

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.

11 класс

Задание 1.

Элемент **X**, речь о котором пойдёт в этой задаче, впервые получен в 1808 году французскими химиками, Луи Гей-Люссаком и Луи Тенаром. Через несколько месяцев **X** был получен Гемфри Дэви с помощью электролиза. В наше время этот элемент является очень важным: его соединения применяют в сельском хозяйстве, электронике, при изготовлении композитов, в органическом синтезе. При очень низкой температуре и повышенном давлении простое вещество, образованное элементом **X**, переходит в сверхпроводящее состояние.

X фторируется вблизи комнатной температуры, уже при 30 °С (*р-ция 1*). Полученное вещество **A** при нормальных условиях представляет собой бесцветный удушливый газ, хорошо растворяющийся в воде и реагирующий с ней (*р-ция 2*). Также **A** является сильной кислотой Льюиса, применяющейся в органическом синтезе, при реакции с HF образующей сильную кислоту **B** с $pK_a = -0.4$ (*р-ция 3*). Стехиометрия соединений **X** с металлами крайне разнообразна. Например, при реакции с торием (*р-ция 4*) получают фиолетово-красные кристаллы **C** (мольная доля Th в **C** равна 14.29 %), применяющиеся в качестве материала катода в термоэмиссионных трубках.

При сгорании 0.1000 г **X** в токе кислорода с быстрым последующим охлаждением образуется аморфный оксид **D** (*р-ция 5*). Методом гравиметрии было определено, что прирост массы по сравнению с исходной навеской составил 222 %. Вещество **E** используется в качестве удобрения и переходит обратно в **D** посредством нагревания (*р-ция 6*), однако при этом образуется множество продуктов поликонденсации, один из которых – **F** (*р-ция 7*), потеря массы твердого вещества при образовании которого из **E** составляет 36.41 %.

Также при помощи вещества **D** в две стадии синтезируют одно из широко применяемых в органической химии соединений, **H**. Сначала проводят восстановительное хлорирование **D** в присутствии углерода, а получившийся продукт **G** вводят в реакцию с NaH (*р-ции 8 и 9*). Известно, что вещество **H** гидролизует парами воды при нагревании до продукта **I**, содержащего 16.41% **X** по массе (*р-ция 10*).

1. Приведите формулы элемента **X** и его соединений **A-I**.

2. Напишите уравнения реакций 1-10.

Задание 2.

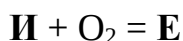
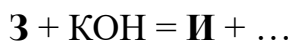
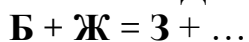
Сильную неорганическую кислоту **X** (не содержащую в своём составе углерода) в промышленности получают реакцией между веществом **A** и безводной H_2SO_4 (реакция 1). Её также можно получить реакцией двух бинарных неорганических веществ **B** и **V** (реакция 2). В растворе кислота **X** существует в виде цвиттер-иона.

При кипячении в растворе щёлочи вещество **A** выделяет газ **B**, а при кипячении в растворе кислоты – газ **Г**. Массовая доля азота в веществе **A** равна 46.65 %.

1. Определите вещества **X**, **A**, **B**, **V** и **Г** и изобразите структурную формулу цвиттер-иона **X**.

2. Напишите уравнения реакций 1 и 2.

Само вещество **A** впервые было синтезировано известным немецким химиком в первой половине XIX века из неорганической соли **D**. Соль **E**, способ получения которой приведен на схеме ниже, содержит тот же анион, что и соль **D**:



Дополнительно известно, что:

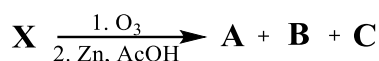
- **Ж** – горючий газ, молекула которого имеет тетраэдрическую геометрию;
- реакция получения **З** протекает при 1200 – 1300 °С;
- во всех трёх реакциях на схеме не указаны коэффициенты перед веществами.

3. Определите все неизвестные вещества **Д – И**.

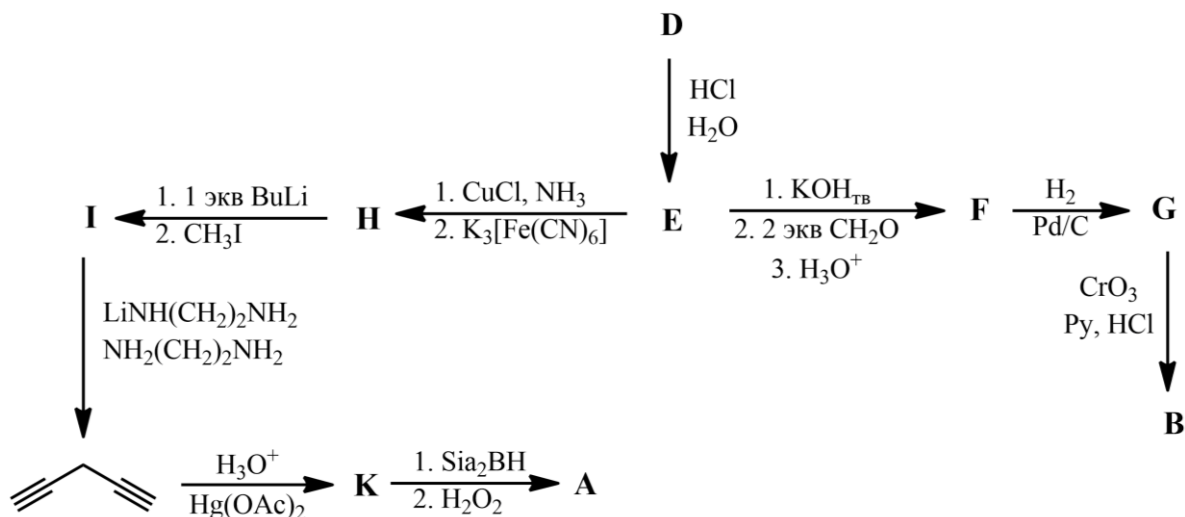
4. Назовите фамилию химика, впервые осуществившего синтез вещества **А** из соли **Д**.

Задание 3.

Вещество **Х** широко распространено в природе и является промежуточным соединением в биохимических процессах. Для определения структуры вещества **Х** его подвергли озонолизу с последующим восстановлением в системе $\text{Zn}/\text{CH}_3\text{COOH}$, в результате чего получили смесь соединений **А**, **В** и **С** в мольном соотношении 4:1:2, соответственно.



Вещества **А** и **В** можно получить по нижеследующей схеме:



1. Установите структуры веществ **А–К**, если известно, что:

- Соединение **С** является одним из продуктов кумольного синтеза и содержит 62.0 % углерода по массе;
- Вещество **Е** может быть получено гидролизом из вещества **Д**, содержащего 37.5% углерода по массе;
- **А** представляет собой продукт присоединения воды к **К** против правила Марковникова.

Вещество **X** имеет симметричный углеродный скелет, не содержит тройных связей и при каждой двойной связи содержит метильный заместитель.

2. Определите число двойных связей в соединении **X**.

3. Установите строение соединения **X** (без учета цис-транс-конфигурации двойных связей).

Задание 4.

H_2X и H_2Y – изомерные двухосновные кислоты. В таблице приведены константы диссоциации этих кислот:

Кислота	K_{a1}	K_{a2}
H_2X	$1.26 \cdot 10^{-2}$	?
H_2Y	$9.33 \cdot 10^{-4}$	$3.63 \cdot 10^{-5}$

1. Рассчитайте величину pH 10^{-2} М раствора H_2X (*раствор 1*). Диссоциацией по второй ступени при расчёте можно пренебречь.

Раствор Na_2X концентрацией $8.50 \cdot 10^{-3}$ М (*раствор 2*) имеет $pH = 9.00$.

2. Рассчитайте величину K_{a2} для H_2X .

3. В каком объёмном соотношении нужно смешать растворы 1 и 2 для получения нейтрального значения pH ?

4. Рассчитайте молярные концентрации форм H_2Y , HY^- и Y^{2-} в 0.050 М растворе H_2Y , подщелоченного NaOH до $pH = 3.50$.

При полном сгорании 1.16 г смеси твёрдых H_2X и H_2Y было получено 896 мл углекислого газа (н.у.) и 0.36 мл H_2O .

5. Установите брутто-формулы H_2X и H_2Y и приведите их структурные формулы, если дополнительно известно, что превращения H_2X в H_2Y и обратно можно осуществить при помощи облучения светом.

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	ОН ⁻	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 М) H – нерастворимо (< 10⁻⁴ М) – – не существует или разлагается водой

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