

**Министерство образования и науки РТ  
Казанский федеральный университет**

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады  
школьников по химии 2023–2024 гг.  
Задания**

## **Основные требования к проведению**

1. **Каждый участник** должен получить в распечатанном виде **листы с заданиями для своего класса**, а также не менее 4 экземпляров **бланков ответов**, распечатанных на листах формата А4 (только односторонняя печать!). Необходимо распечатать дополнительные экземпляры бланков ответов и предоставлять их по просьбе участников.
2. Никто из участников не должен получить или видеть **задания другого класса** или решать задания одновременно за несколько классов.
3. **Каждый участник** должен получить в распечатанном виде **таблицы Менделеева и растворимости**, приведенные в этом файле ниже. **Запрещено** пользоваться принесенной с собой таблицей Менделеева и таблицей растворимости.
4. **Каждый участник** должен иметь при себе калькулятор. Оргкомитету желательно иметь несколько запасных калькуляторов и предоставлять их на время олимпиады по просьбе участников.
5. Участникам во время олимпиады **запрещается** пользоваться телефонами, компьютерами, наушниками, электронными часами, книгами и тетрадями с записями.
6. Участники записывают свои решения только на **лицевой стороне бланков ответов**. Обратная сторона бланков ответов не сканируется и не проверяется, о чем необходимо предупредить участников. Она может быть использована в качестве черновика. Участникам **запрещается** указывать свои личные данные на бланках ответов.
7. На решение задач всем участникам **вне зависимости от времени начала олимпиады** должно быть дано 3 часа 55 минут. После окончания этого времени участники должны сдать свои работы в течение пяти минут. Любой участник имеет право сдать свою работу и уйти раньше времени.

Раздается каждому участнику

### ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ РЯД НАПРЯЖЕНИЙ МЕТАЛЛОВ

Li, Rb, K, Cs, Ba, Sr, Ca, Na, Mg, Be, Al, Mn, Zn, Cr, Fe, Cd, Co, Ni, Pb, (H), Bi, Cu, Hg, Ag, Pd, Pt, Au

### РАСТВОРИМОСТЬ СОЛЕЙ, КИСЛОТ И ОСНОВАНИЙ В ВОДЕ

анион катион	OH <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	F <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Br <sup>-</sup>	I <sup>-</sup>	S <sup>2-</sup>	SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>
H <sup>+</sup>		P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	P	P
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	–	P	P
K <sup>+</sup>	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Na <sup>+</sup>	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Ag <sup>+</sup>	–	P	P	H	H	H	H	H	M	H	–	H	M
Ba <sup>2+</sup>	P	P	M	P	P	P	P	H	H	H	H	H	P
Ca <sup>2+</sup>	M	P	H	P	P	P	M	H	M	H	H	H	P
Mg <sup>2+</sup>	H	P	M	P	P	P	M	H	P	H	H	H	P
Zn <sup>2+</sup>	H	P	M	P	P	P	H	H	P	H	–	H	P
Cu <sup>2+</sup>	H	P	P	P	P	–	H	H	P	–	–	H	P
Co <sup>2+</sup>	H	P	H	P	P	P	H	H	P	H	–	H	P
Hg <sup>2+</sup>	–	P	–	P	M	H	H	–	P	–	–	H	P
Pb <sup>2+</sup>	H	P	H	M	M	H	H	H	H	H	H	H	P
Fe <sup>2+</sup>	H	P	M	P	P	P	H	H	P	H	H	H	P
Fe <sup>3+</sup>	H	P	H	P	P	–	–	–	P	–	–	H	P
Al <sup>3+</sup>	H	P	M	P	P	P	–	–	P	–	–	H	M
Cr <sup>3+</sup>	H	P	M	P	P	P	–	–	P	–	–	H	P
Sn <sup>2+</sup>	H	P	H	P	P	M	H	–	P	–	–	H	P
Mn <sup>2+</sup>	H	P	H	P	P	H	H	H	P	H	H	H	P

P – растворимо M – малорастворимо (< 0,1 М) H – нерастворимо (< 10<sup>-4</sup> М) – – не существует или разлагается водой

Раздается каждому участнику

## ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭЛЕМЕНТОВ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1 H 1,008	2 He 4,0026																
2	3 Li 6,941	4 Be 9,0122											5 B 10,811	6 C 12,011	7 N 14,007	8 O 15,999	9 F 18,998	10 Ne 20,180
3	11 Na 22,9897	12 Mg 24,3050											13 Al 26,982	14 Si 28,086	15 P 30,974	16 S 32,066	17 Cl 35,453	18 Ar 39,948
4	19 K 39,0983	20 Ca 40,078	21 Sc 44,9559	22 Ti 47,867	23 V 50,9415	24 Cr 51,9961	25 Mn 54,9380	26 Fe 55,845	27 Co 58,9332	28 Ni 58,6934	29 Cu 63,546	30 Zn 65,39	31 Ga 69,723	32 Ge 72,61	33 As 74,922	34 Se 78,96	35 Br 79,904	36 Kr 83,80
5	37 Rb 85,4678	38 Sr 87,62	39 Y 88,9059	40 Zr 91,224	41 Nb 92,9064	42 Mo 95,94	43 Tc 98,9063	44 Ru 101,07	45 Rh 102,9055	46 Pd 106,42	47 Ag 107,868	48 Cd 112,411	49 In 114,82	50 Sn 118,71	51 Sb 121,75	52 Te 127,60	53 I 126,905	54 Xe 131,29
6	55 Cs 132,9054	56 Ba 137,327	57 La 138,9055	* 72 Hf 178,49	73 Ta 180,9479	74 W 183,84	75 Re 186,207	76 Os 190,23	77 Ir 192,217	78 Pt 195,078	79 Au 196,966	80 Hg 200,59	81 Tl 204,383	82 Pb 207,2	83 Bi 208,980	84 Po [209]	85 At [210]	86 Rn [222]
7	87 Fr [223]	88 Ra [226]	89 Ac [227]	** 104 Rf [265]	105 Db [268]	106 Sg [271]	107 Bh [270]	108 Hs [277]	109 Mt [276]	110 Ds [281]	111 Rg [280]	112 Cn [285]	113 Nh [284]	114 Fl [289]	115 Mc [288]	116 Lv [293]	117 Ts [294]	118 Og [294]

*	58 Ce 140,116	59 Pr 140,90765	60 Nd 144,24	61 Pm [145]	62 Sm 150,36	63 Eu 151,964	64 Gd 157,25	65 Tb 158,92534	66 Dy 162,50	67 Ho 164,93032	68 Er 167,26	69 Tm 168,93421	70 Yb 173,04	71 Lu 174,967
**	90 Th 232,0381	91 Pa 231,03588	92 U 238,0289	93 Np [237]	94 Pu [242]	95 Am [243]	96 Cm [247]	97 Bk [247]	98 Cf [251]	99 Es [252]	100 Fm [257]	101 Md [258]	102 No [259]	103 Lr [262]

Число Авогадро  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$  моль<sup>-1</sup>, заряд электрона  $e = -1,60 \cdot 10^{-19}$  Кл, универсальная газовая постоянная  $R = 8,314$  Дж·К<sup>-1</sup>·моль<sup>-1</sup>

## 8 класс

### Задание 1.

Сера образует ряд соединений с кислородом и галогенами (оксогалогениды серы, например,  $\text{SOCl}_2$ ), в которых атомы кислорода всегда имеют валентность II и связаны только с атомами серы, атомы галогенов (F, Cl, Br, I) всегда имеют валентность I и связаны только с атомами серы, а сера имеет валентность IV или VI и не образует связей сера-сера.

*Валентность – количество химических связей, которые образует атом.*

1. Сколько различных оксогалогенидов серы, молекулы которых содержат суммарно 4 атома, может существовать?
2. Один из оксогалогенидов серы имеет состав  $\text{S}_2\text{O}_5\text{Cl}_2$ . Изобразите его структурную формулу, если известно, что в этой молекуле нет циклов (замкнутых последовательностей атомов, соединенных связями).
3. Каков состав оксофторида серы, молекула которого содержит 12 одинарных связей, но при этом ни одной двойной связи и ни одного цикла? Изобразите его структурную формулу.

Оксогалогенид серы массой 1,000 г при помещении в некоторый объем воды образовал раствор объемом 104,0 мл, в котором содержатся только серная кислота ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) концентрацией 0,0751 моль/л и бромоводородная кислота ( $\text{HBr}$ ) концентрацией 0,0501 моль/л.

4. Определите формулу исходного оксогалогенида серы и рассчитайте, какая масса оксида бария необходима для нейтрализации полученного раствора. Приведите ваши расчеты.

### Задание 2.

Гидроксиды большинства металлов при прокаливании разлагаются с образованием оксида металла в той же степени окисления.

1. Запишите формулу гидроксида хрома (III) и уравнение реакции его разложения при нагревании.

В ходе разложения 1 моль вещества А – гидроксида двухвалентного металла – образовалось  $x$  грамм оксида, а при разложении  $x$  грамм вещества А образовалось 64,86 грамм оксида.

2. Определите формулу вещества А. Ответ подтвердите расчетом.
3. Какой цвет имеют вещество А и твердый продукт его разложения?

Иногда при прокаливании гидроксидов степень окисления металла все же меняется. При нагревании гидроксида церия (III) на воздухе образуется оксид церия (IV) и ещё одно вещество, жидкое при стандартных условиях.

При нагревании гидроксида железа (II) без доступа воздуха получается оксид железа, в котором мольная доля атомов железа составляет 42,9%. В этой реакции помимо оксида железа образуется одно жидкое при стандартных условиях вещество и одно газообразное при стандартных условиях простое вещество.

4. Запишите уравнения обеих описанных реакций.

### Задание 3.

В 1774 году английский химик Джозеф Пристли с помощью разложения оранжевого твердого вещества **A** в закрытом сосуде получил газ **X**, который сам Пристли в своих трудах называл «бесфлогистонным воздухом». Остатком от разложения вещества **A** в эксперименте Пристли является металл **B**, находящийся в жидком агрегатном состоянии при комнатной температуре.

1. Приведите формулы веществ **A**, **B** и **X**, запишите уравнение реакции, протекающей при разложении вещества **A**.

Тремя годами ранее газ **X** также был получен химиком Карлом Шееле при действии серной кислоты на пиролюзит – минерал, основным компонентом которого является оксид марганца (IV). Однако Шееле опубликовал свои результаты значительно позже, чем Пристли, поэтому первооткрывателем **X** обычно считается последний. Помимо газа **X**, Шееле за годы своей работы открыл множество различных веществ. Например, в 1774 году, действуя на пиролюзит соляной кислотой, он получил желто-зеленый газ **Y**.

2. Приведите формулу вещества **Y**, а также запишите уравнения реакций, протекающих при растворении пиролюзита в серной и соляной кислотах.

Газ **Z**, имеющий тот же качественный состав, что и газ **X**, является сильным окислителем и в настоящее время используется для обеззараживания воды.

3. Приведите формулу газа **Z**.

### Задание 4.

Юный химик Рашит раздобыл порошок простого вещества **X** и блестящие гранулы простого вещества **Y**. Он провел с ними несколько опытов.

В первом опыте он нагревал 10,00 г порошка **X** с 5,00 г **Y**, после чего всю реакционную смесь поместил в раствор HCl. Оказалось, что весь продукт

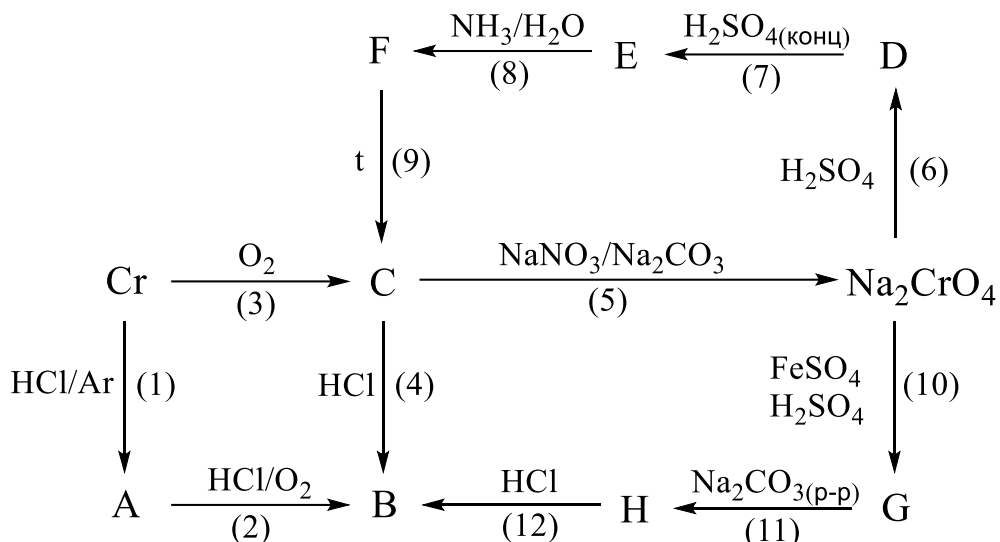
реакции (вещество **U**) растворился (при этом выделился газ **Z** с запахом тухлых яиц), однако на дне осталось 1,09 г не вступившего в реакцию **X**.

1. Рассчитайте массовые доли элементов, образующих вещество **U**.
2. Определите формулы веществ **U** и **Z**. Запишите уравнения реакций получения **U** и взаимодействия **U** с  $\text{HCl}$ .
3. Рассчитайте объём газа, который выделился в описанном опыте при н.у.
4. Какой объём газа выделился бы, если бы было взято 10,00 г **Y** и 5,00 г **X**?

## 9 класс

### Задание 1.

Ниже приведены превращения, отражающие некоторые химические свойства хрома и образуемых им соединений.



1. Приведите формулы неизвестных веществ **A-H**.
2. Запишите уравнения реакций **1-12**.
3. Зачем при проведении реакции **1** через раствор продувают газообразный аргон?

### Задание 2.

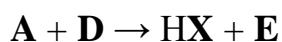
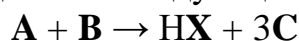
Однозарядные анионы **X** и **Y** относят к группе, называемой «псевдогалогениды». Действительно, эти анионы имеют много общего с галогенид-анионами: их соли дают в водном растворе осадки с солями серебра (**I**), а при электролизе образуют димерные молекулы.

1. Обозначив анион как **X<sup>-</sup>**, запишите в общем виде два уравнения реакций, соответствующих описанным выше свойствам псевдогалогенидов.

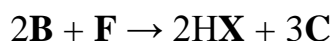
Натриевые соли **NaX** и **NaY** содержат 46,9 % и 28,4 % натрия по массе, соответственно.

2. Установите анионы **X** и **Y**.

Соль **NaX** может быть получена при нейтрализации кислоты **HX** гидроксидом натрия. В чистом виде **HX** представляет собой газ, который может быть синтезировать одним из следующих способов:







Известно, что стехиометрическая смесь продуктов синтеза по первому способу имеет плотность по водороду, равную 4,125,  $\mathbf{F}$  – простое вещество, а  $\mathbf{NaY}$  образуется при взаимодействии  $\mathbf{NaX}$  с другим простым веществом жёлтого цвета.

3. Приведите формулы соединений  $\mathbf{A}$ – $\mathbf{F}$ . Ответ подтвердите расчётом.
4. Запишите уравнение реакции получения  $\mathbf{NaY}$  из  $\mathbf{NaX}$ .

### Задание 3.

Прибираясь в лаборатории после практического занятия, лаборант Ваня обнаружил на столе остатки 10 %-ных водных растворов серной кислоты ( $\rho = 1,07$  г/мл), карбоната натрия ( $\rho = 1,10$  г/мл) и сульфата меди (II) ( $\rho = 1,11$  г/мл). Решив, что лучше поэкспериментировать с оставшимися растворами, чем вылить их в раковину, Ваня провёл несколько опытов.

Сначала он налил в пробирку 5 мл раствора серной кислоты и добавил туда 10 мл раствора карбоната натрия. Выделился газ, объём которого Ване удалось измерить с достаточной точностью.

1. Рассчитайте объём газа, выделившегося в описанном опыте (н.у.).

В следующий раз Ваня изменил порядок сливания, по каплям прилив 5 мл раствора серной кислоты к 10 мл раствора карбоната натрия. К его удивлению, объём выделившегося газа оказался значительно меньше, чем в первом опыте.

2. Почему во втором опыте выделился меньший объём газа? Ответ сопроводите уравнением реакции. Рассчитайте минимальный объём газа, который мог бы выделиться в указанном опыте.

Затем Ваня принялся экспериментировать с растворами карбоната натрия и сульфата меди (II). Сперва он небольшими порциями добавил к раствору сульфата небольшое количество карбоната натрия. Сливание сопровождалось образованием пузырьков и выпадением голубого осадка.

«Интересно!» – подумал Ваня, – «Что будет, если изменить порядок?»

На сей раз он быстро влил раствор сульфата меди в раствор карбоната натрия. Выпавший осадок на сей раз имел другой цвет.

«Ещё интереснее!» – воскликнул молодой химик. Он аккуратно отфильтровал осадки и провёл дополнительные опыты.

Элементный анализ показал, что голубой осадок содержит 52,05 % меди, 6,57 % серы, 2,06 % водорода и кислород. При небольшом нагревании образец этого вещества потерял 7,4 % массы.

Осадок, полученный в другом опыте, также разлагался при нагревании. Из 1,500 г осадка было получено 1,079 г чёрного порошка, а внесение такой же массы исходного вещества в раствор серной кислоты привело к выделению 152 мл газа (н.у.)

3. Установите формулы двух осадков. Ответ подтвердите расчётом.
4. Запишите уравнения реакций, приводящих к образованию данных осадков (2 уравнения), а также уравнения реакций, используемых в ходе анализа (4 уравнения).
5. Какой цвет имел осадок, образовавшийся во втором опыте?

#### Задание 4.

Смесь газов **X** и **Y**, называемая синтез-газом, используется для получения многих органических веществ. Например, из синтез-газа могут быть получены метанол  $\text{CH}_3\text{OH}$  и этиленгликоль  $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ . Известно, что синтез-газ с оптимальным для получения метанола соотношением **X** и **Y** имеет плотность 0,476 г/л (н.у.).

1. Установите формулы газов **X** и **Y**, учитывая, что буквой **Y** обозначен более лёгкий газ.
2. Какую плотность (н.у.) будет иметь смесь **X** и **Y**, используемая для синтеза этиленгликоля?

Теплоты образования **X**, **Y**, метанола и этиленгликоля в газовой фазе приведены в таблице:

Вещество	<b>X</b>	<b>Y</b>	$\text{CH}_3\text{OH}_{(г)}$	$\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}_{(г)}$
$Q_{\text{обр}}$ , кДж/моль	110,5	0	200,7	388,7

3. Запишите уравнения реакций получения метанола и этиленгликоля из синтез-газа и вычислите тепловые эффекты этих реакций.

Известны величины энергий связи в метаноле и этиленгликоле:

Связь	C–H	C–C	C–O	O–H
$E$ , кДж/моль	414	346	351	464

4. Оцените величины энергий связи в молекулах **X** и **Y**.
5. Из синтез-газа можно получать и другие органические соединения, например, метан. Запишите уравнение реакции получения метана из синтез-газа и оцените тепловой эффект этой реакции.

## 10 класс

### Задание 1.

Оксид **A** элемента **X** при взаимодействии с гидроксидом калия образует соль **B** (*реакция 1*), а при спекании с супероксидом калия ( $\text{KO}_2$ ) – соль **B** (*реакция 2*). Анионы солей **B** и **B** отличаются только числом атомов кислорода (в анионе соли **B** – на 1 меньше), причем массовая доля калия в одной из солей составляет 38,11%.

Соль **B** может быть использована для получения оксида **Г** по реакции с оксидом серы(VI) (*реакция 3*). **Г** – типичный кислотный оксид и при взаимодействии с водой образует вещество **Д** (*реакция 4*), вступающее в реакцию с гидроксидом алюминия с образованием соли **Е** (*реакция 5*). Смешение концентрированных растворов солей **Е** и **B** приводит к выпадению осадка кристаллогидрата **Ж** (*реакция 6*), принадлежащего к довольно распространенному структурному типу квасцов.

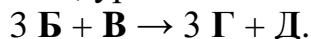
При нагревании **B** в токе водорода масса твердой фазы уменьшается в 1,31 раза (*реакция 7*). Твердый остаток после нагревания, бинарное соединение **З**, легко вступает в реакцию с раствором сульфата кадмия с образованием ярко-красного вещества **И** (*реакция 8*), применяющегося как полупроводник и как краситель.

1. Определите неизвестные вещества **A** – **И**.
2. Запишите уравнения *реакций 1 – 8*.
3. Изобразите структурную формулу аниона соли **B**. Какую форму он имеет?
4. Почему от использования вещества **И** в качестве красителя постепенно отказываются?

### Задание 2.

Водород образует соединения с некоторыми элементами, в которых его степень окисления равна  $-1$ . Такие соединения называют гидридами.

Металл **A** является самым легким среди всех металлов. При его нагревании в атмосфере водорода образуется гидрид **B**. При взаимодействии **B** с веществом **B** происходит реакция, уравнение которой имеет следующий вид:



Известно, что **Г** – соединение **A** с хлором, а **Д** – гидрид алюминия.

1. Определите формулы **A**, **B**, **B**, **Г**, **Д**.

Гидрид другого легкого металла, вещество **Е**, содержит в одной формульной единице 14 протонов. При взаимодействии 1 моль **Е** с водой образуется только гидроксид металла (вещество **Ж**) и 2 моля водорода.

2. Определите формулы веществ **Е** и **Ж**, запишите уравнение реакции **Е** с водой.

С водой легко взаимодействует и гидрид **З**. При помещении некоторого количества **З** в 123,1 мл воды образуется раствор объёмом 109,2 мл, содержащий 11,0 % по массе гидроксида **И** и имеющий плотность 1,20 г/мл, а также газообразный водород объёмом 8,07 л (при н.у.).

3. Рассчитайте массу **З**, прореагировавшую с водой.

4. Определите формулы **З** и **И**.

Некоторые металлы образуют гидриды переменного состава, состав которых записывают в виде  $MH_x$ , где  $x$  может быть как целым, так и дробным числом. При их образовании атомы водорода размещаются в пустотах кристаллической решетки металла.

Металл **К** образует кристаллическую решетку, в которой на каждый атом металла **К** приходится 1 пустота, вмещающая молекулу водорода, и 1 пустота, вмещающая атом водорода. При выдерживании в атмосфере водорода металла **К** получен образец его гидрида, в котором заполнены 4% пустот большего размера и 62% пустот малого размера. Массовая доля водорода в этом гидриде составляет 0,65%.

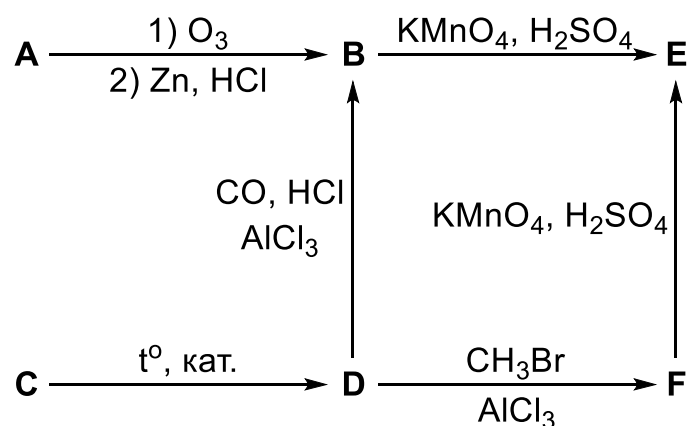
5. Определите металл **К** и формулу его гидрида, полученного в опыте.

6. Считая, что опыт по получению гидрида проводился при нормальных условиях, рассчитайте, сколько объёмов водорода поглотил один объём металла **К**. Плотность металла **К** равна 12020 кг/м<sup>3</sup>.

### Задание 3.

Углеводород **А**, содержащий 93,29% углерода по массе, при озонлизе в мягких условиях с последующим восстановительным разложением озонида цинком в соляной кислоте образует в качестве продукта единственное органическое вещество **В**. Также вещество **В** может быть получено из вещества **Д** при действии на него угарного газа и хлороводорода в присутствии хлорида алюминия. Вещество **Д** можно получить при нагревании газа **С** в присутствии катализатора – активированного угля или никеля. Газ **С** применяется для сварки металлов. При окислении перманганатом калия в сернокислом растворе вещество **В**, как и вещество **Г**, образует вещество **Е**. **Г** можно получить из вещества **Д** по реакции с бромметаном в присутствии хлорида алюминия.

Все вышеописанные превращения продублированы на схеме:



1. Приведите структурные формулы веществ **A** – **F**.
2. Известно, что вещество **A** может существовать в виде двух геометрических изомеров. Изобразите их структурные формулы.
3. Хлорида алюминия в реакциях получения веществ **B** и **F** из вещества **D** является (выберите правильный вариант ответа):
  - а) инициатором
  - б) катализатором
  - в) растворителем
  - г) ингибитором
  - д) промотором
  - е) нуклеофилом

#### Задание 4.

В таблице приведены температурные зависимости стандартной энергии Гиббса ряда реакций от абсолютной температуры  $T$ :

№	Реакция	$\Delta_r G^\circ(T/K) / \text{Дж/моль}$
1	$\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$	$-393500 - 2,9T$
2	$2\text{CO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}_2$	$-566000 + 173,1T$
3	$2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})}$	$-571600 + 326,7T$
4	$2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{г})}$	$-483600 + 88,9T$

1. Укажите номера реакций, константа равновесия  $K$  которых убывает с ростом температуры.
2. Укажите номера реакций, для которых повышение общего давления в системе приводит к значительному смещению равновесия вправо.
3. Определите на основании приведённых в таблице данных:
  - а) Температурную зависимость энергии Гиббса реакции окисления угарного газа парами воды в соответствии с уравнением  $\text{CO} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{г})} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$ ;
  - б) Мольную энтальпию испарения воды;
  - в) Стандартные энтальпии образования угарного и углекислого газа;

г) Температуру, при которой в эквимолярной смеси углекислого газа и водорода станет больше угарного газа, чем углекислого.

*Необходимые формулы:*

$$\Delta_r G^\circ = -RT \ln K$$

$$\Delta_r G^\circ = \Delta_r H^\circ - T \Delta_r S^\circ$$

Значения  $\Delta_r H^\circ$  и  $\Delta_r S^\circ$  принять не зависящими от температуры.

## 11 класс

### Задание 1.

Серебристо-белый металл **М**, взаимодействуя с газами **А** и **В**, которые могут быть получены при электролизе водного раствора серной кислоты (*Реакция 1*), образует бинарные соединения **С** и **Д**, соответственно (*Реакции 2 и 3*). Оба этих соединения растворяются в горячей воде с выделением газа и образованием раствора вещества **Е** (*Реакции 4 и 5*). Этот раствор может быть также получен при растворении в воде самого металла **М**, реакция в этом случае протекает очень бурно и также сопровождается выделением газа (*Реакция 6*). Теоретически при растворении 1,00 г **М** может быть получено 0,487 л газа (н.у.). При растворении **Д** в холодной воде протекает реакция, которая не сопровождается выделением газа (*Реакция 7*).

1. Установите металл **М** и неизвестные соединения **А-Е**.
2. Приведите уравнения реакций 1–7.

Если в уравнениях реакций 1–7 металл **М** заменить на его соседей по группе сверху **Л** и снизу **Н**, то они останутся верными. Однако одна из реакций в случае с этими соседями протекает лишь как побочный процесс при взаимодействии соответствующих исходных веществ, а большая их часть реагирует по-другому.

3. Укажите эту реакцию. Запишите уравнения реакций, протекающих преимущественно в случаях с **Л** и **Н**.

### Задание 2.

Современная химия находится в активном поиске альтернативы традиционным проводникам, используемым в литий-ионных аккумуляторах. Сегодня чаще всего используется соль лития **А**, растворенная в полярных органических растворителях. Известно, что **А** при прокаливании уменьшается в массе в два с половиной раза (*реакция 1*), выделяя чистое газообразное простое вещество, а при взаимодействии с раствором хлорида калия образует белый осадок (*реакция 2*).

1. Определите формулу соли **А**. Запишите уравнения *реакций 1 и 2*.

Перспективными считаются суперионные проводники на основе щелочного металла **М**, за которыми закрепилось сокращение NASICON. Вещество **Б**, относящееся к этому семейству, содержит кроме **М** также элементы **Х**, **У** и кислород.

Простое вещество, образованное элементом **Х**, при взаимодействии со фтором образует газ **Х<sub>1</sub>**, при поглощении которого раствором плавиковой

кислоты HF (*реакция 3*) и добавлении затем раствора нитрата бария выпадает осадок X<sub>2</sub> (*реакция 4*), содержащий 49,15% Ba и 40,80% F по массе. При поглощении же X<sub>1</sub> напрямую гидроксидом бария осаждаются X<sub>2</sub> и X<sub>3</sub> (*реакция 5*). X<sub>3</sub> представляет собой кислородсодержащую соль, которая есть в находящейся перед вами таблице растворимости.

Простое вещество, образованное элементом Y, весьма инертно, но при нагревании его порошка в атмосфере кислорода или в парах галогенов Y образует бинарные соединения: с иодом – Y<sub>1</sub>, с кислородом – Y<sub>2</sub>, причем одинаковые массы Y<sub>1</sub> и Y<sub>2</sub> содержат отличающиеся в 4,86 раз массы Y. Кроме того, простое вещество, образованное Y, растворимо в смеси концентрированных азотной и плавиковой кислот (*реакция 6*), а Y<sub>2</sub> – в плавиковой кислоте (*реакция 7*), причем в обоих случаях образуется комплексная кислота с координационным числом центрального атома, равным 7.

Высокотемпературным сплавлением 1,310 г соли В с 1,114 г оксида элемента X и 1,523 г Y<sub>2</sub> можно получить 3,403 г Б, при этом образуется также газ, занимающий объём 277 мл при н.у. (*реакция 8*).

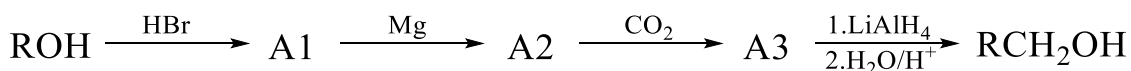
2. Определите вещества X<sub>1</sub> – X<sub>3</sub>, Y<sub>1</sub> и Y<sub>2</sub>, Б и В. Формулы веществ обоснуйте расчетом.

3. Запишите уравнения *реакций 3 – 8*.

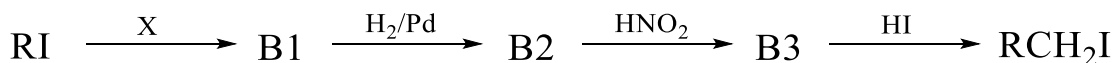
### Задание 3.

Методы наращивания углеродного скелета имеют огромное значение для современной органической химии. Некоторые наборы подобных реакций позволяют удлинять углеродную цепь практически неограниченное число раз. Ниже представлено два способа удлинения углеродной цепи на 1 атом углерода исходя из спирта (ROH) или алкилиодида (RI):

#### Способ А:



#### Способ В:



Известно, что продукт в каждом из способов может быть вновь вовлечён в цепочку наращивания углеродной цепи по способу А или В, а X – неорганическая соль, содержащая 46,9 % натрия по массе.

1. Приведите в общем виде структурные формулы соединений А1-А3 и В1-В3, а также соли X, используемой для наращивания углеродной цепи в способе В.

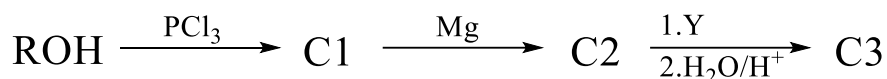


Предположим, что способ А использовали для превращения метанола в  $C_{101}H_{203}OH$ , и из 1,00 г метанола был получен только 1,00 г целевого продукта. Пусть выход относительно теоретического в цепочке реакций при получении каждого гомолога из его предшественника по способу А одинаков и равен  $\eta$ .

2. Рассчитайте величину  $\eta$ .

Некоторые способы позволяют удлинять углеродную цепь сразу на два атома. Примером такого способа является способ С.

**Способ С:**



Известно, что Y представляет собой органическое соединение, которое может быть в одну стадию получено из этилена или 2-хлорэтанола-1.

3. Приведите структурные формулы соединений C1-C3 (в общем виде) и реагента Y.

4. Запишите схемы реакций, позволяющих получить Y из описанных веществ.

**Задание 4.**

Изомерные углеводороды В и С с брутто-формулой  $C_4H_8$  могут быть получены из углеводорода А по следующим реакциям:



1. Приведите структурные формулы соединений А, В и С.

В присутствии катализаторов возможно установление равновесия между В и С в реакции изомеризации. При температуре 29 °С количество более стабильного изомера в равновесной смеси втрое превосходит количество менее стабильного, а при температуре 123 °С – только вдвое.

2. Какое из соединений – В или С – является более устойчивым при комнатной температуре?

3. Рассчитайте значения константы равновесия реакции изомеризации  $B = C$  при температурах 29 и 123 °С.

4. Определите изменение энтальпии  $\Delta_r H^\circ$  и изменение энтропии  $\Delta_r S^\circ$  реакции изомеризации В в С, считая их не зависящими от температуры.

5. При какой температуре содержание изомеров в равновесной смеси будет одинаковым?

*Необходимые формулы:*

$$\Delta_r G^\circ = -RT \ln K$$

$$\Delta_r G^\circ = \Delta_r H^\circ - T \Delta_r S^\circ$$