

Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по химии 2025–2026 гг.

Задания

Основные требования к проведению

1. **Каждый участник** может использовать в распечатанном виде **таблицы Менделеева и растворимости**, приведенные в этом файле ниже.
2. **Каждый участник** должен иметь при себе непрограммируемый калькулятор.
3. Участникам во время олимпиады **запрещается** пользоваться телефонами, компьютерами, наушниками, электронными часами, книгами и тетрадями с записями.
4. Участники записывают свои решения только на **лицевой стороне листа ответов**. Обратная сторона листа ответов не проверяется. Участникам **запрещается** указывать свои личные данные на листах ответов.
5. **На решение задач всем участникам дано 3 часа 55 минут**. После окончания этого времени участники должны сдать свои работы в течение пяти минут.

9 класс

Задание 1.

X – один из наиболее распространённых минералов натрия, а **Y** – калия, эти вещества содержат общий элемент. В природе также встречается минерал **Z**, представляющий собой механическую смесь **X** и **Y** переменного состава.

1. Приведите формулы и названия минералов **X**, **Y** и **Z**.

В минерале **Z** определенного состава (обозначим его **Z1**) массовая доля одного из элементов составляет 50.0 %.

2. Запишите состав **Z1** в виде мольных долей **X** и **Y**. Если таких составов возможно несколько, найдите их все.

Минерал **Z** другого состава – **Z2** – был изучен методом гравиметрического анализа. Образец **Z2** массой 0.50 г растворили в воде и добавили избыток раствора нитрата серебра. Выпавший осадок отфильтровали, высушили и взвесили; его масса составила 1.00 г.

3. Запишите состав **Z2** в виде мольных долей **X** и **Y**. Напишите уравнение реакции или реакций, протекающих в ходе анализа.

Соли **X** и **Y** растворяются в воде с небольшим эндотермическим эффектом. Так, при растворении в 80.0 мл воды 2.00 г **Y** температура понизилась на 1.372 °С.

Далее теплоёмкость всех растворов примите равной $4.2 \text{ Дж}/(\text{мл} \cdot ^\circ\text{C})$, а плотность – равной плотности воды ($1 \text{ г}/\text{мл}$).

4. Рассчитайте удельную (на 1 г) и мольную теплоту растворения Y в воде.

5. На сколько градусов понизится температура раствора при растворении 2.00 г X в 80.0 мл воды, если его теплота растворения составляет $-5.1 \text{ кДж}/\text{моль}$?

При растворении навески минерала Z состава Z_3 массой 3.50 г в воде объёмом 90.0 мл температура раствора понизилась на $1.000 ^\circ\text{C}$.

6. Запишите состав Z_3 в виде мольных долей X и Y .

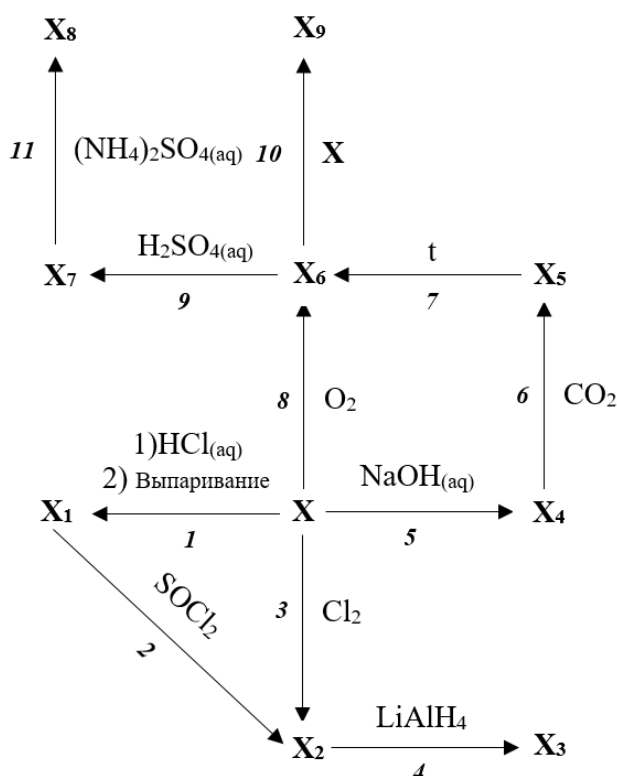
Задание 2.

Название элемента X тесно связано с Францией. Интересно, что ещё до открытия его существование было предсказано Д.И. Менделеевым на основании периодического закона. При этом Дмитрий Иванович не только предугадал существование «экаалюминия», но и достаточно точно предсказал его атомный вес, плотность и температуру плавления.

На схеме приведена цепочка химических превращений, включающая простое вещество, образованное элементом X , а также его соединения X_1 – X_9 .

Дополнительно известно следующее:

- Соединение X_1 является гексагидратом;
- Соединение X_8 относится к типу квасцов и содержит $14.11\% X$ по массе. Квасцы – двойные сульфаты с общей формулой $M^I M^{III}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, где M^I и M^{III} – однозарядный и трёхзарядный катион, соответственно;
- Тионилхлорид (SOCl_2) применяется как обезвоживающий агент;
- X_3 представляет собой газ, молекула которого содержит 8 атомов; он образуется при значительном охлаждении реакционной смеси и разлагается при небольшом нагревании.



1. Установите элемент X и формулы соединений X_1 – X_9 .

2. Запишите уравнения реакций превращений, приведённых на схеме (11 реакций).

Задание 3.

Соль **X** – желтоватое, крайне нестабильное вещество, частично разлагающееся уже при комнатной температуре. При небольшом нагревании **X** полностью разлагается без образования твёрдого остатка. Если в охлажденный вакуумированный контейнер объёмом 1.00 л поместить 1.00 г соли **X** и нагреть до 150 °С, то давление в сосуде составит 1162 мм рт. ст.

1. Рассчитайте количество вещества, плотность и среднюю молярную массу продуктов разложения **X**.

2. Установите формулу соли **X** и напишите уравнение реакции её разложения.

Y – один из продуктов неполного разложения **X**, соль, которая имеет одинаковый с **X** элементный состав и при нагревании также разлагается без образования твёрдого остатка.

3. Установите формулу **Y**.

4. До какой температуры необходимо нагреть вакуумированный сосуд, содержащий 1.00 г твёрдой соли **Y**, чтобы в нём установилось такое же давление, как в описанном выше опыте по разложению **X**?

Справочная информация:

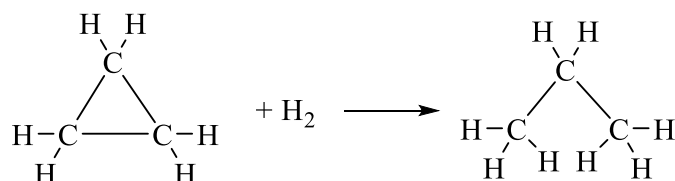
Уравнение Менделеева-Клапейрона:

$$pV = nRT,$$

где p – давление, V – объём, n – количество вещества, R – универсальная газовая постоянная (8.314 Дж моль⁻¹ К⁻¹), T – абсолютная температура.

Задание 4.

Циклическое органическое соединение циклопропан присоединяет водород с образованием пропана:

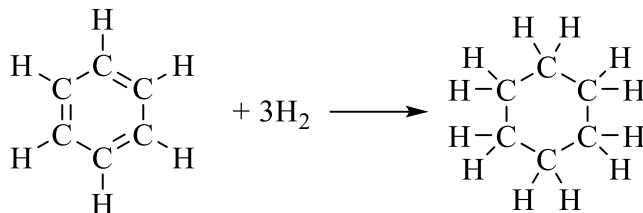


1. Рассчитайте теплоту этой реакции, используя: а) стандартные теплоты образования участников реакции ($Q_{\text{обр}}(\text{C}_3\text{H}_6) = -53$ кДж/моль, $Q_{\text{обр}}(\text{C}_3\text{H}_8) = 105$ кДж/моль); б) средние значения энергий связей для ациклических углеводородов.

Основная причина, по которой рассчитанные двумя разными способами теплоты реакции различаются, заключается в том, что С–С связи в молекуле циклопропана сильно искажены из-за образования цикла, поэтому их энергия заметно отличается от энергии обычной С–С связи.

2. Пользуясь расчётами из вопроса 1, рассчитайте энергию искажённой С–С связи в циклопропане.

Другое циклическое органическое соединение, бензол, присоединяет водород с образованием циклогексана:



3. Рассчитайте теплоту этой реакции, используя: а) стандартные теплоты сгорания участников реакции ($Q_{\text{сгор}}(\text{C}_6\text{H}_6) = 3300$ кДж/моль; $Q_{\text{сгор}}(\text{C}_6\text{H}_{12}) = 4200$ кДж/моль; $Q_{\text{сгор}}(\text{H}_2) = 286$ кДж/моль); б) энергии связи.

Хотя в случае бензола и циклогексана не происходит искажения связей, как в случае циклопропана, результаты расчёта здесь тоже различаются. Это происходит из-за того, что объединённая в цикл система С–С и С=С связей стабильнее изолированных связей за счёт эффектов сопряжения и ароматичности. Этот энергетический выигрыш называют энергией стабилизации ароматического соединения.

4. Пользуясь расчётами из вопроса 3, рассчитайте энергию стабилизации бензола.

5. Оцените величины $Q_{\text{обр}}(\text{C}_6\text{H}_{12})$ и $Q_{\text{сгор}}(\text{C}_3\text{H}_6)$.

Справочная информация:

Средние значения энергии некоторых связей (в кДж/моль).

С–С	С=С	С–Н	Н–Н
350	610	410	436

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