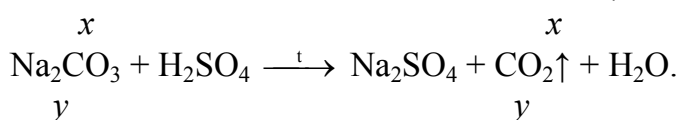
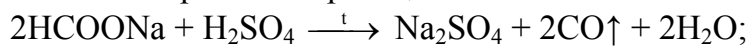
Решение. С этилбензолом реагируют следующие вещества: Br₂, HNO₃, C₂H₄, C₂H₅Cl, KMnO₄. Уравнения возможных реакций:



Ответ: любые пять из вышеприведенных реакций.

6. К смеси формиата натрия и карбоната натрия добавили концентрированную серную кислоту и слегка нагрели. В результате выделилось 16.8 л (н. у.) смеси газов, относительная плотность которой по хлору составила 0.47. Определите массу формиата калия в исходной смеси. (10 баллов)

Решение. Протекают реакции:



Количество газов:

$$v = \frac{16.8}{22.4} = 0.75 \text{ моль.}$$

$$x + y = 0.75;$$

$$y = 0.75 - x.$$

Средняя молярная масса смеси газов:

$$M_{\text{ср}} = 0.47 \cdot 71 = 33.37 \text{ г/моль.}$$

$$M_{\text{ср}} = \frac{28x + 44y}{x + y} = \frac{28x + 44(0.75 - x)}{0.75} = 33.37.$$

$$25.03 = 28x + 33.0 - 44x;$$

$$16x = 8;$$

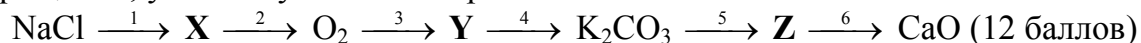
$$x = 0.5 \text{ моль.}$$

Масса формиата калия в исходной смеси:

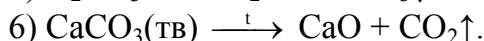
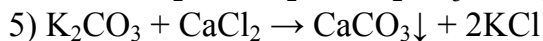
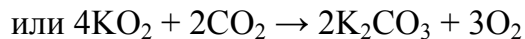
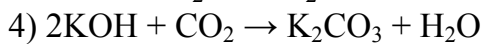
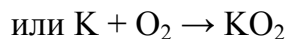
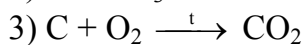
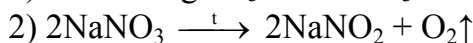
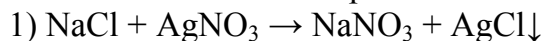
$$m(\text{HCOONa}) = x \cdot M(\text{HCOONa}) = 0.5 \cdot 68 = 34 \text{ г.}$$

Ответ: 34 г.

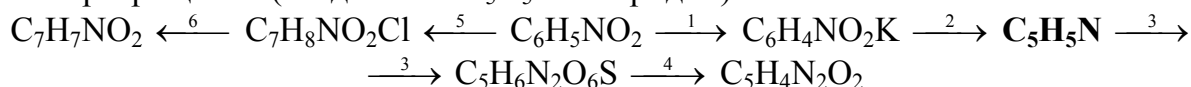
7. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей схеме превращений, укажите условия их протекания:



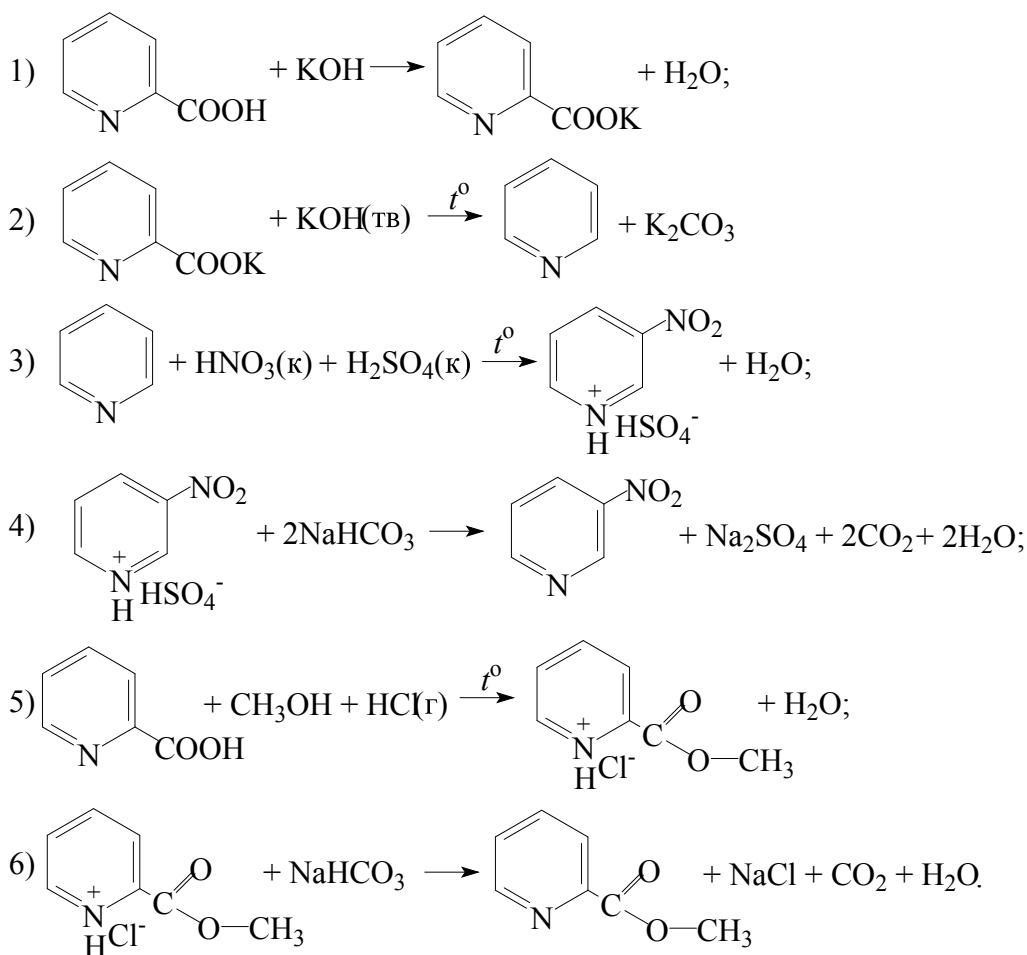
Решение. Возможный вариант:



8. Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений (соединение $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$ – пиридин):

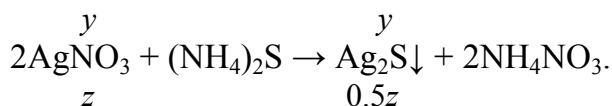
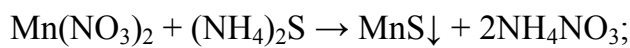
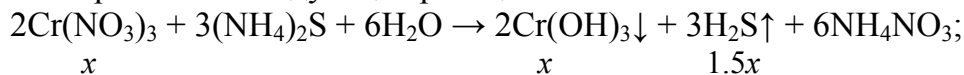


Укажите структурные формулы веществ и условия протекания реакций. (12 баллов)

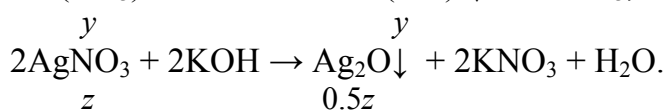
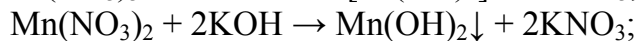
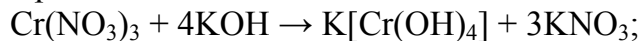


9. Смесь нитратов хрома(III), марганца(II) и серебра массой 11.15 г при добавлении к избытку раствора сульфида аммония образует 6.12 г осадка. Если же к исходной смеси добавить избыток раствора гидроксида калия, то образуется осадок массой 4.99 г. Определите массы солей в исходной смеси, а также объем газа, выделяющегося при реакции смеси с раствором сульфида аммония (при 17°C и 0.97 атм). (12 баллов)

Решение. Пусть в исходной смеси содержалось x моль $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$, y моль $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$ и z моль AgNO_3 . При добавлении к исходной смеси избытка раствора сульфида аммония протекают следующие реакции:



При взаимодействии исходной смеси с избытком раствора щелочи:



По условию задачи можно записать:

$$238x + 179y + 170z = 11.15;$$

$$103x + 87y + 124z = 6.12;$$

$$89y + 116z = 4.99.$$

Решая полученную систему из трех уравнений, находим $x = 0.01$, $y = 0.03$, $z = 0.02$ моль, тогда

$$m(\text{Cr}(\text{NO}_3)_3) = 238 \cdot 0.01 = 2.38 \text{ г},$$

$$m(\text{Mn}(\text{NO}_3)_2) = 179 \cdot 0.03 = 5.37 \text{ г},$$

$$m(\text{AgNO}_3) = 170 \cdot 0.02 = 3.4 \text{ г}.$$

В ходе реакции с сульфидом аммония выделяется сероводород в количестве

$$v(\text{H}_2\text{S}) = 1.5x = 0.015 \text{ моль},$$

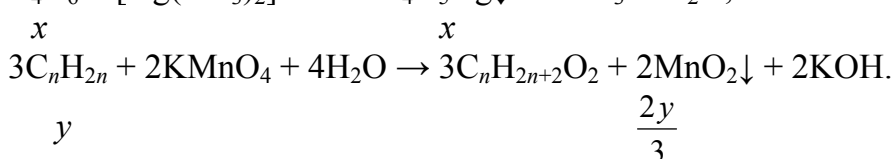
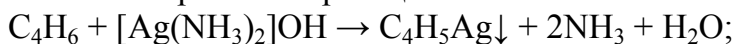
его объем составляет

$$V(\text{H}_2\text{S}) = \frac{v \cdot R \cdot T}{p} = \frac{0.015 \cdot 8.31 \cdot 290}{0.97 \cdot 101.3} = 0.37 \text{ л}.$$

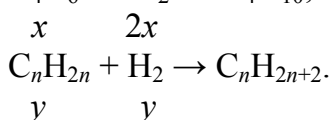
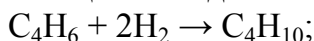
Ответ: 2.38 г $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$; 5.37 г $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$; 3.4 г AgNO_3 ; 0.37 л H_2S .

10. Газовую смесь массой 23.4 г, состоящую из неизвестного алкена и бутина-1, пропустили сначала через аммиачный раствор оксида серебра, а затем через нейтральный раствор перманганата калия. Масса осадка, выпавшего из первого раствора, оказалась на 14.8 г больше массы осадка, выпавшего из второго раствора. Определите неизвестный алкен и вычислите его массу, если известно, что для полного гидрирования 5 л данной смеси потребуется 7 л водорода. Какой максимальный объем 3%-ного водного раствора брома (плотность 1.02 г/мл) может обесцветить исходная газовая смесь? (12 баллов)

Решение. Уравнения реакций:



Реакции исходной смеси с водородом:



Если на 5 л смеси требуется 7 л водорода, то можно записать:

$$\frac{2x + y}{x + y} = \frac{7}{5},$$

отсюда $y = 1.5x$.

Составим и решим систему двух уравнений с двумя неизвестными:

$$\begin{cases} y = 1.5x; \\ 161x - \frac{2}{3}87y = 14.8. \end{cases}$$

Решение системы: $x = 0.2$ моль, $y = 0.3$ моль.

Запишем выражение для массы исходной смеси газов, обозначив массу неизвестного алкена через z :

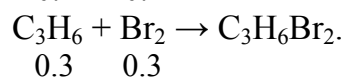
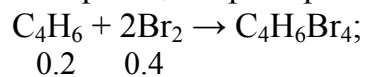
$$23.4 = 0.2 \cdot 54 + 0.3 \cdot z.$$

$$z = 42 \text{ г/моль}.$$

Такая молярная масса соответствует пропену C_3H_6 . Масса пропена:

$$m(\text{C}_3\text{H}_6) = 42 \cdot 0.3 = 12.6 \text{ г.}$$

Запишем реакции бромирования исходной смеси:



$$v(\text{Br}_2) = 0.7 \text{ моль,}$$

$$V(\text{р-ра}) = \frac{v \cdot M}{\rho \cdot \omega} = \frac{0.7 \cdot 160}{1.02 \cdot 0.03} = 3660 \text{ мл.}$$

Ответ: 12.6 г пропена; 3660 мл раствора брома.