

## 11 класс

### № 1

- 1) Фосфорит -  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ , песок -  $\text{SiO}_2$ , уголь –  $\text{C}$ .
- 2) Химизм производства фосфора:  
$$2\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 6\text{SiO}_2 + 10\text{C} = 6\text{CaSiO}_3 + \text{P}_4 + 10\text{CO}$$

(или  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 3\text{SiO}_2 + 5\text{C} = 3\text{CaSiO}_3 + 2\text{P} + 5\text{CO}$ )
- 3) При отсутствии песка:  
$$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 8\text{C} = \text{Ca}_3\text{P}_2 + 8\text{CO}$$
- 4) При отсутствии угля:  
$$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 3\text{SiO}_2 = 3\text{CaSiO}_3 + \text{P}_2\text{O}_5$$
- 5) При отсутствии фосфорита:  
$$\text{SiO}_2 + 2\text{C} = \text{Si} + 2\text{CO}$$
$$\text{SiO}_2 + 3\text{C} = \text{SiC} + 2\text{CO} \text{ (в случае избытка угля)}$$

### Рекомендации к оцениванию:

1. Формулы компонентов шихты – по 0.5 балла.

$0.5 \times 3 = 1.5$  балла

2. Описан химизм производства фосфора – 2.5 балла. 2.5 балла
3. Реакции при отсутствии одного из компонентов – по 2 балла за реакцию (если в уравнении неверно расставлены коэффициенты, за него ставится 1 балл).  $2 \times 3 = 6$  баллов

**ИТОГО: 10 баллов**

### № 2

- 1) По условию растворимость вещества **X** на интервале от 0 до 40 °С задана функцией:

$$s = -0.0002t^3 - 0.0085t^2 + 0.8075t + 52.85$$

Наибольшее значение растворимости соответствует максимуму этой функции. В точках экстремума производная функции равна нулю:

$$s'(t) = -0.0006t^2 - 0.0170t + 0.8075 = 0$$

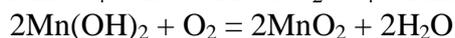
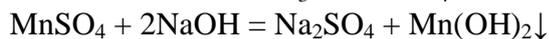
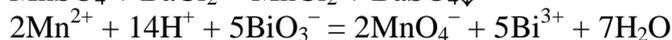
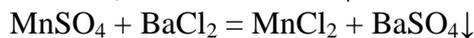
Решая данное квадратное уравнение, получаем единственный корень в интервале от 0 до 40:

$$t = 25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

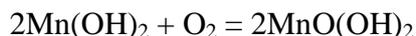
При 25 °С вещество **X** будет иметь наибольшую растворимость, а именно:

$$s(25 \text{ } ^\circ\text{C}) = -0.0002 \cdot 25^3 - 0.0085 \cdot 25^2 + 0.8075 \cdot 25 + 52.85 = 64.6 \text{ г / 100 г H}_2\text{O}$$

- 2) Белый кристаллический осадок нерастворимый в кислотах – сульфат бария, значит, искомое соединение содержит сульфат-анион. Малиново-фиолетовое окрашивание характерно для перманганат-иона. Висмутат калия в кислой среде – сильнейший окислитель, тогда соединение **X** должно содержать марганец в низкой степени окисления (скорее всего двухвалентный). Действительно, при осаждении щелочью выпадает светло-розовый гидроксид марганца (II), в дальнейшем легко окисляющийся. На основе качественных реакций, признаки которых представлены в таблице, нетрудно догадаться, что вещество **X** –  $\text{MnSO}_4$ .



или



Представим формулу кристаллогидрата **Y** в виде  $\text{MnSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ , тогда:

$$\omega(\text{H}_2\text{O}) = \frac{18x}{151 + 18x} = 0.373$$

Решая это уравнение, получаем  $n = 5$ . Следовательно, **Y** –  $\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ .

Действительно, сульфат марганца (II) широко используется в сельском хозяйстве в качестве удобрения и доступен в продаже в виде пятиводного кристаллогидрата.

- 3) Пусть количество выпавшего в осадок кристаллогидрата  $v(\text{MnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = x$  моль, тогда масса осадка  $m(\text{MnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = (277x)$  г.

Массы компонентов кристаллогидрата, выпавшего в осадок:

$$m(\text{MnSO}_4) = (151x) \text{ г}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = (126x) \text{ г}$$

Массы компонентов раствора над осадком:

$$m(\text{MnSO}_4) = (95.25 - 151x) \text{ г}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = (150 - 126x) \text{ г}$$

Раствор над осадком насыщенный. При 0°С растворимость  $s(\text{MnSO}_4) = 52.85 \text{ г / 100 г H}_2\text{O}$ :

$$\frac{95.25 - 151x}{150 - 126x} = \frac{52.85}{100}$$

Решая это уравнение, получаем  $x = 0.1893$  моль. Следовательно, масса осадка  $m(\text{MnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = 277 \cdot 0.1893 = 52.4$  г.

**Рекомендации к оцениванию:**

- |   |                            |
|---|----------------------------|
| 1. Расчёт температуры максимальной растворимости – 2 балла.   | 2 балла                    |
| 2. Определено значение наибольшей растворимости – 1 балл.   | 1 балл                     |
| 3. Определены вещества <b>X</b> , <b>Y</b> – по 1 баллу.  | $1 \times 2 = 2$ балла     |
| 4. Уравнение реакции окисления висмутатом – 1 балл (если в уравнении неверно расставлены коэффициенты, за него ставится 0.5 балла). | 1 балл                     |
| 5. Остальные уравнения реакций – по 0.5 балла (если в уравнении неверно расставлены коэффициенты, за него ставится 0.25 балла).     | $0.5 \times 3 = 1.5$ балла |
| 6. Расчёт массы осадка – 2.5 балла.   | 2.5 балла                  |

**ИТОГО: 10 баллов**

**№ 3**

Легкоплавкими металлами можно назвать Zn ( $T_{\text{пл}} = 419$  °C), Pb ( $T_{\text{пл}} = 327$  °C), Cd ( $T_{\text{пл}} = 321$  °C), Tl ( $T_{\text{пл}} = 304$  °C), Bi ( $T_{\text{пл}} = 271$  °C), Sn ( $T_{\text{пл}} = 232$  °C), In ( $T_{\text{пл}} = 157$  °C), Ga ( $T_{\text{пл}} = 30$  °C). Поскольку по условию задачи из **A** изготавливают нетоксичные сплавы, из предложенного списка можно точно исключить Pb, Cd, Tl. В условии также сказано, что существует аналог **E** — соединение **E**<sub>1</sub>, обладающее схожими физическими и химическими свойствами, а именно: инертностью и устойчивостью к температуре. Если допустить, что в его составе есть азот, так как одним из реагентов при получении **E** из **D** является аммиак, то можно предложить в качестве **E**<sub>1</sub> нитрид какого-либо элемента 13-й группы. Воспользовавшись массовой долей элемента, приходим к выводу, что речь идёт о нитриде бора – BN. Тогда можно рассчитать молярную массу элемента **A** по его массовой доле в **E**:

$$M(A) = \frac{M(N) \cdot 100}{100 - 83.27} - M(N) = 69.7$$

Такая молярная масса соответствует галлию. Зашифрованные на схеме вещества:

<b>A</b>	Ga	<b>E</b>	GaN
<b>B</b>	GaCl <sub>3</sub>	<b>F</b>	Ga(OH) <sub>3</sub>
<b>C</b>	Ga[GaCl <sub>4</sub> ]	<b>G</b>	Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
<b>D</b>	GaCl	<b>H</b>	Na[Ga(OH) <sub>4</sub> ]

Зашифрованные на схеме реакции:

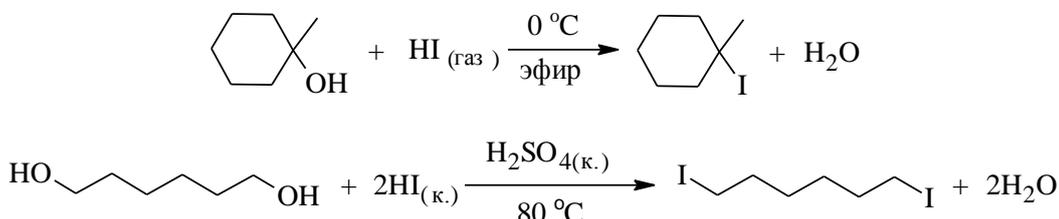
- 1)  $2\text{Ga} + 3\text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{GaCl}_3$
- 2)  $4\text{GaCl}_3 + 2\text{Ga} \rightarrow 3\text{Ga}[\text{GaCl}_4]$
- 3)  $\text{Ga}[\text{GaCl}_4] + 2\text{Ga} \rightarrow 4\text{GaCl}$
- 4)  $2\text{Ga} + 2\text{HCl} \rightarrow 2\text{GaCl} + \text{H}_2$
- 5)  $\text{GaCl} + 2\text{NH}_3 \rightarrow \text{GaN} + \text{H}_2 + \text{NH}_4\text{Cl}$
- 6)  $\text{GaN} + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ga(OH)}_3 + \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$
- 7)  $2\text{Ga(OH)}_3 \rightarrow \text{Ga}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
- 8)  $\text{Ga(OH)}_3 + \text{NaOH} \rightarrow \text{Na[Ga(OH)}_4]$
- 9)  $\text{GaN} + \text{NaOH} + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Na[Ga(OH)}_4] + \text{NH}_3$
- 10)  $\text{Ga}_2\text{O}_3 + 3\text{SOCl}_2 \rightarrow 2\text{GaCl}_3 + 3\text{SO}_2$
- 11)  $\text{Ga[GaCl}_4] + 4\text{NaOH} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Ga(OH)}_3 + 4\text{NaCl} + \text{H}_2$
- 12)  $\text{Na[Ga(OH)}_4] \rightarrow 4\text{Ga} + 3\text{O}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + 4\text{NaOH}$

**Рекомендации к оцениванию:**

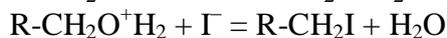
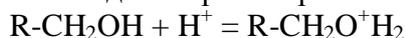
1. Расшифрованы вещества **A-H**, каждое по 0,5 балла 0,5 × 8 = 4 балла
2. Написаны уравнения реакций, зашифрованные на схеме – каждое по 0,5 балла (если в уравнении реакции неправильно расставлены стехиометрические коэффициенты, за него ставится 0,25 балла) 0,5 × 12 = 6 баллов

**ИТОГО: 10 баллов****№ 4**

1) Уравнения реакций получения иодорганических соединений из спиртов:

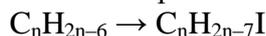


В случае третичных спиртов замещение идет по  $S_N1$  механизму, а в первичных спиртах реализуется  $S_N2$  механизм. OH-группа является «плохой» уходящей группой в  $S_N2$  процессах. Для превращения ее в более подходящую уходящую группу ( $H_2O$ ), необходимо протонирование атома кислорода:



Поэтому условия реакций замещения для первичных и третичных спиртов существенно отличаются.

2) Стехиометрическая схема реакции иодирования:



Количества вещества исходного углеводорода и продукта иодирования:

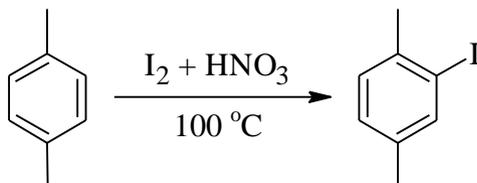
$$v(C_nH_{2n-6}) = \frac{5.3}{14n-6}$$

$$v(C_nH_{2n-7}I) = \frac{6.38}{14n+120}$$

С учетом выхода продукта реакции справедливо уравнение:

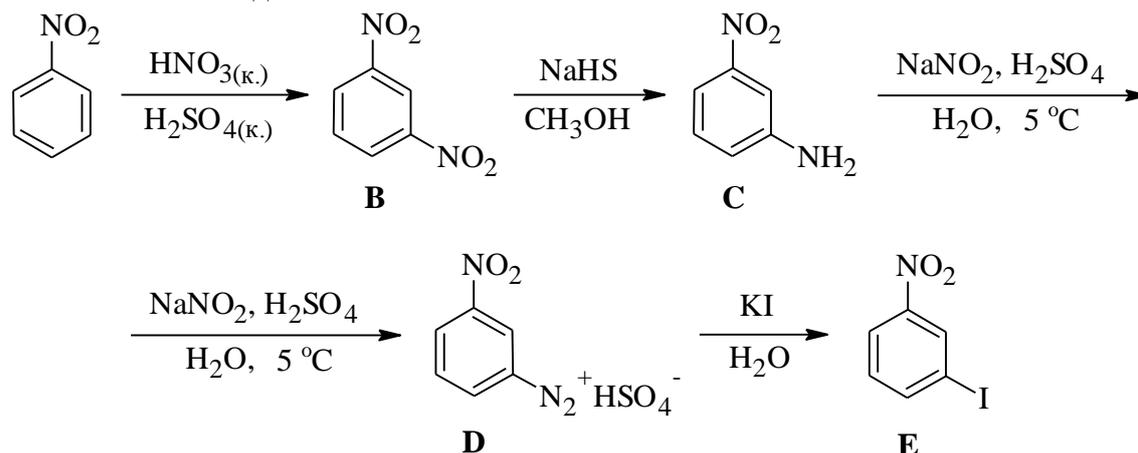
$$\frac{5.3}{14n-6} \cdot 0.55 = \frac{6.38}{14n+120}$$

Решая это уравнение, получаем  $n = 8$ , т. е. формула углеводорода  $C_8H_{10}$ . Учитывая, что в ходе реакции образуется единственное моноиодпроизводное, то **X** – *n*-диметилбензол (*n*-ксилол):



3) Получение вещества **B** – реакция нитрования. Учитывая, что  $NO_2$ -группа является заместителем II рода (за счет отрицательных электронных эффектов), замещение пройдет в *мета*-положение – образуется *m*-динитробензол (**B**). Гидросульфид натрия, являясь хорошим восстановителем (наряду с  $Na_2S$ ,  $Na_2S_2O_4$  и т.д.), переводит нитро-группу в amino-группу. Остается только вопрос – произойдет восстановление одной или двух нитро-групп? По значению массовой доли азота в продукте восстановления можно сделать вывод, что образуется *m*-нитроанилин (**C**). Далее протекает реакция образования соли диазония(**D**), а затем замещение диазогруппы на иод (по ион-радикальному

механизму). В препаративном отношении это одна из самых простых реакций ароматических солей диазония:



### Рекомендации к оцениванию:

- Уравнения реакций по 1 баллу. 3.5 балла  
Соответствие условий – 0.5 балла.  
Обоснование 1 балл.
- Определение молекулярной формулы **A** 1.5 балла 2.5 балла  
Структурная формула **A** и продукта иодирования по 0.5 балла
- Структурные формулы **B-E** по 1 баллу  $1 \times 2 = 2$  балла

**ИТОГО: 10 баллов**

### № 5

Из превращений, которые проводил Вася, можно сделать вывод, что третий элемент – кислород, так как после озонлиза неопредельного соединения были получены вещества **C** и **D**, однозначно содержащие кислород (а в условии сказано, что все соединения состоят из 3-х элементов). Тогда, исходя из массовых долей, рассчитаем состав соединений **A**, **B**, **X**, **Y**, **Z** (приведены значения, домноженные до целых чисел):

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>
n(C)	19 (9.5)	57 (9.5)	3 (1)	9	18 (9)
n(H)	36 (18)	110 (18.335)	8 (2.666)	18	34 (17)
n(O)	2 (1)	6 (1)	3 (1)	1	2 (1)

Необходимо заметить, что молекула **X** имеет степень неопредельности (С.Н.) 0 при составе  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$ , то есть это ее брутто-формула (так как молекулы  $\text{C}_6\text{H}_{16}\text{O}_6$  существовать не может).

Если при реакции **B** с щелочью и последующем подкислении было получено 3 молекулы **Y** и одна молекула **X**, то можно рассчитать количество атомов углерода в **Y** исходя из количества его атомов в соединении **B**:

$$n(\text{C})_{\text{B}} = n(\text{C})_{\text{X}} + 3 \times n(\text{C})_{\text{Y}}; n(\text{C})_{\text{Y}} = (n(\text{C})_{\text{B}} - n(\text{C})_{\text{X}}) / 3; n(\text{C})_{\text{Y}} = (57 - 3) / 3 = 18.$$

Тогда брутто-формула **Y** –  $\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2$ .

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>
формула	$\text{C}_{57}\text{H}_{108}\text{O}_6$	$\text{C}_{57}\text{H}_{110}\text{O}_6$	$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$	$\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2$	$\text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_2$
С.Н.	4	3	0	1	2

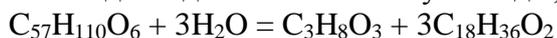
Так как при восстановлении **A** было получено **B**, то логично предположить, что в соединении **A** столько же атомов углерода, как и в **B**. Тогда его брутто-формула:  $\text{C}_{57}\text{H}_{108}\text{O}_6$ . Откуда

можно сделать вывод, что в **A** содержалась одна двойная связь C=C (в **A** на 2 атома водорода меньше, чем в **B**). Приведем все брутто-формулы соединений в виде таблицы, а также рассчитаем степень неопределенности соединений:

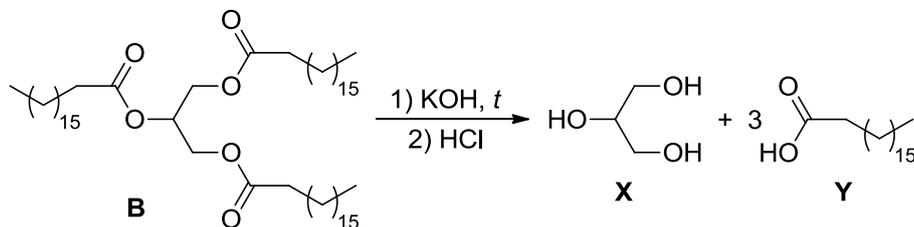
Рассмотрим соединение **Y**: в нем не содержится связей C=C (так как **B** было получено гидрированием **A**, а **Y** затем было получено из **B**) и при этом оно является линейным соединением (что сказано в условии задачи), откуда делаем вывод, что в **Y** присутствует связь C=O. Так как С.Н.(**B**) = 3, а из **B** было получено 3 молекулы **Y**, то можно предположить, что и в **B** содержатся три связи C=O. Попробуем написать реакцию  $\mathbf{B} \rightarrow \mathbf{X} + 3\mathbf{Y}$ :



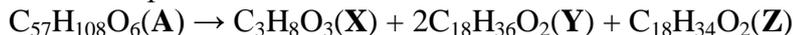
При подсчете количества атомов водорода и кислорода получается, что в левую часть необходимо добавить 3 молекулы воды, чтобы получилось равенство:



Этот факт, наличие карбонильной группы в **B**, а также условия данного превращения (нагревание с KOH, а затем подкисление), наводит на мысль о том, что данная реакция – гидролиз сложного эфира. Тогда, если в исходной молекуле **B** содержится 3 сложноэфирные группы, в **X** должно содержаться 3 гидроксильные группы, при этом единственная стабильная молекула в данном случае – это глицерин. Значит, учитывая все условия задачи (линейное строение углеродных цепей соединений), реакция гидролиза **B** имеет следующий вид:



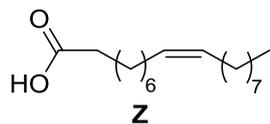
Напишем реакцию  $\mathbf{A} \rightarrow \mathbf{X} + 2\mathbf{Y} + \mathbf{Z}$ :



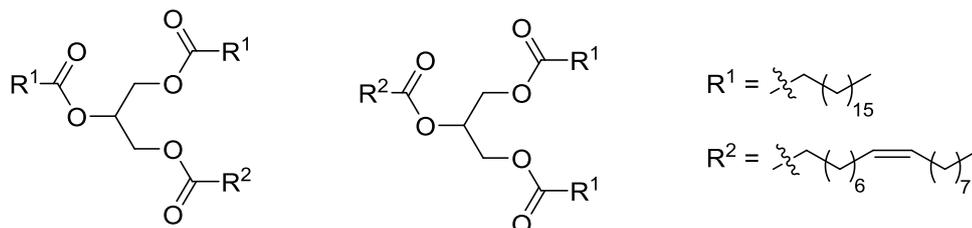
При подсчете количества атомов водорода и кислорода также получается, что в левую часть необходимо добавить 3 молекулы воды, чтобы получилось равенство:



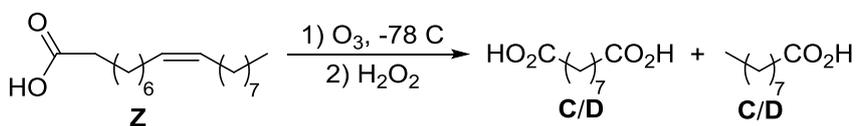
Из всего вышеупомянутого ясно, что **Z** также является кислотой, но непредельной (при гидрировании ее эфира получается эфир кислоты **Y**). В **Z** одна двойная связь, и при этом при озонлизе образуется два остатка с одинаковым числом атомов углерода, откуда делаем вывод о структуре **Z** (двойная связь имеет *цис*-конфигурацию, так как **A** – природное соединение, а все природные непредельные кислоты имеют *цис*-конфигурацию):



Соответственно, соединение **A** может иметь следующее строение, подходящее под условие задачи:



Напишем уравнение озонлиза **Z** и, соответственно, установим структуру **C** и **D**:



**A** – это природное непредельное *масло* (принимается также вариант *вещество* или *соединение*). Для гидрирования **A** мог быть использован любой катализатор гидрирования: Pt, Pd, и т.д. Однако для гидрирования масел обычно используют никелевый катализатор, который нанесен на твердую подложку, например кизельгур.

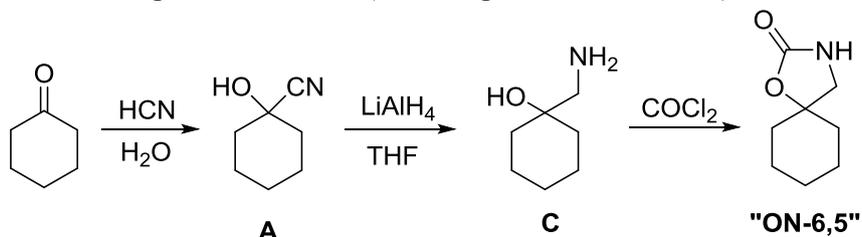
#### Рекомендации к оцениванию:

1. Вещества **B-D**, **X-Z** – по 1 баллу. (При неправильном указании конфигурации C=C связи в **Z** за него ставится 0.5 балла).  $1 \times 6 = 6$  баллов
2. 2 изомера **A** – каждый по 0.5 балла.  $0.5 \times 2 = 1$  балл
3. Любой катализатор гидрирования **A** – 1 балл. 1 балл
4. Подтверждение состава **A**, **B**, **X**, **Y**, **Z** расчетами – по 0.3 балла.  $0.3 \times 5 = 1.5$  балла
5. Указано, что вместо троеочия должно быть слово «масло» – 0.5 балла (за «вещество» или «соединение» ставится 0.25 балла). 0.5 балла

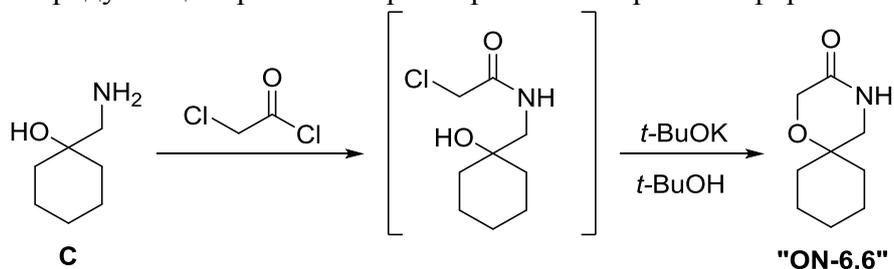
**ИТОГО: 10 баллов**

#### № 6

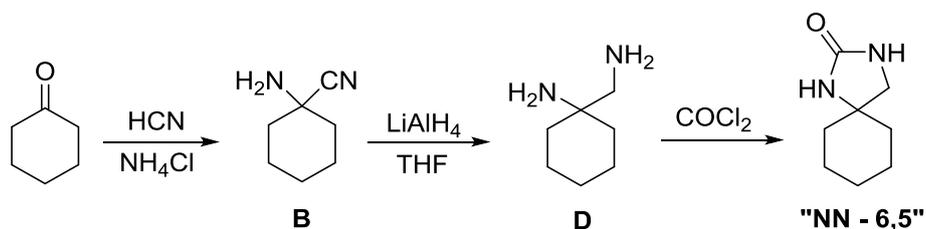
Определение спироциклических соединений – это соединения, которые состоят как минимум из двух циклических фрагментов, имеющих один общий атом углерода (спироатом). Перевод соединения **A** в **C** является реакцией получения циангидринов, дальнейшее восстановление  $\text{LiAlH}_4$  приводит к первичному амину **C**, обработка получившегося аминспирта фосгеном дает спироциклический карбамат **ON-6,5** (или спирооксазолидинон).



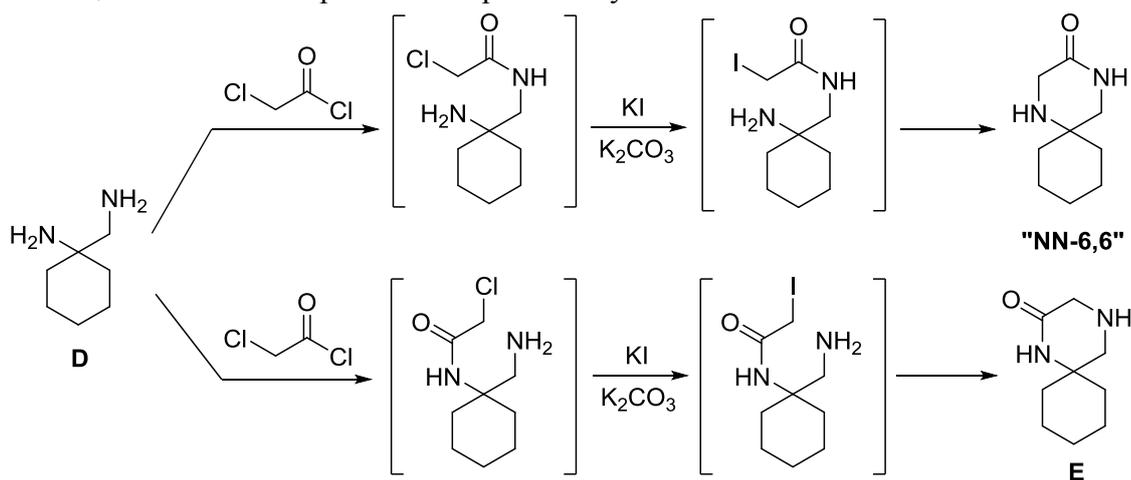
Далее из полученного аминспирта **C** получают спиролактам **ON-6,6** (или спироморфолинон) – на первом этапе происходит ацилирование более нуклеофильной аминогруппы, а затем обработка *трет*-бутилатом калия в *трет*-бутаноле позволяет замкнуть в цикл продукт ацилирования через образование простой эфирной связи.



Другая цепочка превращений начинается с модифицированной реакции Штрекера, которая приводит к аминонитрилу **B**, восстановление которого приводит к диамину **D**. При реакции с фосгеном удастся получить спироциклическое соединение **NN-6,5** которое относится к классу мочевины (также принимается вариант карбамида или спироимидазолиноны).



Обработка диамина **D** хлорангидридом хлоруксусной кислоты потенциально может приводить к двум продуктам ацилирования, однако первичная аминогруппа является более активной (стерически доступной) и реакция быстрее протекает по ней. Дальнейшее внутримолекулярное алкилирование облегчается добавкой иодида калия, который замещает хлорид на иодид, тем самым активирует реакцию алкилирования, выступая в качестве более «хорошей» уходящей группы, чем хлорид анион. Таким образом получается спиролактама **NN-6,6** (или спиропиперазинон). При обратной последовательности стадий потенциально можно прийти к спиролактаму **E**.



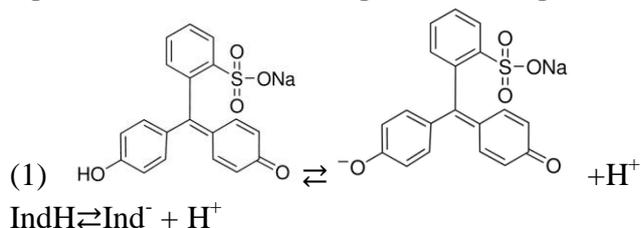
### Рекомендации к оцениванию:

- |   |                  |
|---|------------------|
| 1. 8 структурных формул – по 1 баллу.   | 1 × 8 = 8 баллов |
| 2. Дано определение спироциклических структур – 0.5 балла.  | 0.5 балла        |
| 3. Верно указан класс соединения <b>NN-6,5</b> – 0.5 балла.   | 0.5 балла        |
| 5. Указан побочный продукт в реакции образования <b>D</b> – 1 балл (без объяснения ставится 0.5 балла). | 1 балл           |

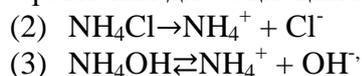
**ИТОГО: 10 баллов**

### № 7

1) Уравнения диссоциации фенолового красного:



Уравнения диссоциации хлорида аммония и водного раствора аммиака:



2) Смесь гидроксида аммония и хлорида аммония представляет собой аммиачный буферный раствор. Рассчитаем концентрацию ионов водорода, для этого запишем константу равновесия реакции (3):

$$K_b(NH_4OH) = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_4OH]},$$

данная константа — константа основности гидроксида аммония. Выразим  $[OH^-]$ :

$$[OH^-] = K_b(NH_4OH) \frac{[NH_4OH]}{[NH_4^+]}$$

Равновесие (3) сильно сдвинуто влево, т.к. существует избыток катионов аммония, образующихся в результате диссоциации хлорида аммония (2). Поэтому примем, что равновесная концентрация гидроксида аммония равна его начальной концентрации, а концентрация катионов аммония равна начальной концентрации хлорида аммония, тогда:

$$[OH^-] = K_b(NH_4OH) \frac{c_o(NH_4OH)}{c_o(NH_4Cl)}$$

Рассчитать концентрацию ионов водорода можно из ионного произведения воды:

$[H^+][OH^-] = K_w$ , при этом  $K_w = 10^{-14}$ . Окончательно получим:

$$[H^+] = \frac{K_w}{[OH^-]} = \frac{K_w}{K_b(NH_4OH) \frac{c_o(NH_4OH)}{c_o(NH_4Cl)}}$$

Так же полученное выражение может быть знакомо в логарифмическом виде как уравнение Гендерсона-Хассельбаха для расчёта pH основных буферных систем:

$$pH = 14 - pK_b - \lg \frac{c_o(\text{соли})}{c_o(\text{основания})}$$

Рассчитаем равновесную концентрацию ионов водорода и pH:

$$[H^+] = \frac{K_w}{K_b(NH_4OH) \frac{c_o(NH_4Cl)}{c_o(NH_4OH)}} = \frac{10^{-14}}{1.8 \cdot 10^{-5} \frac{0.05}{0.001}} = 2.8 \cdot 10^{-8}, pH = 7.6$$

Для определения окраски рассчитаем долю форм протонированной ( $IndH$ ) и депротонированной ( $Ind^-$ ) форм индикатора фенолового красного. Учитывая низкую концентрацию метилового красного и его низкую константу диссоциации, можно сделать вывод, что его диссоциация не будет вносить существенный вклад в общую концентрацию ионов водорода. Константа равновесия (1) равна константе диссоциации индикатора:

$$K_a(IndH) = \frac{[H^+][Ind^-]}{[IndH]}$$

Соотношение форм индикатора составляет:

$$\frac{[Ind^-]}{[IndH]} = \frac{K_a(IndH)}{[H^+]} = \frac{2.0 \cdot 10^{-8}}{2.8 \cdot 10^{-8}} = 0.71.$$

Следовательно,  $[Ind^-] = 0.71[IndH]$ . Тогда степень диссоциации индикатора по определению будет равна:

$$\alpha = \frac{[Ind^-]}{c_o(IndH)} = \frac{[Ind^-]}{[IndH] + [Ind^-]} = \frac{0.71[IndH]}{[IndH] + 0.71[IndH]} = \frac{0.71}{1.71} = 0.42.$$

Таким образом, 42 % индикатора будет существовать в депротонированной форме ( $Ind^-$ ), а 58 % индикатора — в протонированной форме ( $IndH$ ). Следовательно, цвет раствора будет представлять из себя смесь желтого и малинового цвета примерно в равных пропорциях, т.е. цвет раствора — оранжевый (допускаются следующие формулировки: красный, бордовый раствор).

3) Список возможных индикаторов приведён ниже:

Малахитовый зелёный, метиловый фиолетовый, крезоловый красный, метиловый фиолетовый, тимоловый синий, метиловый фиолетовый, метиловый жёлтый, бромфеноловый синий, конго красный, метиловый оранжевый, бромкрезоловый зелёный, бромкрезоловый синий, лакmoid, метиловый красный (метилрот), хлорфеноловый красный, лакмус (азолитмин), бромкрезоловый пурпурный, бромтимоловый синий, нейтральный красный, крезоловый красный,  $\alpha$ -нафтолфталеин, тимоловый синий,

фенолфталеин, тимолфталеин, ализариновый жёлтый ЖЖ, нильский голубой, диазофиолетовый, малахитовый зелёный, индигокармин.

**Рекомендации к оцениванию:**

- |  |                         |
|--|-------------------------|
| 1. Уравнения диссоциации:<br>фенолового красного – 1 балл<br>хлорида аммония – 0.5 баллов<br>водного раствора аммиака – 0.5 баллов   | <i>2 балла</i>          |
| 2. Расчёт концентрации ионов водорода в растворе $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{NH}_4\text{OH}$ – 3 балла<br>Расчёт долей форм фенолового красного – 3 балла<br>Вывод о цвете раствора – 1 балл | <i>7 баллов</i>         |
| 3. Примеры индикаторов — по 0,25 балла за индикатор  | <i>1 балл</i>           |
| <b>ИТОГО:</b>  | <b><i>10 баллов</i></b> |