

## 11 класс

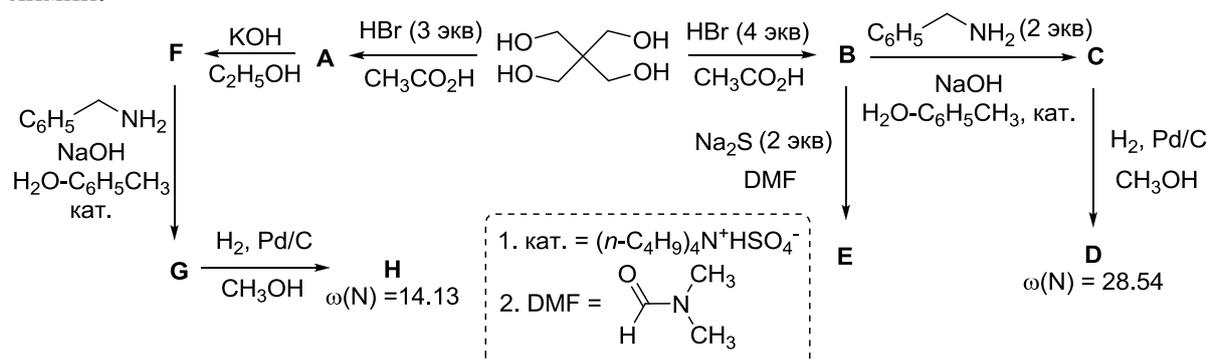
*Авторы задач – Скрипкин М.Ю. (№1), Пошехонов И.С. (№ 2), Булдаков А.В. (№ 3), Байгозин Д.В. (№ 4), Ростовский Н.В. (№№ 4, 6), Банных А.В. (№ 5), Давыдов Н.А. (№ 7)*

1. Устойчивый при н.у. сильный окислитель **X** нельзя хранить в стеклянной посуде. При взаимодействии с горячей водой он образует три продукта с мольным соотношением 1:4:4, а при взаимодействии с холодным раствором щелочи – эквимольярную смесь трех продуктов. Если второй раствор аккуратно упарить, а твердый остаток обработать концентрированной серной кислотой, то среди продуктов реакции присутствуют те же три вещества, что и в первом случае, причем в том же мольном соотношении.
  - 1) Определите вещество **X**, напишите уравнения описанных в задании реакций.
  - 2) Напишите уравнения реакций взаимодействия вещества **X** с трифторидом бора, трифторидом мышьяка.
  - 3) Предложите метод синтеза вещества **X** из минерального сырья.
2. В горячей разбавленной серной кислоте растворили 1.28 г соединения **X**<sub>1</sub>, при этом образовалось соединение **X**<sub>2</sub> и выделился газ **X**<sub>3</sub> объемом 240 мл (20 °С, 1 атм). После добавления к полученному раствору гидроксида калия выпадает осадок **X**<sub>4</sub>. Если вещество **X**<sub>4</sub> нагреть, то образуется соединение **X**<sub>5</sub>. Прокаливание соединения **X**<sub>5</sub> до 1800 °С приводит к образованию двух продуктов **X**<sub>1</sub> и **X**<sub>6</sub>.
  - 1) Установите формулы веществ **X**<sub>1</sub> – **X**<sub>6</sub>. Приведите обоснование.
  - 2) Запишите уравнения химических реакций, указанных в условии.
3. При растворении натрия в растворе соединения **B** в этаноле выделяется 0.97 л газа **D** (н.у.) и образуется соль **I** ( $\omega(\text{Na}) = 21.52\%$ ). При нагревании до 80 °С вещество **B** теряет 14.3% массы, а при УФ-облучении спиртового раствора – 6.97% массы, при этом образуются вещества **E** и **F** соответственно. Также соединение **B** реагирует с NaOH, при этом получается соль **G**, содержащая элемент **A** ( $\omega(\text{A}) = 29.1\%$ ). Навеска вещества **B** массой 37.0 г может реагировать с 4.23 л (н.у.) хлора с выделением такого же объема газа **D**, что и в первом опыте. При сильном нагревании соединение **B** распадается на вещества **D** и **A**, причем последнее выделяется в виде мелкодисперсного серого порошка, притягивающегося к магниту. Аналогичным образом из 1 моль **E** можно получить 3 моль **A**, а из 1 моль **F** – 2 моль **A**. Вещество **B** способно образовывать металлоорганическое соединение **H** ( $\omega(\text{C}) = 47.5\%$ ,  $\omega(\text{H}) = 2.85\%$ ) при взаимодействии с циклопентадиеном, продукт реакции **H** может существовать в виде *цис*- и *транс*-изомеров.
  - 1) Определите все зашифрованные вещества.
  - 2) Напишите все уравнения реакций, о которых идет речь в задаче. Предложите метод синтеза вещества **X** из минерального сырья.
  - 3) Изобразите структурные формулы *цис*- и *транс*-изомеров вещества **H**.
4. Для определения аминокислотной последовательности антимикробного линейного Мы: Ala-Gly, Gly-Arg, Gly-Phe, Gly-Ser, Lys-Gly, Phe-Ala, Phe-Gly, Ser-Lys, Tyr-Phe. Из-за ошибки экспериментатора удалось выделить и идентифицировать только один

трипептидный фрагмент: Phe-Gly-Arg. Однако этого оказалось достаточно для определения первичной структуры всего пептида.

- 1) Назовите аминокислоты, соответствующие указанным трехбуквенным обозначениям, и предложите схему синтеза одной из них из соответствующей карбоновой кислоты.
- 2) Изобразите структурную формулу одного из приведенных дипептидов.
- 3) Расшифруйте структуру декапептида (используйте буквенные обозначения).
- 4) Антимикробные пептиды часто называют «последним аргументом против резистентности бактерий». О какой резистентности идет речь? Из-за чего она возникает?

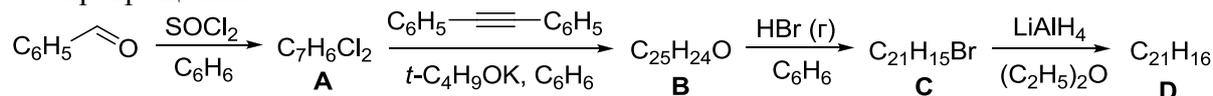
5. В ходе разработки лекарственных препаратов для улучшения физико-химических свойств потенциальной лекарственной молекулы часто используют замену «классических» органических фрагментов на фрагменты-аналоги, называемые биоизостерами. Например, биоизостером группы  $\text{CO}_2\text{H}$  является группа  $\text{SO}_3\text{H}$ . Ниже представлена схема получения веществ **D** и **H**, которые часто используются в качестве биоизостеров в медицинской химии.



- 1) Расшифруйте предложенную схему превращений, приведите структурные формулы соединений **A** – **H**. Учтите, что внутримолекулярные превращения идут гораздо быстрее, чем межмолекулярные, а на стадиях **G** → **H** и **C** → **D** образуется толуол.
- 2) Предположите, биоизостерами каких моноциклических молекул являются соединения **D** и **H**.

6. Карбены ( $\text{R}_2\text{C}:$ ) – это реакционноспособные частицы, способные реагировать с алкенами с образованием производных циклопропана. Один из простейших карбенов – дихлоркарбен – образуется из хлороформа под действием концентрированной водной щелочи.

- 1) Напишите механизм образования дихлоркарбена и структуру продукта его реакции со стиролом.
- 2) Приведите структурные формулы соединений **A** – **D** в следующей цепочке превращений:



Известно, что соединение **C**, в отличие от **B** и **D**, является солеобразным, а соединения **B**, **C** и **D** содержат по четыре циклических фрагмента.

- 3) Дополнительно предложите способ получения соединения **A** из толуола и объясните, в чем причина устойчивости катиона в соли **C**.

7. В настоящее время в промышленности при проведении реакций между газами зачастую применяется гетерогенный катализ. Адсорбцию газов на поверхности твёрдофазного катализатора можно описать моделью Ленгмюра, согласно которой:

$$\theta_i = \frac{K_i p_i}{1 + \sum K_i p_i},$$

где  $\theta_i$  – доля активных центров на катализаторе, занятая молекулами  $i$ -го компонента,  $K_i$  – константа адсорбции  $i$ -го компонента,  $p_i$  – парциальное давление  $i$ -го компонента, а  $\sum K_i p_i$  – сумма для всех компонентов попарных произведений константы адсорбции и парциального давления  $i$ -го компонента.

- 1) Напишите выражение для скорости реакции гидрирования этилена на платиновом катализаторе при 125 °С (при этой температуре вклад процесса дегидрирования идет пренебрежимо мал), считая, что скорость реакции пропорциональна количеству каталитических центров, занятых молекулами газообразных реагентов; константа скорости реакции равна  $k$ . Примите, что  $\theta_i$  для каждого компонента в течение реакции постоянна и задаётся моделью Ленгмюра.
- 2) Выразите в общем виде максимальную скорость реакции гидрирования этилена, а также давление водорода, при котором она достигается.
- 3) Какова доля каталитических центров, занятых молекулами водорода и этилена, когда скорость реакции максимальна? Объясните наличие максимума скорости реакции в рассматриваемом случае.
- 4) Приведите уравнения пяти промышленных реакций с использованием твёрдофазных катализаторов. Укажите эти катализаторы.