

11 класс

Задача 1. 15 баллов

Вариант 1. Медь-содержащие металл-органические каркасные структуры привлекают в настоящее время интерес исследователей как перспективные катализаторы сгорания ракетного топлива. В рамках выполнения работ в данном направлении студентам Кате и Коле было предложено приготовить металлоорганическое каркасное соединение на основе терефталата меди. Студенты суспензировали в N,N-диметилформамиде смесь тригидрата нитрата меди и терефталевой (1,4-бензолдикарбоновой кислоты), поместили суспензию в автоклав и выдержали 36 часов при 100 °С.

Для полученного синего осадка Коля провел термогравиметрический анализ (т.е., изучил изменение массы с ростом температуры). Оказалось, что в атмосфере аргона в диапазоне температур 200 – 400 °С наблюдается один участок изменения массы, потеря массы при этом составляет 24,3%.

Катя провела титриметрический анализ образца. Она взяла навеску осадка массой 0,217 г, добавила к ней 20 мл концентрированной азотной кислоты и прокипятила до почти полного выкипания кислоты. Такое «мокрое озоление» было повторено ею 2 раза. После этого она обработала полученный остаток азотной кислотой, довела рН раствора аммиаком до 9,0, добавила индикатор мурексид и оттитровала 0,05 М раствором трилона Б. После добавления 14,4 мл раствора трилона Б окраска раствора изменилась с лимонно-желтой на лиловую.

Какой же состав имело полученное вещество? Какие еще методы определения его состава и строения могли быть использованы студентами?

Решение.

Известно, что трилон Б реагирует с ионами металлов, образуя комплексы состава 1:1. Тогда нетрудно определить содержание меди в искомом веществе.

$$n(\text{Cu}) = V(\text{тр.}) \cdot C(\text{тр.}) = 0,05 \cdot 14,4 = 0,72 \text{ ммоль (2 балла)}$$

Определим далее содержание компонента, легко отщепляемого при нагревании. Исходя из условий синтеза, данным компонентом может быть либо вода, либо азотная кислота, либо N,N-диметилформамид (ДМФА). Учитывая температуру потери массы, наиболее вероятным выглядит последний вариант. (2 балла)

Содержание ДМФА во взятой навеске составляет $0,217 \cdot 0,243 = 0,053$ г. (1 балл) Молярная масса этого вещества составляет 73 г/моль, тогда количество вещества ДМФА равно 0,726 ммоль. (1 балл) В пределах погрешности эксперимента можно сказать, что медь и ДМФА входят в состав соединения в соотношении 1:1. (2 балла)

Масса оставшегося фрагмента составляет $0,217 - 0,053 - 0,046 = 0,118$ г. Определим массу остатка, приходящуюся на 1 моль меди:

$$\begin{aligned} 63,546 \text{ г} - x \text{ г} \\ 0,046 \text{ г} - 0,118 \text{ г} \\ x = 162 \text{ г}, \end{aligned}$$

что практически соответствует молярной массе терефталат-аниона (164 г/моль). (2 балла)

Таким образом, в пределах погрешности эксперимента состав искомого вещества:



Оптимальным методом определения состава был бы рентгеноструктурный анализ. Нужную информацию можно также получить, используя методы элементного анализа и колебательной спектроскопии. (2 балла)

Вариант 2. Медь-содержащие металл-органические каркасные структуры привлекают в настоящее время интерес исследователей как перспективные катализаторы сгорания ракетного топлива. В рамках выполнения работ в данном направлении студентам Кате и Коле было предложено приготовить металлоорганическое каркасное соединение на основе терефталата меди. Студенты суспензировали в N,N-диметилацетамиде смесь тригидрата нитрата меди и терефталевой (1,4-бензолдикарбоновой кислоты), поместили суспензию в автоклав и выдержали 36 часов при 100 °С.

Для полученного синего осадка Катя провела термогравиметрический анализ (т.е., изучила изменение массы с ростом температуры). Оказалось, что в атмосфере аргона в диапазоне температур 200 – 400 °С наблюдается один участок изменения массы, потеря массы при этом составляет 27,7%.

Коля выполнил титриметрический анализ образца. Она взял навеску осадка массой 0,212 г, добавил к ней 20 мл концентрированной азотной кислоты и прокипятил до почти полного выкипания кислоты. Такое «мокрое озоление» было повторено ею 2 раза. После этого он обработал полученный остаток азотной кислотой, довел pH раствора аммиаком

до 9,0, добавил индикатор мурексид и оттитровала 0,05 М раствором трилона Б. После добавления 13,5 мл раствора трилона Б окраска раствора изменилась с лимонно-желтой на лиловую.

Какой же состав имело полученное вещество? Какие еще методы определения его состава и строения могли быть использованы студентами?

Решение.

Известно, что трилон Б реагирует с ионами металлов, образуя комплексы состава 1:1. Тогда нетрудно определить содержание меди в искомом веществе.

$$n(\text{Cu}) = V(\text{тр.}) \cdot C(\text{тр.}) = 0,05 \cdot 13,5 = 0,675 \text{ ммоль}$$

Определим далее содержание компонента, легко отщепляемого при нагревании. Исходя из условий синтеза, данным компонентом может быть либо вода, либо азотная кислота, либо N,N-диметилацетамид (ДМА). Учитывая температуру потери массы, наиболее вероятным выглядит последний вариант.

Содержание ДМА во взятой навеске составляет $0,212 \cdot 0,277 = 0,059$ г. Молярная масса этого вещества составляет 87 г/моль, тогда количество вещества ДМА равно 0,678 ммоль. В пределах погрешности эксперимента можно сказать, что медь и ДМА входят в состав соединения в соотношении 1:1.

Масса оставшегося фрагмента составляет $0,212 - 0,059 - 0,043 = 0,110$ г. Определим массу остатка, приходящуюся на 1 моль меди:

$$\begin{aligned} 63,546 \text{ г} - x \text{ г} \\ 0,043 \text{ г} - 0,110 \text{ г} \\ x = 163 \text{ г}, \end{aligned}$$

что практически соответствует молярной массе терефталат-аниона (164 г/моль). Таким образом, в пределах погрешности эксперимента состав искомого вещества:



Оптимальным методом определения состава был бы рентгеноструктурный анализ. Нужную информацию можно также получить, используя методы элементного анализа и колебательной спектроскопии.

Вариант 3. Цинк-содержащие металл-органические каркасные структуры привлекают в настоящее время интерес исследователей как прекурсоры веществ с высокой протонной

проводимостью. В рамках выполнения работ в данном направлении студентам Кате и Коле было предложено приготовить металлоорганическое каркасное соединение на основе терефталата цинка. Студенты суспензировали в N,N-диметилформамиде смесь гексагидрата нитрата цинка и терефталевой (1,4-бензолдикарбоновой кислоты), поместили суспензию в автоклав и выдержали 4 дня при 120 °С.

Для полученных бесцветных кристаллов Коля провел термогравиметрический анализ (т.е., изучил изменение массы с ростом температуры). Оказалось, что в атмосфере аргона в диапазоне температур 200 – 400 °С наблюдается один участок изменения массы, потеря массы при этом составляет 2,94%.

Катя провела титриметрический анализ образца. Она взяла навеску кристаллов массой 0,187 г, добавила к ней 20 мл концентрированной азотной кислоты и прокипятила до почти полного выкипания кислоты. Такое «мокрое озоление» было повторено ею 2 раза. После этого она обработала полученный остаток азотной кислотой, довела рН раствора аммиаком до 9,0, добавила индикатор хромоген черный Т и оттитровала 0,05 М раствором трилона Б. После добавления 15,1 мл раствора трилона Б окраска раствора изменилась с красной на синюю.

Какой же состав имело полученное вещество? Какие еще методы определения его состава и строения могли быть использованы студентами?

Решение.

Известно, что трилон Б реагирует с ионами металлов, образуя комплексы состава 1:1. Тогда нетрудно определить содержание цинка в искомом веществе.

$$n(\text{Zn}) = V(\text{тр.}) \cdot C(\text{тр.}) = 0,05 \cdot 15,1 = 0,755 \text{ ммоль}$$

Определим далее содержание компонента, легко отщепляемого при нагревании. Исходя из условий синтеза, данным компонентом может быть либо вода, либо азотная кислота, либо N,N-диметилформамид (ДМФА). Учитывая температуру потери массы, наиболее вероятным выглядит последний вариант.

Содержание ДМФА во взятой навеске составляет $0,187 \cdot 0,0294 = 0,0055$ г. Молярная масса этого вещества составляет 73 г/моль, тогда количество вещества ДМФА равно 0,0753 ммоль. В пределах погрешности эксперимента можно сказать, что цинк и ДМФА входят в состав соединения в соотношении 10:1.

Масса оставшегося фрагмента составляет $0,187 - 0,0055 - 0,049 = 0,1325$ г. Определим массу остатка, приходящуюся на 1 моль меди:

$$\begin{aligned} &65,37 \text{ г} - x \text{ г} \\ &0,049 \text{ г} - 0,1325 \text{ г} \\ &x = 177 \text{ г}, \end{aligned}$$

что превышает молярную массу терефталат-аниона (164 г/моль). Можно предположить, что в состав соединения входит два неравноценных типа диметилформамида, часть которого не отщепляется при нагревании до 400 °С. Тогда состав соединения:



Оптимальным методом определения состава был бы рентгеноструктурный анализ. Нужную информацию можно также получить, используя методы элементного анализа и колебательной спектроскопии.

Задача 2. 15 баллов

Вариант 1. Навеску органического вещества массой 2,36 г сожгли в атмосфере кислорода. Выделившиеся продукты последовательно пропустили через U-образные трубки с фосфорным ангидридом, чешуйками едкого натра, раскаленными медными и раскаленным магниевыми стружками. При этом массы первых трех трубок увеличились на 1,08, 3,52 и 5,04 г, соответственно, а масса последней не изменилась. Когда такую же массу вещества обработали избытком реактива Толленса, выпал осадок массой 8,64 г.

- А) Приведите брутто-формулу исходного вещества, если известно, что продукты сгорания не обесцвечивают бромную воду. Предложите его строение.
- Б) Как изменятся массы трубок с поглотителями, если поменять фосфорный ангидрид и едкий натр местами?
- В) Какой объем кислорода, приведенный к н.у., был взят?

Решение.

При сгорании органического вещества могут получаться следующие летучие продукты: пары воды, углекислый газ, возможно также образование азота, сернистого газа. Поскольку продукты сгорания не обесцвечивают бромную воду, сернистый газ в продуктах отсутствует. Неизменность массы трубки, заполненной магниевыми

стружками, указывает на отсутствие азота. Следовательно, в состав исходного органического вещества входят углерод, водород и кислород.

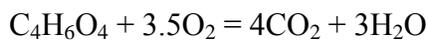
Определим соотношение этих элементов в веществе. Фосфорный ангидрид поглощает пары воды, едкий натр – углекислый газ. Тогда $n(\text{CO}_2)/n(\text{H}_2\text{O}) = (3,52/44)/(1,08/18) = 8:6$. Масса кислорода в исходной навеске составляет $2,36 - 12 \cdot 0,08 - 2 \cdot 0,06 = 1,28$ г. Тогда соотношение С:Н:О в органическом соединении составляет 2:3:2.

$\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2$ – такого соединения не существует.

$\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_4$, притом, поскольку соединение взаимодействует с реактивом Толленса, оно содержит альдегидную группу. Таким соединением является сложный эфир этиленгликоля и муравьиной кислоты $\text{C}_2\text{H}_4(\text{ОСОН})_2$.

Если первым поглотителем поставить едкий натр, он будет поглощать как углекислый газ, так и водяные пары – и его масса возрастет на 4,60 г. При достаточно большом количестве едкого натра масса фосфорного ангидрида меняться уже не будет.

Для определения объема кислорода, необходимого для сжигания данной навески, составим уравнение реакции:



Количество вещества кислорода будет в 3,5 раза больше, чем количество вещества эфира, и составит $3,5 \cdot 2,36/118 = 0,07$ моль. Увеличение массы трубки с медными стружками указывает на то, что кислород был взят в избытке, который составлял $5,04/32 = 0,1575$ моль. Итого в реакцию вступило 0,2275 моль кислорода, что соответствует объему 5,096 л.

Ответ: сложный эфир этиленгликоля и муравьиной кислоты $\text{C}_2\text{H}_4(\text{ОС(О)Н})_2$; 5,096 л кислорода

Вариант 2. Навеску органического вещества массой 2,70 г сожгли в атмосфере кислорода. Выделившиеся продукты последовательно пропустили через U-образные трубки с фосфорным ангидридом, чешуйками едкого натра, раскаленными медными и раскаленным магниевыми стружками. При этом массы первых трех трубок увеличились на 1,62, 3,96 и 3,08 г, соответственно, а масса последней не изменилась. Когда такую же массу вещества обработали избытком реактива Толленса, выпал осадок массой 6,48 г.

А) Приведите брутто-формулу исходного вещества, если известно, что продукты сгорания не обесцвечивают бромную воду. Предложите его строение.

Б) Как изменятся массы трубок с поглотителями, если поменять фосфорный ангидрид и едкий натр местами?

В) Какой объем кислорода, приведенный к н.у., был взят?

Ответ: сложный эфир этиленгликоля и муравьиной кислоты $\text{HOOC}_2\text{H}_4\text{OC(O)H}$

Вариант 3. Навеску органического вещества массой 1,76 г сожгли в атмосфере кислорода. Выделившиеся продукты последовательно пропустили через U-образные трубки с фосфорным ангидридом, чешуйками едкого натра, раскаленными медными и раскаленным магниевыми стружками. При этом массы первых трех трубок увеличились на 0,72, 1,76 и 3,22 г, соответственно, а масса последней не изменилась. Когда такую же массу вещества обработали избытком реактива Толленса, выпал осадок массой 6,48 г.

А) Приведите брутто-формулу исходного вещества, если известно, что продукты сгорания не обесцвечивают бромную воду. Предложите его строение.

Б) Как изменятся массы трубок с поглотителями, если поменять фосфорный ангидрид и едкий натр местами?

В) Какой объем кислорода, приведенный к н.у., был взят?

Ответ: сложный эфир глицерина и муравьиной кислоты $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OC(O)H})_3$

Задача 3. 15 баллов

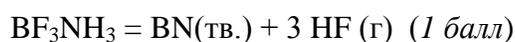
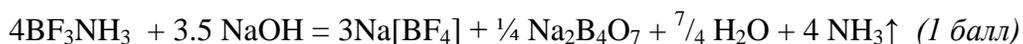
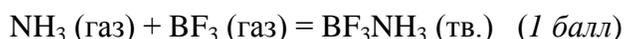
Вариант 1. В 1808 году Гей-Люссак при проведении реакции между бесцветными газами **A** и **B** (плотности по водороду 8.5 и 33.9 соответственно) при комнатной температуре в закрытом стеклянном сосуде наблюдал образование твердого белого порошка **C** в качестве единственного продукта. При кипячении **C** со щёлочью выделяется газ **A**. При термическом разложении соединения **C** образуется огнеупорный керамический материал **D**.

Определите соединения **A**, **B**, **C**, **D**, напишите уравнения всех протекающих реакций. Какого типа связь реализуется в соединении **C**? Изобразите его пространственную структуру.

Решение. Плотность по водороду равна отношению молярных масс вещества и водорода. (1 балл). Исходя из значений плотности по водороду, найдём молярные массы соединений **A** и **B**, это $8.5 \cdot 2 = 17$ (1 балл) и $33.9 \cdot 2 = 67.8$ (1 балл). Тогда **A** – аммиак (1 балл), **B** – трифторид бора (1 балл),

При реакции между ними образуется твердый комплекс, **C** – это BF_3NH_3 (1 балл). При термическом разложении BF_3NH_3 образуется нитрид бора, **D** – это BN (1 балл).

Уравнения реакций:



Соединение **C** имеет этаноподобную структуру (1 балл) с ковалентной полярной связью между атомами бора и азота (1 балл), образованной по донорно-акцепторному механизму (1 балл). Неподелённая пара атома азота аммиака донирует электронную плотность на вакантную орбиталь атома бора (1 балл). Окружение атомов бора и азота – искаженный тетраэдр (1 балл).

Ответ: **A** – аммиак NH_3 , **B** – трифторид бора BF_3 , **C** – BF_3NH_3 , **D** – нитрид бора BN .

Вариант 2. При проведении реакции между бесцветными газами **A** и **B** (плотности по азоту 0.607 и 4.184 соответственно) при комнатной температуре в закрытом стеклянном сосуде наблюдается образование твердого белого порошка **C** в качестве единственного продукта. При кипячении **C** со щёлочью выделяется газ **A**. При термическом разложении соединения **C** образуется огнеупорный керамический материал **D**.

Определите соединения **A**, **B**, **C**, **D**, напишите уравнения всех протекающих реакций. Какого типа связь реализуется в соединении **C**? Изобразите его пространственную структуру.

Ответ: **A** – аммиак NH_3 , **B** – трихлорид бора BCl_3 , **C** – BCl_3NH_3 , **D** – нитрид бора BN .

Вариант 3. При проведении реакции между бесцветными газами **A** и **B** (плотности по метану 1.063 и 6.5 соответственно) при комнатной температуре в закрытом стеклянном сосуде наблюдается образование твердого белого соединения **C** в качестве единственного

продукта. При кипячении **С** со щёлочью выделяется газ **А**. При термическом разложении соединения **С** образуется термостойкий керамический материал **Д**.

Определите соединения **А**, **В**, **С**, **Д**, напишите уравнения всех протекающих реакций. Какого типа связь реализуется в соединении **С**? Изобразите его пространственную структуру.

Ответ: **А** – аммиак NH_3 , **В** – тетрафторид кремния SiF_4 , **С** – $\text{SiF}_4 \cdot 2\text{NH}_3$, **Д** – нитрид кремния Si_3N_4 .

Вариант 4. Бесцветные газы **А** и **В** (плотности по гелию 8.5 и 31.98, соответственно) при комнатной температуре в закрытом стеклянном сосуде реагируют с образованием твердого белого соединения **С** в качестве единственного продукта реакции. При обработке **С** раствором щёлочи в инертной атмосфере выделяется газ **А**. Газ **В** термически неустойчив и при нагревании разлагается.

Определите соединения **А**, **В**, **С**, напишите уравнения всех протекающих реакций. Какую среду имеет водный раствор соединения **В**? Какого типа связь реализуется в соединении **С**? Предложите лабораторные способы синтеза газа **А**.

Ответ: **А** – фосфин PH_3 , **В** – иодоводород HI , **С** – PH_4I

Задача 4. 10 баллов

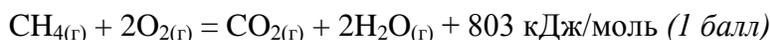
Вариант 1. В газовых плитах многоквартирных домов обычно используется природный газ – метан, в то время как на дачах приготовление пищи происходит с использованием бутана, пропана или их смеси. Напишите термохимические уравнения реакций горения метана и пропана. Исходя из справочных данных, рассчитайте, при полном сгорании одинаковой массы какого газа, метана или пропана, выделяется больше тепла? $Q_{\text{обр}}(\text{H}_2\text{O}_{(г)}) = 242$ кДж/моль, $Q_{\text{обр}}(\text{CO}_{2(г)}) = 394$ кДж/моль, $Q_{\text{обр}}(\text{CH}_{4(г)}) = 75$ кДж/моль, $Q_{\text{обр}}(\text{C}_2\text{H}_{6(г)}) = 85$ кДж/моль, $Q_{\text{обр}}(\text{C}_3\text{H}_{8(г)}) = 105$ кДж/моль, $Q_{\text{обр}}(\text{C}_4\text{H}_{10(г)}) = 126$ кДж/моль.

Решение.

Термохимическое уравнения горения метана:



$$Q_1 = Q_{\text{обр}}(\text{H}_2\text{O}_{(г)}) \cdot 2 + Q_{\text{обр}}(\text{CO}_{2(г)}) - Q_{\text{обр}}(\text{CH}_{4(г)}) = 803 \text{ кДж/моль (1 балл)}$$



Термохимическое уравнения горения пропана:



$$Q_2 = Q_{\text{обр}}(\text{H}_2\text{O}_{(\text{г})}) \cdot 4 + Q_{\text{обр}}(\text{CO}_{2(\text{г})}) \cdot 3 - Q_{\text{обр}}(\text{C}_3\text{H}_{8(\text{г})}) = 2045 \text{ кДж/моль (1 балл)}$$



Рассчитаем, сколько тепла выделится при сгорании 1 кг метана и пропана.

$$n(\text{CH}_4) = 1000 \text{ г} / 16 \text{ г/моль} = 62.5 \text{ моль (1 балл)}$$

$$Q_{\text{сгорания}}(1 \text{ кг CH}_4) = n(\text{CH}_4) \cdot Q_1 = 62.5 \text{ моль} \cdot 803 \text{ кДж/моль} = 50.19 \text{ МДж (1 балл)}$$

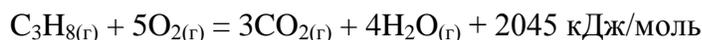
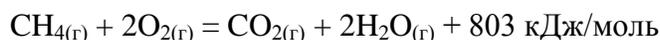
$$n(\text{C}_3\text{H}_8) = 1000 \text{ г} / 44 \text{ г/моль} = 22.7 \text{ моль (1 балл)}$$

$$Q_{\text{сгорания}}(1 \text{ кг C}_3\text{H}_8) = n(\text{C}_3\text{H}_8) \cdot Q_2 = 22.7 \text{ моль} \cdot 2045 \text{ кДж/моль} = 46.42 \text{ МДж (1 балл)}$$

$$Q_{\text{сгорания}}(1 \text{ кг CH}_4) > Q_{\text{сгорания}}(1 \text{ кг C}_3\text{H}_8) \text{ (2 балла)}$$

Следовательно, больше тепла выделится при полном сгорании одинаковой массы метана.

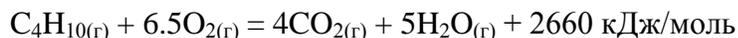
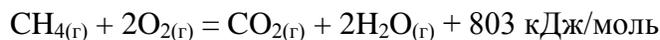
Ответ.



Больше тепла выделится при полном сгорании одинаковой массы метана.

Вариант 2. В газовых плитах многоквартирных домов обычно используется природный газ – метан, в то время как на дачах приготовление пищи происходит с использованием бутана, пропана или их смеси. Напишите термохимические уравнения реакций горения метана и бутана. Исходя из справочных данных, рассчитайте, при полном сгорании одинаковой массы какого газа, метана или бутана, выделяется больше тепла? $Q_{\text{обр}}(\text{H}_2\text{O}_{(\text{г})}) = 242 \text{ кДж/моль}$, $Q_{\text{обр}}(\text{CO}_{2(\text{г})}) = 394 \text{ кДж/моль}$, $Q_{\text{обр}}(\text{CH}_{4(\text{г})}) = 75 \text{ кДж/моль}$, $Q_{\text{обр}}(\text{C}_2\text{H}_{6(\text{г})}) = 85 \text{ кДж/моль}$, $Q_{\text{обр}}(\text{C}_3\text{H}_{8(\text{г})}) = 105 \text{ кДж/моль}$, $Q_{\text{обр}}(\text{C}_4\text{H}_{10(\text{г})}) = 126 \text{ кДж/моль}$

Ответ.



Больше тепла выделится при полном сгорании одинаковой массы метана.

Задача 5. 15 баллов

На планете Кассиопея инопланетяне научились управлять электронами и получать химические соединения, используя максимальное для данного элемента число электронов. При этом степень окисления другого элемента может остаться привычной для нас. Например, на планете Кассиопея возможно получение соединения натрия с хлором состава NaCl_{11} , или для железа с кислородом состава FeO_{13} .

Известно, что число атомов галогена, которые могут присоединить элементы X и Y отличается на 4. Если для элемента X галоген заменить кислородом, то число присоединенных атомов галогена для Y и кислорода для X будет отличаться на 6.

О каких элементах идет речь? Могут ли эти элементы взаимодействовать между собой на планете Земля? Если могут, то напишите уравнение этой химической реакции

Решение.

Число электронов равно порядковому номеру элемента. Следовательно, в первом случае разность атомов галогена совпадает с разностью порядковых номеров X и Y. Во втором условии число атомов галогена в два раза больше числа атомов кислорода. Отсюда можно составить 2 уравнения:

$$x - y = 4 \text{ (3 балла)}$$

$$y - x/2 = 6 \text{ (3 балла)}$$

(обратного быть не может, т.к. разность увеличилась, а не уменьшилась).

Решая систему, находим $x = 20$, $y = 16$. Это кальций (3 балла) и сера (3 балла).

Взаимодействуя между собой, они образуют сульфид кальция:



Вариант 2. На планете Кассиопея инопланетяне научились управлять электронами и получать химические соединения, используя максимальное для данного элемента число электронов. При этом степень окисления другого элемента может остаться привычной для нас. Например, на планете Кассиопея возможно получение соединения натрия с хлором состава NaCl_{11} , или для железа с кислородом состава FeO_{13} .

Известно, что число атомов галогена, которые могут присоединить элементы X и Y на планете Кассиопея отличается на 2. Если для элемента X галоген заменить кислородом, то число присоединенных атомов галогена для Y и кислорода для X будет отличаться на 5.

О каких элементах идет речь? Могут ли эти элементы взаимодействовать между собой на планете Земля?

Ответ: Mg и Si

Вариант 3. На планете Кассиопея инопланетяне научились управлять электронами и получать химические соединения, используя максимальное для данного элемента число электронов. При этом степень окисления другого элемента может остаться привычной для нас. Например, на планете Кассиопея возможно получение соединения натрия с хлором состава NaCl_{11} , или для железа с кислородом состава FeO_{13}

Известно, что число атомов галогена, которые могут присоединить элементы X и Y на планете Кассиопея отличается на 13. Если для элемента X галоген заменить кислородом, а для Y азотом, то число присоединенных атомов кислорода и азота будет отличаться на 10.

О каких элементах идет речь? Могут ли эти элементы взаимодействовать между собой на планете Земля?

Ответ: Sc и Se

Задача 6 15 баллов

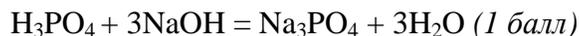
Вариант 1. Смесь фосфористой и фосфорной кислот обработали стехиометрическим количеством йода, необходимого для ее окисления. На последующую нейтрализацию полученной смеси (до получения средних солей) было потрачено 100 г 4,4% раствора NaOH. Определить содержание кислот в исходной смеси в мас%, если на нейтрализацию исходной смеси было потрачено 72,7 г раствора щелочи такой же концентрации.

Решение. В исходной смеси окисляется только фосфорная кислота по уравнению:



Таким образом в конечной смеси будут две кислоты: фосфорная и иодоводородная.

Запишем уравнения нейтрализации этих кислот:



Обозначив за x – количество фосфорной кислоты в исходном растворе, а за y – количество фосфористой кислоты, можно составить первое уравнение:

$$3(x+y) + 2y = 0.11 \text{ (1 балл)}$$

Уравнение реакций нейтрализации исходной смеси кислот щёлочью:



Из второго условия можно составить второе уравнение:

$$3x + 2y = 0.08 \text{ (1 балл)}$$

Решая эту систему уравнений, находим количества кислот в исходной смеси:

$$x = 0.02 \text{ моль, } y = 0.01 \text{ моль. (1 балл)}$$

Тогда масса кислот в исходной смеси:

$$m(\text{H}_3\text{PO}_4) = 0,02 \cdot 98 = 1,96 \text{ г, (1 балл)}$$

$$m(\text{H}_3\text{PO}_3) = 0,01 \cdot 82 = 0,82 \text{ г, (1 балл)}$$

и определим их массовые доли

$$\omega(\text{H}_3\text{PO}_4) = 1,96 / (1,96 + 0,82) = 0,705 \text{ (70,5\%), (1 балл)}$$

$$\omega(\text{H}_3\text{PO}_3) = 0,82 / (1,96 + 0,82) = 0,295 \text{ (29,5\%). (1 балл)}$$

Ответ: $\omega(\text{H}_3\text{PO}_4) = 70,5\%$, $\omega(\text{H}_3\text{PO}_3) = 29,5\%$.

Вариант 2. Смесь фосфорноватистой и фосфористой кислот обработали стехиометрическим количеством йода, необходимого для ее окисления. На последующую нейтрализацию полученной смеси (до получения средних солей) было потрачено 532 г 20% раствора КОН. Определить содержание кислот в исходной смеси в масс%, если на нейтрализацию исходной смеси было потрачено 364 г раствора щелочи такой же концентрации.

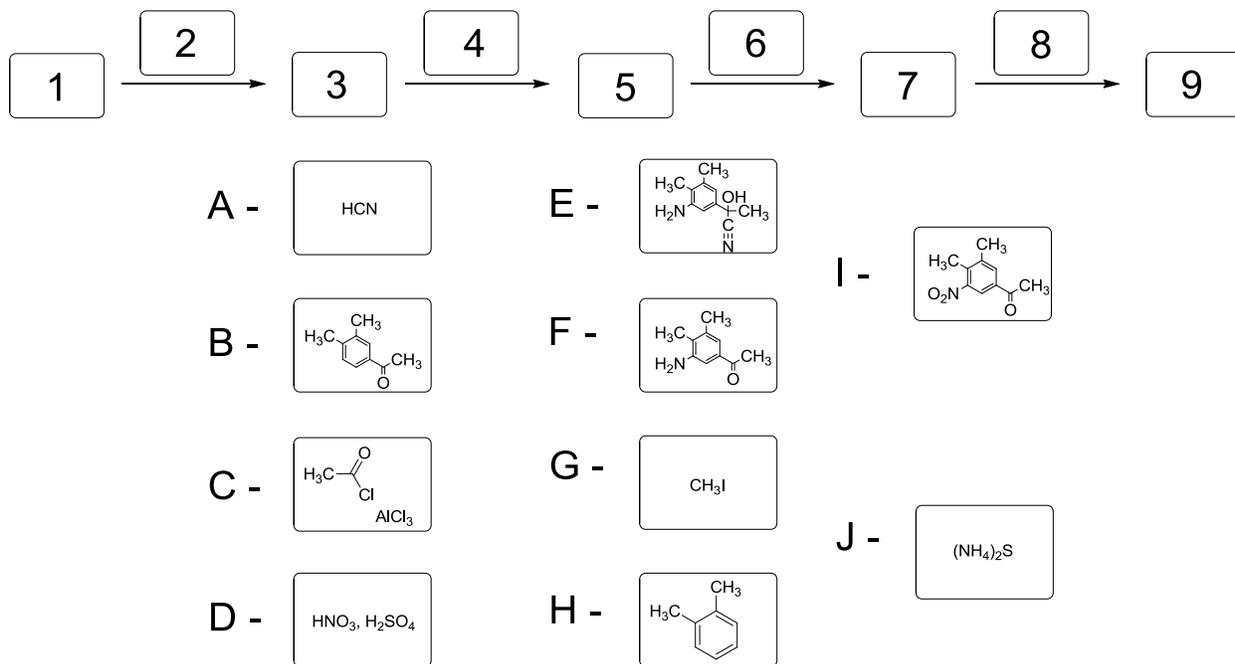
Ответ: $\omega(\text{H}_3\text{PO}_4) = 85,6\%$, $\omega(\text{H}_3\text{PO}_2) = 14,4\%$.

Вариант 3. Смесь фосфорноватистой и фосфористой кислот обработали стехиометрическим количеством йода, необходимого для ее окисления. На последующую нейтрализацию полученной смеси (до получения средних солей) было потрачено 923 г 5% раствора RbOH. Определить содержание кислот в исходной смеси в масс%, если на нейтрализацию исходной смеси было потрачено 205 г раствора щелочи такой же концентрации.

Ответ: $\omega(\text{H}_3\text{PO}_3) = 48,2\%$, $\omega(\text{H}_3\text{PO}_2) = 51,8\%$.

Задача 7. 15 баллов

Вариант 1. Из предложенного перечня реагентов и катализаторов составьте синтетическую 4-х стадийную схему превращений, обратите внимание, что один из реагентов или катализаторов является лишним. Ответ представьте в виде буквенной последовательности.

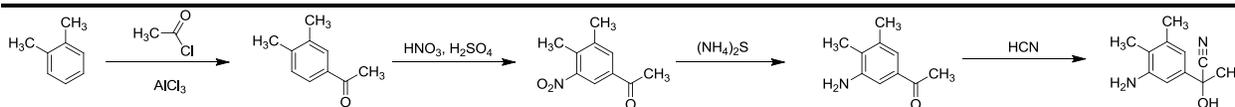


Ответ: HCBDIJFAE – 100%

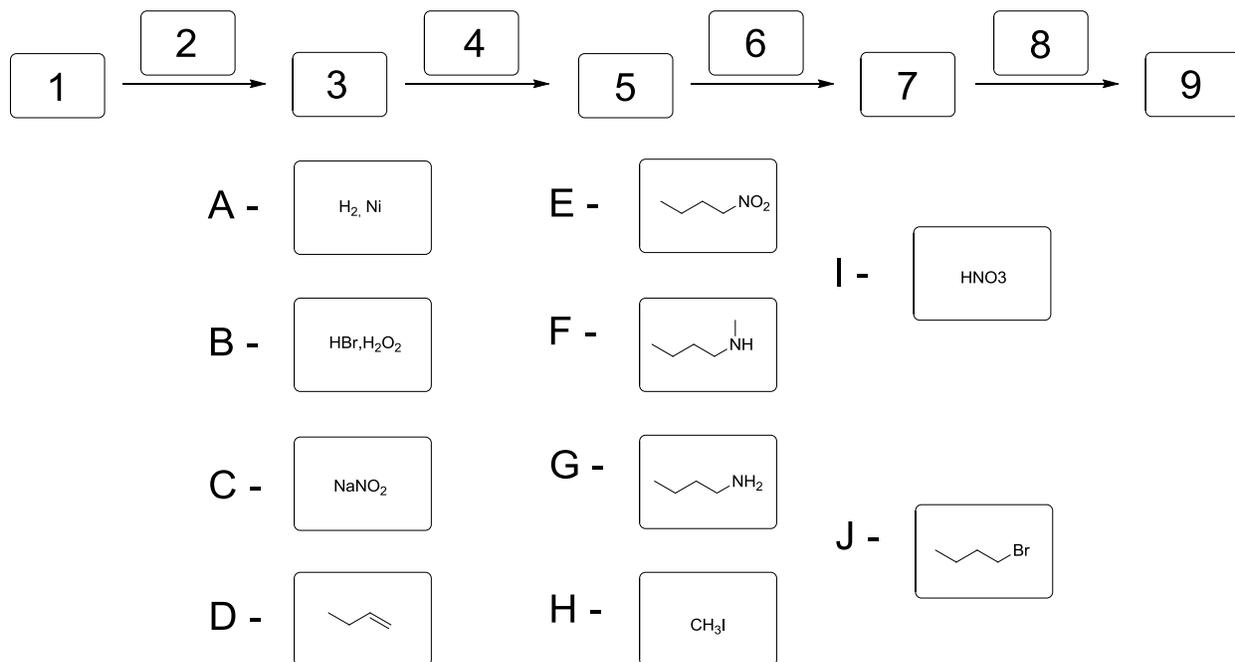
За наличие в последовательности 3-х последовательно определенных символа по 25% от максимального балла:

- **HCB** – 25%
- **BDI** – 25%
- **IJF** – 25%
- **FAE** – 25%

Решение:



Вариант 2 Из предложенного перечня реагентов и катализаторов составьте синтетическую 4-х стадийную схему превращений, обратите внимание, что один из реагентов или катализаторов является лишним. Ответ представьте в виде буквенной последовательности.

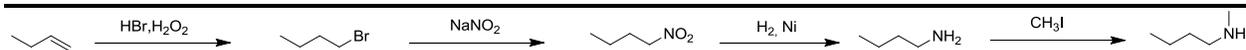


Ответ: DBJCEAGHF – 100%

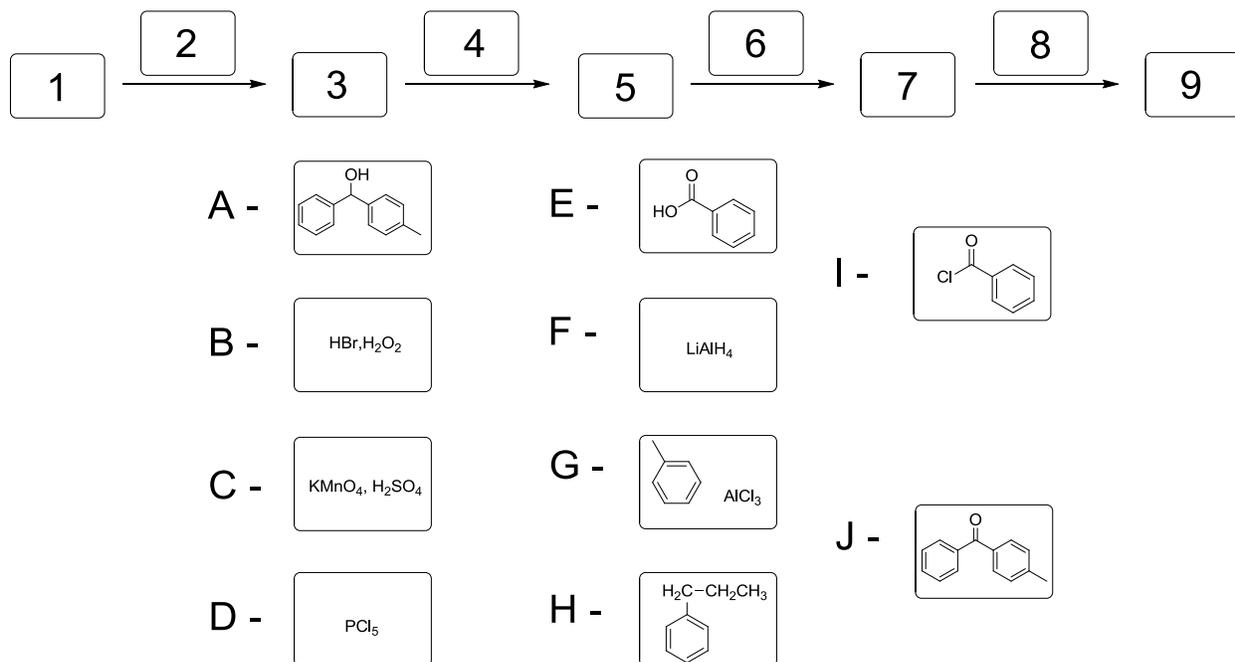
За наличие в последовательности 3-х последовательно определенных символа по 25% от максимального балла:

- **DBJ** – 25%
- **JCE** – 25%
- **EAG** – 25%
- **GHF** – 25%

Решение:



Вариант 3. Из предложенного перечня реагентов и катализаторов составьте синтетическую 4-х стадийную схему превращений, обратите внимание, что один из реагентов или катализаторов является лишним. Ответ представьте в виде буквенной последовательности.



Ответ: HCEDIGJFA – 100%

За наличие в последовательности 3-х последовательно определенных символа по 25% от максимального балла:

- **HCE** – 25%
- **EDI** – 25%
- **IGJ** – 25%
- **JFA** – 25%

Решение:

