

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.

10 класс

Задание 1.

Элемент **X** получил своё название по причине разнообразной окраски своих соединений. Простое вещество **A** представляет собой металл, устойчивый к окислению на воздухе. Так как этот металл пассивируется при действии азотной кислоты, обычно его переводят в растворимую форму с помощью щелочного плавления. При плавлении смеси твёрдого **A**, KOH и KClO_3 образуется жёлтое соединение **Б** (**реакция 1**). При подкислении раствора **Б** серной кислотой образуется оранжевое соединение **В** (**реакция 2**), широко используемое как окислитель и являющееся первичным стандартом для окислительно-восстановительного титрования. В растворе, подкисленном серной кислотой, **В** может быть восстановлено сернистым газом до соединения **Г** зелёного цвета (**реакция 3**). Если восстановление **Б** проводить в щелочной среде при помощи гидразина (N_2H_4), можно получить растворимое в воде зелёное соединение **Д** (**реакция 4**).

При добавлении к **В** избытка концентрированной серной кислоты образуется красное соединение **Е**, имеющее полимерное строение (**реакция 5**). Если добавить к смеси **В** с серной кислотой твёрдый KCl , можно получить красное

летучее соединение **Ж** (реакция 6), молекула которого имеет форму искажённого тетраэдра.

Одной из наиболее интересных реакций соединения **В** является взаимодействие с пероксидом водорода. В присутствии серной кислоты и пиридина (C_5H_5N) образуется ярко-синее соединение **З** с массовым содержанием элемента **Х** 24.64% (реакция 7).

1. Определите элемент **Х** и соединения **А-З**, учитывая, что все зашифрованные соединения содержат элемент **Х**.
2. Что в переводе означает название элемента **Х**?
3. Напишите уравнения реакций 1-7.
4. Как называют смесь **В** с серной кислотой в лаборатории?
5. Изобразите структуру мономерного звена соединения **Е**.

Задание 2.

Газообразные вещества **А-Е** в виде смесей различного состава применяются для синтеза ценных промышленных продуктов. Информация о составе стехиометрических смесей и продуктах синтезов приведена в таблице:

Смесь	Плотность смеси (н.у.), г/л	Основной продукт	Побочный продукт
А + В	0.380	С	–
А + D	0.476	М	– (примеси Е , W)
С + D	1.005	Р	W
С + E	0.737	Р	А
F + C	1.161	U	W

Известно, что продукты синтеза **М**, **W** и **Р** при н.у. представляют собой жидкости, **U** – кристаллическое вещество.

1. Установите формулы газов **А-Е** и продуктов синтеза **М**, **W**, **Р** и **U**.
2. Запишите уравнения пяти реакций, соответствующих образованию основных продуктов синтезов.
3. Чуть выше комнатной температуры **Р** переходит в газообразное состояние, образуя пары плотностью несколько ниже плотности воздуха. Рассчитайте плотность этого вещества при 47 °С и давлении 740 мм рт.ст.

Задание 3.

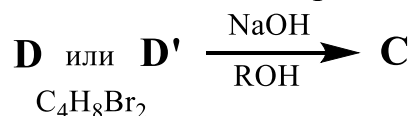
Несмотря на то, что реакцию превращения вещества **A** в **C** открыл ученик А.Е. Фаворского В.Н. Ипатьев, ныне она известна под другой фамилией. Процесс был усовершенствован и поставлен на промышленные рельсы, поскольку вещество **C** важно для производства резины. Для его получения необходимо соединение **A**, которое образуется в процессе ферментации целлюлозных материалов или сахара:



1. Приведите структурные формулы соединений **A-C**. Приведите ещё три одностадийных способа получения вещества **A**.

2. Напишите уравнение реакции превращения **A** в **C** и фамилию русского химика, в честь которого она названа.

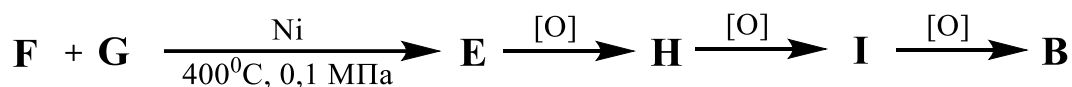
Получить **C** можно и другими способами, например, взяв в качестве исходного вещества один из изомерных дибромалканов **D** или **D'** с брутто-формулой $\text{C}_4\text{H}_8\text{Br}_2$ и подействовав на них спиртовым раствором щелочи:



3. Приведите структурные формулы соединений **D** и **D'**.

4. Ещё один изомер с формулой $\text{C}_4\text{H}_8\text{Br}_2$, **D''**, образуется при присоединении брома к алкену и не является оптически активным (молекула имеет плоскость симметрии). При этом его использование для получения **C** нецелесообразно. Приведите структурные формулы **D''** и основного продукта, образующегося из него вместо **C** при действии спиртового раствора щелочи.

Одним из побочных продуктов реакции ферментации является гомолог **A**, ядовитое соединение **E**. Наиболее распространенным промышленным способом его получения служит взаимодействие двух неорганических веществ **F** и **G**, газов легче воздуха. Токсичное действие **E** объясняется тем, что продукты его окисления в организме повреждают зрительный нерв, угнетают ЦНС и могут привести к летальному исходу. Описанные процессы можно поэтапно описать в виде схемы:



5. Приведите структурные формулы веществ **F-I**.

Задание 4.

Твёрдые вещества с развитой поверхностью способны в значительном количестве поглощать газы. Такой процесс называется адсорбцией, а участвующие в нем твердые вещества – сорбентами. При постоянной температуре количество поглощённого газа n зависит от давления следующим образом:

$$n = n_{\max} \cdot \frac{K \cdot p}{1 + K \cdot p},$$

где $n_{\max}$ – максимальное количество газа, которое может поглотить сорбент, K – константа равновесия адсорбции, p – равновесное давление газа.

Некоторый сорбент характеризуется константой адсорбции $K = 5.0 \cdot 10^{-3} \text{ Па}^{-1}$.

1. При каком равновесном давлении газа будет адсорбировано 90% от максимально возможного его количества?

При исследовании адсорбции азота на некотором пористом материале массой 0.434 г при 250 К получили следующую зависимость массы поглощённого вещества от давления азота:

$p / \text{Па}$	5000	8000	12000	18000	?
$m \text{ погл. N}_2 / \text{мг}$	131	?	224	269	300

2. Рассчитайте по этим данным величины K и $n_{\max}$ (в моль) для данного образца.

3. Вычислите значения, которые должны располагаться в таблице на месте знаков вопроса.

Величина $n_{\max}$ соответствует случаю, когда вся поверхность сорбента равномерно покрыта молекулами адсорбированного газа. Известно, что 1 молекула азота в среднем занимает на поверхности площадь $16 \text{ \AA}^2$.

4. Используя полученную вами величину $n_{\max}$, рассчитайте удельную площадь поверхности исследованного образца ($\text{м}^2/\text{г}$).

Адсорбция в описанном опыте характеризуется изменением энтальпии в 20.0 кДж/моль .

5. Какой знак имеет величина энтальпии адсорбции? Ответ объясните.

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