

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

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады
школьников по химии 2025–2026 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 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

7-8 класс

Задание 1.

Система единиц физических величин СИ стала общепризнанной относительно недавно. Например, в России все лекарственные рецепты вплоть до 1927 года писались с использованием нюрнбергской системы единиц.

Ниже приведен оригинал рецепта снадобий из кошачьей мяты:

«Для наливки полагають 1 драхму листьевъ травы, или цвѣтныхъ верхушекъ на 4 унціи бѣлаго спирта; въ порошокъ даютъ траву съ цвѣтными верхушками по 20 гранъ; свѣжевыжатого сока даютъ по 2 унціи».

Известно, что:

1 аптекарский фунт = 12 унций = 358.3 г

1 унция = 8 драхм = 7 золотников

1 драхма = 3 скрупула

1 скрупула = 20 гранов

Действующим веществом кошачьей мяты является эфирное масло, которого содержится 1% в соке, 3% в листьях и 5% в цветках.

1. Сколько гранов содержится в 1 аптекарском фунте?
2. Чему равен один гран в граммах? Ответ приведите с точностью до тысячных.
3. Считая, что для получения порошка смешивают 40% листьев и 60% цветков, вычислите массу (в миллиграммах) эфирного масла в порции порошка, сока, наливки на основе травы и на основе цветов.

Медный купорос – один из минералов, издавна известных человеку, представляющий собой кристаллогидрат сульфата меди $\text{CuSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, содержащий 25.5 % металла по массе.

4. Определите значение n в формуле медного купороса.

В 19 веке медный купорос использовался для приготовления лекарства, рецепт которого приведен ниже:

«Синяго купороса 3 грана, количествомъ съ 2 зерна льнянаго сѣмени. Молочнаго сахара $\frac{1}{2}$ золотника, стереть вмѣстѣ и раздѣлить на 4 равные порошка».

Формула молочного сахара – $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$.

5. Рассчитайте:

- а) количество молекул молочного сахара в 1 порции порошка;
- б) массовую долю меди в порошке;
- в) массовую долю кислорода в порошке.

Задание 2.

Понятия валентности и степени окисления часто кажутся взаимозаменяемыми. На самом же деле между ними есть существенная разница, и они могут численно отличаться для одного и того же атома в веществе.

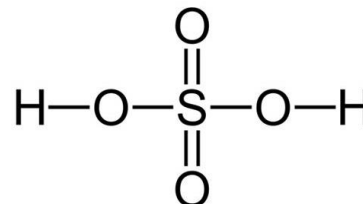
Валентность — число ковалентных связей, которыми атом одного химического элемента связан с другими атомами.

Степень окисления — условный заряд на атоме в молекуле или в кристалле, который вычислен из предположения, что все ковалентные полярные связи имеют ионный характер.

1. Найдите степени окисления:

- а) серы в кислотах H_2SO_4 , H_2SO_3 , H_2S , $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3$.
- б) хлора в солях KClO_3 , $\text{Ca}(\text{ClO})_2$, NaClO_4 , $\text{Al}(\text{ClO}_2)_3$.

Химическое строение молекулы можно выразить **структурной формулой**, в которой химические связи изображаются чёрточками. Например, из структурной формулы серной кислоты видно, что водород проявляет валентность 1, кислород — 2, сера — 6.



Кислоты бывают одноосновными (HCl) и многоосновными (H_2SO_4 и др.). **Основность** кислоты определяется количеством атомов водорода, способных замещаться на атомы металлов.

Тиосерная кислота с формулой $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3$, является двухосновной и представляет собой бесцветную вязкую жидкость, быстро разлагающуюся в растворах. Ее название содержит приставку «тио-», означающую, что атом кислорода заменен на атом серы.

2. Изобразите структурную формулу $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3$, укажите валентности атомов серы.

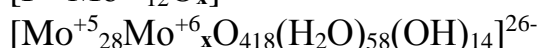
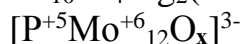
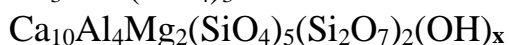
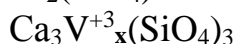
Валентность фосфора в его кислотах — 5.

3. Изобразите структурные формулы кислот H_3PO_4 , H_3PO_3 , $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$.

4. Для каждой кислоты из вопроса 3 приведите ее основность (в виде числа).

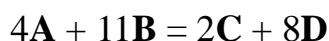
Минералы — твердые однородные составные части земной коры, образовавшиеся в результате геохимических процессов. Некоторые анионы в минералах имеют достаточно сложное строение.

5. Используя представления о степенях окисления элементов, допишите недостающие индексы (x) в формулах минералов или входящих в их состав анионов:



Задание 3.

При обработке сульфидных руд широко применяется реакция с участием твёрдых веществ **A** и **C** и газообразных веществ **B** и **D**:



Известно, что для обработки 1.000 тонны **A** требуется 513.4 м³ **B** (н.у.), а в результате получают 665.4 кг **C** и 1067.0 кг **D**.

1. Определите массу **B** и объём **D** (н.у.) в описанном процессе.

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

Газ **D** используется в промышленности для получения ценного соединения **E**. Для этого газ **D** сперва вводят в реакцию с **B** в присутствии катализатора с образованием **F**, а затем смешивают **F** с широко доступным жидким веществом **G**.

3. Установите формулы **E**, **F** и **G** и запишите уравнения двух описанных реакций.

Для удешевления производства при проведении реакции используется не сам газ **B**, а его смесь с газом **H**.

4. Приведите формулу газа **H**. Как называется такая смесь? Какой объём этой смеси необходим для проведения реакции с 1.000 тонн **A**?

Задание 4.

Прочитав роман французского писателя «Пять недель на воздушном шаре», восьмиклассник Толя решил повторить в миниатюре запуск воздушного шара. Мальчик купил в магазине резиновый шарик массой 3 г, а в кабинете химии выпросил цинковые гранулы, разбавленную серную кислоту и аппарат Киппа. Это позволило ему наполнить шарик водородом.

1. Напишите уравнение реакции, которую Толя использовал для получения водорода.

2. Рассчитайте объём шарика диаметром 40 см, а также массу цинка и объём раствора 10 %-ной серной кислоты ($\rho = 1.066$ г/мл), необходимые для заполнения такого шарика водородом при н.у. Объём шара радиуса R вычисляется по формуле:

$$V = \frac{4}{3}\pi R^3$$

К шарiku Толя решил прикрепить небольшую корзину с фигурками путешественников.

3. Рассчитайте максимальную массу груза, которую может поднять описанный шарик. Средняя молярная масса воздуха равна 29 г/моль.

Если шарик отпустить, то он будет подниматься в слои атмосферы со всё более низким давлением, в результате чего шарик в определенный момент лопнет. Будем считать, что это произойдет, когда давление внутри шарика на 0.3 атм превысит внешнее, в то время как изначально это давление на 0.03 атм превышает внешнее, изменением объема шарика в ходе подъема можно пренебречь, а атмосферное давление на поверхности земли составляет 1 атм = 760 мм рт. ст. и уменьшается на 1 мм рт. ст. при увеличении высоты на каждые 11 м.

4. Рассчитайте, на какой высоте шарик лопнет.

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 Дж/(мл·°С), а плотность – равной плотности воды (1 г/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 кДж/моль?

При растворении навески минерала **Z** состава **Z3** массой 3.50 г в воде объёмом 90.0 мл температура раствора понизилась на 1.000 °С.

6. Запишите состав **Z3** в виде мольных долей **X** и **Y**.

Задание 2.

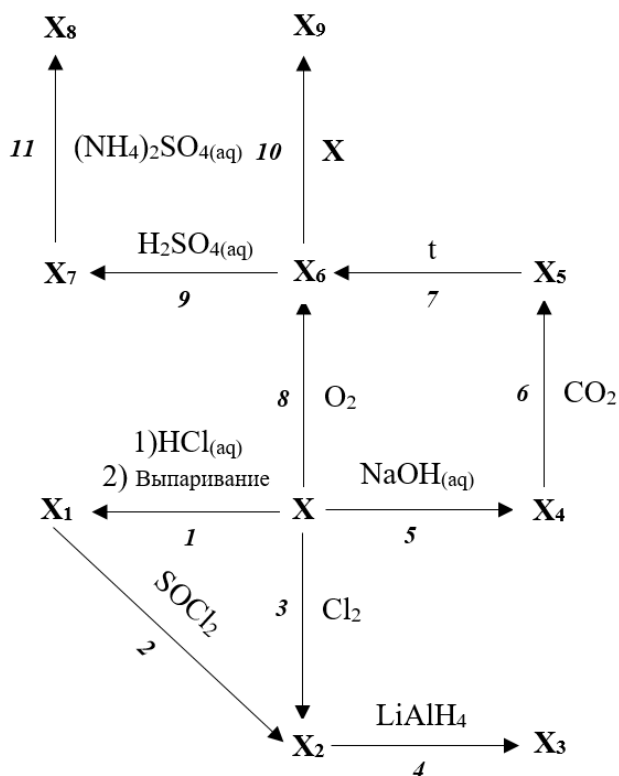
Название элемента **X** тесно связано с Францией. Интересно, что ещё до открытия его существование было предсказано Д.И. Менделеевым на основании периодического закона. При этом Дмитрий Иванович не только

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 $M^I M^{III} (SO_4)_2 \cdot 12H_2O$, 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:

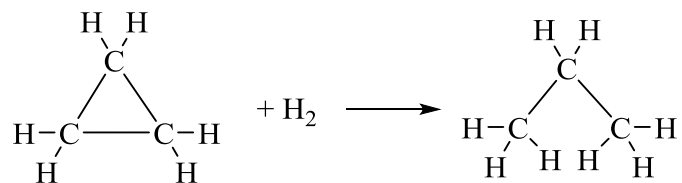
Уравнение Менделеева-Клапейрона:

$$pV = nRT,$$

где p – давление, V – объём, n – количество вещества, R – универсальная газовая постоянная ($8.314 \text{ Дж моль}^{-1} \text{ K}^{-1}$), T – абсолютная температура.

Задание 4.

Циклическое органическое соединение циклопропан присоединяет водород с образованием пропана:

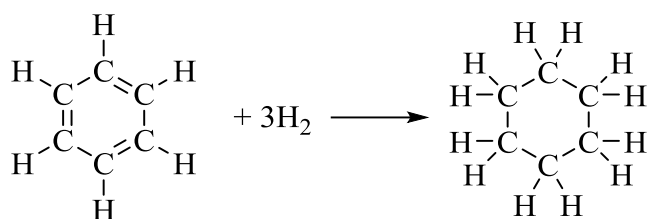


1. Рассчитайте теплоту этой реакции, используя: а) стандартные теплоты образования участников реакции ($Q_{\text{обр}}(\text{C}_3\text{H}_6) = -53 \text{ кДж/моль}$, $Q_{\text{обр}}(\text{C}_3\text{H}_8) = 105 \text{ кДж/моль}$); б) средние значения энергий связей для ациклических углеводородов.

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

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 ($\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$) образуется ярко-синее соединение **З** с массовым содержанием элемента **X** 24.64% (**реакция 7**).

1. Определите элемент **X** и соединения **A-З**, учитывая, что все зашифрованные соединения содержат элемент **X**.
2. Что в переводе означает название элемента **X**?
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 **A-F** в виде смесей различного состава применяются для синтеза ценных промышленных продуктов. Информация о составе стехиометрических смесей и продуктах синтезов приведена в таблице:

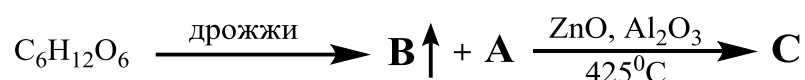
Смесь	Плотность смеси (н.у.), г/л	Основной продукт	Побочный продукт
A + B	0.380	C	–
A + D	0.476	M	– (примеси E, W)
C + D	1.005	P	W
C + E	0.737	P	A
F + C	1.161	U	W

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

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

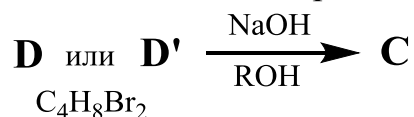
Задание 3.

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.

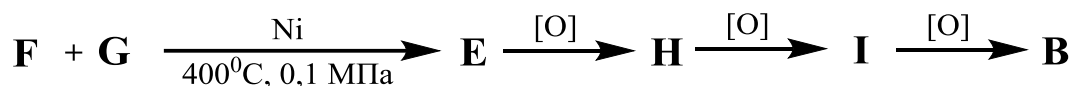
Получить **C** можно и другими способами, например, взяв в качестве исходного вещества один из изомерных дибромалканов **D** или **D'** с брутто-формулой $\text{C}_4\text{H}_8\text{Br}_2$ и подействовав на них спиртовым раствором щелочи:



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

4. Ещё один изомер с формулой $C_4H_8Br_2$, **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 \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.

11 класс

Задание 1.

Элемент **X**, речь о котором пойдет 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*) получаются фиолетово-красные кристаллы **C** (молярная 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 NaNH (*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.

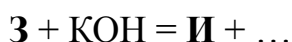
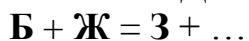
Сильную неорганическую кислоту **X** (не содержащую в своём составе углерода) в промышленности получают реакцией между веществом **A** и безводной H_2SO_4 (реакция 1). Её также можно получить реакцией двух бинарных неорганических веществ **B** и **B** (реакция 2). В растворе кислота **X** существует 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**, **B** 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 **Д**. Соль **Е**, способ получения которой приведен на схеме ниже, содержит тот же анион, что и соль **Д**:



Дополнительно известно, что:

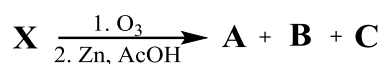
- **Ж** – горючий газ, молекула которого имеет тетраэдрическую геометрию;
- реакция получения **З** протекает при 1200 – 1300 °С;
- во всех трёх реакциях на схеме не указаны коэффициенты перед веществами.

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

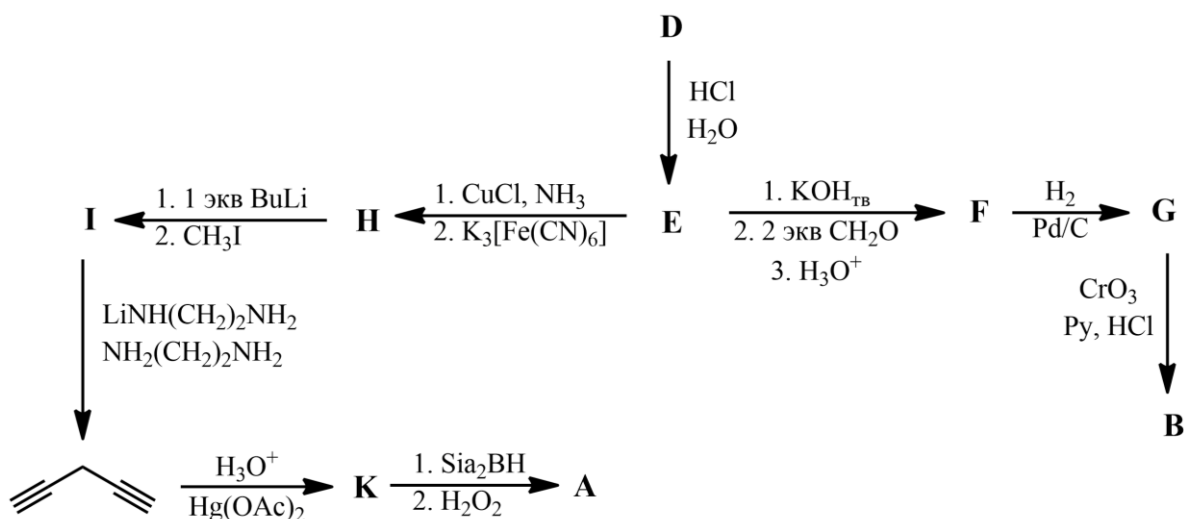
4. Назовите фамилию химика, впервые осуществившего синтез вещества **A** из соли **Д**.

Задание 3.

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



Вещества **A** и **B** можно получить по нижеследующей схеме:



1. Установите структуры веществ **A-K**, если известно, что:

- Соединение **C** является одним из продуктов кумольного синтеза и содержит 62.0 % углерода по массе;
- Вещество **E** может быть получено гидролизом из вещества **D**, содержащего 37.5% углерода по массе;
- **A** представляет собой продукт присоединения воды к **K** 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.

H₂X и H₂Y – изомерные двухосновные кислоты. В таблице приведены константы диссоциации этих кислот:

Кислота	K_{a1}	K_{a2}
H ₂ X	$1.26 \cdot 10^{-2}$?
H ₂ Y	$9.33 \cdot 10^{-4}$	$3.63 \cdot 10^{-5}$

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 $\text{pH} = 9.00$.

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 $\text{pH} = 3.50$.

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.