

# ЗАДАНИЯ

заключительного этапа Универсиады РУДН

по предметному направлению

«ХИМИЯ»

Заключительный этап универсиады по предметному направлению 04.04.01 «Химия» проводится в форме письменной работы. Задания заключительного этапа включают 10 вопросов по базовым и специализированным дисциплинам направления «Химия». Правильный ответ на каждый вопрос оценивается в 10 баллов (максимальная оценка – **100 баллов**). В сумме участник может набрать 100 баллов по итогам заключительного этапа.

На выполнение всего заключительного этапа отводится 180 минут.

При решении задач очного этапа допускается использование тех справочных материалов (карт, таблиц и т.п.), которые включены в содержание задач, а также

- периодическую систему химических элементов Д. И. Менделеева
- таблицу растворимости
- ряд активности металлов
- непрограммируемый калькулятор

#### Критерии оценивания заданий заключительного этапа

№	Критерии оценивания открытых вопросов заключительного этапа	Баллы
1	Полнота и правильность ответа, использование профессиональной терминологии, применимость решения на практике	5
2	Логика и аргументация изложения материала - внутреннее смысловое единство, согласованность ключевых тезисов и утверждений, глубина проработки проблемы (обоснованность и комплексность решения)	5
<b>Итого</b>		10

### Задание 1

Ниже приведены некоторые экспериментальные данные о неизвестном неорганическом веществе **X**:

**X** – белое, расплывающееся на воздухе вещество, хорошо растворяется в воде, возгоняется при нагревании. Экспериментально определенный молекулярный вес пара равен 266.

При добавлении к водному раствору вещества **X** водного раствора аммиака образуется белый студенистый осадок.

Раствор вещества **X** также дает белый творожистый осадок **Y** при добавлении разбавленного раствора нитрата серебра. Этот белый осадок не растворяется при добавлении азотной кислоты, но легко растворяется в водном растворе аммиака, а при добавлении избытка аммиака образуется студенистый осадок **Z**.

Осадок **Z** был отфильтрован и растворен в избытке NaOH с образованием прозрачного раствора **W** со следующими свойствами: при пропускании CO<sub>2</sub> через него снова выпадает осадок **Z**.

Вещество **X** растворяется в безводном эфире без разложения. При взаимодействии этого раствора с LiH образуется продукт **U**. Если LiH взят в избытке, **U** превращается в **V**.

- 1) Определите вещества **V** - **Z**.
- 2) Запишите уравнения реакций, соответствующие описанным превращениям.

### Задание 2

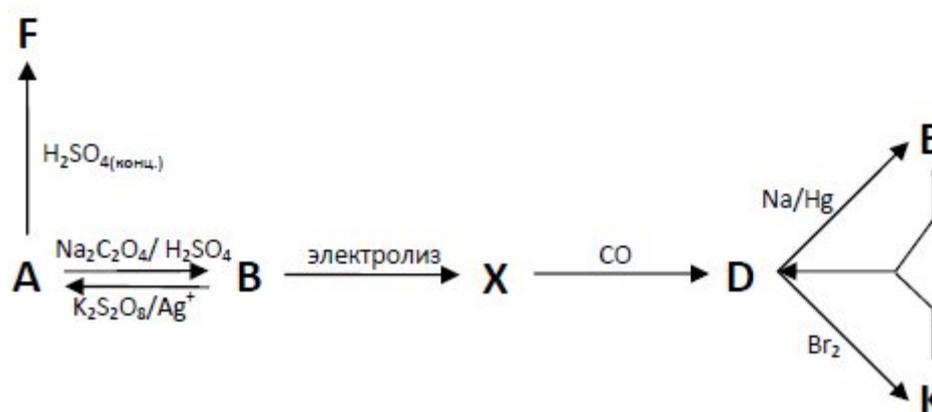
1. Большинство синтетических моющих средств содержат добавку натриевой соли кислородсодержащей кислоты элемента **Y** (внешняя электронная конфигурация элемента **Y** имеет вид  $ns^2np^3$ ). Данная кислота используется для снижения жесткости водопроводной воды. Соль этой кислоты получают при нагревании однородной смеси, состоящей из двух кислых натриевых солей самой известной кислоты данного элемента. Известно, что в молекуле кислоты содержится три атома **Y**, в составе данной соли нет атомов водорода, а при ее получении описанным способом воды по молям образуется в два раза больше, чем соли.

2. Установите формулу соли. Назовите соль и напишите описанное уравнение реакции её получения. Изобразите структурную формулу кислоты.

3. Оцените pH раствора, полученного при растворении в воде смеси двух кислых натриевых солей самой известной кислоты данного элемента **Y**, взятых в том же мольном

соотношении, что и для получения искомой соли. Константа диссоциации самой известной кислоты данного элемента Y в водном растворе по первой ступени равна  $7 \cdot 10^{-3}$ , а константы диссоциации по каждой последующей ступени меньше предыдущей приблизительно на 5 порядков.

### Задание 3



Фиолетовое кристаллическое вещество **A**, являющееся сильным окислителем, взаимодействует с  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$  в среде разбавленной  $\text{H}_2\text{SO}_4$  по реакции, широко используемой в аналитической химии, образуя соль **B** (реакция 1). С другой стороны, соль **B** при взаимодействии с  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$  в присутствии ионов серебра превращается в вещество **A** (реакция 2).

При осторожном добавлении  $\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц.})}$  к твёрдому веществу **A** образуется маслянистая жидкость **F** (реакция 3), обладающая цветовым дихроизмом.

При электролизе водного раствора соли **B** на катоде выделяется металл **X**. **X** взаимодействует с  $\text{CO}$ , образуя комплексное соединение **D** (реакция 5), содержащее связь **X–X**. Соединение **D** реагирует с амальгамой натрия с образованием соли **E** (реакция 6). При реакции соединения **D** с  $\text{Br}_2$  в отношении 1 : 1 получается вещество **K** (реакция 7). Вещества **E** и **K** вступают в реакцию (в соотношении 1 : 1) образуя вещество **D** (реакция 8). Вещества **E** и **K** являются комплексными соединениями, в которых элемент **X** находится в нехарактерных степенях окисления. Массовая доля **X** в соединении **E** равна 25,23 %, а в соединении **K** равна 20 %.

1. Определите вещества **A**, **B**, **D**, **E**, **F**, **K** и элемент **X**.

2. Напишите уравнения всех упомянутых в тексте задачи реакций (кроме реакции электролиза).

3. Укажите степень окисления элемента **X** в соединениях **E** и **K**.

#### Задание 4

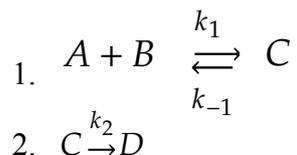
Парадоксом Гиббса иногда называют “кажущуюся неаддитивность” энтропии при смешении двух объемов газа. Рассчитайте энтропию смешения  $\Delta S$  идеальных *разных* газов после открытия дверцы в перегородке, если до этого они находились в ящике с перегородкой делящей ящик на две части; обе части имели одинаковые объёмы  $V(A) = V(B) = V$  и содержали по  $n(A) = n(B) = n$  молей газов с температурой  $T$  (это автоматически означает равенство давлений в обеих частях ящика); ящик помещён в термостат с той же температурой  $T$ . Мольные теплоёмкости газов по обе стороны перегородки принимаем одинаковыми. Как изменится  $\Delta S$ , если по обе стороны перегородки были бы *одинаковые* газы?

#### Задание 5

Для гипотетической реакции  $2A_{(г)} = A_{2(г)}$   $\Delta C_p = 1 + 2 \cdot 10^{-3} \cdot T$ , кал/К и  $\Delta H_{298}^0 = -5 \text{ ккал}$ . Определите для этой реакции температуру, при которой  $\Delta H^0 = 0$  при постоянном давлении.

#### Задание 6

Химическое превращение в газовой системе протекает с участием компонентов реакции  $A$ ,  $B$ ,  $C$  и  $D$ , причем  $A$  и  $B$  – исходные вещества,  $C$  – промежуточное вещество,  $D$  – конечный продукт. Опытным путем установлено, что скорость изменения концентрации продукта  $D$  прямо пропорциональна произведению концентрации исходных веществ  $\frac{dC_D}{dt} = k^{\text{эфф}} C_A C_B$ , где  $k^{\text{эфф}} = k_2 \frac{k_1}{k_{-1}}$ . Предполагается, что химическое превращение реализуется в виде совокупных стадий:

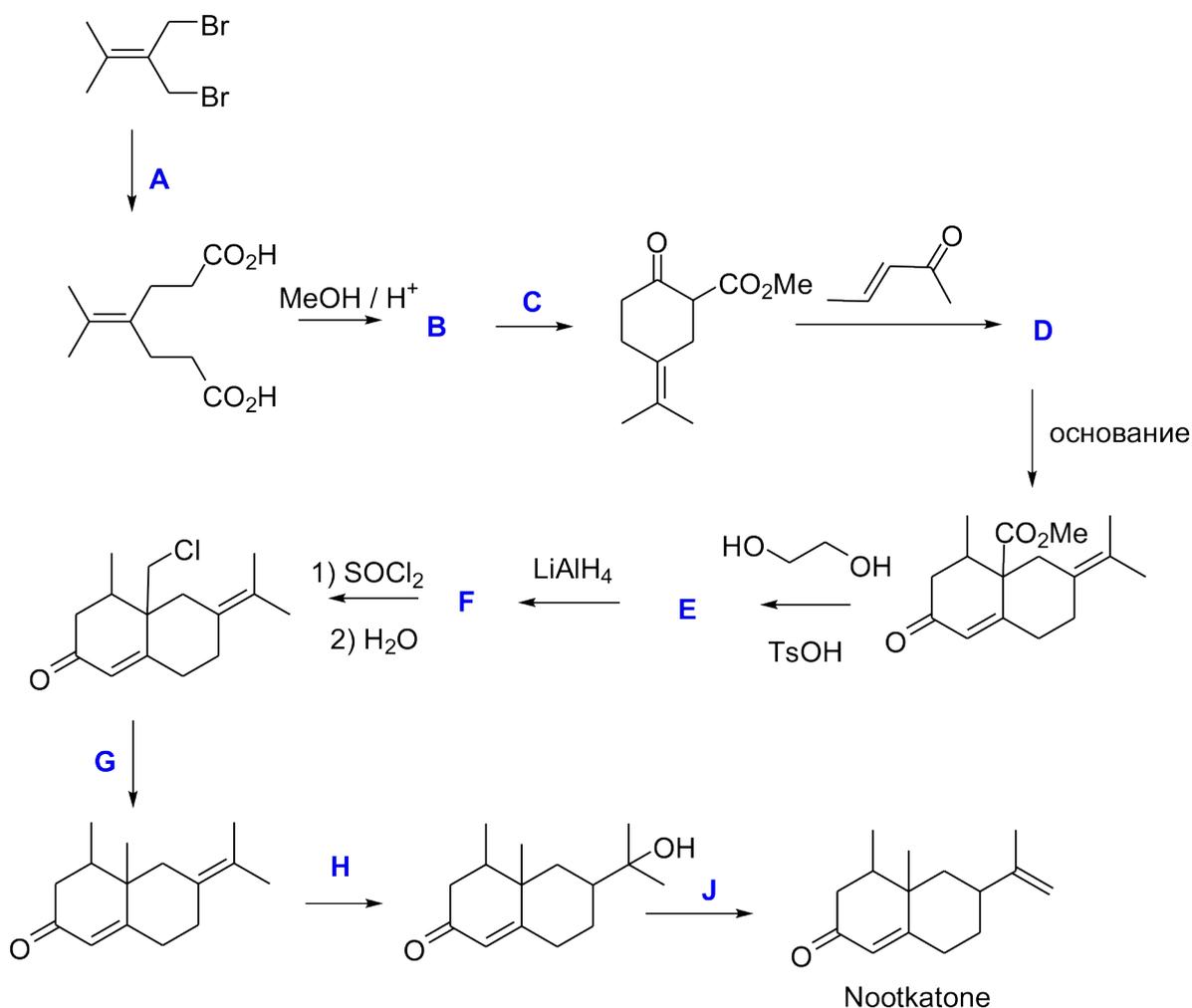


из которых стадия 1 является кинетически двусторонним процессом (с константами скоростей  $k_1$  и  $k_{-1}$ ), находящимся в каждый момент времени практически в равновесном состоянии, а стадия 2 является односторонним процессом (с константой скорости  $k_2$ ) и

остается далекой от равновесного состояния вплоть до полной выработки веществ А и В. Приняв дополнительно, что все константы скоростей подчиняются уравнению Аррениуса, установить связь опытной энергии активации  $E_{оп}$  с энергиями активации  $E_1$ ,  $E_{-1}$  и  $E_2$ .

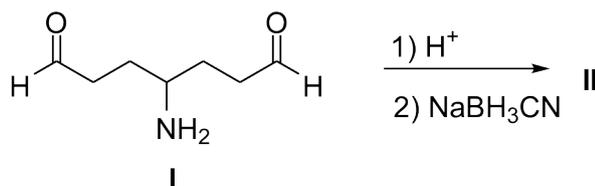
### Задание 7

Бициклический кетон Nootkatone является универсальным и безопасным репеллентом и инсектицидом. Nootkatone содержится в грейпфруте, но присутствует в кожуре плода лишь в незначительных количествах. В предложенном синтетическом пути синтеза укажите пропущенные реагенты и заполните схему превращений.



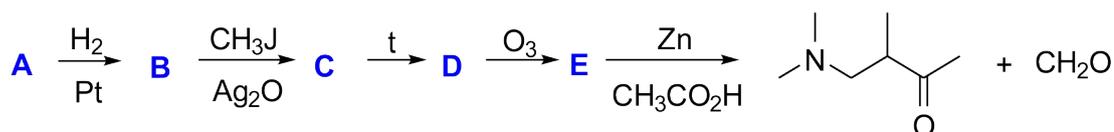
### Задание 8

Предложите пошаговый механизм для образования гексагидро-1*H*-пирролизина **II** из соединения **I**.



### Задание 9

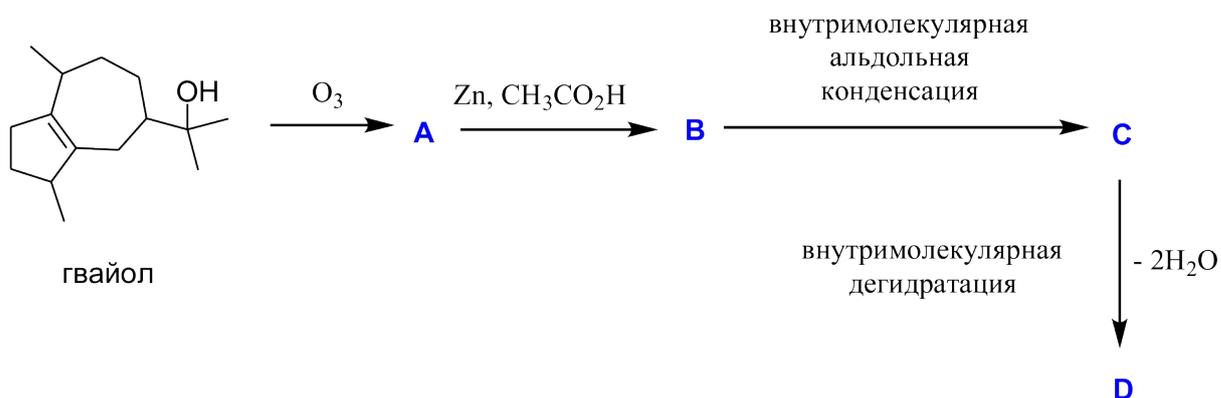
Заполните схему превращений. Укажите тип реакций для каждого превращения.



A – гетероциклическое соединение

### Задание 10

Это соединение **1** впервые было получено еще в 15 веке из эфирного масла ромашки. Название соединения **1** получило из-за своего синего цвета. Производные соединения **1** достаточно широко встречаются в природных эфирных маслах. Одно из его производных *сесквитерпеновый спирт – гвайол* (используется в парфюмерии) было выделено из гваякового дерева. Строение гвайола было установлено с помощью указанных реакций.



1. Заполните схему превращений.
2. Выделите в структуре гвайола изопреновые звенья
3. Приведите формулу соединения **1**