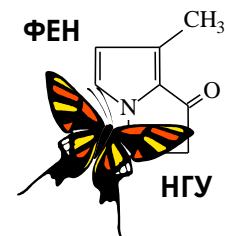




53-я Всесибирская открытая олимпиада школьников
Заключительный этап 2014-2015 уч. года
Решения заданий по химии
8 класс



Задание 1. (Автор Емельянов В.А.).

1. 1. Водород. 2. Радон. 3. Фтор. 4. Иод. 5. (вправо). Кислород. 5. (вниз). Кремний. 6. Фосфор. 7. (вправо). Аргон. 7. (вниз). Азот. 8. Сера. 9. Селен. 10. (вправо). Ксенон. 10. (вниз). Криптон. 11. Гелий. 12. Теллур. 13. Неон. 14. Бор. 15. Хлор. 16. Углерод.

2. а) $2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}$; б) $\text{P}_4 + 3\text{O}_2 = \text{P}_4\text{O}_6$ (засчитать $4\text{P} + 5\text{O}_2 = 2\text{P}_2\text{O}_5$ и т.п.); в) $\text{S} + \text{O}_2 = \text{SO}_2$.

Система оценивания:

1. **Правильное название по 1 б**

2. **Уравнения реакций по 1 б**

$1 \text{ б} * 19 = 19 \text{ б};$

$1 \text{ б} * 3 = 3 \text{ б};$

Итого 22 б.

Задание 2. (Автор Коваленко К.А.).

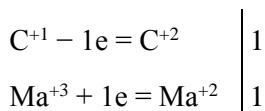
1. Примеров «несоответствия» английских названий элементов и их символов в ПСХЭ довольно много: sodium — Na, copper — Cu, silver — Ag, tin — Sn, antimonium — Sb, gold — Au, mercury — Hg, lead — Pb, tungsten — W.

2. Для расстановки коэффициентов в реакциях А–Г не требуется расшифровка уравнений:

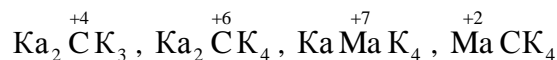
А) $\text{Ц} + 2\text{ВХ} = \text{ЦХ}_2 + \text{В}_2$; Б) $\text{Ал}_2\text{К}_3 + \text{Н}_2\text{К} = 2\text{НАлК}_2$; В) $\text{М}(\text{АК}_3)_2 = \text{МК} + 2\text{АК}_2 + \frac{1}{2}\text{К}_2$;

Г) $\text{Б}(\text{АК}_3)_2 + \text{Н}_2\text{СК}_4 = \text{БСК}_4 + 2\text{НАК}_3$

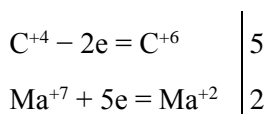
Это реакции, которые можно отнести к следующим типам: А — *замещение*, Б — *соединение*, В — *разложение*, Г — *обмена*. При этом реакции А и В относятся также к окислительно-восстановительным, поскольку в А из простого и сложного веществ получается новое сложное и новое простое вещества, а в реакции В из сложного вещества получается простое. Реакция Д выглядит сложнее предыдущих и в ней можно распознать *окислительно-восстановительное превращение*, например, по превращению соли $\text{Ка}_2\text{СК}_3$ в $\text{Ка}_2\text{СК}_4$. В зависимости от степени окисления К элемент С изменил свою степень окисления на 1 или 2. Превращение КаМаК_4 в МаСК_4 также должно сопровождаться изменением степени окисления элемента Ма — по записи формул можно предположить, что в КаМаК_4 элемент Ма входит в состав аниона, а значит имеет высокую положительную степень окисления, тогда как в МаСК_4 элемент Ма является катионом. Можно предположить (хотя это и не верно), что элемент К имеет степень окисления (С.О.) -1 , тогда Ка не может иметь С.О. больше $+1$, а элемент С имеет степени окисления $+1$ и $+2$ в $\text{Ка}_2\text{СК}_3$ в $\text{Ка}_2\text{СК}_4$ соответственно. Тогда для элемента Ма С.О. $+3$ и $+2$ в КаМаК_4 и МаСК_4 соответственно. Составим электронный баланс:



Однако при попытке расставить коэффициенты не получается сохранить материальный баланс в реакции. Значит нужно предположить, что элемент К имеет С.О. -2 . Тогда С.О. элементов С и Ма в их соединениях:



В этом случае электронный баланс получается другой:



Коэффициенты: Д) $2\text{КаМаК}_4 + 5\text{Ка}_2\text{СК}_3 + 3\text{В}_2\text{СК}_4 = 6\text{Ка}_2\text{СК}_4 + 2\text{МаСК}_4 + 3\text{В}_2\text{К}$.

3. Для расшифровки элементов можно выписать из таблицы Д.И. Менделеева все элементы, названия которых начинаются на соответствующие буквы:

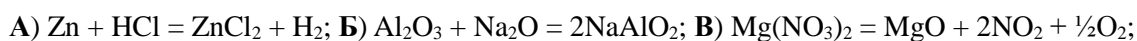
А (Ал)	азот, алюминий, аргон, астат, актиний, америций
--------	---

Б	бериллий, бор, бром, барий
В	водород, ванадий, вольфрам, висмут
К (Ка)	кислород, кремний, калий, кальций, кобальт, криптон, кадмий
М (Ма)	магний, марганец, мышьяк, молибден
Н	неон, натрий, никель, ниобий, неодим, нептуний, нобелий
С	сера, скандий, селен, стронций, сурьма, самарий, свинец
Х	хлор, хром
Ц	цинк, цирконий, церий

Учитывая, что однобуквенные обозначения используются для элементов, в основном, в начале периодической системы, а также принимая в расчёт формулы соединений, которые образуют эти элементы, можно предположить следующие обозначения:

А — азот, Ал — алюминий, Б — барий, В — водород, К — кислород, Ка — калий, М — магний, Ма — марганец, Н — натрий, С — сера, Х — хлор, Ц — цинк.

Тогда уравнения в привычной нотации имеют вид:



4. По условию один из символов совпадает с привычным обозначением. Это может быть: F — фтор, V — ванадий, К — калий или Cl — хлор. Первые три элемента возможно проверить по известным массовым долям:

Если F — это фтор, то $\omega(F)$ в F_4K_{10} равна 43,6%, тогда $A_r(K) = (1/\omega - 1) \cdot A_r(F) \cdot 4/10 = 9,83$. Такого элемента нет, значит F — это не фтор.

Если К — это калий, то $\omega(K)$ в F_4K_{10} равна 56,4%, тогда $A_r(F) = (1/\omega - 1) \cdot A_r(K) \cdot 10/4 = 75,37$. Таким элементом мог бы быть мышьяк, но он не подходит по валентности, соединения As_2K_5 не существует. Значит К — это не калий.

Если V — это ванадий, то $\omega(V)$ в V_2K равна 11,2%, тогда $A_r(K) = (1/\omega - 1) \cdot A_r(V) \cdot 1/2 = 202,18$. Такого элемента не существует. Значит V — это не ванадий.

Остаётся единственная возможность, что Cl — это хлор!

Попробуем определить другие элементы.

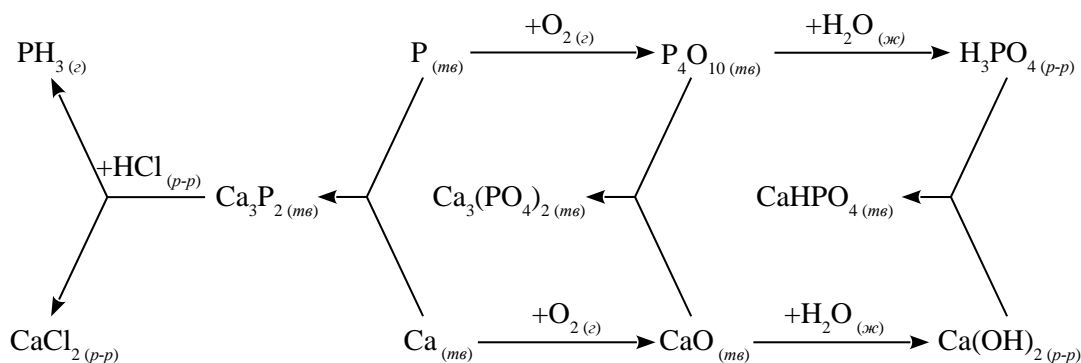
Для V_2K : $\omega(V) : \omega(K) = 11,2 : 88,8 = 1 : 7,9 = 2 \cdot A_r(V) : A_r(K) \Rightarrow A_r(K) : A_r(V) \approx 16$. Это очень похоже на водород и кислород. Значит V_2K — это вода H_2O .

Тогда F_4K_{10} — это оксид фосфора(V) P_4O_{10} , т. к. $A_r(F) = (1/\omega(O) - 1) \cdot A_r(O) \cdot 10/4 \approx 31$.

А VaK — это оксид кальция CaO , т. к. $A_r(Va) = (1/\omega(O) - 1) \cdot A_r(O) \approx 40$.

Действительно, названия элементов на чешском: Н — Vodík, О — Kyslík, P — Fosfor, Ca — Vápník, Cl — Chlor.

Получается, что НХ зашифровал своей загадкой схему генетической взаимосвязи между основными классами неорганических соединений:



Классы соединений (засчитывается любой из приведенных ответов):

- 1) PH_3 — бинарное соединение, гидрид, основание, восстановитель, летучее водородное соединение);
- 2) CaCl_2 — бинарное соединение, соль;
- 3) Ca_3P_2 — бинарное соединение, соль;
- 4) HCl — бинарное соединение, кислота;
- 5) P — простое вещество, неметалл;
- 6) Ca — простое вещество, металл;
- 7) O_2 — простое вещество, неметалл;
- 8) P_4O_{10} — бинарное соединение, кислотный оксид (верным считается и просто оксид);
- 9) CaO — бинарное соединение, основной оксид (верным считается и просто оксид);
- 10) H_3PO_4 — кислотный гидроксид, кислота;
- 11) $\text{Ca}(\text{OH})_2$ — основной гидроксид, основание;
- 12) $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ — средняя соль;
- 13) CaHPO_4 — кислая соль (ответ “соль” считать неверным);
- 14) H_2O — оксид, амфолит.

Уравнения реакций: 1. $3\text{Ca}_{(m\epsilon)} + 2\text{P}_{(m\epsilon)} \xrightarrow{t^\circ\text{C}} \text{Ca}_3\text{P}_{2(m\epsilon)}$; 2. $\text{Ca}_3\text{P}_{2(m\epsilon)} + 6\text{HCl}_{(p-p)} = 3\text{CaCl}_{2(p-p)} + 2\text{PH}_{3(z)}$;
3. $4\text{P}_{(m\epsilon)} + 5\text{O}_{2(z)} \xrightarrow{t^\circ\text{C}} \text{P}_4\text{O}_{10(m\epsilon)}$; 4. $\text{P}_4\text{O}_{10(m\epsilon)} + 6\text{H}_2\text{O}_{(ж)} = 4\text{H}_3\text{PO}_{4(p-p)}$; 5. $2\text{Ca}_{(m\epsilon)} + \text{O}_{2(z)} \xrightarrow{t^\circ\text{C}} 2\text{CaO}_{(m\epsilon)}$;
6. $\text{CaO}_{(m\epsilon)} + \text{H}_2\text{O}_{(ж)} = \text{Ca}(\text{OH})_{2(p-p)}$; 7. $\text{P}_4\text{O}_{10(m\epsilon)} + \text{CaO}_{(m\epsilon)} \xrightarrow{t^\circ\text{C}} \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2(m\epsilon)$;
8. $\text{H}_3\text{PO}_{4(p-p)} + \text{Ca}(\text{OH})_{2(p-p)} = \text{CaHPO}_{4(m\epsilon)} + 2\text{H}_2\text{O}$.

Система оценивания:

1. Примеры «несоответствия» английского названия и символа элемента..... $2 \times 0,5$ б.
2. Коэффициенты в реакциях А–Г..... $4 \times 0,5$ б.
Коэффициенты в реакции Д..... 1 б.
Верное указание типов реакций..... $5 \times 0,5$ б.
(за указание ОВР для реакций А и В без указания соединения и разложения по $0,25$ б.)
3. Верная расшифровка всех элементов..... $12 \times 0,5$ б.
4. Определение зашифрованных элементов в схеме НХ..... $5 \times 0,5$ б.
Верное указание классов соединений..... $14 \times 0,5$ б.
Уравнения реакций..... $8 \times 0,5$ б.

ИТОГО: 26 баллов

Задание 3. (Автор Емельянов В.А.).

1. $2\text{C}_{18}\text{H}_{38} + 55\text{O}_2 = 36\text{CO}_2 + 38\text{H}_2\text{O}$ ($\text{C}_{18}\text{H}_{38} + 27,5\text{O}_2 = 18\text{CO}_2 + 19\text{H}_2\text{O}$).

2. Одна свеча содержит $31,75 / (18 \cdot 12 + 38) = 0,125$ моля октадекана, для реакции с которым потребуется $0,125 \cdot 27,5 = 3,4375$ моля кислорода, которые имеют массу $3,4375 \cdot 32 = 110$ г.

В реакции получится $19 \cdot 0,125 = 2,375$ моля воды общей массой $2,375 \cdot 18 = 42,75$ г. Плотность воды при комнатной температуре приблизительно 1 г/см^3 , поэтому ее объем будет равен примерно 43 см^3 или 43 мл.

3. Объем кислорода, затрачиваемый на сгорание свечи, составит $3,4375 \cdot 24,4 = 83,875 \approx 84$ л. Объем воздуха будет в $100/21 = 4,76$ раза или примерно в 5 раз больше ($83,875 \cdot 4,76 = 399$ л, если считать не очень точно, то получается $84 \cdot 5 = 420$ л).

4. Основные компоненты воздуха (в скобках – объемные % для сухого воздуха): азот (78 %), кислород (21%), аргон (0,9 %), углекислый газ (0,04 %) и водяной пар (его содержание сильно меняется в зависимости от температуры и наличия в системе жидкой воды). Количество азота и аргона в процессе сжигания свечи в бочке не изменится и составит $0,78 \cdot 900 = 702$ л и $0,009 \cdot 900 = 8,1$ л соответственно. Кислорода останется $0,21 \cdot 900 - 84 = 105$ л (засчитывается и ответ $0,2 \cdot 900 - 84 = 96$ л). Углекислого газа получится $0,125 \cdot 18 \cdot 24,4 = 54,9$ л, что в сумме с тем, что был в бочке изначально ($0,0004 \cdot 900 = 0,36$ л), составит $54,9 + 0,36 = 55,26 \approx 55$ л.

5. Черный налет – сажа (уголь, углерод, С), образующаяся при неполном сгорании парафина: $\text{C}_{18}\text{H}_{38} + (19+n)/2\text{O}_2 = n\text{CO} + (18-n)\text{C} + 19\text{H}_2\text{O}$ (или $\text{C}_{18}\text{H}_{38} + 9,5\text{O}_2 = 18\text{C} + 19\text{H}_2\text{O}$).

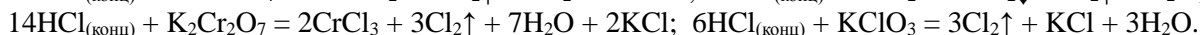
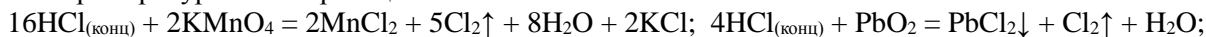
Максимальная масса этого налета составит (если весь парафин превратится в углерод) $0,125 \cdot 18 \cdot 12 = 27$ г.

Система оценивания:

- | | |
|---|--|
| 1. Уравнение реакции горения свечи 2 б (если нет коэф-тов или ошибка в них 1 б) | 2 б; |
| 2. Масса кислорода 2 б, объем воды 2 б | $2 \text{ б} + 2 \text{ б} = 4 \text{ б};$ |
| 3. Объем кислорода 2 б, ответ в 4,8 раза 2 б (в 5 раз 1 б) | $2 \text{ б} + 2 \text{ б} = 4 \text{ б};$ |
| 4. Названия газов по 1 б, их объем (или количество) по 2 б | $1 \text{ б} * 4 + 2 \text{ б} * 4 = 12 \text{ б};$ |
| 5. Состав налета 1 б, уравнение реакции 1 б, максимальная масса налета 2 б | $1 \text{ б} + 1 \text{ б} + 2 \text{ б} = 4 \text{ б};$ |
| | Итого 26 б. |

Задание 4. (Автор Гулевич Д.Г.).

1. Шееле получил хлор по реакции $4\text{HCl} + \text{MnO}_2 = \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$. В качестве лабораторного способа получения хлора можно рассматривать реакции взаимодействия концентрированной соляной кислоты с перманганатом калия, дихроматом, хлоратом калия, оксидом свинца(IV), хлорной известью, висмутатом калия и т.п. Примеры уравнений реакций:



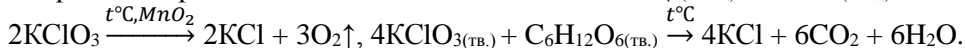
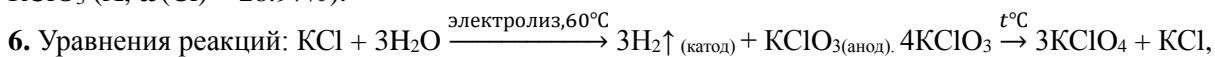
2. HCl – хлороводород, соляная кислота (-1), KCl - хлорид калия; HClO – хлорноватистая кислота (+1), KClO - гипохлорит калия; HClO₂ – хлористая кислота (+3), KClO₂ - хлорит калия; HClO₃ – хлорноватая (+5) кислота, KClO₃ - хлорат калия; HClO₄ – хлорная кислота (+7), KClO₄ - перхлорат калия.

3. Уравнение реакции хлора с водой при t_{комн.}: $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{HCl} + \text{HClO}$.

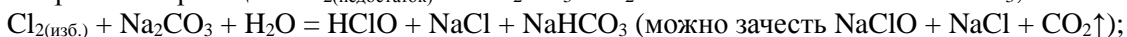
4. Количество хлора в 1,5 г клатрата $170 \cdot 10^{-3} / 23,2 = 7,33 \cdot 10^{-3}$ моль, его масса $7,33 \cdot 10^{-3} \cdot 71 = 0,52$ г. Тогда на воду остается $1,5 - 0,52 = 0,98$ г, что соответствует $0,98 / 18 = 0,0544$ моля. Соотношение воды и хлора в клатрате $0,0544 / 7,33 \cdot 10^{-3} = 7,4$. Значит, искомый клатрат имеет формулу $\text{Cl}_2 \cdot 7,4\text{H}_2\text{O}$.

Связи в этом клатрате - вандерваальсовы, вода - "хозяин", хлор - "гость".

5. В результате электролиза водного раствора хлорида калия при нагревании образуется бертолетова соль KClO₃ (A, ω(Cl) = 28.97%).



7. Уравнения реакций: $\text{Cl}_2_{(\text{недостаток})} + 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{NaClO} + \text{NaCl} + 2\text{NaHCO}_3;$



Система оценивания:

- | | |
|---|--|
| 1. Уравнения реакций по 1 б | $2 * 1 = 2 \text{ б};$ |
| 2. Степени окисления по 0,5 балла, названия кислот по 0,5 б, солей по 0,5 б | $5 * (0,5 + 0,5 + 0,5) = 7,5 \text{ б};$ |
| 3. Уравнение реакции 1 б | 1 б; |
| 4. Определение формулы клатрата 3 б, тип связи 1 б, хозяин-гость 1 б | $3 + 1 + 1 = 5 \text{ б};$ |
| 5. Формула соли KClO ₃ 2 б, название бертолетова соль 0,5 б | $2 + 0,5 = 2,5 \text{ б};$ |
| 6-7. Уравнения реакций по 1 б | $7 * 1 = 7 \text{ б};$ |
| | Итого 25 б. |