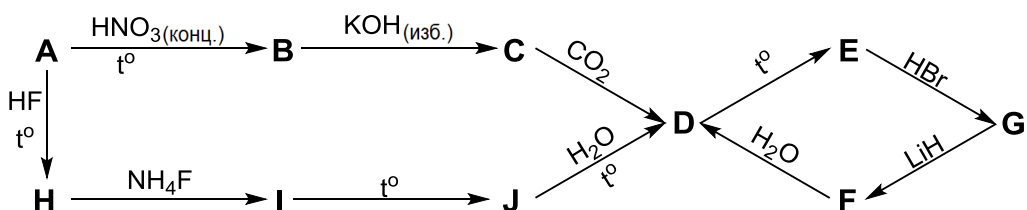


## 11 класс

*Авторы задач – Пошехонов И.С. (№№ 1, 4), Скрипкин М.Ю. (№№ 2, 3),  
Ростовский Н.В. (№ 3), Калиничев А.В. (№ 5), Булдаков А.В. (№ 6), Мосягин И.П. (№7)*

1. Для каждого пункта приведите по одному уравнению реакции с участием органических веществ и укажите условия её протекания:
- 1) реагирующие органические вещества относятся к одному классу соединений;
  - 2) массовые доли всех элементов в исходных соединениях такие же, как и в продуктах;
  - 3) окислительно-восстановительная реакция (кроме реакций горения);
  - 4) в результате реакции из одного органического вещества образуется три;
  - 5) в результате реакции образуется 4 изомерных монобромпроизводных.

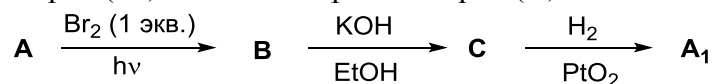
2. Ниже приведена схема превращений металла А.



Известно, что этот металл широко применяется при изготовлении жидкокристаллических дисплеев; его соли окрашивают пламя в сине-фиолетовый цвет. Вещества С, F и I относятся к классу комплексных соединений. Массовая доля элемента А в соединении F, обладающем сильными восстановительными свойствами, составляет 91.23%. Вещество J – бинарное соединение, содержание в котором второго элемента составляет 10.87%. Известно, что этот элемент широко представлен в атмосфере Земли.

- 1) Определите все вещества (А–J) и напишите уравнения соответствующих реакций.
  - 2) Какие еще области применения металла А или его соединений Вам известны? Какими свойствами указанных веществ они обусловлены?
3. Бесцветная дымящая на воздухе жидкость А с резким острым запахом, часто используемая в органическом синтезе, содержит 59.66% хлора по массе и легко реагирует с резко пахнущим газом В, используемым в холодильных установках, при этом характер протекания реакции сильно зависит от условий. Если реакцию проводить в газовой фазе при низких температурах, то образуется бесцветное вещество С, устойчивое при температурах ниже  $-70^\circ\text{C}$  (реакция 1). При нагревании выше  $-60^\circ\text{C}$  или в присутствии избытка вещества В вещество С полимеризуется с образованием красно-коричневого полимера D. Если же жидкость А добавлять по каплям к жидкому веществу В, то образуется устойчивое при обычных условиях красное вещество E (реакция 2), имеющее брутто-формулу  $\text{H}_5\text{X}_3\text{Y}_2\text{Z}_2$ . Вещество E имеет симметричную структуру и не вступает в реакции ионного обмена. Массовые доли водорода в соединениях В, С и E равны 17.76, 1.60 и 3.52% соответственно.
- 1) Приведите структурные формулы веществ А–E и напишите уравнения реакций 1 и 2.
  - 2) Предложите не менее трех способов синтеза жидкости А.
  - 3) Какие реакции будут происходить и какие продукты получатся при взаимодействии веществ А и В в водном растворе?
4. Вещество X ( $\omega_{\text{C}} = 90.57\%$ ) представляет собой бесцветную нерастворимую в воде жидкость с характерным запахом; используется как растворитель, а также в качестве сырья при производстве фталевого ангидрида (ангидрида бензол-1,2-дикарбоновой кислоты). При каталитическом гидрировании X образуется вещество А ( $\omega_{\text{C}} = 85.63\%$ ) в

виде смеси стереоизомеров. На приведенной ниже схеме представлен способ получения одного из стереоизомеров ( $A_1$ ) из смеси стереоизомеров ( $A$ ):



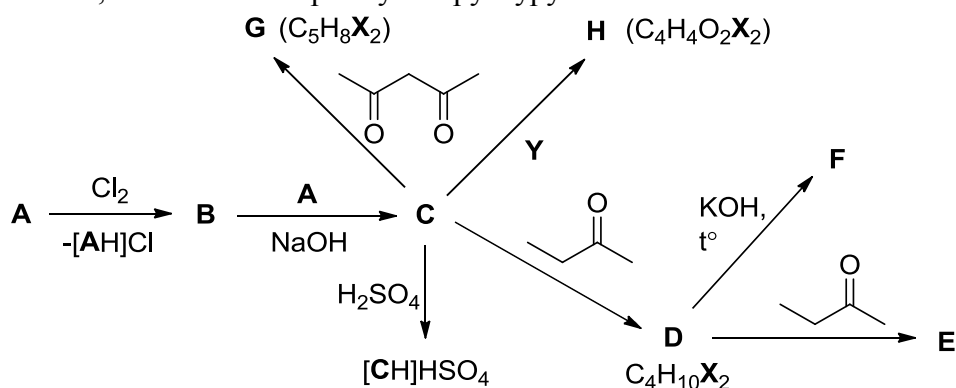
- 1) Приведите структурную формулу вещества  $X$ , а также структурные формулы всех стереоизомеров, образующихся в ходе его каталитического гидрирования. Приведите расчеты и обоснования.
- 2) Расшифруйте вещества  $A$ ,  $A_1$ ,  $B$  и  $C$ . Приведите их структурные формулы.
- 3) Объясните, почему при каталитическом гидрировании  $C$  удается получить преимущественно стереоизомер  $A_1$ ? Приведите его название по номенклатуре IUPAC.

5. В соответствии с протонной теорией кислот и оснований Брэнстеда-Лоури все протонные растворители (например, вода, уксусная кислота, аммиак) принимают участие в процессе автопротолиза, т.е. самопроизвольной ионизации. В общем виде автопротолиз для растворителя  $HL$  может быть записан как:  $2HL \rightleftharpoons H_2L^+ + L^-$ , где катион  $H_2L^+$  называют лионием, а анион  $L^-$  — лиатом. Рассматриваемый процесс имеет количественную характеристику — константу автопротолиза ( $K_S$ ). В узком диапазоне температур от 0 до 100 °C  $K_S$  воды может быть выражена в виде квадратичной зависимости следующего вида:

$$pK_S(T) = 1.35 \cdot 10^{-4}T^2 - 0.0402T + 14.927, \text{ где } T = [^\circ\text{C}], pK_S = -\lg K_S.$$

- 1) Запишите процесс автопротолиза воды. Какое наименование носят частицы лиония и лиата в данном случае?
- 2) Запишите выражение для константы автопротолиза любого растворителя в общем виде. Затем, принимая во внимание, что степень протолиза очень мала, запишите выражение для константы автопротолиза воды. Как называется это выражение?
- 3) Рассчитайте константу автопротолиза воды и соответствующий pH при температурах 4 °C, 25 °C и 100 °C. Какие допущения при этом применяются? Сделайте вывод, какую реакцию среды имеет вода при данных температурах.
- 4) Обсудите, приводя аргументы, возможность определения pH водных растворов при температуре 100 °C с помощью а) кислотно-основных индикаторов, б) pH-метра (стеклянного электрода).

6. Газ  $A$  некогда был выделен Джозефом Пристли и назван им «щелочным воздухом». Его реакция с хлором — одна из причин, почему не стоит смешивать различные моющие средства, так как вещество  $B$  довольно токсично. Вещество  $Y$  может быть получено каталитическим окислением вещества  $F$ , а также дегидратацией малеиновой кислоты.  $G$  — ароматическое соединение.  $A$ ,  $C$  и  $F$  — бинарные соединения. В состав всех зашифрованных соединений, кроме  $F$  и  $Y$  входит элемент  $X$ . Соединения  $E$ ,  $F$ ,  $H$  и  $Y$ , в отличие от  $D$  и  $G$ , имеют симметричную структуру.



Определите зашифрованные на схеме вещества  $A$ – $H$ ,  $[CH]HSO_4$  и  $Y$  и приведите их структурные формулы.

7. Из пиридина может быть получено 4 изомерных ароматических соединения с брутто-формулой  $C_5N_2H_6$  (**A**, **B**, **D**, **G**). В спектрах ЯМР  $^1H$  соединений **B** и **D** присутствует по 5 сигналов, соединений **E** и **G** – по 3 сигнала, а соединения **A** – 4 сигнала. Известно, что синтез вещества **B** проводят в жидком  $NH_3$ . Соединение **A**, в отличие от **B**, **D**, и **G**, является неустойчивым и может храниться только при низких температурах.

1) Определите структурные формулы соединений **A–G** и укажите реагенты для их получения **a–c**.

2) Объясните, почему при получении вещества **C** используется значительно более высокая температура, чем при получении **F**.

3) Объясните, почему, используя предварительное получение соединения **E**, из пиридина удается получить соединение **G**, изомерное **D**.

