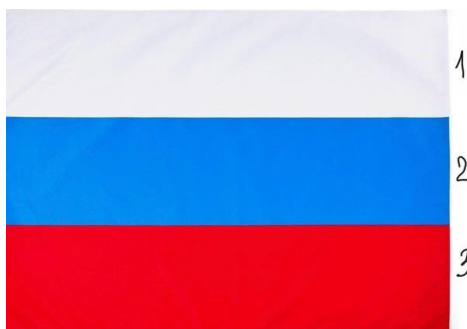




**Олимпиада школьников «Ломоносов» по высоким технологиям
2024/25 учебный год. Отборочный этап. 5 – 10 классы
Решения задач. Критерии оценивания**

Задача по химии. Патриотическое стекло (6 баллов)

Вариант 1



Перед одним из отечественных предприятий поставлена задача изготовить три вида стекла в цветах государственного флага Российской Федерации (1, 2, 3). За основу взят состав оконного стекла.

Какие дополнительные компоненты нужно использовать для придания стеклу соответствующей окраски (условия варки будут подобраны в каждом случае индивидуально)? Для каждого цвета укажите только одно вещество.

- А) CuO
- Б) Fe_2O_3
- В) CrO_3
- Г) CdSe
- Д) AlF_3
- Е) KMnO_4

По 2 балла за каждый правильный выбор. Всего – 6 баллов.

Решение варианта 1

Для создания молочного (непрозрачного, глушеного) стекла необходимо использовать глушитель, то есть вещество, которое не будет растворяться в стекле или будет из него кристаллизироваться. В обоих случаях на кристаллах или каплях выделяющейся новой фазы будет происходить рассеяние света. Для этих целей подходит фторид алюминия. Заметим, что из всех вариантов ответа он единственный, не придающий стеклу окраску.

Для окрашивания стекла в синий или голубой цвет возможно использование меди. Ионы меди придают оконному стеклу такую же окраску, как и водному раствору.

Красный цвет в стекле удастся создать только наночастицами, так как соединения хрома(+6), имеющие оранжевую или красную окраску при температуре размягчения стекла (больше 1000 градусов) разлагаются. Красный цвет стеклу придают наночастицы селенида кадмия. Именно они и ответственны за цвет кремлевских звезд.

Ответ. 1 – Д), 2 – А), 3 – Г)

Вариант 2

Перед одним из отечественных предприятий поставлена задача изготовить три вида стекла в цветах государственного флага Российской Федерации (1, 2, 3). За основу взят состав оконного стекла.

Какие дополнительные компоненты нужно использовать для придания стеклу соответствующей окраски (условия варки будут подобраны в каждом случае индивидуально)? Для каждого цвета укажите только одно вещество.

- А) MnO_2
- Б) $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$
- В) NiO
- Г) CaF_2
- Д) $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$
- Е) $\text{K}[\text{AuCl}_4]$

По 2 балла за каждый правильный выбор. Всего – 6 баллов.

Решение варианта 2

Для создания молочного (непрозрачного, глушеного) стекла необходимо использовать глушитель, то есть вещество, которое не будет растворяться в стекле или будет из него кристаллизоваться. В обоих случаях на кристаллах или каплях выделяющейся новой фазы будет происходить рассеяние света. Для этих целей подходит фторид кальция. Заметим, что из всех вариантов ответа он единственный, не придающий стеклу окраску.

Для окрашивания стекла в синий цвет используют соединения кобальта. Именно кобальт обуславливает синюю окраску и пигмента гжельской керамики.

Красный цвет в стекле удастся создать только наночастицами, так как соединения хрома(+6), имеющие оранжевую или красную окраску при температуре размягчения стекла (больше 1000 градусов) разлагаются. Красный цвет стеклу придают наночастицы золота, образующиеся при разложении его соединений.

Ответ. 1 – Г), 2 – Б), 3 – Е)

Вариант 3

Перед одним из отечественных предприятий поставлена задача изготовить три вида стекла в цветах государственного флага Российской Федерации (1, 2, 3). За основу взят состав оконного стекла.

Какие дополнительные компоненты нужно использовать для придания стеклу соответствующей окраски (условия варки будут подобраны в каждом случае индивидуально)? Для каждого цвета укажите только одно вещество.

- А) $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$
- Б) KMnO_4
- В) $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$
- Г) Cr_2O_3
- Д) $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$
- Е) CdSe

По 2 балла за каждый правильный выбор. Всего – 6 баллов.

Решение варианта 3

Для создания молочного (непрозрачного, глушеного) стекла необходимо использовать глушитель, то есть вещество, которое не будет растворяться в стекле или будет из него кристаллизоваться. В обоих случаях на кристаллах или каплях выделяющейся новой фазы будет происходить рассеяние света. Для этих целей подходит фосфат кальция. Заметим, что из всех вариантов ответа он единственный, не придающий стеклу окраску.

Для окрашивания стекла в синий или голубой цвет возможно использование меди. Ионы меди придают оконному стеклу такую же окраску, как и водному раствору.

Красный цвет стеклу придают наночастицы селенида кадмия. Именно они и ответственны за цвет кремлевских звезд.

Ответ. 1 – В), 2 – А), 3 – Е)

Вариант 4

Перед одним из отечественных предприятий поставлена задача изготовить три вида стекла в цветах государственного флага Российской Федерации (1, 2, 3). За основу взят состав оконного стекла.

Какие дополнительные компоненты нужно использовать для придания стеклу соответствующей окраски (условия варки будут подобраны в каждом случае индивидуально)? Для каждого цвета укажите только одно вещество.

- А) AlF_3
- Б) $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$
- В) $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$
- Г) NiSO_4
- Д) $\text{K}[\text{AuCl}_4]$
- Е) KMnO_4

По 2 балла за каждый правильный выбор. Всего – 6 баллов.

Решение варианта 4

Для создания молочного (непрозрачного, глушеного) стекла необходимо использовать глушитель, то есть вещество, которое не будет растворяться в стекле или будет из него кристаллизоваться. В обоих случаях на кристаллах или каплях выделяющейся новой фазы будет происходить рассеяние света. Для этих целей подходит фторид алюминия. Заметим, что из всех вариантов ответа он единственный, не придающий стеклу окраску.

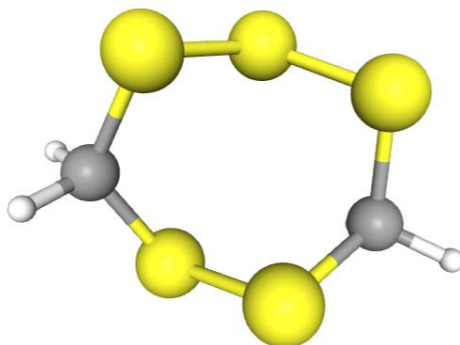
Для окрашивания стекла в синий цвет возможно использование кобальта. Именно кобальт обуславливает синюю окраску и пигмента гжельской керамики.

Красный цвет в стекле удастся создать только наночастицами, так как соединения хрома(+6), имеющие оранжевую или красную окраску при температуре размягчения стекла (больше 1000 градусов) разлагаются. Красный цвет стеклу придают наночастицы золота, образующиеся при разложении его соединений.

Ответ. 1 – А), 2 – Б), 3 – Д)

Задача по химии. Грибной запах (9 баллов)**Вариант 1**

Один из самых съедобных грибов в мире содержит пахучее вещество, молекула которого изображена ниже. Желтым цветом обозначены атомы серы, серым – углерода, белым – водорода.



1. Предложите разумный способ синтеза этого вещества. (6 баллов)
2. Каково тривиальное название этого вещества и чем оно известно? (3 балла)

Всего – 9 баллов

Решение варианта 1

1. Способ синтеза – конденсация дихлорметана с ди- и трисульфидом натрия:



2. Тривиальное название – лентионин. Основа запаха многих грибов, производное от названия древнего азиатского гриба шиитаке, *Lentinula edodes* (лентинула съедобная), это «грибной фунгицид».

Вариант 2

Запах некоторых популярных грибов обусловлен присутствием вещества X, которое содержит 2.1 масс.% водорода, 12.8% углерода, остальное – сера.

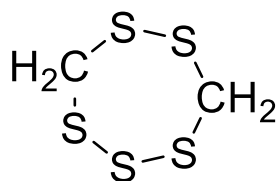
Определите молекулярную формулу вещества (3 балла) и установите его структуру (6 баллов), если известно, что: а) молекула включает цикл из 7 атомов, б) в молекуле – 3 ковалентные неполярные связи, в) каждый атом серы связан не более, чем с одним атомом углерода.

Всего – 9 баллов

Решение варианта 2

1. $H : C : S = (2.1/1) : (12.8/12) : (85.1/32) = 2.1 : 1.07 : 2.66 = 2 : 1 : 2.5 = 4 : 2 : 5.$

Молекулярная формула X – $C_4H_2S_5$.



2. Структура X –

Вариант 3



Запах некоторых съедобных грибов обусловлен присутствием вещества Z, которое состоит из углерода, серы и водорода. Про вещество известно, что:

- а) его пары в 94 раза тяжелее водорода,
- б) число атомов серы в 2,5 раза больше числа атомов углерода,
- в) молекула – циклическая,
- г) в молекуле – 3 связи S–S и 4 связи C–S, связей S–H нет.

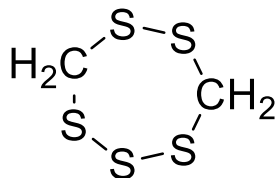
Определите молекулярную формулу вещества (3 балла) и установите его структуру (6 баллов).

Всего – 9 баллов

Решение варианта 3

1. $C_xH_yS_z$. $M = 94 \cdot 2 = 188 \text{ г/моль} = 12x + y + 32z$.

Минимальное значение $z = 5$, тогда $x = 2$, $y = 4$. Молекулярная формула Z – $C_4H_2S_5$.



2. Структура Z –

Вариант 4



Запах некоторых популярных грибов обусловлен присутствием вещества Y, которое имеет общую формулу $(CH_2)_xS_y$. Молекула имеет циклическую структуру, атомы C в цикле изолированы друг от друга, а каждый атом серы участвует хотя бы в одной ковалентной неполярной связи. Пары вещества Y имеют плотность 4.00 г/л при 300 °C и 1 атм.

Определите молекулярную формулу вещества и установите его структуру.

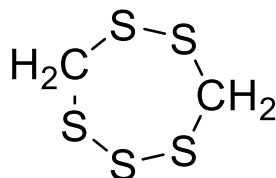
Определите молекулярную формулу вещества (3 балла) и установите его структуру (6 баллов).

Всего – 9 баллов

Решение варианта 4

1. $Y - C_xH_yS_z$. $M(Y) = \rho RT / P = 4.00 \cdot 8.314 \cdot 573 / 101.3 = 188 \text{ г/моль} = 12x + y + 32z$.

Решение уравнения: $z = 5$, $x = 2$, $y = 4$. Молекулярная формула Y – $C_2H_4S_5$.



2. Структура Y –

Задача по химии. Оксид для электрохромных материалов (10 баллов)**Вариант 1**

Одним из материалов для электрохромных устройств является оксид X металла M. Этот оксид может быть получен двумя способами. Первый заключается в сжигании опилок металла M на воздухе. В результате образуется желтоватый порошок, а масса твердого вещества увеличивается на 26.1%. Второй способ состоит в термическом разложении соединения Y, в результате которого единственным твёрдым продуктом является оксид X. При этом из 0.01 моль Y образуется 27.84 г оксида X.

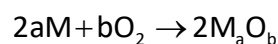
1. **Определите металл M и состав оксида X. Напишите уравнение реакции окисления металла M до оксида X. (4 балла)**
2. **Определите состав соединения Y, если оно содержит 1.37 масс.% водорода, 4.57 масс.% азота, 72.11 масс.% металла M, а остальное – кислород. (5 баллов)**
3. **Определите степень окисления металла M в соединении Y. (1 балл)**

Все ответы подтверждайте расчётами. В расчётах все атомные массы считайте целочисленными.

Всего – 10 баллов

Решение варианта 1

1. Схема окисления металла M:

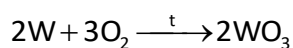


Согласно этой схеме, молярная масса увеличилась на $16b$. Пусть атомная масса металла M равна m . Тогда

$$\frac{16b}{ma} = 0.261$$

$$m = 61.303 \cdot \frac{b}{a}$$

При $a = 1$ и $b = 3$ получаем $m \approx 184$, что соответствует вольфраму. Значит, M – вольфрам W, а оксид X – WO_3 .



Металл М – 2 балла, оксид Х – 1 балл, уравнение реакции – 1 балл. Всего – 4 балла.

2. Количество WO_3 при разложении 0.01 моль соединения Y равно

$$\frac{m(WO_3)}{M(WO_3)} = \frac{27.84}{232} = 0.12 \text{ моль}$$

Из 0.01 моль Y образуется 0.12 моль оксида вольфрама, то есть одна формульная единица Y содержит 12 атомов W.

В общем виде формулу соединения Y можно записать как $H_xN_yW_{12}O_z$.

Содержание кислорода в % равно: $100 - (1.37 + 4.57 + 72.11) = 21.95$

$$\frac{\omega(H)}{\omega(W)} = \frac{1.37 \cdot 184}{72.11 \cdot 1} = \frac{x}{12}$$
$$x = 42$$

$$\frac{\omega(N)}{\omega(W)} = \frac{4.57 \cdot 184}{72.11 \cdot 14} = \frac{y}{12}$$
$$y = 10$$

$$\frac{\omega(O)}{\omega(W)} = \frac{21.95 \cdot 184}{72.11 \cdot 16} = \frac{z}{12}$$
$$z = 42$$

Таким образом, брутто-формула $H_{42}N_{10}W_{12}O_{42}$, а истинная формула $(NH_4)_{10}H_2W_{12}O_{42}$.

Правильная формула – 5 баллов.

3. Степень окисления азота в катионе аммония равна -3, степень окисления водорода +1, степень окисления кислорода -2.

$$-3 \cdot 10 + 1 \cdot 42 + x \cdot 12 + (-2) \cdot 42 = 0$$

$x = +6$. Степень окисления вольфрама равна +6.

Правильная степень окисления – 1 балл.

Вариант 2

Одним из материалов для электрохромных устройств является оксид X металла M.

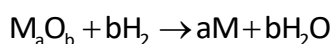
1. При восстановлении X до M водородом потеря массы твёрдого вещества составляет 20.7%. Установите формулы X и M. (4 балла)
2. Оксид X получают термическим разложением соединения Z, при этом из 0.01 моль Z образуется 27.84 г оксида X. Определите состав соединения Z, если оно содержит 1.60 масс.% водорода, 4.47 масс.% азота, 70.45 масс.% металла M, остальное – кислород. (5 баллов)
3. Определите степень окисления металла M в соединении Z. (1 балл)

Все ответы подтверждайте расчётами. В расчётах все атомные массы считайте целочисленными.

Всего – 10 баллов

Решение варианта 2

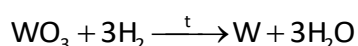
1. Схема восстановления оксида X до металла M:



Согласно этой схеме, молярная масса уменьшилась на $16b$. Пусть атомная масса металла M равна m . Тогда

$$\frac{16b}{ma + 16b} = 0.207$$
$$m = 61.3 \cdot \frac{b}{a}$$

При $a = 1$ и $b = 3$ получаем $m \approx 184$, что соответствует вольфраму. Значит, M – вольфрам W, а оксид X – WO_3 .



Металл M – 2 балла, оксид X – 1 балл, уравнение реакции – 1 балл. Всего – 4 балла.

2. Количество WO_3 при разложении 0.01 моль соединения Z равно

$$\frac{m(\text{WO}_3)}{M(\text{WO}_3)} = \frac{27,84}{232} = 0,12 \text{ моль}$$

Из 0.01 моль Z образуется 0.12 моль оксида вольфрама, то есть одна формульная единица Z содержит 12 атомов W.

В общем виде формулу соединения Z можно записать как $\text{H}_x\text{N}_y\text{W}_{12}\text{O}_z$.

Содержание кислорода в % равно: $100 - (1,60 + 4,47 + 70,45) = 23,48$

$$\frac{\omega(\text{H})}{\omega(\text{W})} = \frac{1,60 \cdot 184}{70,45 \cdot 1} = \frac{x}{12}$$
$$x = 50$$

$$\frac{\omega(\text{N})}{\omega(\text{W})} = \frac{4,47 \cdot 184}{70,45 \cdot 14} = \frac{y}{12}$$
$$y = 10$$

$$\frac{\omega(\text{O})}{\omega(\text{W})} = \frac{23,48 \cdot 184}{70,45 \cdot 16} = \frac{z}{12}$$
$$z = 46$$

Таким образом, брутто-формула $\text{H}_{50}\text{N}_{10}\text{W}_{12}\text{O}_{46}$, а истинная формула $(\text{NH}_4)_{10}\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{42} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$.

Правильная формула – 5 баллов.

3. Степень окисления азота в катионе аммония равна -3, степень окисления водорода +1, степень окисления кислорода -2.

$$-3 \cdot 10 + 1 \cdot 42 + x \cdot 12 + (-2) \cdot 42 = 0$$

$x = +6$. Степень окисления вольфрама равна +6.

Правильная степень окисления – 1 балл.

Вариант 3

Одним из материалов для электрохромных устройств является оксид X металла M.

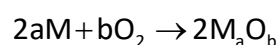
1. При окислении M до X в кислороде масса твёрдого вещества увеличивается на 26.1%. Установите формулы X и M. (4 балла)
2. Оксид X получают термическим разложением соединения Q, при этом из 0.02 моль Q образуется 55.68 г оксида X. Определите состав соединения Q, если оно содержит 1.70 масс.% водорода, 4.42 масс.% азота, 69.65 масс.% металла M, остальное – кислород. (5 баллов)
3. Определите степень окисления металла M в соединении Q. (1 балл)

Все ответы подтверждайте расчётами. В расчётах все атомные массы считайте целочисленными.

Всего – 10 баллов

Решение варианта 3

1. Схема окисления металла M:

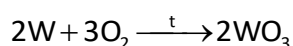


Согласно этой схеме, молярная масса увеличилась на $16b$. Пусть атомная масса металла M равна m . Тогда

$$\frac{16b}{ma} = 0.261$$

$$m = 61.303 \cdot \frac{b}{a}$$

При $a = 1$ и $b = 3$ получаем $m \approx 184$, что соответствует вольфраму. Значит, M – вольфрам W, а оксид X – WO_3 .



Металл M – 2 балла, оксид X – 1 балл, уравнение реакции – 1 балл. Всего – 4 балла.

2. Количество WO_3 при разложении 0.02 моль соединения Q равно

$$\frac{m(\text{WO}_3)}{M(\text{WO}_3)} = \frac{55.68}{232} = 0.24 \text{ моль}$$

Из 0.02 моль соединения Q образуется 0.24 моль оксида вольфрама, то есть одна формульная единица Q содержит 12 атомов W.

В общем виде формулу соединения Q можно записать как $\text{H}_x\text{N}_y\text{W}_{12}\text{O}_z$.

Содержание кислорода в % равно: $100 - (1.70 + 4.42 + 69.65) = 24.23$.

$$\frac{\omega(\text{H})}{\omega(\text{W})} = \frac{1.70 \cdot 184}{69.65 \cdot 1} = \frac{x}{12}$$
$$x = 54$$

$$\frac{\omega(\text{N})}{\omega(\text{W})} = \frac{4.42 \cdot 184}{69.65 \cdot 14} = \frac{y}{12}$$
$$y = 10$$

$$\frac{\omega(\text{O})}{\omega(\text{W})} = \frac{24.23 \cdot 184}{69.65 \cdot 16} = \frac{z}{12}$$
$$z = 48$$

Таким образом, брутто-формула $\text{H}_{54}\text{N}_{10}\text{W}_{12}\text{O}_{48}$, а истинная формула $(\text{NH}_4)_{10}\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{42} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

Правильная формула – 5 баллов.

3. Степень окисления азота в катионе аммония равна -3, степень окисления водорода +1, степень окисления кислорода -2.

$$-3 \cdot 10 + 1 \cdot 42 + x \cdot 12 + (-2) \cdot 42 = 0$$

$x = +6$. Степень окисления вольфрама равна +6.

Правильная степень окисления – 1 балл.

Вариант 4

Одним из материалов для электрохромных устройств является оксид X металла M.

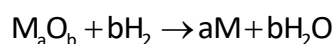
1. При восстановлении X до M водородом потеря массы твёрдого вещества составляет 20.7%. Установите формулы X и M. (4 балла)
2. Оксид X получают термическим разложением соединения R, при этом из 0.02 моль R образуется 55.68 г оксида X. Определите состав соединения R, если оно содержит 1.91 масс.% водорода, 4.32 масс.% азота, 68.11 масс.% металла M, остальное – кислород. (5 баллов)
3. Определите степень окисления металла M в соединении R. (1 балл)

Все ответы подтверждайте расчётами. В расчётах все атомные массы считайте целочисленными.

Всего – 10 баллов

Решение варианта 4

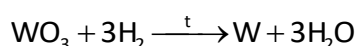
1. Схема восстановления оксида X до металла M:



Согласно этой схеме, молярная масса уменьшилась на 16b. Пусть атомная масса металла M равна m. Тогда

$$\frac{16b}{ma + 16b} = 0.207$$
$$m = 61.3 \cdot \frac{b}{a}$$

При $a = 1$ и $b = 3$ получаем $m \approx 184$, что соответствует вольфраму. Значит, M – вольфрам W, а оксид X – WO_3 .



Металл M – 2 балла, оксид X – 1 балл, уравнение реакции – 1 балл. Всего – 4 балла.

2. Количество WO_3 при разложении 0.02 моль соединения R равно

$$\frac{m(\text{WO}_3)}{M(\text{WO}_3)} = \frac{55.68}{232} = 0.24 \text{ моль}$$

Из 0.02 моль соединения R образуется 0.24 моль оксида вольфрама, то есть одна формульная единица R содержит 12 атомов W.

В общем виде формулу соединения R можно записать как $\text{H}_x\text{N}_y\text{W}_{12}\text{O}_z$.

Содержание кислорода в % равно: $100 - (1.91 + 4.32 + 68.11) = 25.66$.

$$\frac{\omega(\text{H})}{\omega(\text{W})} = \frac{1.91 \cdot 184}{68.11 \cdot 1} = \frac{x}{12}$$
$$x = 62$$

$$\frac{\omega(\text{N})}{\omega(\text{W})} = \frac{4.32 \cdot 184}{68.11 \cdot 14} = \frac{y}{12}$$
$$y = 10$$

$$\frac{\omega(\text{O})}{\omega(\text{W})} = \frac{25.66 \cdot 184}{68.11 \cdot 16} = \frac{z}{12}$$
$$z = 52$$

Таким образом, брутто-формула $\text{H}_{62}\text{N}_{10}\text{W}_{12}\text{O}_{52}$, а истинная формула $(\text{NH}_4)_{10}\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{42} \cdot 10\text{H}_2\text{O}$.

Правильная формула – 5 баллов.

3. Степень окисления азота в катионе аммония равна -3, степень окисления водорода +1, степень окисления кислорода -2.

$$-3 \cdot 10 + 1 \cdot 42 + x \cdot 12 + (-2) \cdot 42 = 0$$

$x = +6$. Степень окисления вольфрама равна +6.

Правильная степень окисления – 1 балл.