ХИМИЯ
ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

Задания
муниципального этапа
2026-2027 учебный год
9 класс

***ВАЖНО**: в решении задач обязательно нужно привести необходимые расчеты и рассуждения, ответ без доказательств может быть оценен в 0 баллов.*

Задача 1 (*10 баллов*)

В шести пробирках, обозначенных буквами **A–F**, находятся растворы $Na_2S_2O_3$, KI, Na_2CO_3, HCl, $BaCl_2$ и $FeCl_3$. Раствор в пробирке **C** имеет жёлтую окраску, остальные растворы бесцветны.

Для распознавания веществ попарно смешивали равные объёмы растворов. Результаты опытов приведены в таблице. Запись «нет изменений» означает отсутствие видимых признаков реакции.

	A	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**
A	-	белый осадок	нет изменений	нет изменений	нет изменений	белый осадок
B		-	фиолетовая окраска, постепенно исчезающая	помутнение, выделение бесцветного газа	нет изменений	нет изменений
C			-	нет изменений	бурое окрашивание	бурый осадок, выделение бесцветного газа
D				-	нет изменений	выделение бесцветного газа
E					-	нет изменений
F						-

Определите, какое вещество находится в каждой из пробирок **A–F**. Запишите молекулярные и сокращённые ионные уравнения всех реакций, сопровождающихся видимыми признаками.

Задача 2 (*10 баллов*)

Чем грызть гранит науки?

Тяжело представить современную промышленность без абразивов - соединений, используемых для обработки поверхности различных материалов ввиду своей чрезвычайно высокой твердости. Одним из самых известных абразивов является аллотропная модификация $\mathbf{A_1}$ элемента **A**, представляющая из себя бесцветные прозрачные кристаллы. Другая форма простого вещества **A** – аллотропная модификация $\mathbf{A_2}$, представляет из себя тёмные, слоистые, жирные на ощупь кристаллы, и совершенно не годится для использования в качестве абразива.

1. Назовите элемент **A**, аллотропные модификации $\mathbf{A_1}$, $\mathbf{A_2}$, а также приведите пример другого простого вещества, имеющего несколько аллотропных модификаций, и укажите две из них.

Также в качестве абразива используют бинарные вещества **X** и **Y**, в состав которых входит элемент **A**. Массовая доля элемента **A** в веществах **X** и **Y** равна 30% и 6,12% соответственно.

2. Назовите вещества **X** и **Y**, а также укажите тривиальное название вещества **X**.

Вещество **K** по своей структуре очень сильно похоже на вещества **X** и **Y**. Получают его при нагревании до 2000°C смеси зловонного газа **L**, плотность которого по воздуху составляет 0,586, и твердого аморфного оксида **M**. При реакции 46,64 л газа L (при t=2000°C и $p_{атм}$) с 8,75 г. оксида **M** вещества прореагировали полностью. После очистки продукта было получено 5,937 г. вещества **K**, выход при этом составил 95%.

3. Определите вещества **K**, **L** и **M**, напишите уравнение реакции получения **K**. Приведите ваши расчеты.

4. Вещество **K** похоже по своим свойствам на простые вещества, образованные элементом **A**. Приведите объяснение, почему это так.

Задача 3 (*10 баллов*)

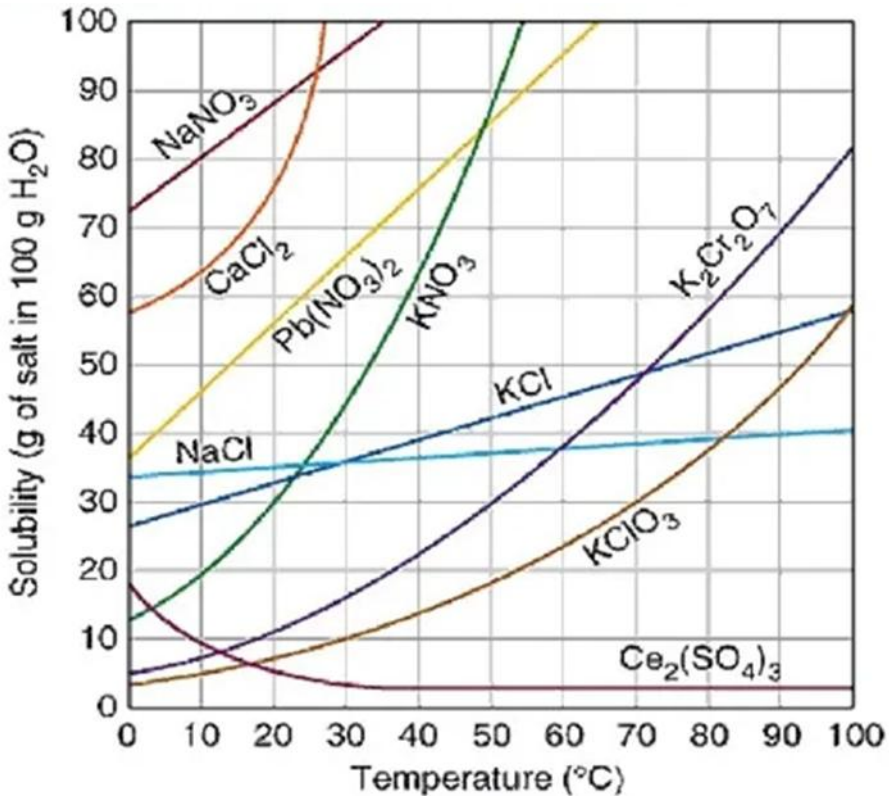
На графике представлена зависимость растворимости солей (в граммах на 100 г воды) от температуры.

1. Одна из солей резко отличается от всех остальных своим поведением. Назовите ее.

2. 100 грамм дихромата калия залили 200 граммами воды, нагрели до 50 градусов Цельсия, найдите массовую долю соли в полученном растворе.

3. Насыщенный при 40 градусах Цельсия раствор нитрата свинца (II) массой 300 грамм охладили до 10 градусов Цельсия. Какая масса безводной соли выпала в осадок?

4. Какую массу дигидрата хлорида кальция необходимо взять, чтобы получить 500 г насыщенного при 20 градусах Цельсия раствора?



Задача 4 (*10 баллов*)

Сплав серебра, индия и кадмия применяют при изготовлении поглощающих стержней ядерных реакторов. Отходы такого сплава могут перерабатывать с целью возврата ценных металлов.

Образец сплава массой 10,00 г растворили в разбавленной азотной кислоте. При этом все металлы перешли в соответствующие нитраты, а единственным продуктом восстановления азота был оксид азота(II). Объём выделившегося газа составил 0,912 л при нормальных условиях. Затем из полученного раствора электролитически выделили 8,00 г серебра.

Составьте уравнения реакций металлов с азотной кислотой и определите массовые доли серебра, индия и кадмия в исходном сплаве.

Задача 5 (*10 баллов*)

Тритиевые источники света могут работать без батареек: при радиоактивном распаде трития выделяется энергия, часть которой превращается в видимый свет. При распаде одного ядра трития выделяется 18,6 кэВ энергии.

1. Запишите уравнение β^--распада трития с образованием гелия-3.
2. Рассчитайте энергию (в Дж), которая выделится при полном распаде 1,00 г трития.
3. Определите, какая масса вещества превращается при этом в энергию.

При расчётах используйте формулу Эйнштейна:

$$E = \Delta m \cdot c^2,$$

где E - энергия, Δm - дефект массы, c - скорость света.

Необходимые данные:

$N_a = 6{,}02 \cdot 10^{23}$ моль$^{-1}$;

$M(^3H) = 3{,}00$ г/моль;

1 эВ $= 1{,}60 \cdot 10^{-19}$ Дж;

$c = 3{,}00 \cdot 10^8$ м/с.

ХИМИЯ
ВСЕРОССИЙСКАЯ
ОЛИМПИАДА
ШКОЛЬНИКОВ

Критерии оценивания
заданий
муниципального этапа
2026-2027 учебный год
9 класс

Задача 1 (*10 баллов*)

Решение:

1. Определение растворов:

C — $FeCl_3$ (жёлтая окраска раствора).

B — $Na_2S_2O_3$ (с **C** появляется фиолетовая окраска, постепенно исчезающая).

E — KI (с **C** появляется бурое окрашивание вследствие образования I_2).

F — Na_2CO_3 (с **C** образуются бурый осадок и бесцветный газ).

A — $BaCl_2$ (с **F** образуется белый осадок).

D — HCl (оставшийся раствор; с **B** наблюдаются помутнение и выделение газа).

2. Уравнения реакций, сопровождающихся видимыми признаками:

A + B:

$BaCl_2 + Na_2S_2O_3 = BaS_2O_3\downarrow + 2NaCl$

$Ba^{2+} + S_2O_3^{2-} = BaS_2O_3\downarrow$

A + F:

$BaCl_2 + Na_2CO_3 = BaCO_3\downarrow + 2NaCl$

$Ba^{2+} + CO_3^{2-} = BaCO_3\downarrow$

B + C:

$2FeCl_3 + 2Na_2S_2O_3 = 2FeCl_2 + Na_2S_4O_6 + 2NaCl$

$2Fe^{3+} + 2S_2O_3^{2-} = 2Fe^{2+} + S_4O_6^{2-}$

Первоначальная фиолетовая окраска связана с образованием нестойкого комплекса:

$Fe^{3+} + 2S_2O_3^{2-} \rightleftarrows [Fe(S_2O_3)_2]^-$

B + D:

$Na_2S_2O_3 + 2HCl = 2NaCl + S\downarrow + SO_2\uparrow + H_2O$

$S_2O_3^{2-} + 2H^+ = S\downarrow + SO_2\uparrow + H_2O$

C + E:

$2FeCl_3 + 2KI = 2FeCl_2 + I_2 + 2KCl$

$2Fe^{3+} + 2I^- = 2Fe^{2+} + I_2$

C + F:

$2FeCl_3 + 3Na_2CO_3 + 3H_2O = 2Fe(OH)_3\downarrow + 3CO_2\uparrow + 6NaCl$

$2Fe^{3+} + 3CO_3^{2-} + 3H_2O = 2Fe(OH)_3\downarrow + 3CO_2\uparrow$

D + F:

$Na_2CO_3 + 2HCl = 2NaCl + CO_2\uparrow + H_2O$

$CO_3^{2-} + 2H^+ = CO_2\uparrow + H_2O$

Ответ: A — $BaCl_2$; B — $Na_2S_2O_3$; C — $FeCl_3$; D — HCl; E — KI; F — Na_2CO_3.

Рекомендации к оцениванию:

1.	Правильное определение растворов **A–F** — по 0,5 балла за каждый раствор.	3,0 балла
2.	Для каждой из семи реакций, сопровождающихся видимыми признаками: молекулярное уравнение — 0,5 балла, сокращённое ионное — 0,5 балла.	7,0 баллов

ИТОГО: 10 баллов

Задача 2 (*10 баллов*)

1. По описанию очевидно, что аллотропная модификация $\mathbf{A_1}$ это алмаз ($C_{алмаз}$), так как алмазная пыль широко используется в качестве абразивного материала, алмазы бесцветны и прозрачны. Тогда элемент **A** – углерод C. Из других аллотропных модификаций углерода на роль $\mathbf{A_2}$ лучше всего подходит графит ($C_{графит}$), так как графит представляет из себя тёмные, жирные на ощупь кристаллы. Также графит не может использоваться в качестве абразива ввиду своей низкой твердости, примерно равной 2 по шкале Мооса.

В качестве примера во втором вопросе п. 1 принимаются **любые** простые вещества, имеющие несколько аллотропных модификаций, в том числе:

S (ромбическая, моноклинная, аморфная);

B (кристаллический, аморфный);

P (красный, белый, черный, фиолетовый);

Sn (белое, серое):

O (кислород, озон).

2. Найдем молярную массу **X** и **Y** в расчёте на 1 моль углерода:

$$M(\mathbf{X}) = \frac{M(C)}{\omega_X(C)} = \frac{12\ г/моль}{0{,}3} = 40\ г/моль$$

$$M(\mathbf{Y}) = \frac{M(C)}{\omega_Y(C)} = \frac{12\ г/моль}{0{,}0612} = 196\ г/моль$$

Так как вещества **X** и **Y** бинарные, оставшаяся масса приходится на второй элемент.

Рассмотрим изменение молярной массы второго элемента в зависимости от его с. о. для вещества **X**.

С.О.	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7
M(X)	7	14	21	28	35	42	49
Второй Э.	Li	N	-	Si	-	-	-

Очевидно, что вещество **X** – SiC, так как вещества с формулой CN_2 не существует, а вещество Li_4C слишком нестабильно, чтобы использоваться в качестве абразивного материала.

Рассмотрим изменение молярной массы второго элемента в зависимости от его с. о. для вещества **Y**.

С.О.	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7
M(X)	46	92	138	184	230		
Второй Э.	-	-	-	W	-	-	-

Из расчета следует, что **Y** – WC, карбид вольфрама.

Тривиальное название карбида кремния (SiC) – карборунд.

3. Рассчитаем молярную массу газа **L**:

$M(L) = M(\text{воздуха}) \times D_L = 29$ г/моль $\times$ 0,587 = 17 г/моль

По молярной массе, а также указанию на неприятный запах вещества **L** понятно, что **L** – NH_3.

Рассчитаем $\nu(NH_3)$, вступившее в реакцию с **M**:

$$\nu(NH_3) = \frac{pV}{RT} = \frac{101.3 \text{ кПа} \times 46{,}64 \text{ л}}{8{,}314 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \times \text{К}} \times 2273\ K} = 0.25 \text{ моль}$$

Рассмотрим, как молярная масса вещества **L** зависит от соотношения мольных коэффициентов перед **M** и **L** в реакции образования **K**.

ν(M):ν(L)	**33:1**	**33:2**	**22:1**	**11:1**	**11:2**	**22:3**	**11:3**
ν(M)	00,75	00,375	00,5	00,25	00,125	00,167	00,083
M(M)	111,67	223,33	117,5	335	770	552,4	1105,4

Путем перебора получаем, что оксид **M** – B_2O_3, так как его молярная масса равна 70 г/моль и он существует в аморфной форме.

Найдем массу **K**, которую возможно получить при 100% выходе:

$$m(K) = \frac{5{,}937 \text{ г}}{0{,}95} = 6{,}25 \text{ г}$$

Найдем молярную массу **K** на один моль потраченного NH_3:

$$M(K) = \frac{m(K)}{\nu(NH_3)} = \frac{6{,}25 \text{ г}}{0.25 \text{ моль}} = 25 \text{ г/моль}$$

Тогда вещество **K** – BN, нитрид бора.

Уравнение реакции получения нитрида бора:

$$B_2O_3 + 2NH_3 \rightarrow 2BN + 3H_2O$$

4. Кристаллический нитрид бора изоэлектронен углероду, так как количество валентных электронов на 1 моль атомов в их кристаллических структурах идентично (на внешней электронной оболочке C содержится 4 электрона, в то время как на внешней электронной оболочке B содержится 3 электрона, а на внешней электронной оболочке N содержится 5 электронов, так как бор и азот в нитриде бора находятся в соотношении 1:1, в среднем в 1 моль нитрида бора у каждого атома имеется по 4 валентных электрона).

1.	Определение веществ **A, A_1, A_2** – по 0,5 балла Пример другого элемента, имеющего аллотропные модификации – 0,5 балла Аллотропные модификации этого элемента – по 0,5 балла	**3 балла**
2.	Расчёт веществ **X** и **Y** – по 1 баллу Указание тривиального названия вещества **X** – 0,5 балла	**2,5 балла**
3.	Определение веществ **K, L, M** – по 1 баллу Уравнение реакции получения **K** – 1 балл	**4 балла**
4.	Указана причина сходства нитрида бора с углеродом – 0,5 балла *Принимаются любые ответы, в которых говорится о сходстве электронного строения (изоэлектронности) нитрида бора и углерода*	**0,5 балла**
	ИТОГО	**10 баллов**

Задача 3 (*10 баллов*)

1. Сульфат церия (III) (+1б) — без указания степени окисления цезия +0,5 б.
2. Растворимость дихромата калия при 50 °C составляет примерно 30 г на 100 г воды (+1 б), поэтому в 200 г воды можно растворить максимум 60 г соли. Массовая доля соли составит 60 / 260 * 100% = 23,08% (+1 б).
3. Растворимости нитрата свинца при 40°C примерно 75 г на 100 г воды, при 10°C примерно 46 г на 100 г воды (незначительная ошибка считывания данных с графика не является поводом для снятия баллов) (+1 б), массовая доля нитрата свинца в первоначальном растворе составит 75 / 175 * 100% = 42,86%, значит первоначально соли было 300 * 0,4286 = 128,58 г, после охлаждения массовая доля соли должна стать 46 / 146 *100% = 31,51%. Пусть выпало x грамм соли, тогда: (128,58 – x) / (300 – x) = 0,3151; x = 49,72 (+3 б).

4. Растворимость хлорида кальция при 20°C составляет примерно 76 г на 100 г воды (+1 б). Получается, что насыщенный раствор будет содержать 76 / 176 *100% = 43,18% хлорида кальция по массе, а 500 г раствора будет 500 * 0,4318 = 215,9 г (+1 б). Массовая доля соли в кристаллогидрате составляет 111 / 147 * 100% = 75,51%, поэтому нужно взять 215,9 / 0,7551 = 285,92 г кристаллогидрата для получения 500 г насыщенного раствора (+1 б).

Задача 4 (*10 баллов*)

Решение:

Уравнения реакций металлов с разбавленной азотной кислотой:

$3Ag + 4HNO_3 \rightarrow 3AgNO_3 + NO\uparrow + 2H_2O$

$In + 4HNO_3 \rightarrow In(NO_3)_3 + NO\uparrow + 2H_2O$

$3Cd + 8HNO_3 \rightarrow 3Cd(NO_3)_2 + 2NO\uparrow + 4H_2O$

Масса серебра в исходном образце равна 8,00 г, следовательно:

$\omega(Ag) = 8,00 / 10,00 \cdot 100\% = 80,0\%$.

Суммарная масса индия и кадмия:

$m(In) + m(Cd) = 10,00 - 8,00 = 2,00$ г.

Общее количество выделившегося оксида азота(II):

$n(NO) = 0,912 / 22,4 = 0,04071$ моль.

При растворении серебра образуется:

$n(NO)Ag = (8,00 / 108) / 3 = 0,02469$ моль.

Следовательно, на индий и кадмий приходится:

$n(NO)In+Cd = 0,04071 - 0,02469 = 0,01602$ моль.

Пусть $m(In) = x$ г, тогда $m(Cd) = (2,00 - x)$ г. Получаем уравнение:

$x / 115 + (2/3)\cdot(2,00 - x) / 112 = 0,01602$.

Откуда $m(In) \approx 1,50$ г, $m(Cd) \approx 0,50$ г.

$\omega(In) = 1,50 / 10,00 \cdot 100\% = 15,0\%$; $\omega(Cd) = 0,50 / 10,00 \cdot 100\% = 5,0\%$.

ОТВЕТ: Ag — 80,0%; In — 15,0%; Cd — 5,0%.

Рекомендации к оцениванию:

1. Уравнения реакций Ag, In и Cd с HNO_3 (по 1 баллу)	3 балла
2. Определение массовой доли Ag (0,5 балла) и суммарной массы In и Cd (0,5 балла)	1 балл
3. Расчёт количества NO (1 балл) и вклада серебра (1 балл)	2 балла
4. Составление и решение уравнения для масс In и Cd	2 балла
5. Массовые доли In и Cd (по 1 баллу)	2 балла

ИТОГО: 10 баллов

Задача 5 (*10 баллов*)

Уравнение β^--распада трития:

$$^3_1H \rightarrow {}^3_2He + {}^0_{-1}e + \bar{\nu}_e \text{ (или } {}^3_1H \rightarrow {}^3_2He + {}^0_{-1}e)$$

Количество вещества и число ядер трития:

$$n(^3H) = 1{,}00 / 3{,}00 = 0{,}333 \text{ моль};$$

$$N = 0{,}333 \cdot 6{,}02 \cdot 10^{23} = 2{,}01 \cdot 10^{23}.$$

Энергия одного распада в джоулях:

$$E_1 = 18{,}6 \cdot 10^3 \cdot 1{,}60 \cdot 10^{-19} = 2{,}976 \cdot 10^{-15} \text{ Дж}.$$

Энергия, выделяющаяся при полном распаде 1,00 г трития:

$$E = NE_1 = 2{,}01 \cdot 10^{23} \cdot 2{,}976 \cdot 10^{-15} = 5{,}97 \cdot 10^8 \text{ Дж}.$$

Используем формулу Эйнштейна $E = \Delta m \cdot c^2$. Тогда:

$$\Delta m = E / c^2 = 5{,}97 \cdot 10^8 / (3{,}00 \cdot 10^8)^2 = 6{,}63 \cdot 10^{-9} \text{ кг}.$$

$$6{,}63 \cdot 10^{-9} \text{ кг} = 6{,}63 \cdot 10^{-6} \text{ г} = 6{,}63 \text{ мкг}.$$

ОТВЕТ: $E = 5{,}97 \cdot 10^8$ Дж; $\Delta m = 6{,}63$ мкг.

Рекомендации к оцениванию:

1. Уравнение β^--распада трития. (Если не указан нейтрино – баллы не снижаются)	2 балла
2. Определение количества вещества и числа ядер трития	2 балла
3. Перевод энергии одного распада в джоули и расчёт полной энергии	3 балла
4. Применение формулы $E = \Delta m \cdot c^2$ и расчёт дефекта массы	3 балла

ИТОГО: 10 баллов