

8 класс

Задача 1. Смешные угадки о простых веществах

1. Количество исходного газа – 0.18 моль, масса в ходе реакции согласно закону сохранения массы не изменяется, поэтому масса исходного простого вещества равна 5.76 г. Значит,

$$M(\text{A}) = 5.76/0.18 = 32 \text{ г/моль.}$$

Простое вещество **A** – O_2 . Кислород в разряде способен превращаться только в озон, **B** – O_3 .

2. Общее количество вещества после реакции равно

$$n(\text{O}_2) + n(\text{O}_3) = 3.696/22.4 = 0.165 \text{ моль}$$

Уравнение происходящей реакции: $3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{O}_3$. Если образовалось x моль озона, то в реакцию вступило $1.5x$ моль кислорода.

$$n(\text{O}_2) + n(\text{O}_3) = 0.18 - 1.5x + x = 0.165 \text{ моль}$$

$$x = 0.03 \text{ моль.}$$

При этом теоретически из 0.18 моль O_2 могло получиться 0.12 моль O_3 . Значит, выход реакции составил $0.03/0.12 = 0.25$ или 25%.

3. Прибор для превращения кислорода в озон – озонизатор (принимается ответ «озонатор»).

4. Количество продукта равно $32.26/22.4 = 1.44$ моль. то есть количества прореагировавших **B**, **Г** и образовавшегося продукта соотносятся как 1:24:8. Уравнение реакции имеет вид: $1\text{B} + 24\text{Г} \rightarrow 8\dots$. Тогда молекула простого вещества **B** – как минимум восьмиатомная. Таких веществ не так много: 8 атомов в молекуле может содержать, например, только сера, **B** – S_8 . В таком случае в молекуле продукта 1 атом серы и либо 3 (если **Г** – одноатомный), либо 6 (если **Г** – двухатомный) атомов из простого вещества **Г**.

Молярная масса продукта $6.52 \cdot 22.4 = 146$ г/моль. Из них на второй элемент приходится $146 - 32 = 114$ г/моль. Если это 3 атома, то молярная масса второго элемента составляет $114/3 = 38$ г/моль – такого элемента нет. Если это 6 атомов, то молярная масса второго элемента составляет 19 г/моль – это фтор.

Итого: **B** – S_8 , **Г** – F_2 .

Уравнение реакции: $\text{S}_8 + 24\text{F}_2 \rightarrow 8\text{SF}_6$.

5. На массу 0.18 моль **Д** и 0.06 моль **Е** приходится $760.3 \cdot 0.25 = 190.075$ г. На массу 0.06 моль **Д** и 0.18 моль **Е** приходится $898.6 \cdot 0.25 = 224.65$ г.

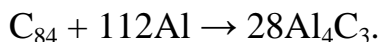
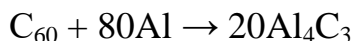
$$\begin{cases} 0.18M(\text{Д}) + 0.06M(\text{Е}) = 190.075 \\ 0.06M(\text{Д}) + 0.18M(\text{Е}) = 224.65 \end{cases}$$

Решением данной системы уравнений является $M(\text{Д}) \approx 720$ г/моль, $M(\text{Е}) \approx 1008$ г/моль.

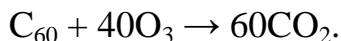
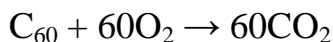
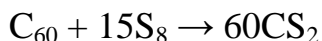
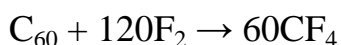
С учетом того, что эти смеси с алюминием дают только бинарное вещество, Д и Е – аллотропные модификации одного и того же элемента. Больше всего аллотропных модификаций образует углерод. Тогда Д – C_{60} , Е – C_{84} .

По массовой доле алюминия можно установить, что образуется карбид алюминия, Al_4C_3 – это еще один способ догадаться, что речь об углероде.

Уравнения реакций:



6. Свойства фуллеренов (модификаций углерода с числом атомов от 60) в целом схожи с свойствами графита, поэтому можно предсказать реакции углерода со фтором, серой, кислородом, озоном с образованием традиционных продуктов:



Отметим, что эти реакции могут давать и более сложные продукты, поэтому, если кто-то из восьмиклассников знает о фторидах фуллерена (таких как $C_{60}F_{48}$, $C_{60}F_{60}$), такие ответы будут зачтены как верные.

Система оценивания:

1. Формулы А и Б – по 2 балла;

Уравнение реакции – 1 балл.

2. Расчет выхода – 2 балла.

3. Название прибора – 1 балл.

4. Формулы В и Г – по 2 балла;

(без подтверждения расчетом – по 0.5 балла);

Уравнение реакции – 1 балл.

5. Молярные массы – по 1 баллу;

Формулы Д и Е – по 2 балла;

Реакции с алюминием – по 1 баллу.

6. 4 уравнения реакции – по 1 баллу.

ИТОГО: 25 баллов.

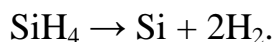
Задача 2. Пленки из газов

1. APCVD – Atmospheric Pressure Chemical Vapor Deposition.

LPCVD – Low Pressure Chemical Vapor Deposition.

Зачёт по наличию слов «atmospheric», «low», «pressure» (или однокоренных).

2. Уравнение реакции:



$$V(\text{Si}) = a^2 h = 3^2 \cdot 0.008 = 7.2 \cdot 10^{-2} \text{ см}^3$$

$$m(\text{Si}) = \rho(\text{Si})V(\text{Si}) = 2.33 \cdot 7.2 \cdot 10^{-2} = 0.1678 \text{ г}$$

$$n(\text{Si}) = m(\text{Si})/M(\text{Si}) = 0.1678 / 28.09 = 5.972 \cdot 10^{-3} \text{ моль} = n(\text{SiH}_4)$$

$$m(\text{SiH}_4) = n(\text{SiH}_4)M(\text{SiH}_4) = 5.972 \cdot 10^{-3} \cdot 32.12 = \mathbf{0.192 \text{ г} = 192 \text{ мг}}$$

$$n(\text{N}_2) = n(\text{SiH}_4) \cdot 70/30 = 0.0139 \text{ моль}$$

$$m(\text{N}_2) = n(\text{N}_2)M(\text{N}_2) = \mathbf{0.390 \text{ г} = 390 \text{ мг}}.$$

3. Если скорость роста пленки 7.55 мг/час, то за минуту масса пленки вырастает на $m = 7.55/60 = 0.1258 \text{ мг} = 1.258 \cdot 10^{-4} \text{ г}$, или $V = m/\rho = 1.258 \cdot 10^{-4}/2.33 = 5.399 \cdot 10^{-5} \text{ см}^3$.

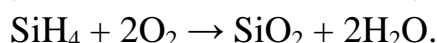
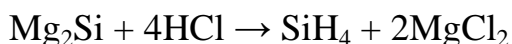
Поскольку пленка растет на подложке параметрами $a = 5 \text{ см}$ и $b = 6 \text{ см}$, то толщину c можно легко найти из объёма:

$$V = abc, \Rightarrow c = \frac{V}{ab} = \frac{5.399 \cdot 10^{-5}}{5 \cdot 6} = 1.80 \cdot 10^{-6} \text{ см} = \mathbf{18 \text{ нм}}$$

Значит, за минуту толщина пленки увеличивается на 18 нм, скорость роста – **18 нм/мин.**

4. Первую реакцию можно записать как простую реакцию обмена. Вспышки связаны с легкой возгораемостью силана.

Уравнения реакций:



5. Для различных формул вида WA_n молярная масса соединения равна $183.84/0.6172 = 297.86 \text{ г/моль} = 183.84 + nM(\text{A})$. Единственный разумный вариант при переборе n получается $n = 6$, $M(\text{A}) = 19 \text{ г/моль}$, тогда **X – WF_6** (довольно известно, что это один из самых тяжелых газов).

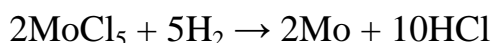
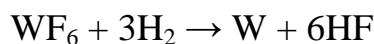
Поскольку А образует хлороводород при реакции с водородом и содержит пятивалентный металл, то его формулу можно записать как MCl_5 .

$$M(\text{MCl}_5) = 9.43 \cdot 29 = 273.47 = 35.45 \cdot 5 + M(\text{M})$$

$$M(\text{M}) = 96.2 \text{ г/моль}$$

Металл – молибден, **Y – MoCl_5** .

Уравнения реакций:



Система оценивания:

1. Слова «atmospheric», «low», «pressure» – по 1 баллу.

2. Уравнение реакции – 1 балл.

Массы силана и азота – по 3 балла.

3. Расчет скорости роста – 3 балла.

4. 2 уравнения реакции – по 2 балла.

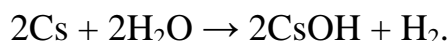
5. Формулы X и Y – по 2 балла.

Уравнения 2 реакций – по 2 балла.

ИТОГО: 25 баллов.

Задача 3. Аналогия свойств

1. Уравнение реакции, протекающей аналогично другим щелочным металлам:



$$n(\text{Cs}) = 1/132.91 = 7.524 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$

Поскольку воды точно больше, чем 1 моль, то вода взята в избытке. Расчет ведем по цезию.

$$n(\text{CsOH}) = n(\text{Cs}) = 7.524 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$

$$m(\text{CsOH}) = n(\text{CsOH})M(\text{CsOH}) = 7.524 \cdot 10^{-3} \cdot 149.91 = 1.128 \text{ г.}$$

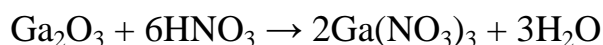
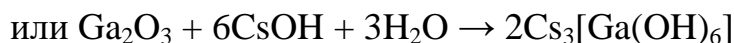
Масса раствора увеличивается за счет растворения цезия, но уменьшается за счет выделения водорода.

$$m(\text{H}_2) = n(\text{H}_2)M(\text{H}_2) = 0.5n(\text{Cs})M(\text{H}_2) = 7.524 \cdot 10^{-3} \text{ г}$$

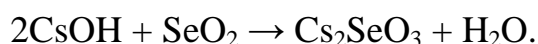
$$m(\text{раствора}) = 20 + 1 - 7.524 \cdot 10^{-3} = 20.992 \text{ г}$$

$$w(\text{CsOH}) = m(\text{CsOH})/m(\text{раствора}) = 0.0537 = 5.37\%.$$

2. Уравнения реакций:



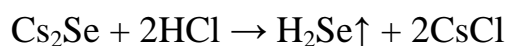
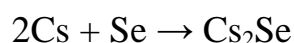
3. Уравнение реакции можно записать по аналогии с соединением серы.

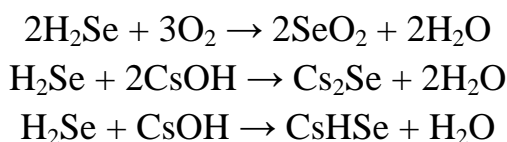


Образуется **селенит цезия**.

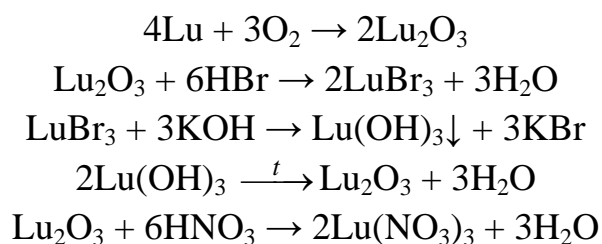
4. Из селена и цезия образуется селенид цезия, X – Cs_2Se . Как и сульфиды, селениды легко реагируют с кислотами с выделением газообразного селеноводорода, Y – H_2Se .

Уравнения реакций:





5. Уравнения реакций:



Система оценивания:

1. Уравнение реакции – **1 балл**.

Расчет массы гидроксида цезия – **2 балла**

Учет или упоминание влияния $m(\text{H}_2)$ на массу раствора – **2 балла**

Массовая доля – **2 балла**

2. 2 уравнения реакции – **по 1 баллу**.

3. Уравнение реакции – **1 балл**.

Название селенита цезия – **1 балл**.

4. Формулы X и Y – **по 2 балла**.

Уравнения пяти реакций – **по 1 баллу**.

5. Уравнения пяти реакций – **по 1 баллу**.

ИТОГО: 25 баллов.

Задача 4. В далеком созвездии Тау Кита

1. Одноатомные малоактивные газы – это, очевидно, благородные газы, расположенные в VIIIA группе.

Сильное охлаждение по меркам этой планеты – это все еще высокие по нашим меркам температуры. Значит, представители (2) группы при нормальных Земных условиях должны состоять из двухатомных молекул. Это обстоятельство и цвета простых веществ говорят о том, что это галогены, VIIA группа. Тогда элементы можно определить по окраске, интенсивность которой вниз по подгруппе для галогенов растет.

Пропуски:

(1): 8 (или VIII)

(2): 7 (или VII)

(3): I

(4): Br

(5): Cl

(6): F.

2. Все элементы второй группы образуют оксиды общей формулы MO. Его молярная масса составляет $16/0.64 = 25$ г/моль = 16 + 9. Значит, жидкий металл – бериллий, Be.

Формула оксида бериллия – BeO.

При таких температурах становится значительной атомизация кислорода, поэтому таукитянский кислород – это смесь O₂ и O, из которых атомарный кислород более реакционноспособен, поэтому в реакциях горения таукитяне могут записывать кислород как O, в атомарном виде.

3. Если степень окисления неметалла равна $-n$, то формула соединения с бериллием – Be_nX₂. Тогда:

$$\frac{9n}{9n + 2x} = 0.491, \Rightarrow x = 4.66n$$

При $n = 3$ получим $x = 14$, это азот.

(8): азот

Формула продукта: Be₃N₂.

4. Вероятно, многие участники в соответствии с более высокой атомной массой магния, кальция и других металлов второй группы решат, что температура плавления их выше. Однако для металлов главных подгрупп работает противоположная закономерность: в группах температуры плавления и кипения падают сверху вниз (на это указывает легкоплавкость цезия, свинца, олова и т.д.). Значит, температуры плавления остальных металлов ниже, чем у бериллия, и все они – газы при данной температуре.

(7): газы (или газообразные).

5. Самые тугоплавкие неметаллы – бор, углерод, кремний. Для кремния разница в 12.17 раз слишком велика. Если (11) – это бор, в атоме которого 5 протонов, то в атоме (9) $5 \cdot 12.17 = 60.85$ протонов – довольно далеко от целого числа. Если (11) – это углерод, в атоме которого 6 протонов, то в атоме (9) $6 \cdot 12.17 = 73.02 \approx 73$ протона. Это тантал. Следующий за танталом элемент – вольфрам (содержит на 1 протон в ядре больше). Эти металлы, как известно, использовались в производстве нитей ламп накаливания как самые тугоплавкие.

(9): тантал (или Ta)

(10): вольфрам (или W)

(11): углерод (или C)

6. Молярный объём – объём 1 моль газа.

$$p = \frac{nRT}{V} = \frac{1 \cdot 8.314 \cdot (2022 + 273)}{125.5 \cdot 10^{-3}} = 152036 \text{ Па} \approx 152 \text{ кПа}$$

7. При нормальных условиях молярную массу рассчитаем по молярному объёму.

$$M_1 = \rho_1 V_m = 0.247 \cdot 125.5 = \mathbf{31 \text{ г/моль}} - \text{это атомарный фосфор.}$$

При охлаждении изменяется температура, но не изменяется количество вещества и, по условию, давление. При таком охлаждении молярный объём изменяется пропорционально температуре (это видно и по уравнению Менделеева-Клапейрона).

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{M_1 / V_{m1}}{M_2 / V_{m2}} = \frac{M_1 \cdot V_{m2}}{M_2 \cdot V_{m1}} = \frac{M_1 \cdot T_2}{M_2 \cdot T_1}, \quad M_2 = M_1 \cdot \frac{T_2 \rho_2}{T_1 \rho_1} = 31 \cdot \frac{(1500 + 273) \cdot 0.639}{(2022 + 273) \cdot 0.247} = \mathbf{62 \text{ г/моль}}$$

Аналогично рассчитаем молярную массу в третьем случае.

$$M_3 = M_1 \cdot \frac{T_3 \rho_3}{T_1 \rho_1} = 31 \cdot \frac{(800 + 273) \cdot 2.11}{(2022 + 273) \cdot 0.247} = \mathbf{124 \text{ г/моль}}$$

Молярная масса увеличилась во втором и третьем случае в 2 и 4 раза, соответственно: для фосфора известна четырехатомная модификация, которая при нагревании до высоких температур превращается в двухатомную молекулу, аналогичную молекуле азота.

(12): фосфор (или P)

Формулы газов: P, P₂ и P₄.

Система оценивания:

1. Заполнение пропусков (1) – (6) – по 1 баллу.
2. Определение бериллия – 1 балл,
Формула соединения с кислородом – 1 балл
Отличие в записи кислорода в атомарном виде – 1 балл
3. Заполнение пропуска (8) – 1 балл.
Формула нитрида бериллия с расчетом – 2 балла
(без расчета – 1 балл)
4. Заполнение пропуска (7) – 1 балл.
5. Заполнение пропусков (9) – (11) – по 1 баллу.
6. Расчет атмосферного давления – 2 балла.
7. Расчет трех молярных масс – по 1 баллу.
Заполнение пропуска (12) – 1 балл
Формулы трех форм фосфора – по 1 баллу.

ИТОГО: 25 баллов.