

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

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады
школьников по химии 2022–2023 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 ⁻	NO ₃ ⁻	F ⁻	Cl ⁻	Br ⁻	I ⁻	S ²⁻	SO ₃ ²⁻	SO ₄ ²⁻	CO ₃ ²⁻	SiO ₃ ²⁻	PO ₄ ³⁻	CH ₃ COO ⁻
H ⁺		P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	P	P
NH ₄ ⁺	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	–	P	P
K ⁺	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Na ⁺	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Ag ⁺	–	P	P	H	H	H	H	H	M	H	–	H	M
Ba ²⁺	P	P	M	P	P	P	P	H	H	H	H	H	P
Ca ²⁺	M	P	H	P	P	P	M	H	M	H	H	H	P
Mg ²⁺	H	P	M	P	P	P	M	H	P	H	H	H	P
Zn ²⁺	H	P	M	P	P	P	H	H	P	H	–	H	P
Cu ²⁺	H	P	P	P	P	–	H	H	P	–	–	H	P
Co ²⁺	H	P	H	P	P	P	H	H	P	H	–	H	P
Hg ²⁺	–	P	–	P	M	H	H	–	P	–	–	H	P
Pb ²⁺	H	P	H	M	M	H	H	H	H	H	H	H	P
Fe ²⁺	H	P	M	P	P	P	H	H	P	H	H	H	P
Fe ³⁺	H	P	H	P	P	–	–	–	P	–	–	H	P
Al ³⁺	H	P	M	P	P	P	–	–	P	–	–	H	M
Cr ³⁺	H	P	M	P	P	P	–	–	P	–	–	H	P
Sn ²⁺	H	P	H	P	P	M	H	–	P	–	–	H	P
Mn ²⁺	H	P	H	P	P	H	H	H	P	H	H	H	P

P – растворимо M – малорастворимо (< 0,1 M) H – нерастворимо (< 10⁻⁴ M) – – 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⁻¹, заряд электрона $e = -1,60 \cdot 10^{-19}$ Кл, универсальная газовая постоянная $R = 8,314$ Дж·К⁻¹·моль⁻¹

8 класс

Задание 1.

Ваня и Антон решали задачу, в которой требовалось определить, до какой температуры нагреется вода массой 200 г с исходной температурой 20 °С после подведения к ней некоторого известного количества теплоты Q . Выйдя с занятия, ученики обсудили задачу и с радостью обнаружили, что получили одинаковый ответ. Однако на следующем занятии Антон узнал, что решал задачу неверно, потому что не учел, что при нагревании выше 100 °С вода становится газообразной. Решение же Вани было полностью верно.

Теплоёмкость жидкой воды 4.20 Дж/(г·°С), теплоёмкость газообразной воды 2.20 Дж/(г·°С), теплота испарения воды 2.30 кДж/г.

1. Какую температуру получили ученики в ответе?
2. Какое количество теплоты Q фигурировало в задаче?

Задание 2.

Про смесь, содержащую только магний и кальций, известно, что массовая доля кальция превышает массовую долю магния, а мольная доля магния превышает мольную долю кальция.

1. Каково максимально возможное мольное содержание магния в смеси?
2. Каково максимально возможное массовое содержание кальция в смеси?

Задание 3.

Допишите пропущенные формулы веществ в уравнениях реакций (если коэффициента перед пропущенной формулой нет, значит, он равен единице):

1. $3\text{SnI}_4 + 4\text{KNH}_2 + 8___ = \text{Sn}_3\text{N}_4 + 4___ + 8\text{NH}_4\text{I}$
2. $2\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 6___ + 10\text{C} = \text{P}_4 + 6\text{CaSiO}_3 + 10___$
3. $2___ + 5\text{H}_2\text{O}_2 + 3___ = 2\text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 5\text{O}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$
4. $2\text{NH}_3\text{OHCl} + 2\text{I}_2 + 6___ = \text{N}_2\text{O} + 4___ + 2\text{KCl} + 7\text{H}_2\text{O}$
5. $6\text{XeF}_4 + 12___ = 2\text{XeO}_3 + 4___ + 3___ + 24\text{HF}$
6. $3___ + 4\text{H}_2\text{S} = 3\text{PbS} + \text{SO}_2 + 4___$
7. $\text{O}_3 + 2\text{KI} + \text{H}_2\text{SO}_4 = ___ + ___ + ___ + \text{H}_2\text{O}$
8. $\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}] + 18\text{C} + 18\text{Cl}_2 = 3___ + 2___ + 6\text{SiCl}_4 + 18___$

Задание 4.

Толя сидел в лаборатории и листал старую книжку. Многие ее страницы оказались утеряны, другие были покрыты дырами и пятнами. Даже название

книги нельзя было прочесть целиком, оно выглядело как “СПРАВОЧНИК *Е*Н*ОТ*ИКА”. (Здесь и далее звездочки * обозначают дыры или пятна, которые могут закрывать одну или несколько букв или цифр). На одной из страниц Толя увидел такую таблицу:

Таблица 7. Плотность водных растворов *

Концентрация, моль/л	Массовая доля, %	Плотность, г/мл
1.087	10	*
1.685	*	*
2.324	*	1.1394
3.040	25	1.1919

Проведя некоторые расчеты, Толя понял, свойства растворов какого вещества описаны в таблице.

1. Установите это вещество.
2. Приведите значения, которые должны находиться в таблице вместо звездочек.
3. Попробуйте догадаться, как на самом деле называлась книга?



9 класс

Задание 1.

Толя сидел в лаборатории и листал старую книжку. Многие ее страницы оказались утеряны, другие были покрыты дырами и пятнами. Даже название книги нельзя было прочесть целиком, оно выглядело как “СПРАВОЧНИК *Е*Н*ОТ*ИКА”. (Здесь и далее звездочки * обозначают дыры или пятна, которые могут закрывать одну или несколько букв или цифр). На одной из страниц Толя увидел такую таблицу:

Таблица 7. Плотность водных растворов *

Концентрация, моль/л	Массовая доля, %	Плотность, г/мл
1.087	10	*
1.685	*	*
2.324	*	1.1394
3.040	25	1.1919

Проведя некоторые расчеты, Толя понял, свойства растворов какого вещества описаны в таблице.

1. Установите это вещество.
2. Приведите значения, которые должны находиться в таблице вместо звездочек.
3. Попробуйте догадаться, как на самом деле называлась книга?



Задание 2.

При нагревании в растворе пищевая сода NaHCO_3 постепенно разлагается с выделением углекислого газа. В воде растворили 10.0 г пищевой соды и кратковременно нагрели до 80°C . После охлаждения раствора и добавления к нему избытка уксусной кислоты CH_3COOH выделилось 1.68 л газа (н.у.).

1. Запишите уравнения реакций, протекающих в описанном эксперименте.
2. Рассчитайте, какая доля (в процентах) соды разложилась при нагревании.

Твёрдая безводная кальцинированная сода Na_2CO_3 при хранении, напротив, поглощает из воздуха углекислый газ и воду с параллельным образованием гидратов различного состава и гидрокарбоната натрия. Навеску 10.0 г залежавшейся кальцинированной соды подвергли продолжительному прокаливанию при 200°C . Потеря массы составила 40.0%. Растворение навески такой же массы в воде с последующим добавлением избытка уксусной кислоты привело к выделению 1.40 л газа (н.у.).

3. Запишите уравнения реакций, протекающих при хранении карбоната натрия на воздухе.
4. Установите массовые доли (в процентах) безводного Na_2CO_3 , безводного NaHCO_3 и кристаллизационной воды в исследуемой навеске.
5. Почему соду называют кальцинированной? Выберите правильный вариант ответа:

- а) при ее получении используется карбонат кальция,
- б) к ней добавляют карбонат кальция для улучшения чистящих свойств,
- в) ее получают путем прокаливании,
- г) она была впервые получена алхимиком Кальцем,
- д) ее используют для уменьшения содержания кальция в воде (снижения жесткости).

Задание 3.

Добавление избытка раствора гидроксида калия к горячему водному раствору соли **A** ведёт к выделению бесцветного газа **B** с резким запахом (*реакция 1*). Этот же газ **B** выделяется при внесении гранул цинка в раствор, оставшийся после первого опыта, но процесс протекает значительно медленнее и требует нагревания (*реакция 2*). Продуктами окисления газа **B** кислородом в зависимости от условий являются либо **C** и **D**, либо **C** и **E** (*реакции 3-4*). Газ **E** может быть подвергнут дальнейшему окислению с образованием соединения **F** в качестве единственного продукта (*реакция 5*), пропускание которого при нагревании через жидкость **C** приводит к образованию раствора вещества **G** и газа **E** (*реакция 6*). Взаимодействие эквимольных количеств **G** и **B** позволяет получить исходную соль **A** (*реакция 7*).

1. Установите формулы соединений **A–G**.
2. Приведите уравнения *реакций 1-7*.

Элемент, соединениям которого посвящена задача, образует газообразное соединение **Н**, которое может быть получено при нагревании одного из защифрованных выше веществ (*реакция 8*).

3. Приведите формулу **Н** и запишите реакцию его получения.

Задание 4.

Реакция взаимодействия метана CH_4 с хлором может протекать по-разному. При недостатке хлора основными продуктами реакции являются соединения **А** и **В**. Известно, что молярная масса **В** в 1.38 раз превышает молярную массу **А**.

1. Установите формулы **А** и **В** и запишите уравнение реакции их образования (*реакция 1*).

Известны теплоты образования метана и соединений **А** и **В** в газовой фазе:

Вещество	CH_4	А	В
$Q_{\text{обр.}}$, кДж/моль	74.5	92.3	81.9

2. Рассчитайте тепловой эффект *реакции 1*.

При большом избытке хлора реакция может сопровождаться образованием соединений **С–Е**, среди которых **С** имеет наименьшую молярную массу, **Е** – наибольшую. Массовая доля хлора в **Е** равна 92.2 %. Во всех этих реакциях также образуется **А**.

3. Установите формулы соединений **С–Е**.

4. Оцените тепловой эффект реакции взаимодействия хлора с метаном с образованием вещества **С** в газовой фазе, полагая, что энергии одних и тех же связей в молекулах **В** и **С** одинаковы.

10 класс

Задание 1.

Промышленные процессы, использующие в качестве единственного сырья в виде водного раствора или расплава минерал галит **A**, также известный как поваренная соль, применяются для получения газа **B**, вещества **C** и металла **M** (реакции 1–2). Побочным продуктом одного из этих процессов является газ **D**, который, однако, куда дешевле получать другими способами.

Вещества, получающиеся в ходе этих процессов, вместе используются и в других производствах. В частности, взаимодействие **B** с холодным раствором **C** используется для получения соли **E**, являющейся компонентом многих отбеливателей (реакция 3). Если ту же реакцию проводить при нагревании (реакция 4), основным продуктом будет соль **F**, применяемая в пиротехнике и в системах аварийной подаче кислорода. Оба этих применения основаны на способности **F** отдавать кислород. Выделение газообразного кислорода происходит, например, при нагревании **F** в присутствии катализатора (реакция 5).

Прямым взаимодействием газов **B** и **D** получают вещество **G** (реакция 6). Этот прямой метод синтеза **G** вытеснил ранее использовавшийся сульфатный метод получения, основанный на реакции **A** с концентрированной серной кислотой (реакция 7).

1. Установите формулы веществ **A-G** и металла **M**.
2. Запишите уравнения реакций 1–7.

Задание 2.

Многие химические реакции сыграли для человечества особую роль, становились движущей силой научно-технического прогресса или вехами в истории развития химии. Описание ряда таких реакций приведено в таблице.

№	Описание
1	Протекание этой реакции при посадке дирижабля Гинденбург в 1937 г. в значительной мере обусловило отказ человечества от дальнейшего использования дирижаблей.
2	Открытие катализаторов этой реакции немецкими исследователями стало одним из важных этапов на пути к крупномасштабному производству неорганических удобрений, что во многом определило значительный рост численности человечества с начала XX века.
3	Открытие этой реакции положило конец теории витализма, господствовавшей в органической химии с начала её появления.
4	Это явление, определяющее важность солнечного света для жизни на нашей планете, было открыто на рубеже XVIII-XIX веков. Часто используемое для его описания уравнение реакции лишь

	приблизённо отражает реально протекающие процессы.
5	Эта реакция соли иодистоводородной кислоты использовалась в дагеротипии, являвшейся предшественницей современной фотографии.
6	Открытие этой реакции знаменитым русским химиком из Казани сделало возможным экономически рентабельный синтез многих органических красителей и лекарственных препаратов.
7	Протекание этой реакции на протяжении уже более чем 50 лет обеспечивает электроэнергией легковые автомобили.
8	Изучение этой реакции привело как к открытию нового элемента, названного изначально «дефлогистированным воздухом», так и концу самой теории флогистона, когда-то господствовавшей в химии.

1. Приведите уравнения реакций 1–8.
2. Реакция 4 имеет собственное название. Приведите его.
3. Реакции 2, 3 и 6 были названы в честь открывших их учёных. Приведите их фамилии.

Задание 3.

Пиролиз (сильное нагревание без доступа воздуха) метана приводит к образованию только **смеси трех газов 1** с плотностью по водороду 4.60. Пропускание полученной смеси над платиновым катализатором приводит к образованию **смеси пяти газов 2**, которая имеет плотность по водороду 7.27. Сжигание **смеси 2** в избытке кислорода приводит к образованию **смеси 3**, плотность которой по водороду после конденсации водяного пара составляет 17.33.

1. Определите качественный состав каждой смеси. Напишите уравнения реакций, протекающих в ходе описанных опытов.
2. Определите выход реакции пиролиза метана.
3. Во сколько раз больше кислорода, чем необходимо для полного сгорания **смеси 2**, было взято?

Задание 4.

Сульфат олова SnSO_4 способен разлагаться по двум различным путям, в каждом случае образуются два продукта в эквимольном соотношении:



B и **D** – газы при температуре разложения, причём плотность **D** в 1.25 раз больше плотности **B**.

1. Установите формулы соединений **A-D**.

Известны некоторые термодимические характеристики этих соединений:

Вещество	SnSO ₄	A	B	C	D
ΔH° , кДж/моль	-984	-581	-297	-286	-396
S° , Дж/моль/К	132	52	248	57	257

2. Рассчитайте температуру, при которой разложение SnSO₄ становится самопроизвольным. **Указание:** критерием самопроизвольности процесса является отрицательное значение стандартной энергии Гиббса реакции $\Delta_r G^\circ$, которая связана с изменениями энтальпии $\Delta_r H^\circ$ и энтропии $\Delta_r S^\circ$ в результате реакции соотношением $\Delta_r G^\circ = \Delta_r H^\circ - T\Delta_r S^\circ$.

3. По какому из путей будет протекать разложение при этой температуре?

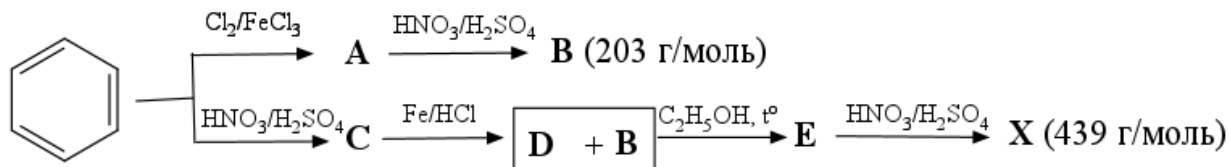
При охлаждении продуктов разложения SnSO₄ в замкнутом сосуде могут образоваться другие соединения олова, в частности, соли **X** и **Y**. Продуктами термического разложения **X** являются вещества **A** и **D**, а соли **Y** – **A**, **C** и **D**.

4. Приведите формулы солей **X** и **Y**.

11 класс

Задание 1.

Взрывчатое вещество **X** было впервые синтезировано в 19 веке и широко использовалось немцами и японцами в бомбах. Его синтезировали по следующей схеме:



*Пояснение: В реакции **C** с Fe/HCl получается только **D**. **E** получается в реакции **D** и **B** в этанольном растворе.*

1. Установите структуры веществ **A-E**, **X**.
2. Вещество **X** иногда использовалось для качественного и количественного определения ионов калия. Приведите формулу соединения оранжевого цвета, образующегося при этом.

Задание 2.

При растворении 4,165 г пентахлорида фосфора в избытке жидкого **A** можно получить 1,086 г кристаллов бинарного соединения **B**. Другим продуктом реакции является соль **C** массой 5,349 г, при нагревании обратимо разлагающаяся на два газообразных вещества.

1. Установите формулы соединений **A-C**. Приведите уравнения описанных реакций.

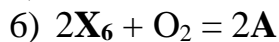
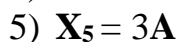
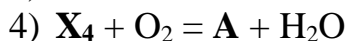
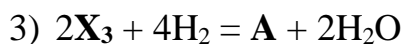
Термическое разложение **B** при температурах 700-800 °С позволяет получать нестехиометрические соединения, состав которых можно выразить формулой XY_n (**Y** – более электроотрицательный элемент), где n принимает дробные значения, близкие к единице. При получении одного из таких соединений потеря массы образца вещества **B** составила 23,00 %.

2. Установите значение n для продукта разложения этого образца.

Задание 3.

Ниже даны уравнения реакций, приводящих к образованию вещества **A** с коэффициентами:

- 1) $2\text{C}_4\text{H}_{10} + 5\text{X}_1 = 4\text{A} + 2\text{H}_2\text{O}$
- 2) $\text{X}_2 + \text{CO} = \text{A}$



1. Запишите брутто-формулу вещества **A**. Нарисуйте его структурную формулу и напишите его название.
2. Запишите структурные формулы веществ **X₁-X₆**. Указание: одно из них представляет собой распространенный углевод, образующийся при гидролизе сахарозы и участвующий во множестве биохимических процессов. Запишите его формулу в открытой (ациклической) форме.

Задание 4.

Лаборанту Гере поручили определить массовые доли двух минералов – родохрозита и азурита – в навеске массой 1,000 г. Он помнил, что оба минерала являются карбонатами, и догадывался по окраске, что в состав каждого из них входит какой-то переходный металл, причем эти металлы разные. Взвесив 0,500 г образца чистого родохрозита, Гера растворил его в избытке 1 М соляной кислоты, в результате чего выделилось 106 мл газа (24 °С, 1 атм) (*реакция 1*). При этом по данным обратного титрования на растворение ушло 8,7 мл раствора HCl.

1. Определите формулу родохрозита, напишите уравнение реакции **1**.

«AAA», – сказал Гера, после чего принялся за определение формулы азурита. Взвесив 0,500 г чистого азурита, он точно так же растворил его в 1 М соляной кислоте. В этот раз на растворение снова ушло 8,7 мл раствора HCl, но объем выделившегося газа составил 71 мл (24 °С, 1 атм) (*реакция 2*). «ЭЭЭ», – задумчиво произнес Гера.

2. Установите формулу азурита, напишите уравнения реакции **2**.

Наконец Гера растворил в избытке соляной кислоты выданную ему навеску, содержащую родохрозит и азурит. При растворении выделилось 164 мл газа (25 °С, 1 атм). «ООО», – заключил Гера.

3. Определите массовые доли родохрозита и азурита в навеске.

Задание 5.

Ядовитый газ **X**, очень похожий по своим физико-химическим характеристикам на воду, обычно получают при разложении плавикового шпата серной кислотой (*реакция 1*). Сухой газ обладает относительно невысокой химической активностью, однако в присутствии влаги он легко

растворяет многие оксиды, в том числе диоксид кремния (*реакция 2*) и любое стекло, что требует тщательного выбора посуды при работе с **X**. В неорганической химии **X** используется главным образом в виде водных растворов. Их важным практическим применением является реакция с гидроксидом алюминия и содой (*реакция 3*) с образованием соединения, применяющегося в качестве растворителя при получении алюминия (*реакция 4*).

1. Установите формулу **X**.
2. Запишите уравнения *реакций 1-4*.

В газовой фазе **X** заметно ассоциирован за счёт водородных связей. При низких температурах в газовой фазе присутствуют главным образом мономеры, димеры и гексамеры **X**. Так, при температуре 60 °С и общем давлении 200 кПа пары **X** содержат около 88 % мономерной формы, 7 % димера и 5 % гексамера.

3. Рассчитайте среднюю молярную массу и плотность газообразного **X** при этих условиях.
4. Рассчитайте значения констант равновесия K процессов димеризации $2X = X_2$ и гексамеризации $6X = X_6$, выразив давления всех форм **X** в барах (10^5 Па). Вычислите значения стандартных энергий Гиббса $\Delta G^\circ = -RT \ln K$ для этих процессов.