

11 класс

*Авторы задач – Злотников Э.Г. (№ 1), Пошехонов И.С. (№№ 2, 5), Булдаков А.В. (№ 3),
Баных А.В. (№ 4), Коронатов А.Н. (№ 6), Мерещенко А.С. (№7)*

1. При промышленном производстве фосфора в электропечах обычно используют шихту, состоящую из фосфорита, песка и угля. Приведите формулы компонентов шихты и напишите уравнение реакции промышленного производства фосфора. Какие изменения в химических реакциях могут произойти, если в реактор ввести смесь, не содержащую какого-либо из указанных компонентов? Приведите соответствующие уравнения реакций.
2. Элементы, входящие в состав соединения **X**, необходимы для роста растений; в этом соединении они присутствуют в очень доступной для них форме, ведь **X** хорошо растворим в воде. Зависимость растворимости **X** в воде от температуры в интервале от 0 до 40 °С имеет вид:

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

где t – температура в °С, s – растворимость **X** (г) на 100 г воды.

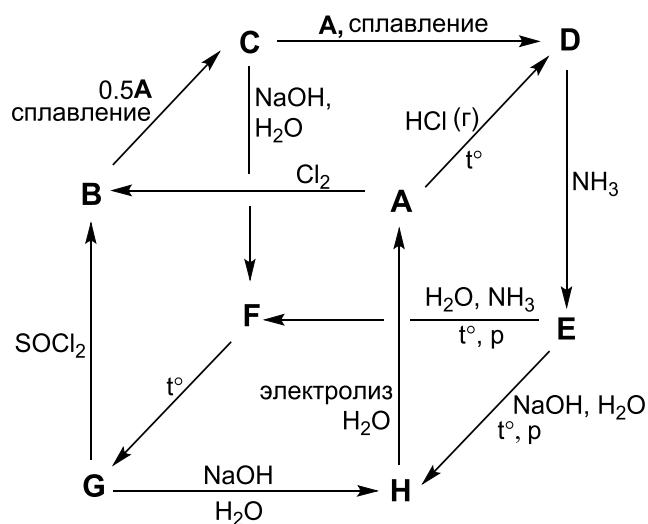
- 1) Определите, при какой температуре растворимость **X** в воде будет наибольшей, и рассчитайте это значение. С раствором **X** провели ряд экспериментов, результаты которых представлены в таблице:

реактив	BaCl ₂	KBiO ₃ + HNO ₃	NaOH
раствор X	белый осадок, нерастворимый в кислотах	малиново- фиолетовое окрашивание	светлый осадок темнеющий со временем

Соединение **X** доступно в продаже в форме кристаллогидрата **Y** ($\omega(\text{H}_2\text{O}) = 37.3\%$).

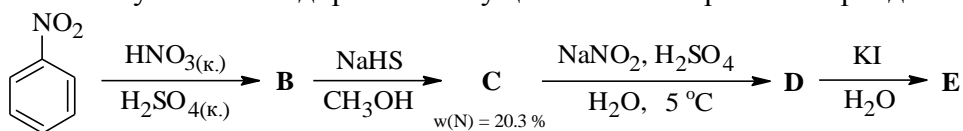
- 2) Определите состав веществ **X** и **Y**. Напишите уравнения протекающих реакций.
- 3) В 150 мл воды растворили 95.25 г соли **X**. В результате охлаждения полученного раствора до 0 °С в осадок выпал семиводный кристаллогидрат. Вычислите его массу.

3. Сплавы легкоплавкого металла **A** имеют широкий температурный диапазон жидкого состояния и используются в термометрах как нетоксичные аналоги ртути. Из соединений **A** (например, из бинарного соединения **E**, $\omega(\text{A}) = 83.27\%$) изготавливают светодиоды. Элемент **A**₁, относящийся к той же группе периодической системы, что и **A**, образует соединение **E**₁, аналогичное по стехиометрическому составу **E**. Соединение **E**₁ ($\omega(\text{A}_1) = 43.56\%$) крайне инертно, из него изготавливают керамику, устойчивую к очень высоким температурам. Расшифруйте вещества **A–H**, напишите уравнения описанных реакций.



4. Иодсодержащие органические соединения – важный класс веществ, используемых в органическом синтезе и медицине.

- Для получения третичных алкилиодидов достаточно обработать третичный спирт $\text{HI}_{(\text{водн.})}$ при невысокой температуре, тогда как для первичных алкилиодидов требуется длительное нагревание смеси спирта, $\text{HI}_{(\text{конц.})}$ и $\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц.})}$. Приведите уравнения реакций получения 1-иодметилциклогексана и 1,6-дииодгексана из соответствующих спиртов, укажите условия проведения реакций. Объясните, чем обусловлена разница в условиях.
- Введение атома иода в бензольное кольцо может быть осуществлено с помощью реакции ароматического электрофильного замещения. Т.к. молекулярный иод – слабый электрофильный агент, используют смеси молекулярного иода и сильных окислителей. Ароматический углеводород **X** массой 5.3 г обработали иодом в азотной кислоте при 100 °С, при этом образовалось единственное моноиодпроизводное (6.38 г, выход 55%). Установите молекулярную и структурную формулу углеводорода **X**, а также продукта иодирования.
- В более мягких условиях иодирование осуществляется через соли арендиазония:



Установите структурные формулы соединений **B–E**.

5. Химик Вася однажды нашел в чулане маслянистую жидкость **A**, на которой было написано «Непредельное природное ...». Он решил поэкспериментировать с **A**. Первую порцию **A** он нагревал при интенсивном перемешивании с раствором KOH , затем подкислил реакционную смесь HCl и обнаружил, что получил смесь веществ **X**, **Y** и **Z** в соотношении 1:2:1. Другую порцию **A** Вася прогидрировал, в результате чего он получил твердое вещество **B**. Проведя обработку **B** KOH при нагревании и подкислив раствор, он получил смесь веществ **X** и **Y** в соотношении 1:3. Вася также провел озонлиз **Z**, после обработки реакционной смеси H_2O_2 оказалось, что два полученных продукта **C** и **D** содержат одинаковое число атомов углерода.

- Помогите Васе определить вещества **A–D**, **X–Z**, если известно, что углеродные цепи всех соединений неразветвленные, и

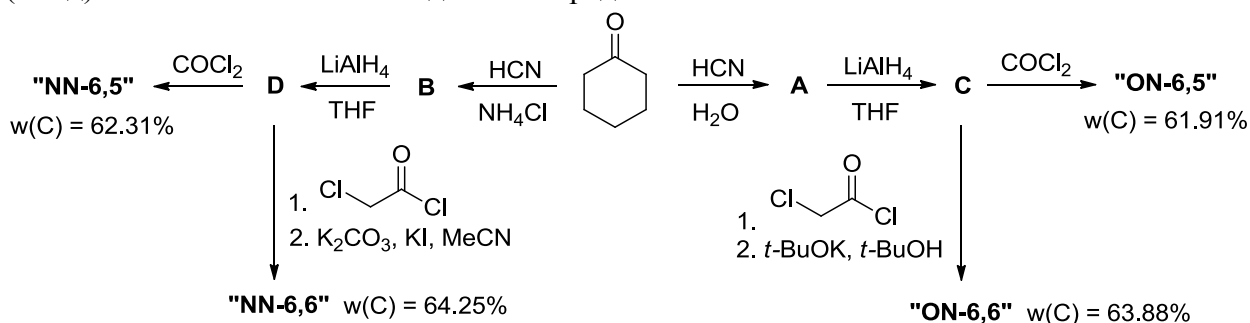
	A	B	X	Y	Z
$\omega(\text{C})$	76.97	76.79	39.13	76.00	76.54
$\omega(\text{H})$	12.24	12.44	8.76	12.76	12.13

все вещества состоят из трех элементов (массовые доли С и Н приведены в таблице).

Решение подтвердите расчетами.

- 2) Нарисуйте возможные изомеры соединения **A**, подходящие под условие задачи.
- 3) Какой катализатор для гидрирования **A** мог использовать Вася?
- 4) Что имеется ввиду под трютом в условии задачи?

6. Одним из подходов, получивших широкое распространение в фармацевтической индустрии, является фрагментный подход для разработки лекарств (Fragment-Based Drug Design). Суть подхода основывается на изучении взаимодействия малых молекул – «стартовых фрагментов» с конкретными биологическими мишенями, как правило, белками. Химику Пилулькину была поставлена задача, синтезировать набор «стартовых фрагментов» – спиросоединений **ON-6,5** (карбамат), **ON-6,6** (амид), **NN-6,5** и **NN-6,6** (амид). Схема синтеза этих соединений представлена ниже:



- 1) Расшифруйте цепочку превращений с указанием структурных формул.
- 2) Дайте определение – что такое спироциклические соединения, основываясь на структурах «стартовых блоков». К какому классу органических соединений относится молекула **NN-6,5**?
- 3) При получении **NN-6,6** возможно образование побочного продукта схожей структуры. Приведите структурную формулу и объясните путь образования этого побочного продукта.

7. Кислотно-основные индикаторы представляют собой слабые кислоты, протонированная и депротонированная формы которых имеют различную окраску. Индикатор феноловый красный в кислой среде желтый, а в щелочной – малиновый (фуксия).

- 1) Напишите уравнения диссоциации фенолового красного, хлорида аммония и водного раствора аммиака.

- 2) В водный раствор, содержащий 0.001 М гидроксид аммония ($K_d(\text{NH}_4\text{OH}) = 1.8 \cdot 10^{-5}$) и 0.05 М хлорида аммония, добавили каплю фенолового красного. Рассчитайте концентрацию ионов водорода в полученном растворе.

Какую окраску приобрел раствор? Ответ подтвердите расчетами долей форм индикатора. В расчетах концентрацию индикатора примите за 10^{-6} моль/л.

- 3) Приведите примеры ещё четырех кислотно-основных индикаторов.

Примечание: При решении данной задачи считайте, что аммиак образует с водой только моногидрат $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} = \text{NH}_4\text{OH}$

	Феноловый красный
Структурная формула (протонированная форма)	
Константа диссоциации	$2 \cdot 10^{-8}$