Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по химии
в 2026/27 учебном году
10 класс

I уровень

1. Порция кристаллогидрата сульфата железа (II) содержит $2{,}107\cdot10^{23}$ атомов серы и $2{,}318\cdot10^{24}$ атомов кислорода.

1) Установите формулу кристаллогидрата. Ответ подтвердите расчётами.

2) Рассчитайте число атомов водорода в этой порции кристаллогидрата.

3) Рассчитайте, какую массу воды можно получить из 100 г этого кристаллогидрата.

Ответ.

1. $\nu(S) = 2{,}107\cdot10^{23}/6{,}02\cdot10^{23} = 0{,}35$ моль. $\nu(O) = 2{,}318\cdot10^{24}/6{,}02\cdot10^{23} = 3{,}85$ моль.

$FeSO_4\cdot xH_2O$

$N(S):N(O) = 1:(4+x) = 0{,}35:3{,}85 = 1:11$. Т.о. $x = 7$. $FeSO_4\cdot7H_2O$ (5 баллов)

2. $N(S):N(H) = 1:14$, $\Rightarrow N(H) = 2{,}95\cdot10^{24}$ атомов (5 баллов)

3. $\nu(FeSO_4\cdot7H_2O) = 100/278 = 0{,}36$ моль, $\Rightarrow \nu(H_2O) = 2{,}52$ моль. $m(H_2O) = 45{,}36$ г. (5 баллов)

15 баллов

2. Теория гибридизации атомных орбиталей, предложенная Лайнусом Полингом – одна из теорий, позволяющая объяснить образование молекул из отдельных атомов с учетом взаимодействия атомных орбиталей. Так, в органических соединениях реализуется: sp, sp^2, sp^3-гибридизация.

1) Для нижеприведенных молекул а)-д) укажите гибридные состояния всех атомов углерода:

а) $CH_3{-}CH_2{-}CH_3$; б) $CH_3{-}C{\equiv}N$; в) $CH_2{=}CH{-}CH_3$; г) $CH_2{=}C{=}CH_2$; д) $CH_2{=}CH{-}O{-}CH_3$.

2) Предложите примеры молекул е)-к), в состав которых входят атомы углерода в указанных количествах и гибридных состояниях:

Молекула	Количество атомов углерода в соответствующем гибридном состоянии		
	sp^3	sp^2	sp
е)	4	0	0
ж)	2	2	0
з)	2	0	4
и)	1	2	2
к)	0	0	4

3) Приведите структурные формулы углеводородов с минимальным количеством атомов углерода, соответствующие формулам: а) C_nH_{2n-2}; б) C_nH_{2n-4}; в) C_nH_{2n-6}; г) C_nH_{2n-8}; д) C_nH_{2n-10}. Условие: все приводимые вами углеводороды имеют линейное строение и в каждом из них присутствует как минимум два атома углерода в sp-гибридном состоянии.

Ответ.

1) По 1 баллу за каждую молекулу. Всего 5 баллов.

а) $CH_3{-}CH_2{-}CH_3$ – только sp^3;

б) $CH_3{-}C{\equiv}N$ – (CH_3 – sp^3), ($C{\equiv}N$ – sp);

в) $CH_2{=}CH{-}CH_3$; ($CH_2{=}CH$ – sp^2); (CH_3 – sp^3);

г) $CH_2{=}C{=}CH_2$; (CH_2 – sp^2), (=C= – sp);

д) $CH_2{=}CH{-}O{-}CH_3$ ($CH_2{=}CH$ – sp^2); (CH_3 – sp^3).

2) По 1 баллу за каждую молекулу. Всего 5 баллов.

молекула е: $CH_3{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3$;

молекула ж: $CH_3{-}CH{=}CH{-}CH_3$;

молекула з: $HC{\equiv}C{-}CH_2{-}CH_2{-}C{\equiv}CH$;

молекула и: $H_2C{=}CH{-}C{\equiv}C{-}CH_3$;

молекула к: $HC{\equiv}C{-}C{\equiv}CH$.

Возможны и другие варианты!

3) По 1 баллу за каждое вещество. Всего 5 баллов.

а) C_nH_{2n-2}; C_2H_2; $HC{\equiv}CH$;

б) C_nH_{2n-4}; C_4H_4; $H_2C{=}CH{-}C{\equiv}CH$;

в) C_nH_{2n-6}; C_4H_2; $HC{\equiv}C{-}C{\equiv}CH$ (возможны и другие варианты);

г) C_nH_{2n-8}; C_6H_4; $HC{\equiv}C{-}CH{=}CH{-}C{\equiv}CH$ (возможны и другие варианты);

д) C_nH_{2n-10}; C_6H_2; $HC{\equiv}C{-}C{\equiv}C{-}C{\equiv}CH$.

15 баллов

II уровень

3. При отравлении солями свинца (+2), бария, ртути (+2) пациенту прописывают сульфат двухвалентного металла **X** в виде водного раствора определённой концентрации.

1) Произведя расчёты, определите сульфат металла **X**, если для реакции со 160 г 15%-ного раствора этого вещества требуется 522 г 10%-ного раствора нитрата бария.

2) Объясните, каков принцип действия сульфата металла **X** при введении в организм по отношению к солям тяжелых металлов.

Другую соль металла **X** так же используют в медицине и прописывают пациентом с гастритом, повышенной кислотностью желудочного сока.

3) Расшифруйте эту соль, если её молярная масса в 1,4286 раза меньше молярной массы сульфата **X**.

Ответ.

1) $\mathbf{X}SO_4 + Ba(NO_3)_2 \rightarrow BaSO_4 + \mathbf{X}(NO_3)_2$

$m(Ba(NO_3)_2 = 522 \cdot 0,1 = 52,2$ г
$\nu(Ba(NO_3)_2) = 52,2/261 = 0,2$ моль
$\nu(Ba(NO_3)_2) = \nu(\mathbf{X}SO_4) = 0,2$ моль
$m(\mathbf{X}SO_4) = 160 \cdot 0,15 = 24$ г
$M(\mathbf{X}SO_4) = 24/0,2 = 120$ г/моль; **X** = 24, что соответствует магнию.
Сульфат двухвалентного металла **X** – $MgSO_4$. (10 баллов)

2) Принцип действия основан на том, что сульфат-ионы, поступающие в организм, связывают катионы тяжелых металлов в нерастворимые сульфаты, тем самым уменьшая их токсическое действие. (5 баллов)

3) M(соли) = 120/1,4286 = 84 г/моль, что соответствует карбонату магния $MgCO_3$. (5 баллов)

20 баллов

4. При полном сжигании 12 г углеводорода **A** образовалось 17,64 мл воды.

1) Рассчитайте простейшую и истинную молекулярные формулы углеводорода **A**, если его относительная плотность по азоту больше 3.

2) Сколько существует структурных изомеров углеводорода **A**? Напишите их формулы и назовите эти изомеры.

3) Изобразите структурную формулу **A** и приведите его название, если известно, что при его монохлорировании могут образовываться лишь два структурных изомера.

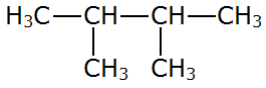
4) Рассчитайте количество теплоты, выделяющейся при полном сжигании 12 г углеводорода **A**, если $Q_{обр}(\mathbf{A}) = 207$ кДж/моль, $Q_{обр}(CO_2(г)) = 393,51$ кДж/моль, $Q_{обр}(H_2O\ (ж)) = 285,83$ кДж/моль.

Ответ.

1) При полном сжигании углеводорода образуется только H_2O и CO_2.
$\nu(H) = 2\nu(H_2O) = 2 \cdot 17,64/18 = 1,96$ моль
$m(H) = 1,96$ г
$m(C) = 12 - 1,96 = 10,04$ г
$\nu(C) = 10,04/12 = 0,8367$
$\nu(C):\nu(H) = 3:7$. Простейшая формула C_3H_7, истинная формула **A** – C_6H_{14} (5 баллов)

2) C_6H_{14} имеет 5 изомеров
1. $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$ *н*-гексан
2. $CH_3-CH(CH_3)-CH_2-CH_2-CH_3$ 2-метилпентан
3. $CH_3-CH_2-CH(CH_3)-CH_2-CH_3$ 3-метилпентан
4. $CH_3-CH(CH_3)-CH(CH_3)-CH_3$ 2,3-диметилбутан
5. $CH_3-C(CH_3)_2-CH_2-CH_3$ 2,2-диметилбутан (5 баллов)

3)



2,3-диметилбутан (5 баллов)

4) $C_6H_{14} + 9,5O_2 \rightarrow 6CO_2 + 7H_2O$
$Q_{реакц} = 7 \cdot (285,83) + 6 \cdot (393,51) - 207 = 4154,87$ кДж/моль
$Q = (12/86) \cdot 4154,87 = 579,75$ кДж (5 баллов)

20 баллов

III уровень

5. Сера образует множество соединений, в составе которых проявляет разнообразные степени окисления. Получение таких соединений может быть как простой, так и сложной задачей, ведь ряд соединений серы не устойчивы при нормальных условиях. В нижеприведенной схеме превращений все соединения содержат в своем составе серу.

$$\mathbf{В} + \mathbf{Е} + \ldots \xleftarrow{CuO,\ t^\circ} \mathbf{А} \rightarrow \mathbf{Б} \xrightarrow{O_2/t^\circ} \mathbf{В} + \ldots \xrightarrow{t^\circ} \mathbf{Г} + \ldots$$

1) Расшифруйте схему превращений если вещество **Б** является дисульфидом, в котором массовая доля металла равна 47,97%; соединение **Г** – несолеобразующий оксид, плотность которого по веществу **В** равна 0,75; молекула простого вещества **А** состоит из 8 атомов, а отношение масс элементов в молекуле **Е** равно 4:1. Напишите уравнения реакций.

2) Определите степени окисления серы во всех зашифрованных соединениях, если их сумма равна 7.

3) Изобразите структурные формулы зашифрованных соединений, имеющих молекулярное строение.

Ответ.

1) Обозначим формулу сульфида как M_nS_2, тогда $0,5203 = 64/(nM+64)$;
$64 = 0,5203(nM + 64)$;
$64 = 0,5203nM + 33,2992$;
$30,7008 = 0,5203nM$;
При n = 1, M = 59,006, что соответствует кобальту. Сульфид **Б** – CoS_2. ПРИНИМАЕТСЯ ОТВЕТ С НИКЕЛЕМ!

При обжиге сульфидов образуется оксид серы (IV) и соответствующие оксиды металла (в зависимости от температуры обжига):

$2CoS_2 + 5O_2 \rightarrow 2CoO + 4SO_2$ или $3CoS_2 + 8O_2 \rightarrow Co_3O_4 + 6SO_2$ (для никеля –только NiO!)

Вещество **В** – SO_2.
$M(\mathbf{Г}) = D \cdot M(SO_2) = 0,75 \cdot 64 = 48$ г/моль.
С учетом вычисленной молярной массы и указания о том, что вещество **Г** – несолеобразующий оксид, приходим к выводу, что это оксид серы (II) – SO.

$$2SO_2 \xrightarrow{t^\circ} 2SO + O_2.$$

Вещество **Г** – SO.

С учетом условия задачи становится понятным, что вещество **А** – сера.

Вещество **А** – S_8.

Отношение масс элементов в веществе **Г** составляет 4:1, что соответствует молекуле – S_2O.

Вещество **Е** – S_2O.

$$6S + 3CuO \rightarrow 3CuS + S_2O + SO_2 \text{ или } 3S_8 + 12CuO \rightarrow 12CuS + 4S_2O + 4SO_2.$$

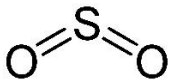
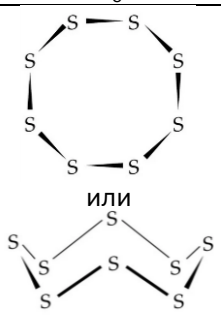
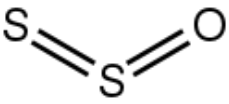
За каждое расшифрованное вещество – 2 балла, за каждое уравнение реакции – 2 балла. Всего: 18 баллов.

2) Степени окисления серы:

Вещество	CoS_2	SO_2	SO	S_8	S_2O
Степень окисления серы	–1	+4	+2	0	–2, +4

По 1 баллу за указание степеней окисления в CoS_2, SO_2, SO, S_8. За указание степеней окисления в S_2O – 2 балла. Всего 6 баллов.

3) Пространственное строение:

Вещество	SO_2	SO	S_8	S_2O
Структурная формула				

За изображение структурной формулы каждого вещества по 1,5 балла. Всего 6 баллов.

30 баллов