

Отборочный тур ДЕКАБРЬ, 10-11 классы

Задание 1

1.1. Приведите пример соединения, в котором валентность кислорода равна трем. **(3 балла)**

Решение. Валентность кислорода равна III, например, в молекуле угарного газа CO ($C\equiv O$) и в ионе гидроксония H_3O^+ .

1.2. Приведите пример соединения, в котором валентность углерода равна трем. **(3 балла)**

Решение. Валентность углерода равна III, например, в молекуле угарного газа CO ($C\equiv O$).

1.3. Приведите пример соединения, в котором валентность цинка равна четырем. **(3 балла)**

Решение. Примером подобного соединения может, например, служить комплексное соединение – тетрагидроксоцинкат натрия $Na_2[Zn(OH)_4]$.

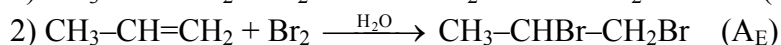
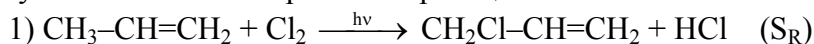
1.4. Приведите пример соединения, в котором валентность железа равна пяти. **(3 балла)**

Решение. Например, пентакарбонил железа $Fe(CO)_5$.

Задание 2

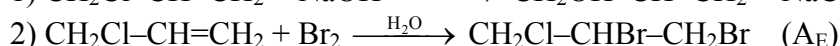
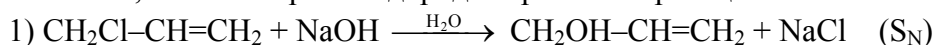
2.1. Вещество **X** легче углекислого газа способно в одних условиях вступать в реакцию радикального замещения (S_R), а в других условиях – в реакцию электрофильного присоединения (A_E). Предложите возможную структуру вещества **X**, запишите упомянутые реакции с его участием, укажите условия их проведения. (5 баллов)

Решение. Вещество **X** – пропен C_3H_6 . Его молярная масса 42 г/моль, следовательно, он легче углекислого газа. Уравнения реакций:



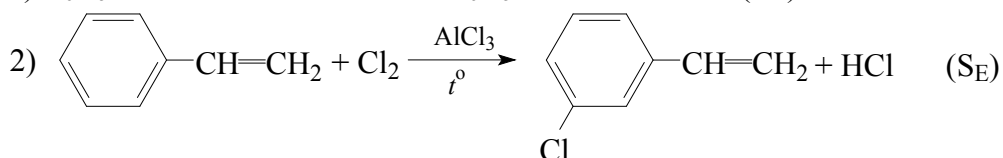
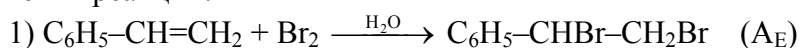
2.2. Вещество **X** легче бромоводорода способно в одних условиях вступать в реакцию нуклеофильного замещения (S_N), а в других условиях – в реакцию электрофильного присоединения (A_E). Предложите возможную структуру вещества **X**, запишите упомянутые реакции с его участием, укажите условия их проведения. (5 баллов)

Решение. Вещество **X** – 3-хлорпропен C_3H_5Cl . Его молярная масса 76.5 г/моль, следовательно, он легче бромоводорода. Уравнения реакций:



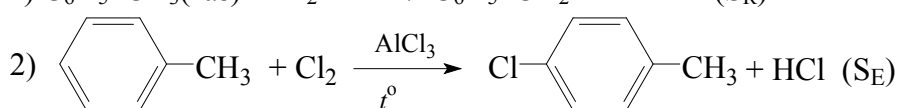
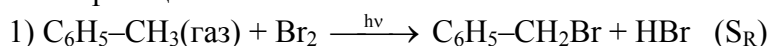
2.3. Жидкое при нормальных условиях вещество **X** способно в одних условиях вступать в реакцию электрофильного присоединения (A_E), а в других условиях – в реакцию электрофильного замещения (S_E). Предложите возможную структуру вещества **X**, запишите упомянутые реакции с его участием, укажите условия их проведения. (5 баллов)

Решение. Вещество **X** – жидкий при нормальных условиях стирол $C_6H_5-CH=CH_2$. Уравнения реакций:



2.4. Жидкое при нормальных условиях вещество **X** способно в одних условиях вступать в реакцию радикального замещения (S_R), а в других условиях – в реакцию электрофильного замещения (S_E). Предложите возможную структуру вещества **X**, запишите упомянутые реакции с его участием, укажите условия их проведения. (5 баллов)

Решение. Вещество **X** – жидкий при нормальных условиях толуол $C_6H_5-CH_3$. Уравнения реакций:



Задание 3

3.1. Для приготовления раствора использовали 32.8 г ортофосфата натрия и 500 мл 0.5 М раствора ортофосфорной кислоты. Рассчитайте молярные концентрации веществ в конечном растворе. *Указание:* изменением объема раствора при растворении соли можно пренебречь. **(10 баллов)**

Решение. Найдем количества исходных веществ:

$$v(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 32.8 / 164 = 0.2 \text{ моль,}$$

$$v(\text{H}_3\text{PO}_4) = 0.5 \cdot 0.5 = 0.25 \text{ моль.}$$

Протекают две реакции с образованием двух разных солей:



$$x \quad 0.5x \quad 1.5x$$



$$0.2-x \quad 2(0.2-x) \quad 3(0.2-x)$$

$$v(\text{H}_3\text{PO}_4) = 0.25 = 0.5x + 2(0.2 - x),$$

$$x = 0.1 \text{ моль.}$$

Количества полученных солей:

$$v(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = 0.15 \text{ моль,}$$

$$v(\text{NaH}_2\text{PO}_4) = 0.3 \text{ моль.}$$

Молярные концентрации:

$$c(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = 0.15 / 0.5 = 0.3 \text{ моль/л,}$$

$$c(\text{NaH}_2\text{PO}_4) = 0.3 / 0.5 = 0.6 \text{ моль/л.}$$

Ответ: 0.3 М Na_2HPO_4 , 0.6 М NaH_2PO_4 .

3.2. Мышьяковая кислота является аналогом ортофосфорной кислоты, немного отличаясь от нее по силе. Для приготовления раствора было взято 30.2 г ее полугидрата ($\text{H}_3\text{AsO}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$) и 200 мл 0.8 М раствора арсената натрия (плотность 1.1029 г/мл). Рассчитайте массовые доли веществ в конечном растворе. **(10 баллов)**

Решение. Найдем количества исходных веществ:

$$v(\text{H}_3\text{AsO}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}) = 30.2 / 151 = 0.2 \text{ моль,}$$

$$v(\text{Na}_3\text{AsO}_4) = 0.8 \cdot 0.2 = 0.16 \text{ моль.}$$

Протекают две реакции с образованием двух разных солей:



$$x \quad 0.5x \quad 1.5x$$



$$0.16-x \quad 2(0.16-x) \quad 3(0.16-x)$$

$$v(\text{H}_3\text{AsO}_4) = 0.2 = 0.5x + 2(0.16 - x),$$

$$x = 0.08 \text{ моль.}$$

Количества полученных солей:

$$v(\text{Na}_2\text{HASO}_4) = 0.12 \text{ моль,}$$

$$v(\text{NaH}_2\text{AsO}_4) = 0.24 \text{ моль.}$$

Их массы:

$$m(\text{Na}_2\text{HASO}_4) = 186 \cdot 0.12 = 22.32 \text{ г,}$$

$$m(\text{NaH}_2\text{AsO}_4) = 164 \cdot 0.24 = 39.36 \text{ г.}$$

Масса раствора $m = 30.2 + 200 \cdot 1.1029 = 250.78 \text{ г.}$

Массовые доли солей в растворе:

$$\omega(\text{Na}_2\text{HASO}_4) = 22.32 / 250.78 = 0.089 \text{ (или 8.9\%),}$$

$$\omega(\text{NaH}_2\text{AsO}_4) = 39.36 / 250.78 = 0.157 \text{ (или 15.7\%).}$$

Ответ: 8.9% Na_2HASO_4 , 15.7% NaH_2AsO_4 .

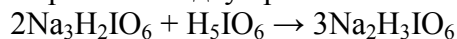
3.3. Ортоиодная кислота H_5IO_6 в водном растворе при взаимодействии со щелочью образует три ряда солей – одно-, двух- и трехзамещенные. Смешали 2.918 г ортоиодной кислоты, 4.087 г дигидроортопериодата натрия и 1000 мл воды. Определите молярные концентрации веществ в конечном растворе (плотность раствора 1.001 г/мл). **(10 баллов)**

Решение. Найдем количества исходных веществ:

$$v(\text{H}_5\text{IO}_6) = 2.918 / 228 = 0.0128 \text{ моль},$$

$$v(\text{Na}_3\text{H}_2\text{IO}_6) = 4.087 / 294 = 0.0139 \text{ моль}.$$

Протекают две реакции с образованием двух разных солей:



$$x \quad 0.5x \quad 1.5x$$



$$0.0139-x \quad 2(0.0139-x) \quad 3(0.0139-x)$$

$$v(\text{H}_5\text{IO}_6) = 0.0128 = 0.5x + 2(0.0139 - x),$$

$$x = 0.01 \text{ моль}.$$

Количества полученных солей:

$$v(\text{Na}_2\text{H}_3\text{IO}_6) = 0.015 \text{ моль},$$

$$v(\text{NaH}_4\text{IO}_6) = 0.0117 \text{ моль}.$$

Масса раствора $m = 2.918 + 4.087 + 1000 = 1007.0 \text{ г},$

его объем: $V = 1007.0 / 1.001 = 1006 \text{ мл} = 1.006 \text{ л}.$

Молярные концентрации:

$$c(\text{Na}_2\text{H}_3\text{IO}_6) = 0.015 / 1.006 = 0.0149 \text{ моль/л},$$

$$c(\text{NaH}_4\text{IO}_6) = 0.0117 / 1.006 = 0.0116 \text{ моль/л}.$$

Ответ: 0.0149 М $\text{Na}_2\text{H}_3\text{IO}_6$, 0.0116 М NaH_4IO_6 .

3.4. Для приготовления раствора использовали 76 г кристаллогидрата ортофосфата натрия состава $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ и 500 мл 0.5 М раствора ортофосфорной кислоты. Рассчитайте молярные концентрации веществ в конечном растворе. *Указание:* изменением объема раствора при растворении соли можно пренебречь. **(10 баллов)**

Решение. Найдем количества исходных веществ:

$$v(\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}) = 76 / 380 = 0.2 \text{ моль},$$

$$v(\text{H}_3\text{PO}_4) = 0.5 \cdot 0.5 = 0.25 \text{ моль}.$$

Протекают две реакции с образованием двух разных солей:



$$x \quad 0.5x \quad 1.5x$$



$$0.2-x \quad 2(0.2-x) \quad 3(0.2-x)$$

$$v(\text{H}_3\text{PO}_4) = 0.25 = 0.5x + 2(0.2 - x),$$

$$x = 0.1 \text{ моль}.$$

Количества полученных солей:

$$v(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = 0.15 \text{ моль},$$

$$v(\text{NaH}_2\text{PO}_4) = 0.3 \text{ моль}.$$

Молярные концентрации:

$$c(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = 0.15 / 0.5 = 0.3 \text{ моль/л},$$

$$c(\text{NaH}_2\text{PO}_4) = 0.3 / 0.5 = 0.6 \text{ моль/л}.$$

Ответ: 0.3 М Na_2HPO_4 , 0.6 М NaH_2PO_4 .

Задание 4

4.1. Сколько времени необходимо проводить анодную обработку (травление) поверхности медной пластины, чтобы сформировать в ней кольцеобразную выемку глубиной 1 мм и шириной 2 мм при внутреннем диаметре кольца 10 см? Электролит – сульфат меди, сила тока 5 А, выход по току 94%. Плотность меди равна 8.94 г/см³. **(10 баллов)**

Решение. Найдем массу меди, которую нужно растворить для того, чтобы образовалась выемка. Внутренний радиус цилиндра $r = 5$ см, внешний радиус $R = 5.2$ см, высота цилиндра $h = 0.1$ см:

$$V = h \cdot \pi \cdot (R^2 - r^2) = 0.1 \cdot 3.14 \cdot (5.2^2 - 5^2) = 0.641 \text{ см}^3.$$

$$m(\text{Cu}) = \rho \cdot V = 8.94 \cdot 0.641 = 5.73 \text{ г.}$$

Растворение меди: $\text{Cu}^0 - 2e \rightarrow \text{Cu}^{2+}$, $n = 2$.

Закон Фарадея (η – выход по току):

$$m = \frac{M \cdot I \cdot t \cdot \eta}{n \cdot F},$$

отсюда
$$t = \frac{m \cdot n \cdot F}{M \cdot I \cdot \eta} = \frac{5.73 \cdot 2 \cdot 96500}{64 \cdot 5 \cdot 0.94} = 3676.8 \text{ с} = 61.28 \text{ мин.}$$

Ответ: 61.28 мин.

4.2. Сколько времени потребуется для электрохимического покрытия всей поверхности отрезка металлической трубы толщиной 5 мм, длиной 10 см и внутренним диаметром 10 см слоем никеля толщиной 5 мкм? Электролит – сульфат никеля, сила тока 6 А, выход по току 75%. Плотность никеля равна 8.9 г/см^3 . **(10 баллов)**

Решение. Найдем массу никеля, который нужно осадить на трубку, чтобы получить покрытие нужной толщины. Для этого найдем сначала площадь всей поверхности трубки (полого цилиндра с внутренним радиусом $r = 5$ см, внешним радиусом $R = 5.5$ см и высотой $h = 10$ см). Необходимо сложить площади четырех элементов поверхности – двух торцов (одинаковых колец с внешним радиусом R и внутренним радиусом r) и боковые поверхности двух цилиндров высотой h (с радиусом R и с радиусом r):

$$S_{\text{пов}} = 2S_{\text{кольца}} + S_{\text{внеш}} + S_{\text{внутр}} = 2 \cdot \pi(R^2 - r^2) + 2\pi Rh + 2\pi rh = 2\pi(R^2 - r^2 + h(R + r)) = 692.37 \text{ см}^2.$$

Теперь рассчитаем объем покрытия, умножив площадь на толщину слоя $d = 5 \text{ мкм} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ см}$.

$$V = d \cdot S_{\text{пов}} = 5 \cdot 10^{-4} \cdot 692.37 = 0.3462 \text{ см}^3.$$

$$m(\text{Ni}) = \rho \cdot V = 8.9 \cdot 0.3462 = 3.081 \text{ г.}$$

Осаждение никеля: $\text{Ni}^{2+} + 2e \rightarrow \text{Ni}^0$.

Закон Фарадея (η – выход по току):

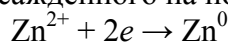
$$m = \frac{M \cdot I \cdot t \cdot \eta}{n \cdot F},$$

отсюда
$$t = \frac{m \cdot n \cdot F}{M \cdot I \cdot \eta} = \frac{3.081 \cdot 2 \cdot 96500}{59 \cdot 6 \cdot 0.75} = 2239.7 \text{ с} = 37.33 \text{ мин.}$$

Ответ: 37.33 мин.

4.3. Какова толщина цинкового покрытия, которое нанесли электрохимическим способом на всю поверхность металлической полусферы внутренним радиусом 10 см и толщиной 5 мм за 90 минут обработки при силе тока 5 А и выходе по току 80%? Электролит – сульфат цинка, плотность цинка равна 7.14 г/см^3 . **(10 баллов)**

Решение. Найдем массу цинка, осажденного на поверхность полусферы. Идет процесс:



Используем закон Фарадея (η – выход по току):

$$m = \frac{M \cdot I \cdot t \cdot \eta}{n \cdot F} = \frac{65 \cdot 5 \cdot 5400 \cdot 0.8}{2 \cdot 96500} = 7.275 \text{ г.}$$

Тогда объем цинкового покрытия составляет

$$V = m / \rho = 7.275 / 7.14 = 1.019 \text{ см}^3.$$

Чтобы рассчитать площадь всей поверхности полусферы, необходимо сложить площади трех элементов поверхности – внешней поверхности полусферы радиусом $R = 10.5$ см, внутренней поверхности радиусом $r = 10$ см и торца, который представляет собой кольцо с внешним радиусом R и внутренним радиусом r :

$$S_{\text{пов}} = S_{\text{внеш}} + S_{\text{внутр}} + S_{\text{кольца}} = \frac{4\pi R^2}{2} + \frac{4\pi r^2}{2} + \pi(R^2 - r^2) = \pi(3R^2 + r^2) = 1353 \text{ см}^2.$$

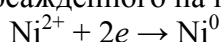
Обозначим искомую толщину цинкового покрытия через x . Тогда

$$x = \frac{V}{S_{\text{пов}}} = \frac{1.019}{1353} = 7.5 \cdot 10^{-4} \text{ см.}$$

Ответ: $7.5 \cdot 10^{-4}$ см.

4.4. Какова толщина никелевого покрытия, которое нанесли электрохимическим способом на всю поверхность металлического кольца с внутренним диаметром 5 см, внешним диаметром 10 см и высотой 5 мм за 140 минут обработки при силе тока 4 А и выходе по току 90%? Электролит – сульфат никеля, плотность никеля равна 8.9 г/см^3 . **(10 баллов)**

Решение. Найдем массу никеля, осажденного на поверхность кольца. Идет процесс:



Используем закон Фарадея (η – выход по току):

$$m = \frac{M \cdot I \cdot t \cdot \eta}{n \cdot F} = \frac{59 \cdot 4 \cdot 8400 \cdot 0.9}{2 \cdot 96500} = 9.244 \text{ г.}$$

Тогда объем никелевого покрытия составляет

$$V = m / \rho = 9.244 / 8.9 = 1.039 \text{ см}^3.$$

Чтобы рассчитать площадь всей поверхности металлического кольца (полого цилиндра), необходимо сложить площади четырех элементов поверхности – двух одинаковых плоских колец с внешним радиусом $R = 5$ см и внутренним радиусом $r = 2.5$ см и боковые поверхности двух цилиндров высотой $h = 0.5$ см (с радиусом R и с радиусом r):

$$S_{\text{пов}} = 2S_{\text{кольца}} + S_{\text{внеш}} + S_{\text{внутр}} = 2 \cdot \pi(R^2 - r^2) + 2\pi R h + 2\pi r h = 2\pi(R^2 - r^2 + h(R + r)) = 141.3 \text{ см}^2.$$

Обозначим искомую толщину цинкового покрытия через x . Тогда

$$x = \frac{V}{S_{\text{пов}}} = \frac{1.039}{141.3} = 7.35 \cdot 10^{-3} \text{ см.}$$

Ответ: $7.35 \cdot 10^{-3}$ см.

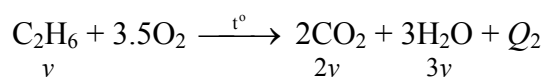
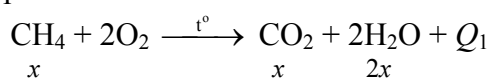
Задание 5

5.1. Объем углекислого газа, выделившегося в результате сжигания в избытке кислорода 117 г смеси метана и этана, оказался в 1.25 раза больше объема исходной смеси углеводородов. Сколько теплоты выделилось при сгорании данной смеси? Теплоты образования CH_4 , C_2H_6 , CO_2 и H_2O составляют 74.8, 84.7, 393.5 и 285.8 кДж/моль соответственно. **(12 баллов)**

Решение. Пусть смесь состояла из x моль метана и y моль этана. Тогда масса смеси равна

$$m(\text{смеси}) = 16x + 30y = 117$$

Запишем уравнения сгорания газов:



По условию,

$$\frac{x + 2y}{x + y} = 1.25$$

Отсюда $x = 3y$, подстановка в уравнение для массы смеси дает решение $x = 4.5$, $y = 1.5$.

В соответствии с законом Гесса, рассчитаем количества теплоты, выделившейся при сгорании 1 моль метана и 1 моль этана:

$$Q_1 = 393.5 + 2 \cdot 285.8 - 74.8 = 890.3 \text{ кДж}$$

$$Q_2 = 2 \cdot 393.5 + 3 \cdot 285.8 - 84.7 = 1559.7 \text{ кДж}$$

Тогда при сгорании данной смеси выделится

$$Q = 4.5 \cdot Q_1 + 1.5 \cdot Q_2 = 4006.35 + 2339.55 = 6345.9 \text{ кДж.}$$

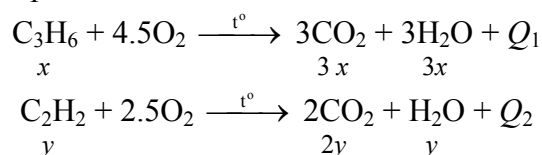
Ответ: 6345.9 кДж.

5.2. Объем углекислого газа, выделившегося в результате сжигания в избытке кислорода 120 г смеси пропена и ацетилен, оказался в 2.25 раза больше объема исходной смеси углеводородов. Сколько теплоты выделилось при сгорании данной смеси? Теплоты образования C_3H_6 , C_2H_2 , CO_2 и H_2O составляют -20.4 , -226.7 , 393.5 и 285.8 кДж/моль соответственно. **(12 баллов)**

Решение. Пусть смесь состояла из x моль пропена и y моль ацетилен. Тогда масса смеси равна

$$m(\text{смеси}) = 42x + 26y = 120$$

Запишем уравнения сгорания газов:



По условию,

$$\frac{3x + 2y}{x + y} = 2.25$$

Отсюда $y = 3x$, подстановка в уравнение для массы смеси дает решение $x = 1$, $y = 3$.

В соответствии с законом Гесса, рассчитаем количества теплоты, выделившейся при сгорании 1 моль пропена и 1 моль ацетилен:

$$Q_1 = 3 \cdot 393.5 + 3 \cdot 285.8 - (-20.4) = 2058.3 \text{ кДж}$$

$$Q_2 = 2 \cdot 393.5 + 285.8 - (-226.7) = 1299.5 \text{ кДж}$$

Тогда при сгорании данной смеси выделится

$$Q = Q_1 + 3 \cdot Q_2 = 2058.3 + 3898.5 = 5956.8 \text{ кДж.}$$

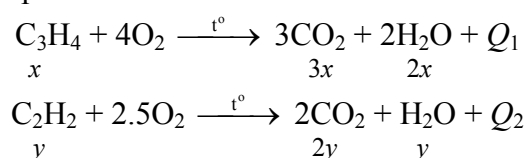
Ответ: 5956.8 кДж.

5.3. Объем углекислого газа, выделившегося в результате сжигания в избытке кислорода 99 г смеси пропина и ацетилен, оказался в 2.5 раза больше объема исходной смеси углеводородов. Сколько теплоты выделилось при сгорании данной смеси? Теплоты образования C_3H_4 , C_2H_2 , CO_2 и H_2O составляют 185.4 , -226.7 , 393.5 и 285.8 кДж/моль соответственно. **(12 баллов)**

Решение. Пусть смесь состояла из x моль пропина и y моль ацетилен. Тогда масса смеси равна

$$m(\text{смеси}) = 40x + 26y = 99$$

Запишем уравнения сгорания газов:



По условию,

$$\frac{3x + 2y}{x + y} = 2.5$$

Отсюда $x = y$, подстановка в уравнение для массы смеси дает решение $x = y = 1.5$.

В соответствии с законом Гесса, рассчитаем количества теплоты, выделившейся при сгорании 1 моль пропина и 1 моль ацетилена:

$$Q_1 = 3 \cdot 393.5 + 2 \cdot 285.8 - (185.4) = 1566.7 \text{ кДж}$$

$$Q_2 = 2 \cdot 393.5 + 285.8 - (-226.7) = 1299.5 \text{ кДж}$$

Тогда при сгорании данной смеси выделится

$$Q = 1.5 \cdot Q_1 + 1.5 \cdot Q_2 = 2350.05 + 1949.25 = 4299.3 \text{ кДж.}$$

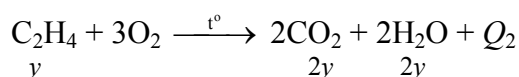
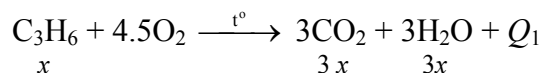
Ответ: 4299.3 кДж.

5.4. Объем углекислого газа, выделившегося в результате сжигания в избытке кислорода 77 г смеси пропена и этилена, оказался в 2.2 раза больше объема исходной смеси углеводородов. Сколько теплоты выделилось при сгорании данной смеси? Теплоты образования C_3H_6 , C_2H_4 , CO_2 и H_2O составляют -20.4 , -52.3 , 393.5 и 285.8 кДж/моль соответственно. **(12 баллов)**

Решение. Пусть смесь состояла из x моль пропена и y моль этилена. Тогда масса смеси равна

$$m(\text{смеси}) = 42x + 28y = 77$$

Запишем уравнения сгорания газов:



По условию,

$$\frac{3x + 2y}{x + y} = 2.2$$

Отсюда $y = 4x$, подстановка в уравнение для массы смеси дает решение $x = 0.5$, $y = 2$.

В соответствии с законом Гесса, рассчитаем количества теплоты, выделившейся при сгорании 1 моль пропена и 1 моль этилена:

$$Q_1 = 3 \cdot 393.5 + 3 \cdot 285.8 - (-20.4) = 2058.3 \text{ кДж}$$

$$Q_2 = 2 \cdot 393.5 + 2 \cdot 285.8 - (-52.3) = 1410.9 \text{ кДж}$$

Тогда при сгорании данной смеси выделится

$$Q = 0.5 \cdot Q_1 + 2 \cdot Q_2 = 1029.15 + 2821.8 = 3850.95 \text{ кДж.}$$

Ответ: 3850.95 кДж.

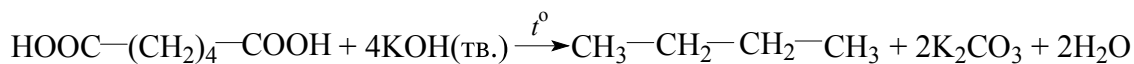
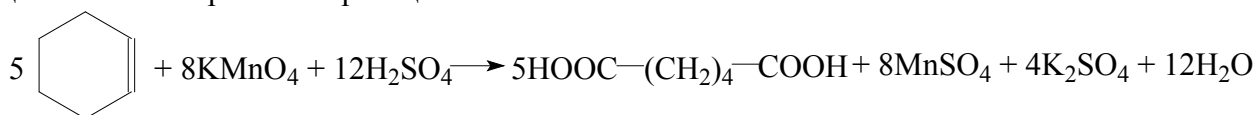
Задание 6

6.1. В каждом из трех углеводородов **A**, **B** и **C** массовая доля углерода составляет 87.8%. При действии подкисленного раствора перманганата калия углеводороды образуют соответственно вещества **X**, **Y** и **Z**. Вещества **X** и **Y** под действием некоторого реагента превращаются в бутан, а из вещества **Z** в этих условиях образуется этан. Установите строение всех шести зашифрованных соединений, запишите уравнения протекающих реакций. **(20 баллов)**

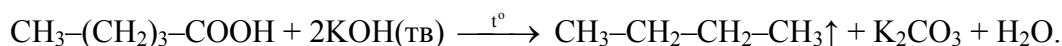
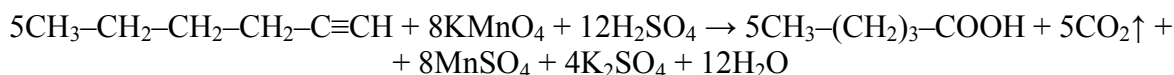
Решение. Из условия задачи можно предположить, что углеводороды **A**, **B** и **C** являются изомерами. Определим простейшую формулу C_xH_y :

$$x : y = \frac{87.8}{12} : \frac{12.2}{1} = 7.317 : 12.2 = 1 : 1.667 = 3 : 5.$$

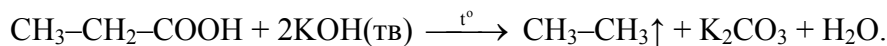
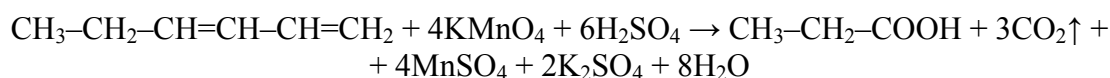
C_3H_5 – простейшая формула, а истинной формулой может быть C_6H_{10} . Тогда изомеры могут относиться к классам алкинов, алкадиенов или к циклоалкенам. Пусть вещество **A** – циклогексен. Уравнения реакций с ним:



B – изомерный циклогексену алкин. В нем тройная связь должна располагаться так, чтобы после реакции продукта реакции окисления с KOH мог получиться бутан:



Тогда вещество **C** – или алкин (изомерный **B**), или алкадиен:



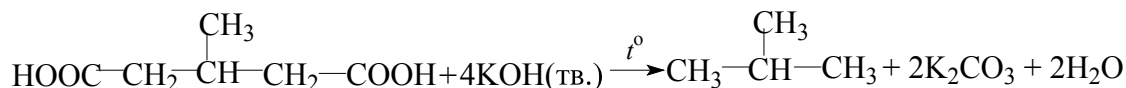
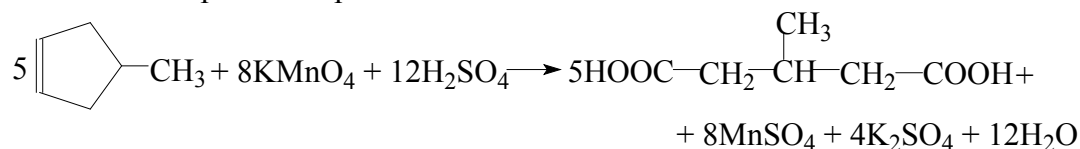
Ответ: **A** – циклогексен, **B** – гексин-1, **C** – гексадиен 1,3, **X** – гександиовая (адипиновая) кислота, **Y** – пентановая кислота, **Z** – пропионовая кислота, неизвестный реагент – твердая щелочь.

6.2. В каждом из трех углеводородов **A**, **B** и **C** массовая доля углерода составляет 87.8%. При действии подкисленного раствора перманганата калия углеводороды образуют соответственно вещества **X**, **Y** и **Z**. Вещества **X** и **Y** под действием некоторого реагента превращаются в метилпропан, а из вещества **Z** в этих условиях образуется этан. Установите возможное строение всех шести зашифрованных соединений, запишите уравнения протекающих реакций. (20 баллов)

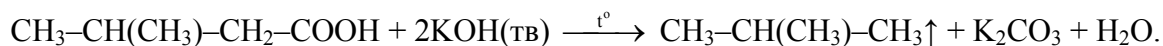
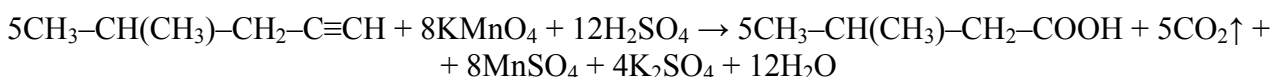
Решение. Из условия задачи можно предположить, что углеводороды **A**, **B** и **C** являются изомерами. Определим простейшую формулу C_xH_y :

$$x : y = \frac{87.8}{12} : \frac{12.2}{1} = 7.317 : 12.2 = 1 : 1.667 = 3 : 5$$

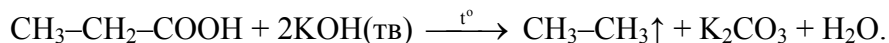
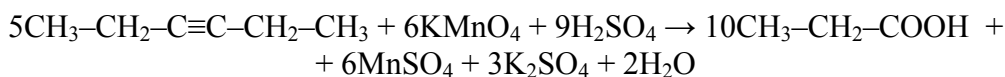
C_3H_5 – простейшая формула, а истинной формулой может быть C_6H_{10} . Тогда изомеры могут относиться к классам алкинов, алкадиенов или к циклоалкенам. Пусть вещество **A** – метилциклопентен. Уравнения реакций с ним:



B – изомерный метилциклопентену алкин. В нем тройная связь должна располагаться так, чтобы после реакции продукта реакции окисления с KOH мог получиться метилпропан:



Тогда вещество **C** – алкин (изомерный **B**):

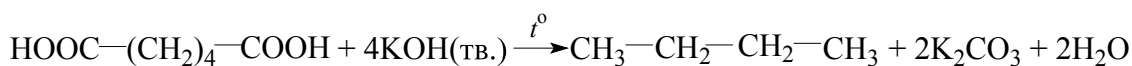
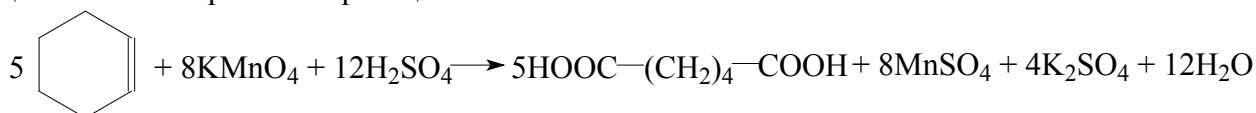


Ответ: **A** – метилциклопентен, **B** – 4-метилпентин-1, **C** – гексин-3, **X** – 3-метилпентандиовая кислота, **Y** – 3-метилбутановая кислота, **Z** – пропионовая кислота, неизвестный реагент – твердая щелочь.

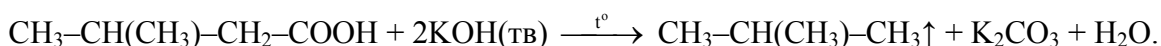
6.3. В каждом из трех углеводородов **A**, **B** и **C** массовая доля углерода составляет 87.8%. При действии подкисленного раствора перманганата калия углеводороды образуют соответственно вещества **X**, **Y** и **Z**. Вещество **X** под действием некоторого реагента превращаются в бутан, из вещества **Y** в этих условиях образуется метилпропан, а из вещества **Z** – этан. Установите возможное строение всех шести зашифрованных соединений, запишите уравнения протекающих реакций. **(20 баллов)**

$$x : y = \frac{87.8}{12} : \frac{12.2}{1} = 7.317 : 12.2 = 1 : 1.667 = 3 : 5$$

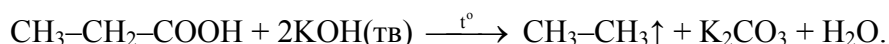
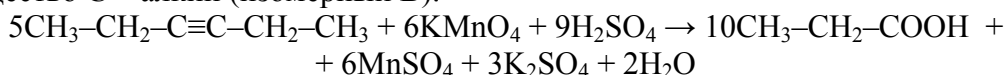
C_3H_5 – простейшая формула, а истинной формулой может быть C_6H_{10} . Тогда изомеры могут относиться к классам алкинов, алкадиенов или к циклоалкенам. Пусть вещество **A** – циклогексен. Уравнения реакций с ним:



B – изомерный циклогексену алкин. В нем тройная связь должна располагаться так, чтобы после реакции продукта реакции окисления с KOH мог получиться метилпропан:



Тогда вещество **C** – алкин (изомерный **B**):



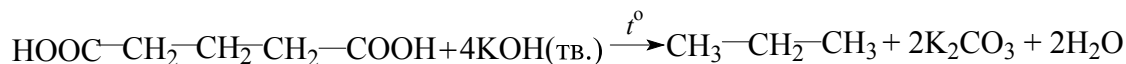
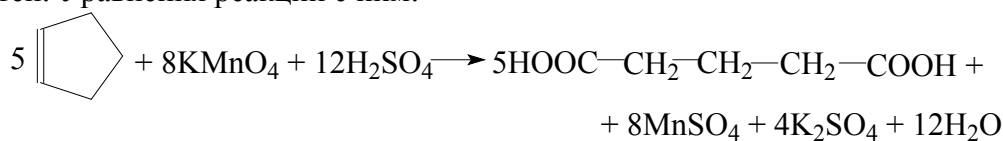
Ответ: **A** – циклогексен, **B** – 4-метилпентин-1, **C** – гексин-3, **X** – гександиовая кислота, **Y** – 3-метилбутановая кислота, **Z** – пропионовая кислота, неизвестный реагент – твердая щелочь.

6.4. В каждом из трех углеводородов **A**, **B** и **C** массовая доля углерода составляет 88.235%. При действии подкисленного раствора перманганата калия углеводороды образуют соответственно вещества **X**, **Y** и **Z**. Вещества **X** и **Y** под действием некоторого реагента превращаются в пропан, а из вещества **Z** в этих условиях образуется метан. Установите возможное строение всех шести зашифрованных соединений, запишите уравнения протекающих реакций. **(20 баллов)**

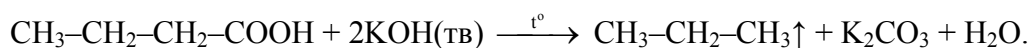
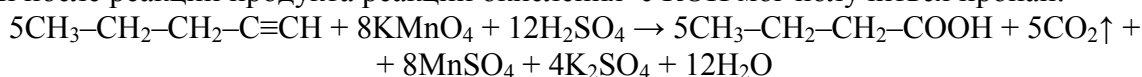
Решение. Из условия задачи можно предположить, что углеводороды **A**, **B** и **C** являются изомерами. Определим простейшую формулу C_xH_y :

$$x : y = \frac{88.235}{12} : \frac{11.765}{1} = 7.3529 : 11.765 = 1 : 1.6 = 5 : 8$$

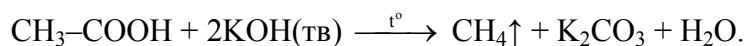
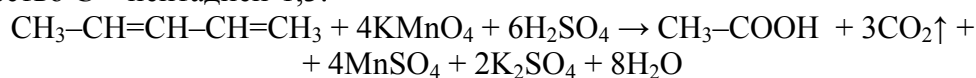
C_5H_8 – простейшая формула, она может соответствовать истинной. Тогда изомеры могут относиться к классам алкинов, алкадиенов или к циклоалкенам. Пусть вещество **A** – циклопентен. Уравнения реакций с ним:



B – изомерный циклопентену алкин. В нем тройная связь должна располагаться так, чтобы после реакции продукта реакции окисления с KOH мог получиться пропан:



Тогда вещество **C** – пентадиен-1,3:



Ответ: **A** – циклопентен, **B** – пентин-1, **C** – пентадиен-1,3, **X** – пентандиовая кислота, **Y** – бутановая кислота, **Z** – уксусная кислота, неизвестный реагент – твердая щелочь.

Задача 7

7.1. Для проведения химической олимпиады в школьной лаборатории заранее, за несколько дней до экспериментального тура, были подготовлены пробирки, стаканы, штативы, горелки. Также заранее для качественного анализа в открытые неподписанные пробирки для каждого участника были разлиты водные растворы ортофосфата натрия, сульфида натрия, карбоната натрия и хлорида натрия. Чтобы распознать растворы этих веществ, участникам были выданы в подписанных колбах растворы гидроксида бария и нитрата свинца, а также соляная кислота. Однако школьникам не удалось правильно определить содержимое пробирок.

Как, по мнению организаторов, предполагалось проводить качественное определение содержимого пробирок? Приведите уравнения реакций, кратко опишите наблюдаемые явления. Что помешало школьникам успешно справиться с заданием? (**20 баллов**)

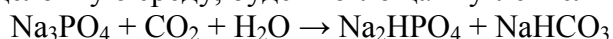
Решение. Организаторы олимпиады планировали следующую процедуру качественного анализа (представим ее в виде таблицы). Начинать рациональнее всего с испытания отобранных порций неизвестных растворов соляной кислотой – в двух случаях (Na_2S и Na_2CO_3) будут наблюдаться пузырьки газа, в двух других случаях реакции не протекают. После этого к растворам, в которых наблюдалось образование газа, можно добавить нитрат свинца, и по цвету осадка (белый или черный) однозначно определить растворенные вещества (реакции, относящиеся к описанным действиям, выделены жирным шрифтом). Затем к порциям оставшихся не определенными двух растворов можно прибавить нитрат свинца (в обоих случаях – белые осадки) и раствор гидроксида бария (белый осадок только в пробирке с фосфатом натрия). Таким образом, все четыре раствора однозначно определены.

	HCl	$Pb(NO_3)_2$	$Ba(OH)_2$
Na_3PO_4	–	$2Na_3PO_4 + 3Pb(NO_3)_2 \rightarrow Pb_3(PO_4)_2\downarrow + 6NaNO_3$ образование белого осадка	$2Na_3PO_4 + 3Ba(OH)_2 \rightarrow Ba_3(PO_4)_2\downarrow + 6NaOH$ образование белого осадка

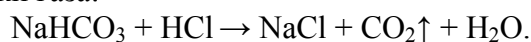
Na_2S	$\text{Na}_2\text{S} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{H}_2\text{S}\uparrow + 2\text{NaCl}$ выделение пузырьков газа с характерным запахом	$\text{Na}_2\text{S} + \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{PbS}\downarrow + 2\text{NaNO}_3$ образование черного осадка	
Na_2CO_3	$\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow 2\text{NaCl} + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ выделение пузырьков газа	$\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{PbCO}_3\downarrow + 2\text{NaNO}_3$ (или $\text{Pb}_3(\text{OH})_2(\text{CO}_3)_2\downarrow$) образование белого осадка	
NaCl	–	$2\text{NaCl} + \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{PbCl}_2\downarrow + 2\text{NaNO}_3$ образование белого осадка	–



Ошибкой организаторов олимпиады явилось решение разлить приготовленные растворы в пробирки заранее, таким образом, растворы в течение нескольких дней содержались в открытых пробирках в контакте с воздухом. Ортофосфат натрия, имеющий из-за гидролиза сильнощелочную среду, будет поглощать углекислый газ из воздуха:



Это приведет к тому, что при испытании соляной кислотой в этой пробирке также будут наблюдаться пузырьки газа:



Протекание этой реакции сделает трудноразличимыми растворы ортофосфата и карбоната натрия.

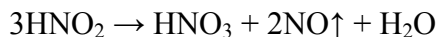
7.2. Для проведения химической олимпиады в школьной лаборатории заранее, за несколько дней до экспериментального тура, были подготовлены пробирки, стаканы, штативы, горелки. Также заранее для качественного анализа в открытые неподписанные пробирки для каждого участника были разлиты водные растворы нитрата свинца, гидроксида натрия, гидрофосфата калия, а также подкисленный серной кислотой раствор нитрита натрия. Чтобы распознать растворы этих веществ, участникам были выданы растворы гидроксида бария, иодида калия и хлорида аммония в подписанных колбах. Однако школьникам не удалось правильно определить содержимое пробирок.

Как, по мнению организаторов, предполагалось проводить качественное определение содержимого пробирок? Приведите уравнения реакций, кратко опишите наблюдаемые явления. Что помешало школьникам успешно справиться с заданием? **(20 баллов)**

Решение. Организаторы олимпиады планировали следующую процедуру качественного анализа (представим ее в виде таблицы). Можно начинать распознавание с добавления гидроксида бария к отобраным порциям растворов. Осадок не образуется лишь в одном случае – с NaOH . Этот раствор можно дополнительно испытать раствором хлорида аммония, зафиксировав образование пузырьков газа – аммиака. К оставшимся трем растворам можно прилить растворы KI и NH_4Cl и наблюдать в случае нитрата свинца образование желтого и белого осадков, в случае подкисленного раствора нитрита натрия – образование темного осадка и газа при взаимодействии с KI . Гидрофосфат калия в обоих случаях не даст признаков реакции. Таким образом, все четыре неизвестных раствора однозначно определены.

	Ba(OH)₂	KI	NH₄Cl
Pb(NO₃)₂	$\text{Pb(NO}_3)_2 + \text{Ba(OH)}_2 \rightarrow \text{Pb(OH)}_2\downarrow + \text{Ba(NO}_3)_2$ образование белого осадка	$2\text{KI} + \text{Pb(NO}_3)_2 \rightarrow \text{PbI}_2\downarrow + 2\text{KNO}_3$ образование желтого осадка («золотой дождь»)	$2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Pb(NO}_3)_2 \rightarrow \text{PbCl}_2\downarrow + 2\text{NH}_4\text{NO}_3$ образование белого осадка
NaOH	–	–	$\text{NH}_4\text{Cl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NH}_3\uparrow + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ выделение пузырьков газа с характерным запахом
K₂HPO₄	$2\text{K}_2\text{HPO}_4 + 3\text{Ba(OH)}_2 \rightarrow \text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2\downarrow + 4\text{KOH} + 2\text{H}_2\text{O}$ образование белого осадка	–	–
NaNO₂ + H₂SO₄	$\text{Ba(OH)}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{BaSO}_4\downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$ образование белого осадка	$2\text{KI} + 2\text{NaNO}_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{I}_2\downarrow + 2\text{NO}\uparrow + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ образование темного осадка, выделение газа, быстро бурящего на воздухе ($2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$)	–

Ошибкой организаторов олимпиады явилось решение разлить приготовленные растворы в пробирки заранее, таким образом, растворы в течение нескольких дней содержались в открытых пробирках в контакте с воздухом. За это время неустойчивая азотистая кислота, образующаяся в растворе нитрита натрия, разложится:



Поэтому не будет наблюдаться реакция этого раствора с KI, и растворы гидрофосфата калия и нитрита натрия окажутся трудноразличимыми.

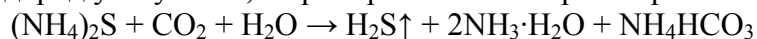
7.3. Для проведения химической олимпиады в школьной лаборатории заранее, за несколько дней до экспериментального тура, были подготовлены пробирки, стаканы, штативы, горелки. Также заранее для качественного анализа в открытые неподписанные пробирки для каждого участника были разлиты водные растворы сульфида аммония, хлорида натрия, глицерина и нитрата аммония. Чтобы распознать растворы этих веществ, участникам были выданы растворы гидроксида натрия, нитрата серебра и нитрата меди в подписанных колбах. Однако школьникам не удалось правильно определить содержимое пробирок.

Как, по мнению организаторов, предполагалось проводить качественное определение содержимого пробирок? Приведите уравнения реакций, кратко опишите наблюдаемые явления. Что помешало школьникам успешно справиться с заданием? **(20 баллов)**

Решение. Организаторы олимпиады планировали следующую процедуру качественного анализа (представим ее в виде таблицы). Начать определение можно, добавив к порциям исследуемых растворов щелочь. Растворы разделяются на две группы – в двух растворах происходит выделение газа (сульфид и нитрат), в двух других нет. Первые два раствора однозначно различаем при помощи нитрата серебра (черный осадок в случае сульфида аммония). Оставшиеся два раствора можно определить по реакциям с нитратом серебра и щелочным раствором $\text{Cu(NO}_3)_2$. Таким образом, неизвестные растворы однозначно определены.

	NaOH	AgNO₃	Cu(NO₃)₂
(NH₄)₂S	$(\text{NH}_4)_2\text{S} + 2\text{NaOH} \rightarrow 2\text{NH}_3\uparrow + \text{Na}_2\text{S}$ выделение пузырьков газа с характерным запахом	$(\text{NH}_4)_2\text{S} + 2\text{AgNO}_3 \rightarrow \text{Ag}_2\text{S}\downarrow + 2\text{NH}_4\text{NO}_3$ образование черного осадка	$(\text{NH}_4)_2\text{S} + \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{CuS}\downarrow + 2\text{NH}_4\text{NO}_3$ образование черного осадка Образование в растворе комплексного соединения василькового цвета при реакции со свежееосажденным гидроксидом меди $(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2\downarrow + 2\text{NaNO}_3)$
C₃H₈O₃	–	–	
NaCl	–	$\text{NaCl} + \text{AgNO}_3 \rightarrow \text{AgCl}\downarrow + \text{NaNO}_3$ образование белого осадка	–
NH₄NO₃	$\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{NaOH} \rightarrow \text{NH}_3\uparrow + \text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ выделение пузырьков газа с характерным запахом	–	–

Ошибкой организаторов олимпиады явилось решение разлить приготовленные растворы в пробирки заранее, таким образом, растворы в течение нескольких дней содержались в открытых пробирках в контакте с воздухом. Раствор сульфида аммония разложится, сероводород улетучится, в пробирке останется раствор аммиака.



Соответственно, этот раствор не даст черных осадков с нитратами серебра и меди, и растворы сульфида аммония и нитрата аммония окажутся неразличимыми.

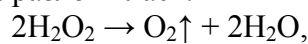
7.4. Для проведения экспериментального тура химической олимпиады в школьной лаборатории заранее, за несколько дней до тура, были подготовлены пробирки, стаканы, штативы, горелки. Также заранее для качественного анализа в открытые неподписанные пробирки для каждого участника были разлиты водные растворы пероксида водорода, карбоната натрия, нитрата железа(III) и сульфата железа(II). Чтобы распознать растворы этих веществ, участникам были выданы реактивы в подписанных емкостях: растворы перманганата калия и иодида натрия, соляная кислота, а также оксид марганца(IV). Однако школьникам не удалось правильно определить содержимое пробирок.

Как, по мнению организаторов, предполагалось проводить качественное определение содержимого пробирок? Приведите уравнения реакций, кратко опишите наблюдаемые явления. Что помешало школьникам успешно справиться с заданием? **(20 баллов)**

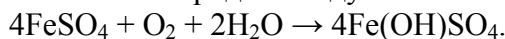
Решение. Организаторы олимпиады планировали следующую процедуру качественного анализа (представим ее в виде таблицы). Сначала порции всех четырех растворов можно испытать с помощью порошка MnO₂. это вещество является катализатором разложения перекиси, и мы будем наблюдать образование пены. Затем оставшиеся три раствора надо испытать соляной кислотой и определить карбонат натрия, по выделению пузырьков углекислого газа. Оставшиеся два раствора можно однозначно определить по их реакциям с подкисленным соляной кислотой перманганатом и с иодидом натрия. Таким образом, все четыре раствора определены.

	MnO_2	HCl	KMnO_4	NaI
H_2O_2	$2\text{H}_2\text{O}_2 \xrightarrow{\text{MnO}_2} \rightarrow \text{O}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ бурное выделение пузырьков газа			
Na_2CO_3	—	$\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CO}_2\uparrow + 2\text{NaCl}$ выделение пузырьков газа	—	—
$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$	—	—	—	$2\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + 6\text{NaI} \rightarrow 2\text{FeI}_2 + \text{I}_2\downarrow + 6\text{NaNO}_3$ образование темного осадка
FeSO_4	—	—	$15\text{FeSO}_4 + 3\text{KMnO}_4 + 24\text{HCl} \rightarrow 5\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 5\text{FeCl}_3 + 3\text{KCl} + 3\text{MnCl}_2 + 12\text{H}_2\text{O}$ обесцвечивание раствора перманганата	—

Ошибкой организаторов олимпиады явилось решение разлить приготовленные растворы в пробирки заранее, таким образом, растворы в течение нескольких дней содержались в открытых пробирках на свету в контакте с воздухом. За это время под действием света перекись водорода разложилась:



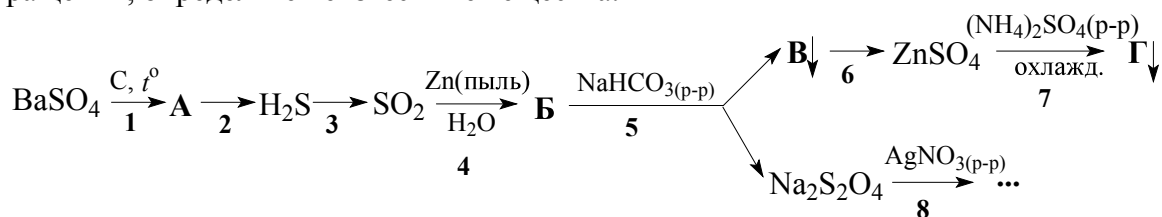
а двухвалентное железо окислилось кислородом воздуха:



В результате растворы солей железа становятся неразличимыми, кроме того, становится невозможным определение перекиси при помощи диоксида марганца.

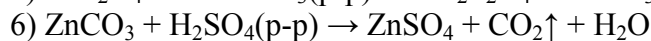
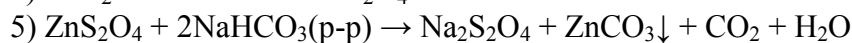
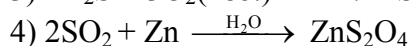
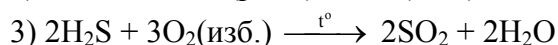
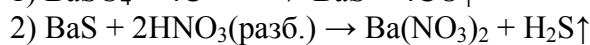
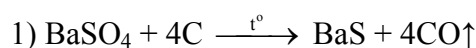
Задание 8

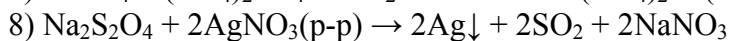
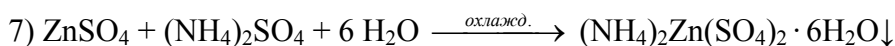
8.1. Приведите уравнения восьми реакций, соответствующих следующей схеме превращений, определите неизвестные вещества:



(20 баллов)

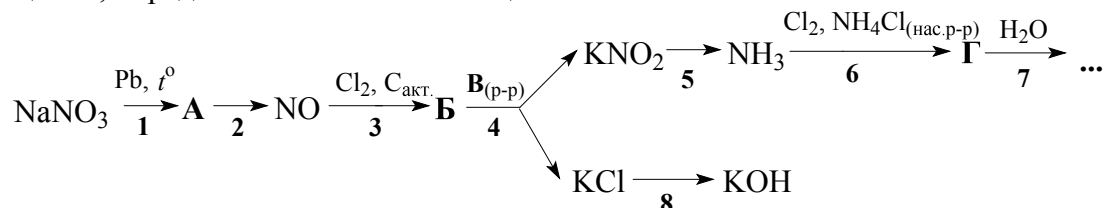
Решение.





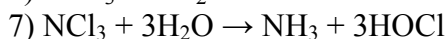
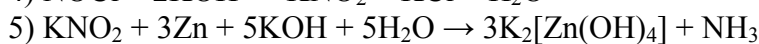
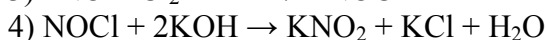
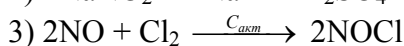
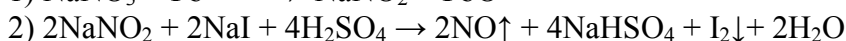
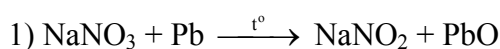
Ответ: А – BaS, Б – ZnS₂O₄, В – ZnCO₃, Г – (NH₄)₂Zn(SO₄)₂ · 6H₂O.

8.2. Приведите уравнения восьми реакций, соответствующих следующей схеме превращений, определите неизвестные вещества:



(20 баллов)

Решение.

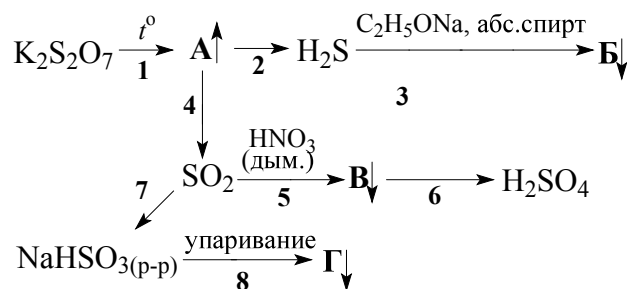


⚡



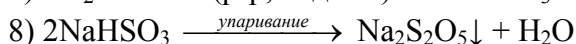
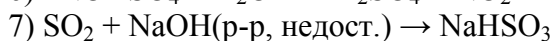
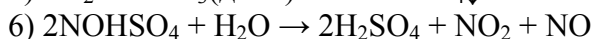
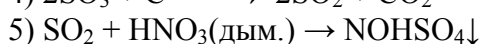
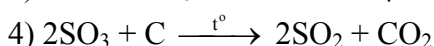
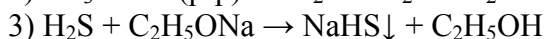
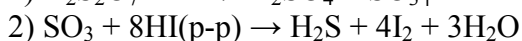
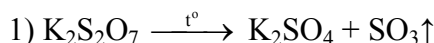
Ответ: А – NaNO₂, Б – NOCl, В – KOH, Г – NCl₃.

8.3. Приведите уравнения восьми реакций, соответствующих следующей схеме превращений, определите неизвестные вещества:



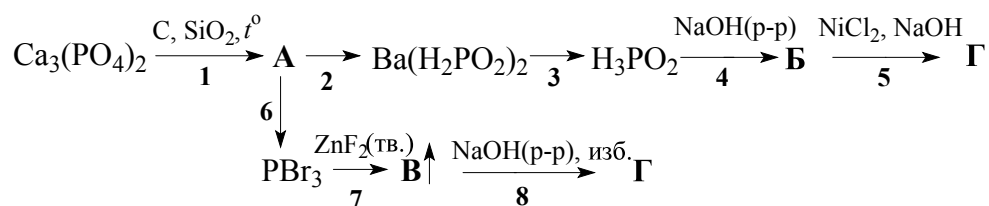
(20 баллов)

Решение.



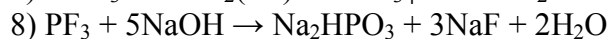
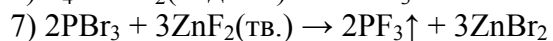
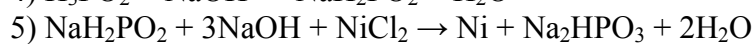
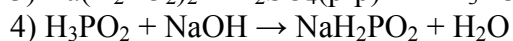
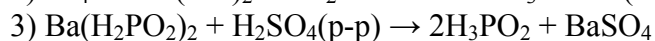
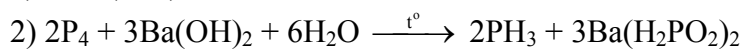
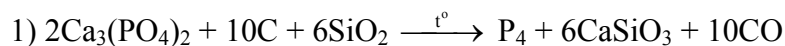
Ответ: А – SO₃, Б – NaHS, В – NOHSO₄, Г – Na₂S₂O₅.

8.4. Приведите уравнения восьми реакций, соответствующих следующей схеме превращений, определите неизвестные вещества:



(20 баллов)

Решение.



Ответ: А – P₄, Б – NaH₂PO₂, В – PF₃, Г – Na₂HPO₃.