

Задачи III тура олимпиады по химии 2004/2005 г.г.
10 класс

1. Андрес получил для анализа образцы трех твердых металлов, два из которых были внешне очень похожи, а третий был более тусклым. Андрес нашел, что для определения этих металлов достаточно проследить, как они реагируют (+) с разбавленной HCl, концентрированной холодной HNO₃ и концентрированным раствором NaOH.

Реактив	Металл I	Металл II	Металл III
HCl	–	+	+
HNO ₃	+	–	+
NaOH	–	+	+

- a) Какими химическими элементами являются металлы I, II и III? (3)
b) Исходя из таблицы, напишите уравнения соответствующих реакций (6 уравнений). (6)
c) Обоснуйте (по возможности приведите формулы), почему рассматриваемые металлы в обычных условиях не подвергаются коррозии. (2) **116**

2. В Германии элемент **A** хотят использовать как горючее. Получение энергии с помощью элемента **A** не сопровождается загрязнением атмосферы продуктами процесса. При производстве энергии элемент **A** в присутствии катализатора (CuO) при 500 °C экзотермически взаимодействует с простым веществом **B**, в результате образуется вещество **C**. Вещество **C** не загрязняет окружающую среду, тк при реакции его со сложным веществом **E** образуются аммиак и вещество **D**. Из аммиака можно получать соли, используемые как удобрения. Бинарное соединение **D** содержит 53% кислорода и не реагирует с водой. *Внимание!* содержание кислорода дано с точностью только до 2 значащих цифр.

- a) i) Рассчитайте формулу вещества **D** и напишите его название. ii) Напишите формулы и названия веществ **A**, **B**, **C** и **E**. (5)
b) Напишите уравнения реакций: i) $A + B \rightarrow$, ii) $C + E \rightarrow$ и iii) $NH_3 \rightarrow$ удобрение. (3)
c) По какой основной причине данный метод получения энергии не используется? (1) **96**

3. Используя точную массу навески твердого NaOH, невозможно приготовить раствор точной молярной концентрации, тк NaOH очень гигроскопичен, а также в какой-то мере реагирует с содержащимся в воздухе CO₂. Для приготовления 1 литра ~0,1 М раствора NaOH лаборант взял 1-литровую мерную колбу, поместил в нее 5,2 см³ насыщенного раствора NaOH и разбавил водой до метки. Для определения концентрации полученного раствора лаборант использовал заранее приготовленный раствор щавелевой кислоты точной концентрации.

- a) Нарисовать графическую формулу щавелевой кислоты. (2)
b) Написать уравнение реакции нейтрализации NaOH щавелевой кислотой. (1)
c) Рассчитайте i) молярную массу дигидрата щавелевой кислоты; ii) массу кристаллогидрата, необходимую для приготовления точно 100 мл 0,05000 М раствора. (2)
d) Рассчитайте молярную концентрацию полученного раствора NaOH, если для титрования точно 10 мл приготовленного раствора расходуется 10,20 см³ раствора NaOH. (2)
e) Рассчитайте процентное содержание NaOH в насыщенном растворе, если плотность данного раствора равна 1,54 г/см³. (2) **96**

4. 15 апреля 1912 в Атлантике затонул знаменитый Титаник. Причин катастрофы было несколько, в том числе и хрупкость стальных конструкций корабля, что было обусловлено излишним содержанием неметаллов **X** и **Y**. Первый из них вызывает хрупкость стали при высокой, второй – при низкой температуре.

Исходным сырьем для получения стали является чугун, основной компонент которого - простое вещество **A**. Чугун содержит также примеси неметаллов **Y**, **Q** и **Z**, а также бинарную соль **R**, образованную основным компонентом и неметаллом **X**. В соли **R** содержание неметалла **X** равно 36,5%. Элементы **Q** и **Z** расположены в одной группе

периодической системы, элементы **X**, **Y** и **Z** - в одном периоде. При производстве стали часть простого вещества **A** окисляется (не максимально) под действием кислорода до соединения **B**. Затем проходят следующие реакции:

$B + Y = A + D$ (оксид **D** с высокой молекулярной массой, элемент **Y** в нем имеет максимальную степень окисления, водный раствор **D** - кислый).

$B + Q = A + E$ (оксид **E** - ядовитый газ, где элемент **Q** окислен не полностью).

$B + Z = A + G$ (в оксиде **G** у элемента **Z** наивысшая степень окисления, при прибавлении его в воду среда остается нейтральной).

Чтобы избавиться от соли **R**, используют известняк. Сначала происходит разложение известняка: известняк $\rightarrow J + L$ (**L** - газ, который образуется также при окислении газа **E**). Затем происходит реакция $J + R = B + M$ (**M** - бинарная соль, $\%(\text{X}) = 44,4$).

a) Напишите i) формулу и название простого вещества **A**, ii) уравнение реакции разложения известняка; iii) уравнение реакции образования соединения **B**. (1,5)

b) i) Соединениями каких металлов являются соли **R** и **M**? Рассчитайте атомную массу элемента **X** по процентному составу солей ii) **R** и iii) **M**. (1,5)

c) Определите вещества **Y**, **Q**, **Z**, **X**, **R**, **B**, **D**, **E**, **G**, **J**, **L**, **M** (формула и название). (3)

d) Напишите уравнения реакций: i) $B + Y \rightarrow$, ii) $B + Q \rightarrow$, iii) $B + Z \rightarrow$; iv) $J + R \rightarrow$. (4) **106**

5. Существует три изомера кристаллогидрата **R** соли металла **X**: **A** (сине-фиолетовый), **B** (темно-зеленый) и **C** (светло-зеленый). Координационное число **X** равно шести; степень окисления **X** в изомерах **A**, **B** и **C** равна +III. В кристаллогидрате **R**: **X** - 19,5%, **Y** - 40,0%, водорода - 4,5% и кислорода - 36,0% (водород входит только в состав молекул воды).

Определить точный состав изомеров (внутреннюю и внешнюю координационную сферу) можно с помощью реакции свежеприготовленного раствора данного изомера с нитратом серебра (соединение **Q**). В результате реакции образуется бинарный белый осадок **Z**, по количеству которого можно определить, какое количество от содержащегося в изомере элемента **Y** приняло участие в реакции. Под действием **Q** на раствор вещества **A** осаждаются (в составе осадка **Z**) весь входящий в состав кристаллогидрата **R** элемент **Y**. Под действием соединения **Q** на раствор вещества **B** осаждаются 2/3 и на раствор вещества **C** - только 1/3 часть элемента **Y**, входящего в состав кристаллогидрата **R**.

a) Напишите i) с помощью символов ионов и формул соединений уравнение реакции: ион **Y** + **Q** \rightarrow **Z**↓ + ион. ii) Напишите формулы и названия **Y**, **Q** и **Z**. (2,5)

b) Рассчитайте количества элементов **O** и **H** (в молях) в 100 г кристаллогидрата. (2)

c) Найдите брутто-формулу кристаллогидрата и рассчитайте атомную массу элемента **X**. Напишите символ и название элемента **X**. (3,5)

d) Напишите точные формулы изомеров **A**, **B** и **C** кристаллогидрата **R**. (3) **116**

6. В сосуде содержится $1,00 \cdot 10^{25}$ молекул вещества **A**. При горении всех органических соединений образуется, кроме вещества **A**, также и вещество **B**. Вещество **B** состоит из элементов одного и того же периода. Некоторые живые организмы могут на свету проводить реакцию $A + B \rightarrow Q + Z$. Молекулярная масса соединения **Q** равна 180 и в его составе 40,0% углерода, 6,7% водорода и 53,3% кислорода. **Z** - газообразное простое вещество, входящее в состав как соединения **A**, так и **B**.

В веществе **A** абсорбировалось (поглотилось) $1,5 \cdot 10^{21}$ молекул газа **C**. Газ **C** образуется при взрыве газов **D** и **E** под действием вспышки света. Газ **D** образуется при электролизе воды, газ **E** - желто-зеленый тяжелый ядовитый газ.

a) Напишите формулы и названия веществ **A**, **B**, **Z**, **C**, **D** и **E**. (3)

b) Рассчитайте брутто-формулу соединения **Q** и приведите его название. (3)

c) Напишите уравнение реакции $A + B \rightarrow Q + Z$. (1)

d) Рассчитайте молярную концентрацию раствора (моль/дм³), образовавшегося при растворении вещества **C**. Предположите, что объем раствора равен объему вещества **A** и $\rho(\text{A}) = 1,00 \text{ г/см}^3$. (3) **106**

Задачи III тура олимпиады по химии 2004/2005 г.г.
11 класс

1. Дворнику нужно определить, сколько поваренной соли нужно взять, чтобы растопить весь лед ($0,92 \text{ г/см}^3$) на тротуаре перед домом. Длина тротуара 55 м и ширина 1,5 м. Средняя толщина слоя льда равна 5,0 см. Температура равна $-3,0^\circ\text{C}$. $\Delta T = K_{\text{кр}} \cdot m$, где $K_{\text{кр}} = 1,86 \text{ К}\cdot\text{кг/моль}$ и обозначает криоскопическую постоянную воды; m - моляльная концентрация частиц (в данном случае ионов); моль(ионов)/кг(растворителя).

a) Рассчитайте, сколько кг поваренной соли нужно для очистки тротуара. (4)

b) Рассчитайте, до какой температуры можно понизить температуру плавления льда с помощью NaCl, если при этих условиях растворимость NaCl равна 30,0 г. (2)

Внимание! В ответах **a)** и **b)** должно быть правильное число значащих цифр. **6 б**

2. Вещества **A**, **B**, **C** и **D** - бинарные соединения азота с элементами одной и той же группы периодической системы. Соединение **A** - летучая бледно-желтая маслянистая жидкость, которую впервые синтезировал в 1811 г. Дюлонг, пропуская Cl_2 через подкисленный раствор NH_4Cl . Вещество **A** очень нестабильно и разлагается при малейшем ударе. Незнание этого факта стоило Дюлонгу трех пальцев и глаза. При дезинфекции воды в бассейнах хлором может образоваться (в неопасных количествах) соединение **A**. Карбамид $[(\text{NH}_2)_2\text{CO}]$, содержащийся в моче и поте, реагирует с хлорной водой, образуя соединение **A**, газ **E** и сильную бинарную минеральную кислоту **F**. Кислота **F** образовалась и в опыте Дюлонга. Вещество **A** можно синтезировать и электролизом водного раствора NH_4Cl , где побочные продукты - водород и газ **G**. Под действием газа **G** фильтровальная бумага, пропитанная фенолфталеином, окрашивается в красный цвет. Соединение **B** синтезировали только в 1975 г. из соединений $(\text{Me}_3\text{Si})_2\text{NBr}$ и ClBr при температуре -78°C . Вторым продуктом данной реакции - хлорид триметилсилана. При реакции кристаллического иода с гидратом аммиака образуются иодид аммония, вода и комплекс соединения **C**, в молекуле которого (446 г/моль) лигандами являются молекулы аммиака. В чистом виде соединение **C** можно получить в реакции нитрида бора с соединением IF , где образуется также и фторид бора. Соединения **B** и **C** при ударе разлагаются экзотермически на простые вещества. Относительно устойчивое соединение **D** можно получить из фтора и аммиака над Cu -катализатором. В реакции образуется и фторид водорода.

a) Напишите формулы и названия соединений **i) A–G**, **ii)** формулу хлорида триметилсилана. **iii)** Рассчитайте формулу комплексной молекулы **C**. (4)

b) Напишите уравнения реакций: **i)** $\rightarrow \text{A}$, **ii)** $(\text{NH}_2)_2\text{CO} + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$; **iii)** NH_4Cl

$\xrightarrow{\text{электролиз}} \text{A}$, **iv)** $\rightarrow \text{B}$, **v)** $\text{I}_2 \rightarrow$ комплекс **C**, **vi)** $\text{IF} \rightarrow \text{C}$, **vii)** $\text{C} \xrightarrow{\text{детонация}} \text{ , viii) } \rightarrow \text{D}$ (8) **12б**

3. Под действием NaCN на 2-бромбутан образуется соединение **A** и соль **B**. Восстанавливая соединение **A** избытком водорода на поверхности Ni можно получить соединение **C**, которое является представителем хорошо изученного класса органических веществ **X**. При частичном кислотном гидролизе соединения **A** образуются кристаллы соединения **D**, которое может быть восстановлено с помощью LiAlH_4 в присутствии воды до соединения **C**. Одним из лабораторных способов получения соединения **D** является реакция 2-метилбутаноилхлорида с аммиаком.

При действии смеси азотной и серной кислот на бензол образуется монопроизводное **E**. Восстановлением этого производного смесью Sn и HCl получают соединение **F**, которое также относится к классу веществ **X**.

a) Как называют класс органических веществ **X**, к которому относятся **C** и **F**? (0,5)

b) Напишите графические формулы и названия веществ **A**, **B**, **C**, **D**, **E** и **F**. (5,5)

c) Напишите уравнения реакций: i) 2-бромбутан + NaCN → ,
ii) 2-метилбутаноилхлорид + NH₃ → , iii) бензол → E. (3) **9 6**

4. Al - наиболее распространенный в земной коре металл. Его получают из минерала боксита, состав которого дается формулой: AlO_x(OH)_{3-2x}, где 0 < x < 1. Чистый Al₂O₃ получают из боксита (содержит примесь SiO₂ и Fe₂O₃), используя его амфотерность Al. Металлический Al получают электролизом расплавленного электролита (940 °C) на графитовых электродах. В расплаве Na₃AlF₆, CaF₂ и AlF₃ растворяют Al₂O₃, который диссоциирует по уравнению Al₂O₃ ⇌ Al³⁺ + AlO₃³⁻. В ходе электролиза анод сгорает в выделяющемся кислороде. Из аниона образуется Al₂O₃, который опять диссоциирует на соответствующие ионы .

a) Напишите уравнения реакций: i) Al₂O₃+NaOH → комплексное соединение;
ii) комплексное соединение → гидроксид; iii) гидроксид → Al₂O₃ (3)

b) Напишите уравнения реакций i) катодного, ii) анодного и iii) суммарного электролизного процессов. (3)

c) Рассчитайте ток в электролизере, если ровно за неделю получили 800 кг Al и потери то току равны 5,0%. (2)

d) Рассчитайте стоимость электроэнергии, которая затрачена на производство ровно одной тонны Al, если напряжение в электролизере равно 6,00 В и стоимость 1 кВт·час - ровно 1 крона. (3) **11 6**

5. Для исследования растворимости KClO₄ провели два опыта.

I В 50,0 мл дистиллированной воды растворяли при 4 °C 1,30 г KClO₄, из которых 0,59 г не растворилось. Объем раствора увеличился на 0,3 см³.

II В 70,0 г раствора перхлорной кислоты (1,00 г/см³; pH = 2,0) растворяли 1,30 г KClO₄ при 4 °C. Плотность полученного раствора была 1,01 г/см³.

Молярная растворимость (L_M) показывает при данной температуре максимальное число молей растворенного вещества в одном литре раствора.

a) Рассчитайте L_M (KClO₄) в дистиллированной воде при 4 °C. (3)

b) Рассчитайте ПР(KClO₄) (произведение растворимости) при 4 °C. (1)

c) Рассчитайте для опыта II в растворе HClO₄ i) c(ClO₄⁻) (молярную концентрацию) и
ii) L_M' (KClO₄) (4)

d) Рассчитайте растворимость перхлората калия [L(KClO₄)] ровно в 100 г раствора HClO₄ (опыт II). (3)

e) Рассчитайте в опыте II массу не растворившейся соли. (1) **12 6**

6. Металлы **A**, **B** и **C** находятся в IV периоде. Металлы **D** и **E** находятся в одной группе друг под другом. Водные растворы, содержащие ионы **D**³⁺ и **E**³⁺, бесцветны. Водный раствор **A**²⁺-ионов имеет голубую окраску, **B**²⁺-ионов - зеленоватую. Синий осадок, образующийся в реакции NaOH с **A**²⁺, при нагревании разлагается на воду и черный оксид. Белый осадок, образующийся в реакции NaOH с **D**³⁺, при нагревании теряет воду и дает желтый оксид (465,96 г/моль). Порядковые номера металлов **A** и **B** различаются на 1, **B** и **C** - на 3.

a) i) Напишите уравнение реакции получения оксида из гидроксида металла **D**.
ii) Рассчитайте атомную массу **D** и iii) напишите его символ и название. (3)

b) Напишите символы и названия металлов **A**, **B**, **C** и **E**. (4)

c) Напишите уравнения реакций ионов **A**²⁺, **B**²⁺ и **C**²⁺ с хлорид-ионом и водой, если известно, что **A**²⁺ образует тетрааквакомплекс, а **B**²⁺ и **C**²⁺ - гексааквакомплекс (3) **10 6**

Задачи III тура олимпиады по химии 2004/2005 г.г.

12 класс

1. Очень активный металл **A** был открыт только в 1861 г. Бунзеном по двум темно-красным линиям спектра. По этим линиям спектра и произошло название металла **A**. При горении металла **A** на воздухе образуется трехатомное соединение **B**, реагирующее с металлом **A** с образованием трехатомного соединения **C**. При восстановлении соединения **C** водородом образуются легко диссоциирующее соединение **D** и соединение **I**. При реакции соединения **I** с водой образуются водород и соединение **D**. При реакции соединения **B** как с водой, так и с серной кислотой образуются простое вещество **X** и соединение **Q**. Простое вещество **X** образуется и при разложении соединения **Q**. При реакции соединения **B** с водой получают еще и соединение **D**, а с H_2SO_4 - соединение **E**. При реакции соединения **E** с гидроксидом бария получаем соединение **D**. При реакции соединения **D** с углекислым газом образуется кислая соль **F**, при реакции с карбонатом аммония - соответствующая кислой соли **F** средняя соль **G**. При реакции соли **G** с йодоводородом образуется бинарное соединение **H**, в котором содержание металла **A** равно 40,25%.

- a) Докажите расчетами металл **A**; напишите его символ и название. (1,5)
 b) Напишите формулы и названия веществ **B, C, D, E, F, G, H, I, X** и **Q**. (5)
 c) Напишите уравнения реакций: i) $\rightarrow B$, ii) $\rightarrow C$, iii) $C \rightarrow D$, iv) $I \rightarrow D$, v) $B + H_2O \rightarrow$, vi) $B + H_2SO_4 \rightarrow$, vii) $Q \rightarrow X$, viii) $E \rightarrow D$, ix) $D \rightarrow F$, x) $D \rightarrow G$, xi) $G \rightarrow H$. (5,5) **126**

2. В хранилище радиоактивных веществ имеется ампула с 10,0 г белого оксида самария (Sm_2O_3). Активность препарата равна 89,2 Бк/1 г (Бк – беккерель; одно разложение в секунду). Радиоактивность обусловлена изотопом самария ^{147}Sm ($\tau_{1/2} = 1,06 \cdot 10^{11}$ лет). С момента получения Sm_2O_3 прошло ровно 5 лет (в году 365,25 дня); в препарате в момент получения не было радиоактивных изотопов других элементов.

- a) Через сколько лет распадется 10% от начального числа радиоактивных атомов?(2)
 b) Рассчитайте, сколько процентов от первоначального количества радиоактивного вещества (100%) осталось по прошествии 5 лет. (1)
 c) Используя результат, полученный в пункте b), рассчитайте приблизительное содержание изотопа ^{147}Sm в самарии. (4)
 d) Рассчитайте приблизительное число разложившихся ровно в течение 5 лет ядер изотопа ^{147}Sm в 10,0 граммах оксида самария $k \cdot t = \ln(c_0/c_t)$ (2)

Примечание: Если одна из величин по сравнению с другими ничтожно мала, то можно решать в приближении **96**

3. У оптически активной α -аминокислоты **X** ($C_4H_8NO_2Cl$) - два центра хиральности. В реакции соединения **X** с раствором NaOH образуется соединение **Y**, в составе которого нет ни хлора, ни натрия. Спектр соединения **Y** указывает на наличие в молекуле внутримолекулярной водородной связи. При реакции соединения **X** с избытком NaOH образуется соединение **Z** ($C_4H_8NO_3Na$). Обозначим S,S-изомер соединения **X** символом **SX**. При восстановлении соединения **SX** реагентом $NaBH_4$ образуется соединение **M**. В реакции замещения с помощью PCl_5 из соединения **M** получают соединение **N**.

- a) Нарисуйте проекции Фишера для соединений **X, Y** и **Z**, звездочкой (*) обозначив центры хиральности. (4)
 b) Нарисуйте графическую формулу молекулы **Y**, указав внутримолекулярную водородную связь. (1)
 c) Объемными структурными формулами (--- , \cdots)напишите схему реакции $SX \rightarrow M \rightarrow N$ (3) **86**

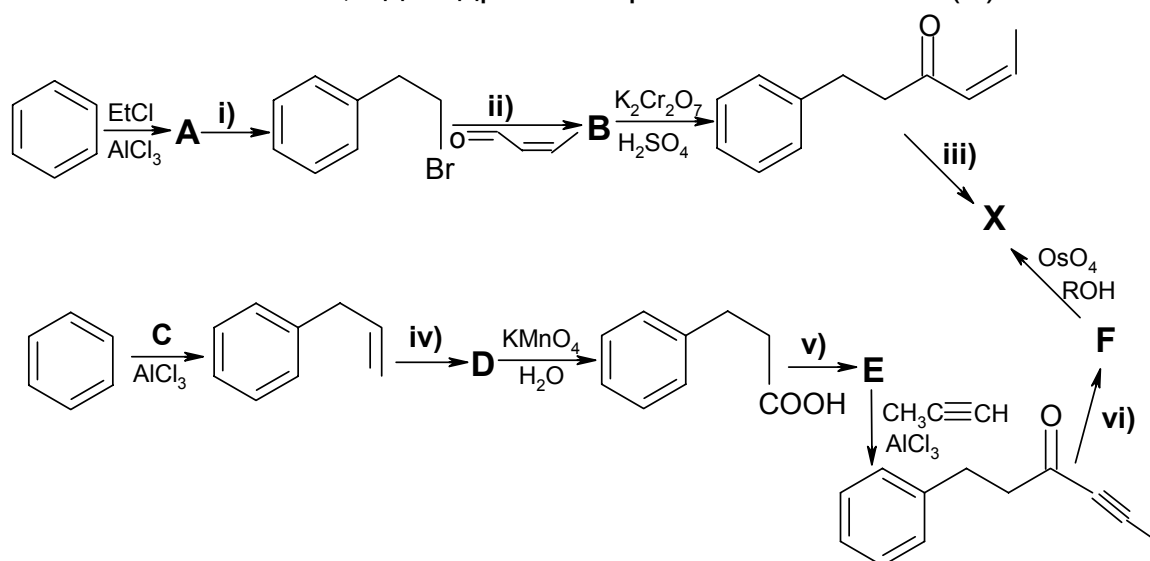
4. Лучшее средство для удаления ржавчины со стальных изделий - раствор ортофосфорной кислоты. Устранение оксидного слоя происходит с намного большей скоростью, чем реакция металла с ортофосфорной кислотой. Ионы железа(III) осаждаются как в виде гидроксида железа, так и фосфата железа. Значения констант диссоциации H_3PO_4 : $K_1 = 7,52 \cdot 10^{-3}$ М; $K_2 = 6,31 \cdot 10^{-8}$ М; $K_3 = 1,26 \cdot 10^{-12}$ М. Степень диссоциации в 0,1000 М H_3PO_4 : $\alpha_3 = 3,3 \cdot 10^{-17}$; $ПР(FePO_4) = 10^{-21,9}$, $ПР(Fe(OH)_3) = 10^{-37,4}$

- a) Напишите ионные уравнения: **i)** $Fe_2O_3 + H^+ \rightarrow$; **ii)** $Fe + H^+ \rightarrow$; **iii)** $Fe^{3+} + PO_4^{3-} \rightarrow$; **iv)** $Fe^{3+} + OH^- \rightarrow$ *Примечание: H^+ получают из ортофосфорной кислоты.* (2)
b) Рассчитайте значение pH **i)** 0,100 М раствора H_3PO_4 и **ii)** $1 \cdot 10^{-8}$ М раствора H_3PO_4 с точностью, соответствующей точности концентрации. Обоснуйте расчеты! (4)
c) Рассчитайте $[Fe^{3+}]$, если осадок $FePO_4$ находится в равновесии **i)** с чистой водой и **ii)** с 0,100 М раствором H_3PO_4 . (4) **10 б**

5. Препараты, изготовленные на основе элемента **A**, тысячелетиями используются в медицине. Одним из первых лекарственных препаратов был минерал ярко-красного цвета, который является бинарным соединением элемента **A** с элементом **B**. Порядковый номер элемента **B** в 5 раз отличается от порядкового номера элемента **A**. Элемент **A** получают при нагревании соединения **AB** в токе воздуха при $360^\circ C$. Выделяется бесцветный газ **C** с резким запахом. При восстановлении элемента **B** натрием образуется соединение **D**. При реакции соединения **D** с газом **C** образуется соединение **E**, а также элемент **B** в виде простого вещества. Соединение **E** кристаллизуется с 5 молекулами воды, его используют как в иодометрии, так и в качестве противоядия при отравлении цианидом. В реакции растворимых солей элемента **A** со щелочами получают оксиды **F** и **G**. Молярная масса оксида **F** составляет 51,9% от молярной массы оксида **G**.

- a) Напишите формулы (символы) и названия веществ **A**, **B**, **C**, **D**, **E**, **F** и **G**. (3,5)
b) Напишите уравнения реакций: **i)** $AB \rightarrow A + C$; **ii)** $B + Na \rightarrow D$; **iii)** $D + C \rightarrow E + B$; **iv)** $E + I_2 \rightarrow NaI + \dots$; **v)** $KCN + E \rightarrow KSCN + \dots$; **vi)** нитрат **A** + NaOH \rightarrow **F**; **vii)** нитрат **A** + NaOH \rightarrow **G**; (7)
c) Рассчитайте молярные массы оксидов **F** и **G**. (0,5) **11 б**

6. Схема синтеза 4,5-дигидрокси-1-фенилгексан-3-она (**X**) имеет вид:



Соединения **C** и **E** содержат хлор. В реакциях используются реагенты:

Mg; OsO_4/ROH ; $SOCl_2$; $H_2/Pd(BaSO_4)$; $Br_2/h\nu$; 1. B_2H_6 , 2. $H_2O_2/NaOH$.

- a) Напишите графические структурные формулы веществ **A** – **F**. (6)
b) Напишите реагенты **i)** – **vi)**. (3)
c) Напишите графическую структурную формулу соединения **X**. (1) **10 б**