**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) ${}_{88}^{226}\text{Ra} \longrightarrow {}_{86}^{222}\text{Rn} + {}_2^4\text{He}$ (или ${}^4_2\alpha$); б) $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2 + 14\text{F}_2 = \text{Na}_2\text{SiF}_6 + \text{CaSiF}_6 + 4\text{SiF}_4 + 7\text{O}_2$ или $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2 + 14\text{F}_2 = 2\text{NaF} + \text{CaF}_2 + 6\text{SiF}_4 + 7\text{O}_2$; в) $2\text{F}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{HF} + \text{O}_2$;

г) $\text{P}_4 + 3\text{O}_2 = \text{P}_4\text{O}_6$ (засчитывается $4\text{P} + 5\text{O}_2 = 2\text{P}_2\text{O}_5$ и т.п.).

Система оценивания:

1. **Правильное название по 1 б**

2. **Уравнения реакций по 1 б**

$$1 \text{ б} * 19 = 19 \text{ б};$$

$$1 \text{ б} * 4 = 4 \text{ б};$$

$$\text{Итого} \quad 23 \text{ б.}$$

Задание 2. (Автор Коваленко К.А.).

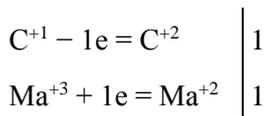
1. Примеров «несоответствия» английских названий элементов и их символов в ПСХЭ довольно много: sodium — Na, copper — Cu, silver — Ag, tin — Sn, antimonium — Sb, gold — Au, mercury — Hg, lead — Pb, tungsten — W.

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

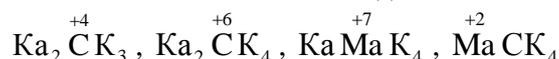
А) $\text{Ц} + 2\text{ВХ} = \text{ЦХ}_2 + \text{В}_2$; Б) $\text{Al}_2\text{К}_3 + \text{Н}_2\text{К} = 2\text{НAlК}_2$; В) $\text{M}(\text{АК}_3)_2 = \text{МК} + 2\text{АК}_2 + \frac{1}{2}\text{К}_2$;

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

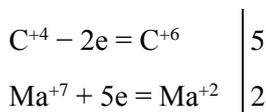
Это реакции, которые можно отнести к следующим типам: А — *замещение*, Б — *соединение*, В — *разложение*, Г — *обмена*. При этом реакции А и В относятся также к окислительно-восстановительным, поскольку в А из простого и сложного веществ получается новое сложное и новое простое вещества, а в реакции В из сложного вещества получается простое. Реакция Д выглядит сложнее предыдущих и в ней можно распознать *окислительно-восстановительное превращение*, например, по превращению соли $\text{Ca}_2\text{СК}_3$ в $\text{Ca}_2\text{СК}_4$. В зависимости от степени окисления К элемент С изменил свою степень окисления на 1 или 2. Превращение CaMaK_4 в MaСК_4 также должно сопровождаться изменением степени окисления элемента Ма — по записи формул можно предположить, что в CaMaK_4 элемент Ма входит в состав аниона, а значит имеет высокую положительную степень окисления, тогда как в MaСК_4 элемент Ма является катионом. Можно предположить (хотя это и не верно), что элемент К имеет степень окисления (С.О.) -1 , тогда Ма не может иметь С.О. больше $+1$, а элемент С имеет степени окисления $+1$ и $+2$ в $\text{Ca}_2\text{СК}_3$ в $\text{Ca}_2\text{СК}_4$ соответственно. Тогда для элемента Ма С.О. $+3$ и $+2$ в CaMaK_4 и MaСК_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) $2\text{CaMaK}_4 + 5\text{Ca}_2\text{СК}_3 + 3\text{В}_2\text{СК}_4 = 6\text{Ca}_2\text{СК}_4 + 2\text{MaСК}_4 + 3\text{В}_2\text{К}$.

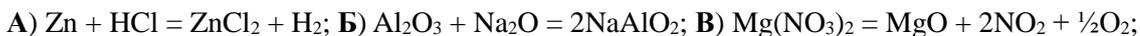
3. Для расшифровки элементов можно выписать из таблицы Д.И. Менделеева все элементы, названия которых начинаются на соответствующие буквы:

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.

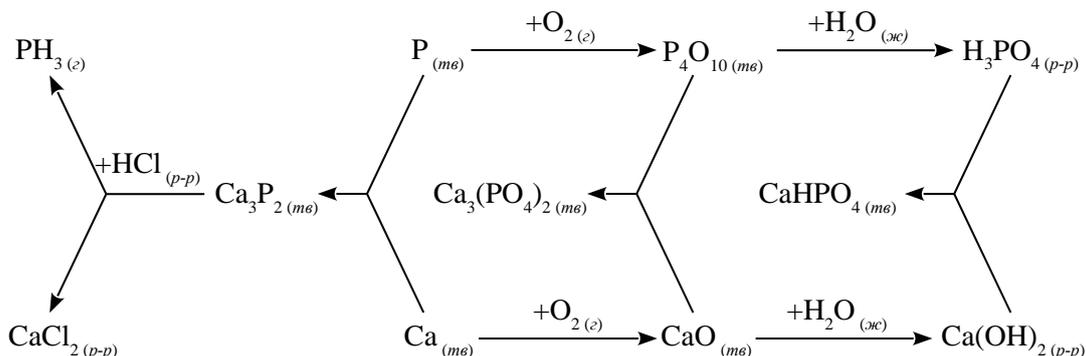
Для V_2K : $\omega(V) : \omega(K) = 11,2 : 88,8 = 1 : 7,9 = 2 \cdot A_r(V) : A_r(K) \Rightarrow A_r(K) : A_r(V) \approx 16$. Это очень похоже на водород и кислород. Значит V_2K — это вода H_2O .

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. $3\text{Ca}_{(m)} + 2\text{P}_{(m)} \xrightarrow{t^\circ\text{C}} \text{Ca}_3\text{P}_2_{(m)}$; 2. $\text{Ca}_3\text{P}_2_{(m)} + 6\text{HCl}_{(p-p)} = 3\text{CaCl}_2_{(p-p)} + 2\text{PH}_3_{(z)}$;
3. $4\text{P}_{(m)} + 5\text{O}_2_{(z)} \xrightarrow{t^\circ\text{C}} \text{P}_4\text{O}_{10}_{(m)}$; 4. $\text{P}_4\text{O}_{10}_{(m)} + 6\text{H}_2\text{O}_{(ж)} = 4\text{H}_3\text{PO}_4_{(p-p)}$; 5. $2\text{Ca}_{(m)} + \text{O}_2_{(z)} \xrightarrow{t^\circ\text{C}} 2\text{CaO}_{(m)}$;
6. $\text{CaO}_{(m)} + \text{H}_2\text{O}_{(ж)} = \text{Ca}(\text{OH})_2_{(p-p)}$; 7. $\text{P}_4\text{O}_{10}_{(m)} + \text{CaO}_{(m)} \xrightarrow{t^\circ\text{C}} \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2_{(m)}$;
8. $\text{H}_3\text{PO}_4_{(p-p)} + \text{Ca}(\text{OH})_2_{(p-p)} = \text{CaHPO}_4_{(m)} + 2\text{H}_2\text{O}$.

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 $3,4375 \cdot 25 = 85,94 \approx 86$ л. Объем воздуха будет в $100/21 = 4,76$ или примерно в 5 раз больше ($85,94 \cdot 4,76 = 409$ л, если считать не очень точно, то получается $86 \cdot 5 = 430$ 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 $0,21 \cdot 900 - 86 = 103$ л (засчитывается и ответ $0,2 \cdot 900 - 86 = 94$ л). Углекислого газа получится $0,125 \cdot 18 \cdot 25 = 56,25$ л, что в сумме с тем, что был в бочке изначально ($0,0004 \cdot 900 = 0,36$ л), составит $56,25 + 0,36 = 56,61 \approx 57$ 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 $\text{C}_{18}\text{H}_{38} + 9,5\text{O}_2 = 18\text{C} + 19\text{H}_2\text{O}$).

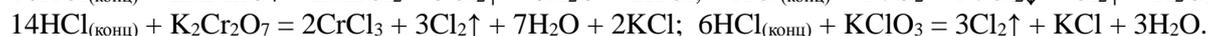
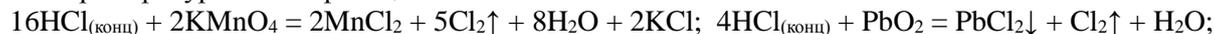
Максимальная масса этого налета составит (если весь парафин превратится в углерод) $0,125 \cdot 18 \cdot 12 = 27$ г.

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 б + 2 б = 4 б;
 3. Объем кислорода 2 б, ответ в 4,8 раза 2 б (в 5 раз 1 б) 2 б + 2 б = 4 б;
 4. Названия газов по 1 б, их объем (или количество) по 2 б 1 б * 4 + 2 б * 4 = 12 б;
 5. Состав налета 1 б, уравнение реакции 1 б, максимальная масса налета 2 б 1 б + 1 б + 2 б = 4 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:



Основной процесс электролиза: $\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{NaOH} + \text{H}_2 + \text{Cl}_2$; побочный: $2\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_2 + \text{O}_2$.

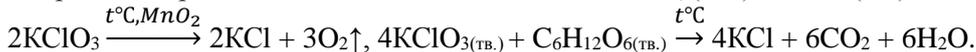
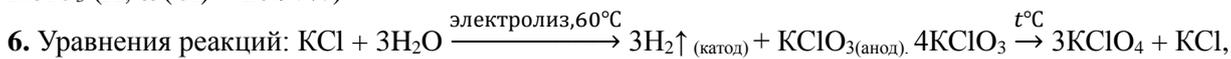
2. HCl – хлороводород, соляная кислота (-1), KCl - хлорид калия; HClO – хлорноватистая кислота (+1), KClO - гипохлорит калия; HClO₂ – хлористая кислота (+3), KClO₂ - хлорит калия; HClO₃ – хлорноватая (+5) кислота, KClO₃ - хлорат калия; HClO₄ – хлорная кислота (+7), KClO₄ - перхлорат калия.

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

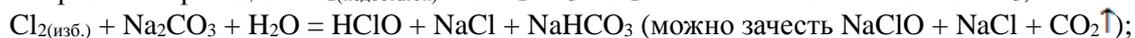
4. Количество хлора в 1,5 г клатрата $170 \cdot 10^{-3} / 23,2 = 7,33 \cdot 10^{-3}$ моль, его масса $7,33 \cdot 10^{-3} \cdot 71 = 0,52$ г. Тогда на воду остается $1,5 - 0,52 = 0,98$ г, что соответствует $0,98 / 18 = 0,0544$ моля. Соотношение воды и хлора в клатрате $0,0544 / 7,33 \cdot 10^{-3} = 7,4$.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

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

5. В результате электролиза водного раствора хлорида калия при нагревании образуется бертолетова соль KClO₃ (A, $\omega(\text{Cl}) = 28,97\%$).



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 4*1 = 4 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 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 б;
 5. Формула соли KClO₃ 1 б, название бертолетова соль 0,5 б 1+0,5 = 1,5 б;
 - 6-7. Уравнения реакций по 1 б 7*1 = 7 б;
- Итого 26 б.**