

## 11 класс

### 1. «Четыре раствора»

Студенту химического факультета Кириллу срочно требовалось провести качественный анализ для получения зачета по аналитической химии.

Кириллу выдали набор чистых пробирок и набор из четырех растворов, содержащих следующие вещества: сульфид натрия, иодид стронция, бромид алюминия и нитрат серебра. Каждый раствор находился в отдельной пробирке. Кирилл попытался отличить раствор сульфида по запаху, но вследствие недавно перенесенного Covid-19, потерял обоняние. Какое минимальное количество реакций, не используя никаких дополнительных реагентов, потребуется Кириллу для того, чтобы определить в какой пробирке раствор какого вещества находится? Запишите уравнения проведенных реакций.

### 2. «Неорганические аналоги углеводов»

В неорганической химии известны соединения, изоэлектронные углеводам. В частности, соединение **A** изоэлектронно этану, а соединение **B** изоэлектронно бензолу. **A** и **B** содержат в своём составе такое же количество атомов водорода, как и изоэлектронные им углеводороды.

- 1) Напишите химические формулы соединений **A** и **B**, приведите их структурные формулы и опишите (изобразите) их пространственное строение;
- 2) Предложите способы синтеза соединений **A** и **B**, напишите уравнения соответствующих реакций;
- 3) Сопоставьте физические и химические свойства этана и бензола с соответствующими свойствами изоэлектронных им неорганических соединений **A** и **B**.
- 4) Какие процессы происходят при длительном хранении соединения **A** на воздухе и при длительном хранении соединения **B** в инертной атмосфере? Напишите уравнения протекающих реакций.
- 5) Для каких целей могут быть использованы соединения **A** и **B**?

### 3. «Все тайное становится явным»

Для очистки железных котлов от ржавчины заводу был предложен патентованный состав на основе одного из полифосфатов натрия (**A**). За раскрытие коммерческой тайны фирмы изготовителя взялись сотрудники заводской лаборатории. Из полученного после обработки котлов раствора ими была выделена фракция, содержащая только полифосфатный комплекс железа (**B**) состава 1:1. Из нее отобрали аликвоту 15 мл и оттитровали 0,1 М раствором нитрилотриуксусной кислоты (при этом образуется комплекс состава 1:1) с кондуктометрической индикацией точки эквивалентности. На титрование пошло 22,5 мл кислоты. Определение содержания фосфора проводилось турбидиметрическим методом (метод количественного анализа, основанный на измерении оптической плотности взвеси определяемого вещества). Для этого пробы объемом по 10 мл стандартных растворов  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  и исследуемого раствора переносили в мерные колбы на 200 мл, обрабатывали избытком горячей баритовой воды, разбавляли раствор до метки и измеряли оптическую плотность полученных суспензий. Результаты приведены ниже в таблице:

Исходный раствор (раствор до разбавления)	Оптическая плотность
0.3 М $\text{Na}_3\text{PO}_4$	0.38
0.4 М $\text{Na}_3\text{PO}_4$	0.56
0.5 М $\text{Na}_3\text{PO}_4$	0.74
Исследуемый раствор	0.65

1. Какой полифосфат натрия был предложен заводу? Приведите его молекулярную формулу и графическую формулу соответствующего аниона. Ответ подтвердите расчетами.
2. Приведите молекулярную формулу полифосфатного комплекса железа **B**. С чем связана его высокая устойчивость? Как Вы полагаете, моно- или полиядерным является данный комплекс? Ответ поясните.
3. Напишите уравнения реакций соли **A** с гидроксидом железа(III) и с горячим раствором гидроксида бария.
4. Предложите схему получения этой соли, которая могла бы быть использована на самом заводе.
5. Напишите формулу нитрилотриуксусной кислоты и уравнение ее реакции с комплексом **B**.

#### 4. «Неравновесное равновесие» (Скрипкин М.Ю.) (20 баллов)

В вакуумированный толстостенный вольфрамовый сосуд объемом 4,0 л поместили навеску 10 г карбоната магния и выдержали при заданной температуре в течение 3 суток. Определите, значение давления в ампуле, если ее выдерживали при 200 °С, 500 °С, 900 °С. Постройте график зависимости давления в ампуле от температуры. Опишите характер зависимости  $P = f(T)$  на разных участках этого графика (линейный, параболический, экспоненциальный и т. д.), ответ аргументируйте. Оцените интервал температур, в котором меняется характер зависимости.

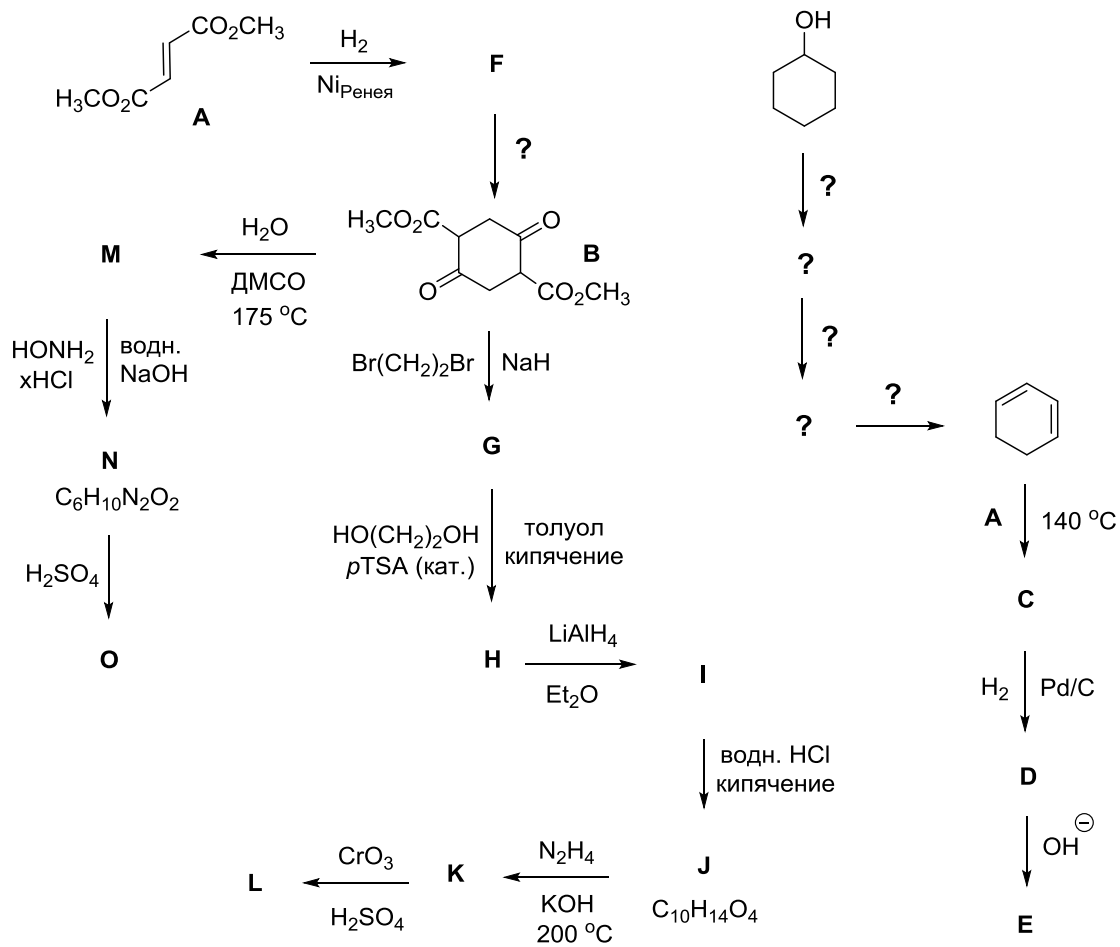
Для справки: константа равновесия и термодинамические характеристики реакции связаны соотношением  $\Delta_r G^0 = -RT \ln K$ ,  $\Delta_r G = \Delta_r H - T \Delta_r S$ . Стандартные энтальпии образования и стандартные энтропии веществ, а также значения насыпных плотностей приведены ниже в таблице.

	MgCO <sub>3</sub>	MgO	CO <sub>2</sub>
$\Delta_f H^0_{298}$ , кДж/моль	-1096,0	-601,5	-393,5
$S^0_{298}$ , Дж/К·моль	65,1	27,1	213,7
$\rho$ , г/см <sup>3</sup>	3,04	3,58	

#### 5. «Параллельный синтез изомеров»

Из диметилового эфира фумаровой кислоты (**A**) можно получить два изомерных соединения (**E** и **L**), при этом молекула одного из них ахиральна, другое же получается в виде смеси оптических изомеров. Соединение **O**, получаемое из **B**, имеет цикл большего размера, ось симметрии второго порядка, перпендикулярную плоскости молекулы и является изомером соединения **N**.

1. Расшифруйте структуры, обозначенные на схеме буквами **C-O**.
2. Сколько и какие стереоизомеры есть у структуры **N**?
3. Предложите трехстадийный путь синтеза циклогексан-1,3-диена из циклогексанола.
4. Предложите условия и механизм превращения **F** в **B**.



pTSA - *p*-толуолсульфоислота