**Задание 1. (Автор Карнаухов Т.М.)**

1. Процесс плавления льда описывается уравнением фазового перехода: $\text{H}_2\text{O}_{(\text{тв.})} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(\text{ж.})}$, и тепловой эффект плавления льда может быть рассчитан как $Q^{\circ}_{\text{обр}}(\text{H}_2\text{O})_{(\text{ж.})} - Q^{\circ}_{\text{обр}}(\text{H}_2\text{O})_{(\text{тв.})} = 285,83 \text{ кДж/моль} - 291,85 \text{ кДж/моль} = -6,02 \text{ кДж/моль} = -6020 \text{ Дж/моль}$.

2. Т.к. NaCl диссоциирует на два иона, $i = 2$. $T_{\text{пл}}(\text{H}_2\text{O}) = 0^\circ\text{C} = 273,15 \text{ К}$. Масса 1л 1М раствора NaCl = $1000\text{мл} \cdot 1,038\text{г/мл} = 1038 \text{ г}$. В нем содержится $1\text{л} \cdot 1\text{М} = 1 \text{ моль}$ хлорида натрия, т.е. $1 \cdot 58,5 \text{ г/моль} = 58,5 \text{ г}$. Масса воды в растворе составляет $1038 - 58,5 = 979,5 \text{ г}$. Тогда, решая пропорцию, получаем, что на 1000 г воды приходится $58,5 \cdot 1000 / 979,5 = 59,7 \text{ г}$ хлорида натрия, что составляет $59,7 / 58,5 = 1,02 \text{ моль}$. Итого, $m(\text{NaCl}) = 1,02 \text{ моль} / 1000 \text{ г}$ воды.

Подставляя все найденные величины в формулу для ΔT , получаем

$$\Delta T = 8,314 \cdot (273,15)^2 / (1000 \cdot (-6020)) \cdot 18 \cdot 2 \cdot 1,02 = -3,78^\circ\text{C}. T_{\text{замерз.}} = 0 - 3,78 = -3,78^\circ\text{C}.$$

3. Для понижения температуры таяния льда на 2°C необходимо, чтобы моляльность хлорида натрия составила $m = 1000 Q_{\text{пл}} \cdot \Delta T / RT^2 M_i = 1000 \cdot (-6020) \cdot (-2) / (8,314 \cdot (273,15)^2 \cdot 18 \cdot 2) = 0,54 \text{ моль} / 1000 \text{ г}$ воды. Объем одного квадратного метра ледяного слоя $V = 0,01\text{м} \cdot 1\text{м}^2 = 0,01\text{м}^3 = 10^4 \text{ см}^3$.

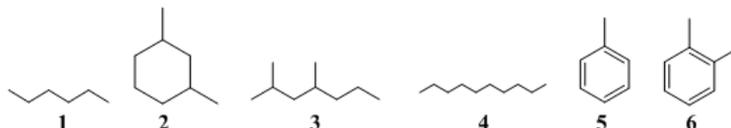
Его масса равна $\rho V = 0,917 \cdot 10^4 = 9170 \text{ г}$. Решая пропорцию, получаем, что на такое количество льда необходимо высыпать $9170 \cdot 0,54 / 1000 = 4,95 \text{ моль}$ NaCl, что составляет $4,95 \cdot 58,5 \approx 290 \text{ г}$ хлорида натрия.

4. Количество теплоты, необходимого для плавления 9170 г льда составляет $Q = (9170 / 18) \cdot 6,02 = 3066,9 \text{ кДж}$. Сгорание углерода описывается термохимическим уравнением $\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 393,5 \text{ кДж/моль}$.

Таким образом, необходимо сжечь $3066,9 / 393,5 = 7,8 \text{ моль}$ углерода, т.е. $7,8 \cdot 12 = 93,6 \text{ г}$, и масса угля составит $93,6 / 0,60 = 156 \text{ г}$.

5. Структуры:

Оптические изомеры имеют второе и третье вещества, т.к. в их составе есть асимметрические атомы углерода.



6. Часть формулы для ΔT , а именно, $(RT^2 / 1000 Q_{\text{пл}}) \cdot M = k$ не зависит от концентрации введенной примеси и определяется лишь свойствами растворителя (обычно ее называют *криоскопической константой* данного растворителя). Для приведенных веществ при их растворении в бензине $i = 1$. Таким образом, $\Delta T = k \cdot m = k \cdot (n / 1000 \text{ г H}_2\text{O}) = k \cdot (m_{\text{в-ва}} / M_{\text{в-ва}} \cdot 1000 \text{ г H}_2\text{O})$. Фиксируя для корректного сравнения массу введенной примеси, понимаем, что с наибольшей эффективностью температуру замерзания бензина будет понижать вещество с наименьшей молярной массой, т.е. **n-гексан**.

В 10%-ном растворе гексана в бензине на 900 г бензина приходится 100 г гексана, т.е. на 1000 г бензина приходится $100 \cdot 1000 / 900 = 111 \text{ г}$ гексана или $111 / 86 = 1,29 \text{ моль}$.

$$\Delta T = 8,314 \cdot (253,15)^2 / (1000 \cdot (-12700)) \cdot 110 \cdot 1 \cdot 1,29 = -5,9^\circ\text{C}. T_{\text{замерз.}} = -20 - 5,9 = -25,9^\circ\text{C}.$$

7. Другие примеры коллигативных свойств растворов (по сравнению с чистым растворителем): эбулиоскопия (повышение температуры кипения раствора); первый закон Рауля (понижение давления пара растворителя над раствором), осмос (повышенное давление раствора на полупроницаемую мембрану).

Система оценивания

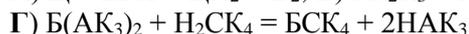
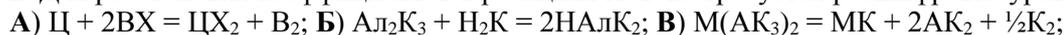
- | | |
|--|---|
| 1. Тепловой эффект..... | 1 балл |
| 2. $i = 2$ 1 б, $T_{\text{пл}}(\text{H}_2\text{O})$ в К 0,5 б, моляльность NaCl 2 б, ΔT 1 б, $T_{\text{замерз.}}$ 0,5 б (с неверным знаком 0 баллов) | $1+0,5+2+1+0,5 = 5 \text{ б}$ |
| 3. Моляльность NaCl 1 б, масса кв. м льда 1 б, масса NaCl на кв. м льда 1 б | $1+1+1 = 3 \text{ б}$ |
| 4. Кол-во теплоты 1 б, термохимическое ур-е 1 б, масса угля 1 б | $1+1+1 = 3 \text{ б}$ |
| 5. Структурные формулы по 0,5 б, наличие оптических изомеров по 0,5 б | $6 \cdot 0,5 + 2 \cdot 0,5 = 4 \text{ б}$ |
| 6. Выбор гексана 1 б, $T_{\text{замерз.}}$ 2 б | $1+2 = 3 \text{ б}$ |
| 7. Два примера по 2 б (названия явлений по 1 б, краткое описание по 1 б) | $2 \cdot 2 = 4 \text{ б}$ |

Итого 23 б.

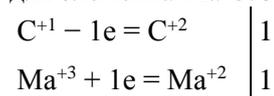
Задание 2. (Автор Коваленко К.А.).

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.

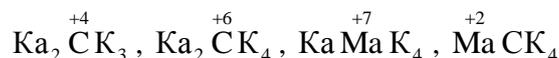
2. Для расстановки коэффициентов в реакциях А–Г не требуется расшифровка уравнений:



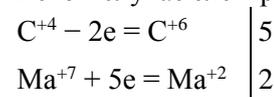
Это реакции, которые можно отнести к следующим типам: А — *замещение*, Б — *соединение*, В — *разложение*, Г — *обмена*. При этом реакции А и В относятся также к окислительно-восстановительным, поскольку в А из простого и сложного веществ получается новое сложное и новое простое вещества, а в реакции В из сложного вещества получается простое. Реакция Д выглядит сложнее предыдущих и в ней можно распознать *окислительно-восстановительное превращение*, например, по превращению соли Ka_2CK_3 в Ka_2CK_4 . В зависимости от степени окисления К элемент С изменил свою степень окисления на 1 или 2. Превращение $KaMaK_4$ в $MaCK_4$ также должно сопровождаться изменением степени окисления элемента Ма — по записи формул можно предположить, что в $KaMaK_4$ элемент Ма входит в состав аниона, а значит имеет высокую положительную степень окисления, тогда как в $MaCK_4$ 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 Ka_2CK_3 в Ka_2CK_4 соответственно. Тогда для элемента Ма С.О. $+3$ и $+2$ в $KaMaK_4$ и $MaCK_4$ 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) $2KaMaK_4 + 5Ka_2CK_3 + 3B_2CK_4 = 6Ka_2CK_4 + 2MaCK_4 + 3B_2K$.

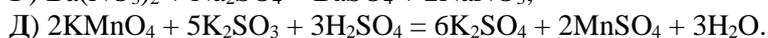
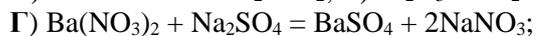
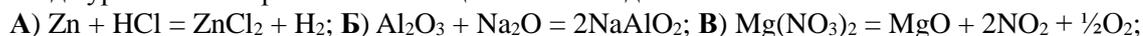
3. Для расшифровки элементов можно выписать из таблицы Д.И. Менделеева все элементы, названия которых начинаются на соответствующие буквы:

| | |
|--------|---|
| 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 $\omega(K)$ 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.

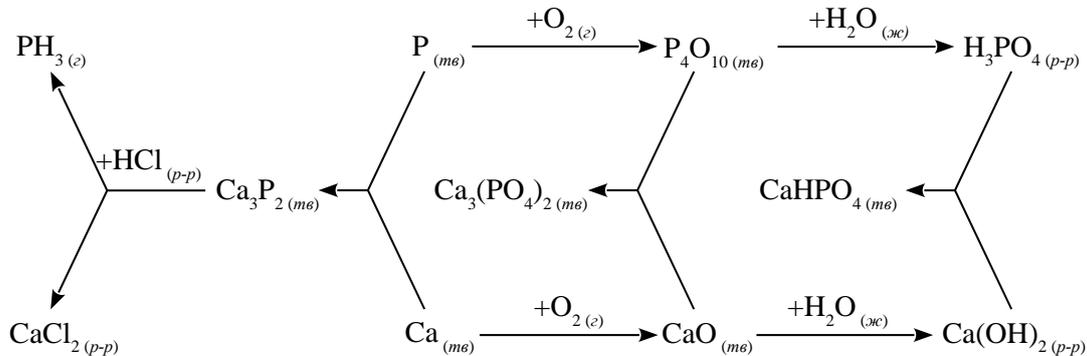
Для V_2K : $\omega(V):\omega(K) = 11,2:88,8 = 1:7,9 = 2 \cdot A_r(V) : A_r(K) \Rightarrow A_r(K) : A_r(V) \approx 16$. Это очень похоже на водород и кислород. Значит V_2K — это вода H_2O .

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. $A_r(Va) = (1/\omega(O) - 1) \cdot A_r(O) \approx 40$.

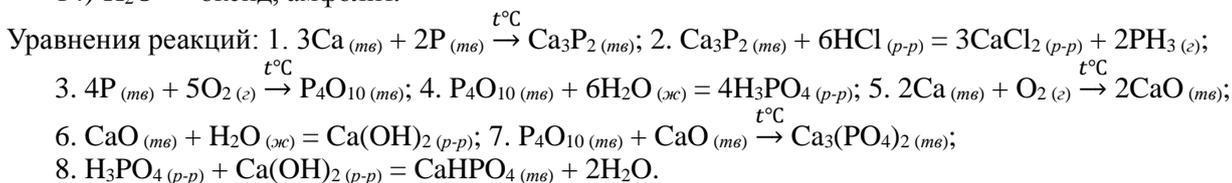
Действительно, названия элементов на чешском: H — Vodík, O — Kyslík, P — Fosfor, Ca — Vápník, Cl — Chlor.

Получается, что NH 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) $Ca(OH)_2$ — основной гидроксид, основание;
- 12) $Ca_3(PO_4)_2$ — средняя соль;
- 13) $CaHPO_4$ — кислая соль (ответ "соль" считать неверным);
- 14) H_2O — оксид, амфолит.



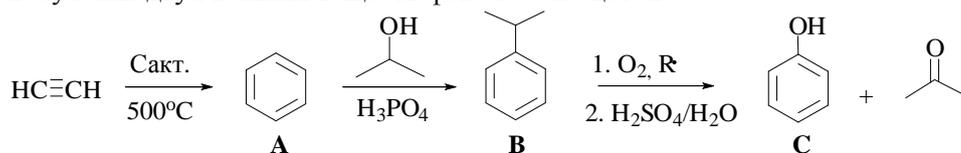
Система оценивания:

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 NH..... $5 \times 0,5$ б.
- Верное указание классов соединений..... $14 \times 0,5$ б.
- Уравнения реакций..... $8 \times 0,5$ б.

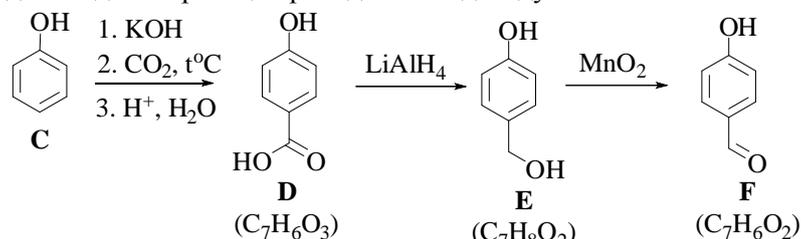
ИТОГО: 26 баллов

Задание 3. (Автор Заякин И.А.).

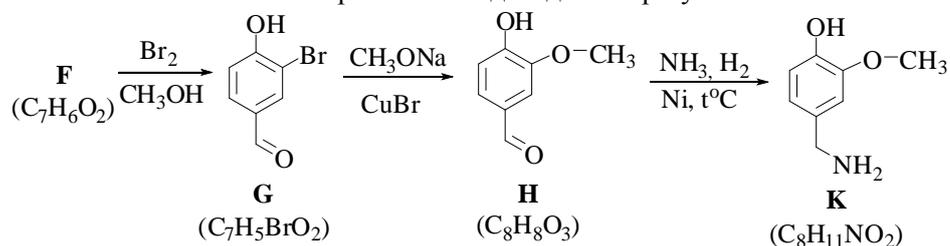
На первой стадии ацетилен тримеризуется в бензол **A** при пропускании через трубку с активированным углем при нагревании. Бензол **A** алкилируется изопропиловым спиртом в кислой среде с образованием кумола **B**. Окисление кумола с последующим гидролизом кумилгидропероксида является промышленным способом получения двух важных веществ фенола **C** и ацетона.



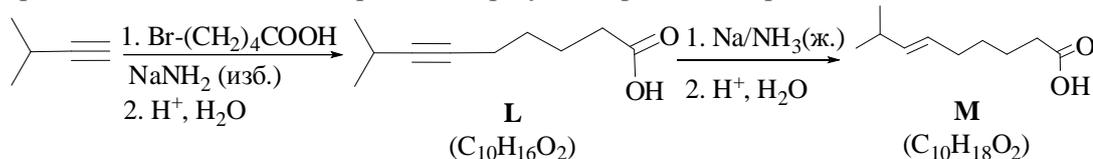
При нагревании фенолята калия (образуется при взаимодействии фенола **C** с гидроксидом калия) в среде углекислого газа, с последующим гидролизом, образуется 4-гидроксибензойная кислота **D** (на это нам указывает то, что она не образует внутримолекулярных водородных связей). Восстановление кислоты **D** алюмогидридом лития приводит к образованию 4-гидроксибензилового спирта **E**, окисление которого диоксидом марганца приводит к альдегиду **F**.



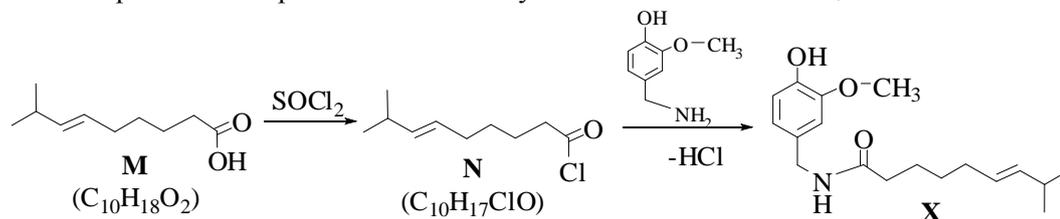
При бромировании фенола **F**, учитывая ориентацию заместителей, получаем бромид **G**. Стадия образования соединения **H** представляет собой реакцию нуклеофильного замещения, катализируемую Cu(I) . При восстановительном аминировании альдегида **H** образуется амин **K**.



Изопропилацетиленид натрия реагирует с натриевой солью 5-бромпентановой кислоты с образованием (после гидролиза соли карбоновой кислоты) соединения **L**. Натрий в жидком аммиаке является восстановителем для тройной связи кислоты **L**, при этом образуется *транс*-изомер кислоты **M**.



Взаимодействие кислоты **M** с хлористым тионилем приводит к образованию ее хлорангида - вещества **N**, после обработки которого амином **K** получается искомым капсаицин **X**.



Система оценивания:

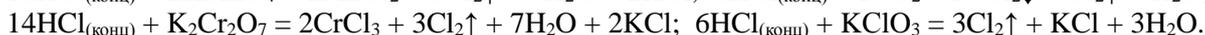
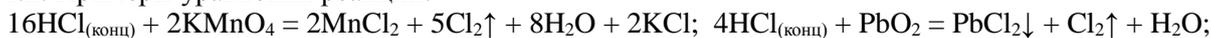
1. Структурные формулы соединений **A-N** и капсаицина **X** по 2 б

2б*13 = 26 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. HClO – хлорноватистая кислота, KClO - гипохлорит калия; HClO₂ – хлористая кислота, KClO₂ - хлорит калия; HClO₃ – хлорноватая кислота, KClO₃ - хлорат калия; HClO₄ – хлорная кислота, KClO₄ - перхлорат калия.

3. Уравнение реакции хлора с водой при t_{комн}: Cl₂ + H₂O = HCl + HClO.

Большая энергия - у водородной связи, а в клатрате - вандерваальсова.

4. Количество хлора в 1,5 г клатрата $170 \cdot 10^{-3} / (0,082 \cdot 283) = 7,33 \cdot 10^{-3}$ 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 Cl₂·7,4H₂O.

Вода - "хозяин", хлор - "гость".

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

6. Уравнения реакций: $KCl + 3H_2O \xrightarrow{t^{\circ}C, \text{электролиз}, 60^{\circ}C} 3H_2 \uparrow (\text{катод}) + KClO_3 (\text{анод})$. $4KClO_3 \xrightarrow{t^{\circ}C} 3KClO_4 + KCl$,

$2KClO_3 \xrightarrow{t^{\circ}C, MnO_2} 2KCl + 3O_2 \uparrow$, $4KClO_3 (\text{тв.}) + C_6H_{12}O_6 (\text{тв.}) \xrightarrow{t^{\circ}C} 4KCl + 6CO_2 + 6H_2O$.

7. Уравнения реакций: Cl₂(недостаток) + 2Na₂CO₃ + H₂O = NaClO + NaCl + 2NaHCO₃;

Cl₂(изб.) + Na₂CO₃ + H₂O = HClO + NaCl + NaHCO₃ (засчитывается любое из двух, а также с углекислым газом в качестве продукта: NaClO + NaCl + CO₂↑);

Cl₂ + Na₂SO₃ + H₂O = Na₂SO₄ + 2HCl.

Реакция тиосульфата с избытком хлора:

Na₂S₂O₃ + 5H₂O + 4Cl₂(изб.) = Na₂SO₄ + H₂SO₄ + 8HCl. В случае избытка тиосульфата (а так обычно и бывает, поскольку хлор поступает через маску, содержащую весь тиосульфат), кислоты, образующиеся в результате предыдущей реакции, реагируют с тиосульфатом.:

Na₂S₂O₃ + 2HCl = 2NaCl + S↓ + H₂O + SO₂↑; Na₂S₂O₃ + H₂SO₄ = Na₂SO₄ + S↓ + H₂O + SO₂↑.

Если просуммировать реакции, получится: **6Na₂S₂O₃(изб.) + 4Cl₂ = 8NaCl + 2Na₂SO₄ + 5S↓ + 5SO₂↑.**

При большом избытке тиосульфата возможна и такая реакция:

2Na₂S₂O₃(изб.) + Cl₂ = 2NaCl + Na₂SO₄ + 2S↓ + SO₂↑.

8. H₂(г.) + Cl₂(г.) = 2HCl. Количество прореагировавших молекул хлора: $0,134 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} / 2 = 4,03 \cdot 10^{22}$. Тогда количество квантов $n = 4,03 \cdot 10^{22} / 10^6 = 4,03 \cdot 10^{16}$. Число моль квантов равно $4,03 \cdot 10^{16} / (6,02 \cdot 10^{23}) = 6,69 \cdot 10^{-8}$. Тогда энергия одного моля квантов: $E = 0,2 / (6,69 \cdot 10^{-8}) = 2,99 \cdot 10^6$ Дж/моль = $h \cdot c \cdot N_A / \lambda$.

$\lambda = 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} / 2,99 \cdot 10^6 = 40 \cdot 10^{-9}$ м = 40 нм.

Система оценивания:

1. Уравнения реакций по 1 б

4*1 = 4 б;

2. Формулы кислот по 0,5 балла, названия кислот по 0,5 б, солей по 0,5 б 4*(0,5+0,5+0,5) = 6 б;

3. Уравнение реакции 1 б, связь с большей энергией 1 б, тип связи в клатрате 1 б 1+1+1 = 3 б;

4. Определение формулы клатрата 3 б, хозяин-гость 1 б

3+1 = 4 б;

5. Формула соли KClO₃ 0,5 б, название бертолетова соль 0,5 б

0,5+0,5 = 1 б;

6-7. Уравнения реакций по 1 б

8*1 = 8 б;

8. Расчет количества фотонов 2 б, расчет длины волны 4 б

2+4 = 6 б

Итого 32 б.

Задание 5. (Авторы Чубаров А.С., Коваленко К.А.).

1. Выделенные жирным шрифтом буквы образуют слово **CHEMISTRY**. Довольно легко разглядеть, что три буквы, расположенные вертикально в ряд образуют приставку “BIO”, что должно натолкнуть на мысль о том, что вторым словом может быть **BIOLOGY**. И химия, и биология являются естественными науками и составляют два направления подготовки на Факультете естественных наук. Оставшиеся не использованными буквы (N, A, L, U, A) и возможность повторного использования букв из слова CHEMISTRY позволяют составить третье слово: **NATURAL** — естественный.

2. Вещество **Е** скорее всего является оксидом (получается при взаимодействии металла **Н** с кислородом), тогда как **М** хлорид этого металла (оксид + соляная кислота). Оксид металла чёрного цвета и растворы солей голубого цвета свидетельствуют о том, что металл **Н**—медь.

Сейчас известно более 100 минералов, содержащих медь, но из них только около 10 имеют промышленное значение. Основные минералы: халькопирит (медный колчедан), CuFeS₂; малахит (CuOH)₂CO₃; халькозин, Cu₂S; борнит, Cu₅FeS₄; ковеллин, CuS; куприт, Cu₂O; азурит, Cu₃(CO₃)₂(OH)₂ и т. д.

3. Вещества в схеме: **С** — Na[Cu(CN)₂]; **Н** — Cu; **Е** — CuO; **М** — CuCl₂; **Н** — H₂[CuCl₄]; **А** — Cu(NO₃)₂; **И** — Cu(OH)₂; **С** — Cu₂O; **Т** — H[CuCl₂]; **Р** — [Cu(NH₃)₄](OH)₂; **У** — [Cu(NH₃)₄]CrO₄; **В** — CuSO₄; **Л** — CuBr₂; **О** — [Cu(NH₃)₂](OH); **У** — Cu₂SO₄; **Г** — Cu₂C₂. Их названия:

| | | | |
|----------|--|----------|---|
| С | Na[Cu(CN) ₂] дицианокупрат(I) натрия | С | Cu ₂ O оксид меди (I) |
| Е | CuO оксид меди (II) | Т | H[CuCl ₂] дихлорокупрат(I) водорода |
| М | CuCl ₂ хлорид меди (II) | Р | [Cu(NH ₃) ₄](OH) ₂ гидроксид тетраамминмеди (II) |
| И | Cu(OH) ₂ гидроксид меди (II) | У | [Cu(NH ₃) ₄]CrO ₄ хромат тетраамминмеди (II) |

4. Уравнения реакций: **1)** $4\text{Cu} + 8\text{NaCN}_{\text{p-p}} + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{Na}[\text{Cu}(\text{CN})_2] + 4\text{NaOH}$; **2)** $2\text{Cu} + \text{O}_2 \xrightarrow{t^\circ\text{C}} 2\text{CuO}$;
3) $\text{CuO} + 2\text{HCl}_{\text{p-p}} = \text{CuCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$; **4)** $\text{CuO} + 4\text{HCl}_{\text{конц. изб.}} = \text{H}_2[\text{CuCl}_4] + \text{H}_2\text{O}$;
5) $2\text{Cu}(\text{NO}_3)_2_{\text{тв.}} \xrightarrow{t^\circ\text{C}} 2\text{CuO} + 4\text{NO}_2\uparrow + \text{O}_2\uparrow$; **6)** $2\text{Cu} + 8\text{HCl}_{\text{конц. изб.}} + \text{O}_2 = 2\text{H}_2[\text{CuCl}_4] + 2\text{H}_2\text{O}$;
7) $\text{H}_2[\text{CuCl}_4]_{\text{p-p}} + 2\text{NaOH}_{\text{непл., p-p}} = \text{CuCl}_2 + 2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O}$; **8)** $\text{CuCl}_2_{\text{p-p}} + 2\text{AgNO}_3_{\text{p-p}} = 2\text{AgCl}\downarrow + \text{Cu}(\text{NO}_3)_2$;
9) $\text{Cu} + 4\text{HNO}_3_{\text{конц.}} \xrightarrow{t^\circ\text{C}} \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$; **10)** $\text{CuCl}_2_{\text{p-p}} + 2\text{NaOH}_{\text{p-p}} = \text{Cu}(\text{OH})_2\downarrow + 2\text{NaCl}$;
11) $4\text{Cu}(\text{OH})_2 + \text{N}_2\text{H}_4 \xrightarrow{t^\circ\text{C}} \text{N}_2\uparrow + 2\text{Cu}_2\text{O} + 6\text{H}_2\text{O}$; **12)** $\text{Cu}_2\text{O} + 4\text{HCl}_{\text{конц. изб.}} = 2\text{H}[\text{CuCl}_2] + \text{H}_2\text{O}$;
13) $\text{Cu}_2\text{O} + 3\text{H}_2\text{SO}_4_{\text{конц.}} = 2\text{CuSO}_4 + \text{SO}_2\uparrow + 3\text{H}_2\text{O}$;
14) $2\text{CuBr}_{2\text{p-p}} + \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6_{\text{p-p}} + 5\text{NaOH}_{\text{p-p}} \xrightarrow{t^\circ\text{C}} \text{Cu}_2\text{O}\downarrow + \text{C}_6\text{H}_{11}\text{O}_7\text{Na} + 3\text{H}_2\text{O} + 4\text{NaBr}$;

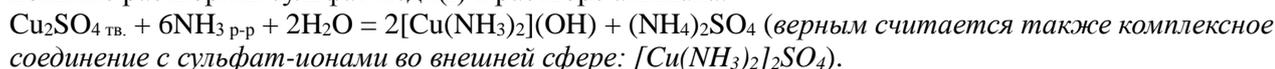
- 15)** $\text{Cu}_2\text{O} + 4\text{NH}_3_{\text{конц. p-p, изб.}} + \text{H}_2\text{O} = 2[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2](\text{OH})$; **16)** $\text{Cu}_2\text{O} + (\text{CH}_3)_2\text{SO}_4 \xrightarrow{\text{невод. p-p}} \text{Cu}_2\text{SO}_4 + \text{CH}_3\text{OCH}_3$;
17) $4\text{H}[\text{CuCl}_2]_{\text{p-p}} + 24\text{NH}_3_{\text{p-p}} + \text{O}_2 + 6\text{H}_2\text{O} = 4[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2 + 8\text{NH}_4\text{Cl}$;
18) $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2_{\text{p-p}} + \text{K}_2\text{CrO}_4_{\text{p-p}} = [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{CrO}_4 + 2\text{KOH}$;
19) $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2_{\text{p-p}} + 6\text{HNO}_3_{\text{p-p}} = \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 4\text{NH}_4\text{NO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$;
20) $\text{CuBr}_{2\text{p-p}} + \text{Pb}(\text{NO}_3)_2_{\text{p-p}} = \text{PbBr}_2\downarrow + \text{Cu}(\text{NO}_3)_2$;
21) $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2_{\text{p-p}} + \text{Cu}_{\text{тв.}} \longrightarrow 2[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2](\text{OH})$; **22)** $2[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2](\text{OH})_{\text{p-p}} + \text{C}_2\text{H}_2_{\text{г.}} = \text{Cu}_2\text{C}_2\downarrow + 4\text{NH}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$.

5. Вещество Y зелёного цвета представляет собой хромат тетраамминмеди(II) $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{CrO}_4$. В растворе соединение полностью диссоциирует по уравнению: $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{CrO}_4 = [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + \text{CrO}_4^{2-}$

При наложении постоянного электрического тока желтый ион CrO_4^{2-} будет двигаться к положительно заряженному электроду (аноду), а к катоду (отрицательно заряженный электрод) будет двигаться положительно заряженный синий ион $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$.

6. Рассчитаем молярную массу дигидрата: $M = 63,55 / 0,3898 = 163$ г/моль. Соединение содержит две молекулы воды и медь. Также предположительно в состав входит хлор, т. к. получается из $\text{H}[\text{CuCl}_2]$. Тогда «оставшаяся» масса составляет $163 - 2 \cdot 18 - 63,55 - 35,5 \approx 28$ г/моль, что хорошо соответствует молекуле CO. Тогда формула дигидрата $[\text{Cu}(\text{CO})\text{Cl}]\cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Уравнение реакции: $\text{H}[\text{CuCl}_2]_{\text{p-p}} + \text{CO}_{\text{г.}} = [\text{Cu}(\text{CO})\text{Cl}] + \text{HCl}$

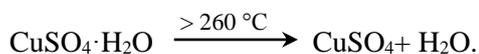
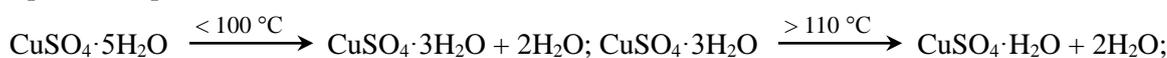
7. Соединения одновалентной меди в водном растворе полностью и быстро диспропорционируют: $\text{Cu}_2\text{SO}_4 = \text{Cu} + \text{CuSO}_4$ (в присутствии воды CuSO_4 растворяется с образованием раствора синего цвета). Устойчивыми к диспропорционированию являются лишь нерастворимые галогениды меди(I): CuCl , CuBr и CuI , сульфид меди(I) Cu_2S и комплексные соединения, например, гидроксид диамминмеди(I), который образуется при попытке растворить сульфат меди(I) в растворе аммиака:



8. Соединение В — медный купорос $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. При нагреве будет происходить постепенная дегидратация вещества с образованием безводной соли.

Подсчёт показывает, что при нагревании до 100°C теряется 2 молекулы воды: $250 \cdot 0,144 = 36 = 2 \cdot 18$. Далее при нагреве свыше 110°C теряется ещё 2 молекулы воды. Нагревание выше 260°C приводит к полной дегидратации: $159,55 / 249,55 \cdot 100\% = 63,9\%$.

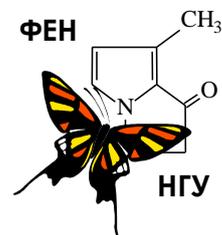
Уравнения реакций:



Система оценивания:

1. Каждое слово по 0,5 б. 1,5 б.
2. Металл, названия минералов + формулы 0,5+3·(0,5+0,5) = 3,5 б.
3. Вещества по 0,25 б. 16·0,25=4 б.
- Названия веществ в цепочке CHEMISTRY 0,25 б. 9·0,25=2,25 б.
4. Уравнения реакций 1 б. 22·1 б.=22 б.
5. Объяснение по составу вещества (ионы разных цветов) 1 б. 1 б.
- Направление движения ионов к соответствующим электродам 2·0,25 б.=0,5 б.
6. Формула дигидрата 1 б, уравнение реакции 1 б. 1+1 = 2 б.
7. Уравнения реакций 2·1 б.=2 б.
8. Название 0,25 б. 0,25 б.
- Расчёт формул 3-х гидратов сульфата меди(II) 3·1 б.=3 б.
- Уравнения термолитиза 3·1 б.=3 б.

ВСЕГО: 45 баллов

**Задание 1. (Автор Карнаухов Т.М.)**

1. Процесс плавления льда описывается уравнением фазового перехода: $\text{H}_2\text{O}_{(\text{тв.})} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(\text{ж.})}$, и тепловой эффект плавления льда может быть рассчитан как $Q^{\circ}_{\text{обр}}(\text{H}_2\text{O})_{(\text{ж.})} - Q^{\circ}_{\text{обр}}(\text{H}_2\text{O})_{(\text{тв.})} = 285,83 \text{ кДж/моль} - 291,85 \text{ кДж/моль} = -6,02 \text{ кДж/моль} = -6020 \text{ Дж/моль}$.

2. Т.к. NaCl диссоциирует на два иона, $i = 2$. $T_{\text{пл}}(\text{H}_2\text{O}) = 0^\circ\text{C} = 273,15 \text{ К}$. Масса 1л 1М раствора $\text{NaCl} = 1000\text{мл} \cdot 1,038\text{г/мл} = 1038 \text{ г}$. В нем содержится $1\text{л} \cdot 1\text{М} = 1 \text{ моль}$ хлорида натрия, т.е. $1 \cdot 58,5 \text{ г/моль} = 58,5 \text{ г}$. Масса воды в растворе составляет $1038 - 58,5 = 979,5 \text{ г}$. Тогда, решая пропорцию, получаем, что на 1000 г воды приходится $58,5 \cdot 1000 / 979,5 = 59,7 \text{ г}$ хлорида натрия, что составляет $59,7 / 58,5 = 1,02 \text{ моль}$. Итого, $m(\text{NaCl}) = 1,02 \text{ моль} / 1000 \text{ г}$ воды.

Подставляя все найденные величины в формулу для ΔT , получаем $\Delta T = 8,314 \cdot (273,15)^2 / (1000 \cdot (-6020)) \cdot 18 \cdot 2 \cdot 1,02 = -3,78^\circ\text{C}$. $T_{\text{замерз.}} = 0 - 3,78 = -3,78^\circ\text{C}$.

3. Для понижения температуры таяния льда на 2°C необходимо, чтобы моляльность хлорида натрия составила $m = 1000 Q_{\text{пл}} \cdot \Delta T / RT^2 M_i = 1000 \cdot (-6020) \cdot (-2) / (8,314 \cdot (273,15)^2 \cdot 18 \cdot 2) = 0,54 \text{ моль} / 1000 \text{ г}$ воды. Объем одного квадратного метра ледяного слоя $V = 0,01\text{м} \cdot 1\text{м}^2 = 0,01\text{м}^3 = 10^4 \text{ см}^3$.

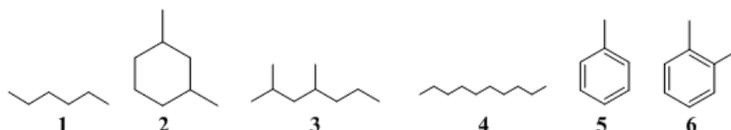
Его масса равна $\rho V = 0,917 \cdot 10^4 = 9170 \text{ г}$. Решая пропорцию, получаем, что на такое количество льда необходимо высыпать $9170 \cdot 0,54 / 1000 = 4,95 \text{ моль}$ NaCl , что составляет $4,95 \cdot 58,5 \approx 290 \text{ г}$ хлорида натрия.

4. Количество теплоты, необходимого для плавления 9170 г льда составляет $Q = (9170 / 18) \cdot 6,02 = 3066,9 \text{ кДж}$. Сгорание углерода описывается термохимическим уравнением $\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 393,5 \text{ кДж/моль}$.

Таким образом, необходимо сжечь $3066,9 / 393,5 = 7,8 \text{ моль}$ углерода, т.е. $7,8 \cdot 12 = 93,6 \text{ г}$, и масса угля составит $93,6 / 0,60 = 156 \text{ г}$.

5. Структуры:

Оптические изомеры имеют второе и третье вещества, т.к. в их составе есть асимметрические атомы углерода.



6. Часть формулы для ΔT , а именно, $(RT^2 / 1000 Q_{\text{пл}}) \cdot M = k$ не зависит от концентрации введенной примеси и определяется лишь свойствами растворителя (обычно ее называют *криоскопической константой* данного растворителя). Для приведенных веществ при их растворении в бензине $i = 1$. Таким образом, $\Delta T = k \cdot m = k \cdot (n / 1000 \text{ г H}_2\text{O}) = k \cdot (m_{\text{в-ва}} / M_{\text{в-ва}} \cdot 1000 \text{ г H}_2\text{O})$. Фиксируя для корректного сравнения массу введенной примеси, понимаем, что с наибольшей эффективностью температуру замерзания бензина будет понижать вещество с наименьшей молярной массой, т.е. **n-гексан**.

В 10%-ном растворе гексана в бензине на 900 г бензина приходится 100 г гексана, т.е. на 1000 г бензина приходится $100 \cdot 1000 / 900 = 111 \text{ г}$ гексана или $111 / 86 = 1,29 \text{ моль}$.

$\Delta T = 8,314 \cdot (253,15)^2 / (1000 \cdot (-12700)) \cdot 110 \cdot 1 \cdot 1,29 = -5,9^\circ\text{C}$. $T_{\text{замерз.}} = -20 - 5,9 = -25,9^\circ\text{C}$.

7. Другие примеры коллигативных свойств растворов (по сравнению с чистым растворителем): эбулиоскопия (повышение температуры кипения раствора); первый закон Рауля (понижение давления пара растворителя над раствором), осмос (повышенное давление раствора на полупроницаемую мембрану).

Система оценивания

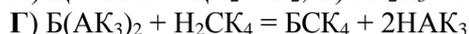
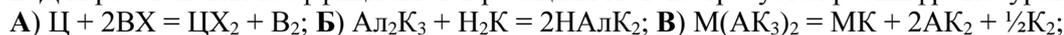
1. **Тепловой эффект**.....1 балл
2. $i = 2$ 1 б, $T_{\text{пл}}(\text{H}_2\text{O})$ в К 0,5 б, моляльность NaCl 2 б, ΔT 1 б, $T_{\text{замерз.}}$ 0,5 б (с неверным знаком 0 баллов)
 $1+0,5+2+1+0,5 = 5 \text{ б}$
3. Моляльность NaCl 1 б, масса кв. м льда 1 б, масса NaCl на кв. м льда 1 б $1+1+1 = 3 \text{ б}$
4. Кол-во теплоты 1 б, термохимическое ур-е 1 б, масса угля 1 б $1+1+1 = 3 \text{ б}$
5. Структурные формулы по 0,5 б, наличие оптических изомеров по 0,5 б $6 \cdot 0,5 + 2 \cdot 0,5 = 4 \text{ б}$
6. Выбор гексана 1 б, $T_{\text{замерз}}$ 2 б $1+2 = 3 \text{ б}$
7. Два примера по 2 б (названия явлений по 1 б, краткое описание по 1 б) $2 \cdot 2 = 4 \text{ б}$

Итого 23 б.

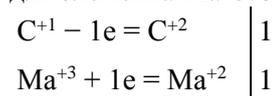
Задание 2. (Автор Коваленко К.А.).

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:



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 Ka_2CK_3 в Ka_2CK_4 . В зависимости от степени окисления К элемент С изменил свою степень окисления на 1 или 2. Превращение $KaMaK_4$ в $MaCK_4$ также должно сопровождаться изменением степени окисления элемента Ма — по записи формул можно предположить, что в $KaMaK_4$ элемент Ма входит в состав аниона, а значит имеет высокую положительную степень окисления, тогда как в $MaCK_4$ 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 Ka_2CK_3 в Ka_2CK_4 соответственно. Тогда для элемента Ма С.О. $+3$ и $+2$ в $KaMaK_4$ и $MaCK_4$ соответственно. Составим электронный баланс:

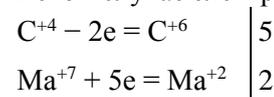


Однако при попытке расставить коэффициенты не получается сохранить материальный баланс в реакции.

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) $2KaMaK_4 + 5Ka_2CK_3 + 3B_2CK_4 = 6Ka_2CK_4 + 2MaCK_4 + 3B_2K$.

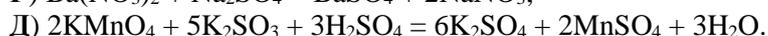
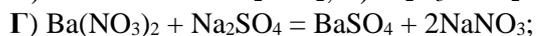
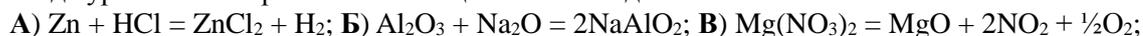
3. Для расшифровки элементов можно выписать из таблицы Д.И. Менделеева все элементы, названия которых начинаются на соответствующие буквы:

| | |
|--------|---|
| 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 $\omega(K)$ 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.

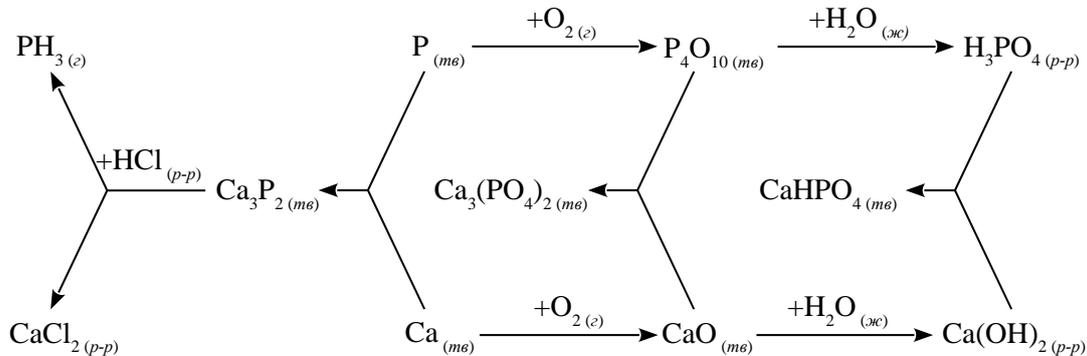
Для V_2K : $\omega(V):\omega(K) = 11,2:88,8 = 1:7,9 = 2 \cdot A_r(V) : A_r(K) \Rightarrow A_r(K) : A_r(V) \approx 16$. Это очень похоже на водород и кислород. Значит V_2K — это вода H_2O .

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. $A_r(Va) = (1/\omega(O) - 1) \cdot A_r(O) \approx 40$.

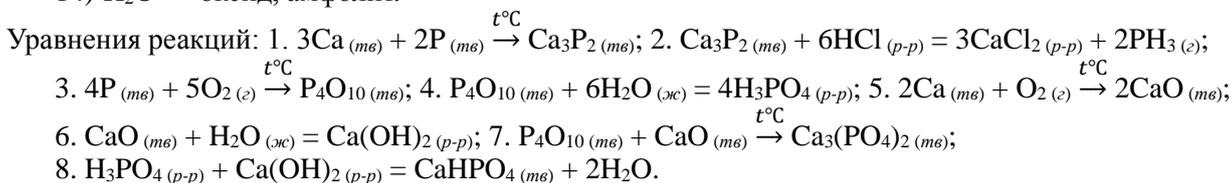
Действительно, названия элементов на чешском: H — Vodík, O — Kyslík, P — Fosfor, Ca — Vápník, Cl — Chlor.

Получается, что NH 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) $Ca(OH)_2$ — основной гидроксид, основание;
- 12) $Ca_3(PO_4)_2$ — средняя соль;
- 13) $CaHPO_4$ — кислая соль (ответ "соль" считать неверным);
- 14) H_2O — оксид, амфолит.



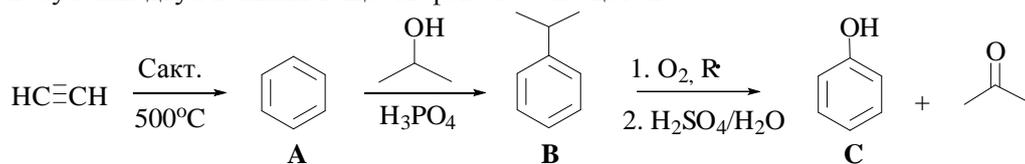
Система оценивания:

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 NH..... $5 \times 0,5$ б.
- Верное указание классов соединений..... $14 \times 0,5$ б.
- Уравнения реакций..... $8 \times 0,5$ б.

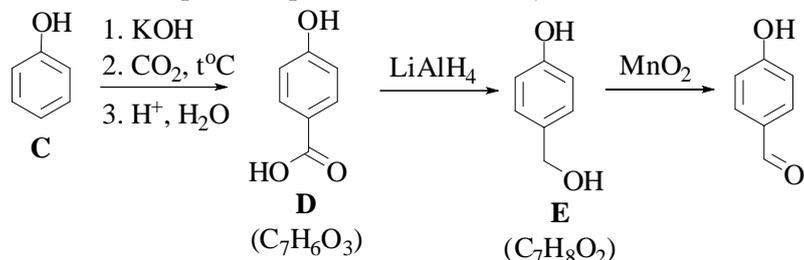
ИТОГО: 26 баллов

Задание 3. (Автор Заякин И.А.).

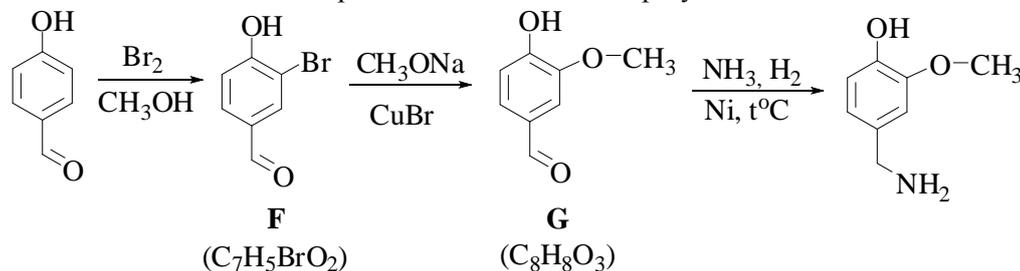
На первой стадии ацетилен тримеризуется в бензол **A** при пропускании через трубку с активированным углем при нагревании. Бензол **A** алкилируется изопропиловым спиртом в кислой среде с образование кумола **B**. Окисление кумола с последующим гидролизом кумилгидропероксида является промышленным способом получения двух важных веществ фенола **C** и ацетона.



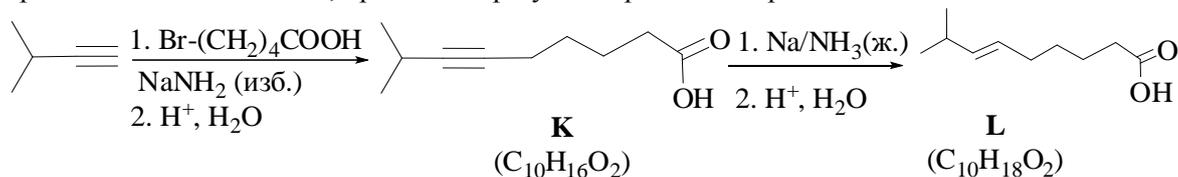
При нагревании фенолята калия (образуется при взаимодействии фенола **C** с гидроксидом калия) в среде углекислого газа, с последующим гидролизом, образуется 4-гидроксибензойная кислота **D** (на это нам указывает то, что она не образует внутримолекулярных водородных связей). Восстановление кислоты **D** алюмогидридом лития приводит к образованию 4-гидроксибензилового спирта **E**, окисление которого диоксидом марганца приводит к альдегиду.



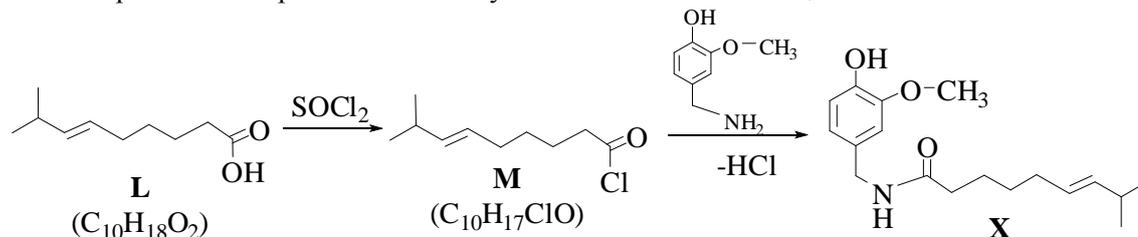
При бромировании альдегида, учитывая ориентацию заместителей, получаем бромид **F**. Стадия образования соединения **G** представляет собой реакцию нуклеофильного замещения, катализируемую Cu(I). При восстановительном аминировании альдегида **G** образуется амин.



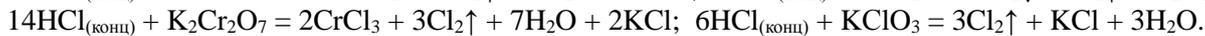
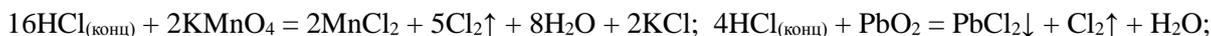
Изопропилацетиленид натрия реагирует с натриевой солью 5-бромпентановой кислоты с образованием (после гидролиза соли карбоновой кислоты) соединения **K**. Натрий в жидком аммиаке является восстановителем для тройной связи кислоты **K**, при этом образуется *транс*-изомер кислоты **L**.



Взаимодействие кислоты **L** с хлористым тионилем приводит к образованию ее хлорангидрида - вещества **M**, после обработки которого амином получается искомый капсаицин **X**.

**Система оценивания:****1. Структурные формулы соединений А-М и капсаицина X по 2 б****26*11 = 22 б;****Итого 22 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. HClO – хлорноватистая кислота, KClO - гипохлорит калия; HClO_2 – хлористая кислота, KClO_2 - хлорит калия; HClO_3 – хлорноватая кислота, KClO_3 - хлорат калия; HClO_4 – хлорная кислота, KClO_4 - перхлорат калия.

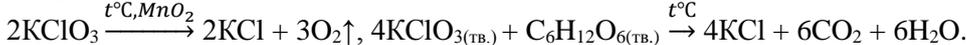
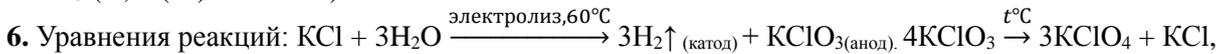
3. Уравнение реакции хлора с водой при $t_{\text{комн}}$: $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{HCl} + \text{HClO}$.

Большая энергия - у водородной связи, а в клатрате - вандерваальсова.

4. Количество хлора в 1,5 г клатрата $170 \cdot 10^{-3} / (0,082 \cdot 283) = 7,33 \cdot 10^{-3}$ 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 $\text{Cl}_2 \cdot 7,4\text{H}_2\text{O}$.

Вода - "хозяин", хлор - "гость".

5. В результате электролиза водного раствора хлорида калия при нагревании образуется бертолетова соль KClO_3 (А, $\omega(\text{Cl}) = 28,97\%$).



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

$\text{Cl}_2_{(\text{изб.})} + \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{HClO} + \text{NaCl} + \text{NaHCO}_3$ (засчитывается любое из двух, а также с углекислым газом в качестве продукта: $\text{NaClO} + \text{NaCl} + \text{CO}_2\uparrow$);



Реакция тиосульфата с избытком хлора:

$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 5\text{H}_2\text{O} + 4\text{Cl}_2_{(\text{изб.})} = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 + 8\text{HCl}$. В случае избытка тиосульфата (а так обычно и бывает, поскольку хлор поступает через маску, содержащую весь тиосульфат), кислоты, образующиеся в результате предыдущей реакции, реагируют с тиосульфатом.:



Если просуммировать реакции, получится: $6\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3_{(\text{изб.})} + 4\text{Cl}_2 = 8\text{NaCl} + 2\text{Na}_2\text{SO}_4 + 5\text{S}\downarrow + 5\text{SO}_2\uparrow$.

При большом избытке тиосульфата возможна и такая реакция:



Система оценивания:

1. Уравнения реакций по 1 б

$$4 \cdot 1 = 4 \text{ б};$$

2. Формулы кислот по 0,5 балла, названия кислот по 0,5 б, солей по 0,5 б

$$4 \cdot (0,5 + 0,5 + 0,5) = 6 \text{ б};$$

3. Уравнение реакции 1 б, связь с большей энергией 1 б, тип связи в клатрате 1 б $1 + 1 + 1 = 3 \text{ б};$

4. Определение формулы клатрата 3 б, хозяин-гость 1 б

$$3 + 1 = 4 \text{ б};$$

5. Формула соли KClO_3 0,5 б, название бертолетова соль 0,5 б

$$0,5 + 0,5 = 1 \text{ б};$$

6-7. Уравнения реакций по 1 б

$$8 \cdot 1 = 8 \text{ б};$$

Итого 26 б.

Задание 5. (Авторы Чубаров А.С., Коваленко К.А.).

1. Выделенные жирным шрифтом буквы образуют слово **CHEMISTRY**. Довольно легко разглядеть, что три буквы, расположенные вертикально в ряд образуют приставку “BIO”, что должно натолкнуть на мысль о том, что вторым словом может быть **BIOLOGY**. И химия, и биология являются естественными науками и составляют два направления подготовки на Факультете естественных наук. Оставшиеся не использованными буквы (N, A, L, U, A) и возможность повторного использования букв из слова CHEMISTRY позволяют составить третье слово: **NATURAL** — естественный.

2. Вещество **Е** скорее всего является оксидом (получается при взаимодействии металла **Н** с кислородом), тогда как **М** хлорид этого металла (оксид + соляная кислота). Оксид металла чёрного цвета и растворы солей голубого цвета свидетельствуют о том, что металл **Н**—медь.

Сейчас известно более 100 минералов, содержащих медь, но из них только около 10 имеют промышленное значение. Основные минералы: халькопирит (медный колчедан), CuFeS_2 ; малахит $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$; халькозин, Cu_2S ; борнит, Cu_5FeS_4 ; ковеллин, CuS ; куприт, Cu_2O ; азурит, $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$ и т. д.

3. Вещества в схеме: **С** — $\text{Na}[\text{Cu}(\text{CN})_2]$; **Н** — Cu ; **Е** — CuO ; **М** — CuCl_2 ; **Н** — $\text{H}_2[\text{CuCl}_4]$; **А** — $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$; **И** — $\text{Cu}(\text{OH})_2$; **С** — Cu_2O ; **Т** — $\text{H}[\text{CuCl}_2]$; **Р** — $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2$; **У** — $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{CrO}_4$; **В** — CuSO_4 ; **Л** — CuBr_2 ; **О** — $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2](\text{OH})$; **У** — Cu_2SO_4 ; **Г** — Cu_2C_2 . Их названия:

| | | | |
|----------|---|----------|---|
| С | $\text{Na}[\text{Cu}(\text{CN})_2]$ дицианокупрат(І) натрия | С | Cu_2O оксид меди (І) |
| Е | CuO оксид меди (ІІ) | Т | $\text{H}[\text{CuCl}_2]$ дихлорокупрат(І) водорода |
| М | CuCl_2 хлорид меди (ІІ) | Р | $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2$ гидроксид тетраамминмеди (ІІ) |
| И | $\text{Cu}(\text{OH})_2$ гидроксид меди (ІІ) | У | $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{CrO}_4$ хромат тетраамминмеди (ІІ) |

4. Уравнения реакций: **1)** $4\text{Cu} + 8\text{NaCN}_{\text{p-p}} + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{Na}[\text{Cu}(\text{CN})_2] + 4\text{NaOH}$; **2)** $2\text{Cu} + \text{O}_2 \xrightarrow{t^\circ\text{C}} 2\text{CuO}$;

- 3) $\text{CuO} + 2\text{HCl}_{\text{p-p}} = \text{CuCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$; 4) $\text{CuO} + 4\text{HCl}_{\text{конц. изб.}} = \text{H}_2[\text{CuCl}_4] + \text{H}_2\text{O}$;
 5) $2\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \xrightarrow{t^\circ\text{C}} 2\text{CuO} + 4\text{NO}_2\uparrow + \text{O}_2\uparrow$; 6) $2\text{Cu} + 8\text{HCl}_{\text{конц. изб.}} + \text{O}_2 = 2\text{H}_2[\text{CuCl}_4] + 2\text{H}_2\text{O}$;
 7) $\text{H}_2[\text{CuCl}_4]_{\text{p-p}} + 2\text{NaOH}_{\text{нед., p-p}} = \text{CuCl}_2 + 2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O}$; 8) $\text{CuCl}_2_{\text{p-p}} + 2\text{AgNO}_3_{\text{p-p}} = 2\text{AgCl}\downarrow + \text{Cu}(\text{NO}_3)_2$;
 9) $\text{Cu} + 4\text{HNO}_3_{\text{конц.}} \xrightarrow{t^\circ\text{C}} \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$; 10) $\text{CuCl}_2_{\text{p-p}} + 2\text{NaOH}_{\text{p-p}} = \text{Cu}(\text{OH})_2\downarrow + 2\text{NaCl}$;
 11) $4\text{Cu}(\text{OH})_2 + \text{N}_2\text{H}_4 \xrightarrow{t^\circ\text{C}} \text{N}_2\uparrow + 2\text{Cu}_2\text{O} + 6\text{H}_2\text{O}$; 12) $\text{Cu}_2\text{O} + 4\text{HCl}_{\text{конц. изб.}} = 2\text{H}[\text{CuCl}_2] + \text{H}_2\text{O}$;
 13) $\text{Cu}_2\text{O} + 3\text{H}_2\text{SO}_4_{\text{конц.}} = 2\text{CuSO}_4 + \text{SO}_2\uparrow + 3\text{H}_2\text{O}$;
 14) $2\text{CuBr}_2_{\text{p-p}} + \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6_{\text{p-p}} + 5\text{NaOH}_{\text{p-p}} \xrightarrow{t^\circ\text{C}} \text{Cu}_2\text{O}\downarrow + \text{C}_6\text{H}_{11}\text{O}_7\text{Na} + 3\text{H}_2\text{O} + 4\text{NaBr}$;
 15) $\text{Cu}_2\text{O} + 4\text{NH}_3_{\text{конц. p-p, изб.}} + \text{H}_2\text{O} = 2[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2](\text{OH})$; 16) $\text{Cu}_2\text{O} + (\text{CH}_3)_2\text{SO}_4 \xrightarrow{\text{невод. p-p}} \text{Cu}_2\text{SO}_4 + \text{CH}_3\text{OCH}_3$;
 17) $4\text{H}[\text{CuCl}_2]_{\text{p-p}} + 24\text{NH}_3_{\text{p-p}} + \text{O}_2 + 6\text{H}_2\text{O} = 4[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2 + 8\text{NH}_4\text{Cl}$;
 18) $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2_{\text{p-p}} + \text{K}_2\text{CrO}_4_{\text{p-p}} = [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{CrO}_4 + 2\text{KOH}$;
 19) $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2_{\text{p-p}} + 6\text{HNO}_3_{\text{p-p}} = \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 4\text{NH}_4\text{NO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$;
 20) $\text{CuBr}_2_{\text{p-p}} + \text{Pb}(\text{NO}_3)_2_{\text{p-p}} = \text{PbBr}_2\downarrow + \text{Cu}(\text{NO}_3)_2$;
 21) $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2_{\text{p-p}} + \text{Cu}_{\text{тв.}} \longrightarrow 2[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2](\text{OH})$; 22) $2[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2](\text{OH})_{\text{p-p}} + \text{C}_2\text{H}_2_{\text{г.}} = \text{Cu}_2\text{C}_2\downarrow + 4\text{NH}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$.

5. Вещество Y зелёного цвета представляет собой хромат тетраамминмеди(II) $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{CrO}_4$. В растворе соединение полностью диссоциирует по уравнению: $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{CrO}_4 = [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + \text{CrO}_4^{2-}$

При наложении постоянного электрического тока желтый ион CrO_4^{2-} будет двигаться к положительно заряженному электроду (аноду), а к катоду (отрицательно заряженный электрод) будет двигаться положительно заряженный синий ион $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$.

6. Рассчитаем молярную массу дигидрата: $M = 63,55 / 0,3898 = 163$ г/моль. Соединение содержит две молекулы воды и медь. Также предположительно в состав входит хлор, т. к. получается из $\text{H}[\text{CuCl}_2]$. Тогда «оставшаяся» масса составляет $163 - 2 \cdot 18 - 63,55 - 35,5 \approx 28$ г/моль, что хорошо соответствует молекуле CO. Тогда формула дигидрата $[\text{Cu}(\text{CO})\text{Cl}]\cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Уравнение реакции: $\text{H}[\text{CuCl}_2]_{\text{p-p}} + \text{CO}_{\text{г.}} = [\text{Cu}(\text{CO})\text{Cl}] + \text{HCl}$

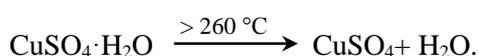
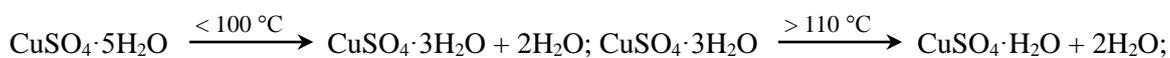
7. Соединения одновалентной меди в водном растворе полностью и быстро диспропорционируют: $\text{Cu}_2\text{SO}_4 = \text{Cu} + \text{CuSO}_4$ (в присутствии воды CuSO_4 растворяется с образованием раствора синего цвета). Устойчивыми к диспропорционированию являются лишь нерастворимые галогениды меди(I): CuCl , CuBr и CuI , сульфид меди(I) Cu_2S и комплексные соединения, например, гидроксид диамминмеди(I), который образуется при попытке растворить сульфат меди(I) в растворе аммиака:

$\text{Cu}_2\text{SO}_4_{\text{тв.}} + 6\text{NH}_3_{\text{p-p}} + 2\text{H}_2\text{O} = 2[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2](\text{OH}) + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (верным считается также комплексное соединение с сульфат-ионами во внешней сфере: $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]_2\text{SO}_4$).

8. Соединение B — медный купорос $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. При нагреве будет происходить постепенная дегидратация вещества с образованием безводной соли.

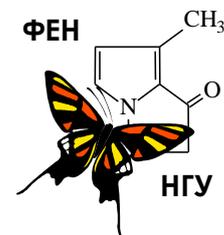
Подсчёт показывает, что при нагревании до 100°C теряется 2 молекулы воды: $250 \cdot 0,144 = 36 = 2 \cdot 18$. Далее при нагреве свыше 110°C теряется ещё 2 молекулы воды. Нагревание выше 260°C приводит к полной дегидратации: $159,55 / 249,55 \cdot 100\% = 63,9\%$.

Уравнения реакций:



Система оценивания:

1. Каждое слово по 0,5 б. 1,5 б.
 2. Металл, названия минералов + формулы 0,5+3·(0,5+0,5) = 3,5 б.
 3. Вещества по 0,25 б. 16·0,25=4 б.
 - Названия веществ в цепочке CHEMISTRY 0,25 б. 9·0,25=2,25 б.
 4. Уравнения реакций 1 б. 22·1 б.=22 б.
 5. Объяснение по составу вещества (ионы разных цветов) 1 б. 1 б.
 - Направление движения ионов к соответствующим электродам 2·0,25 б.=0,5 б.
 6. Формула дигидрата 1 б, уравнение реакции 1 б. 1+1 = 2 б.
 7. Уравнения реакций 2·1 б.=2 б.
 8. Название 0,25 б. 0,25 б.
 - Расчёт формул 3-х гидратов сульфата меди(II) 3·1 б.=3 б.
 - Уравнения термоллиза 3·1 б.=3 б.
- ВСЕГО: 45 баллов**

**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.).

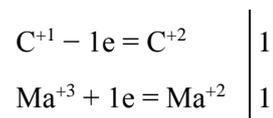
1. Примеров «несоответствия» английских названий элементов и их символов в ПСХЭ довольно много: sodium — Na, copper — Cu, silver — Ag, tin — Sn, antimonium — Sb, gold — Au, mercury — Hg, lead — Pb, tungsten — W.

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

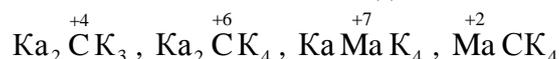
А) $\text{Ц} + 2\text{ВX} = \text{ЦX}_2 + \text{В}_2$; Б) $\text{Al}_2\text{K}_3 + \text{H}_2\text{K} = 2\text{HAlK}_2$; В) $\text{M}(\text{AK}_3)_2 = \text{MK} + 2\text{AK}_2 + \frac{1}{2}\text{K}_2$;

Г) $\text{B}(\text{AK}_3)_2 + \text{H}_2\text{СК}_4 = \text{BСК}_4 + 2\text{HAK}_3$

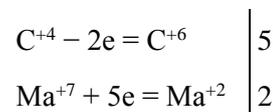
Это реакции, которые можно отнести к следующим типам: А — *замещение*, Б — *соединение*, В — *разложение*, Г — *обмена*. При этом реакции А и В относятся также к окислительно-восстановительным, поскольку в А из простого и сложного веществ получается новое сложное и новое простое вещества, а в реакции 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 Ка 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) $2\text{CaMaK}_4 + 5\text{Ca}_2\text{СК}_3 + 3\text{B}_2\text{СК}_4 = 6\text{Ca}_2\text{СК}_4 + 2\text{MaСК}_4 + 3\text{B}_2\text{K}$.

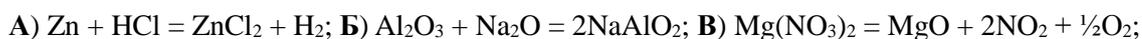
3. Для расшифровки элементов можно выписать из таблицы Д.И. Менделеева все элементы, названия которых начинаются на соответствующие буквы:

| | |
|--------|---|
| 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.

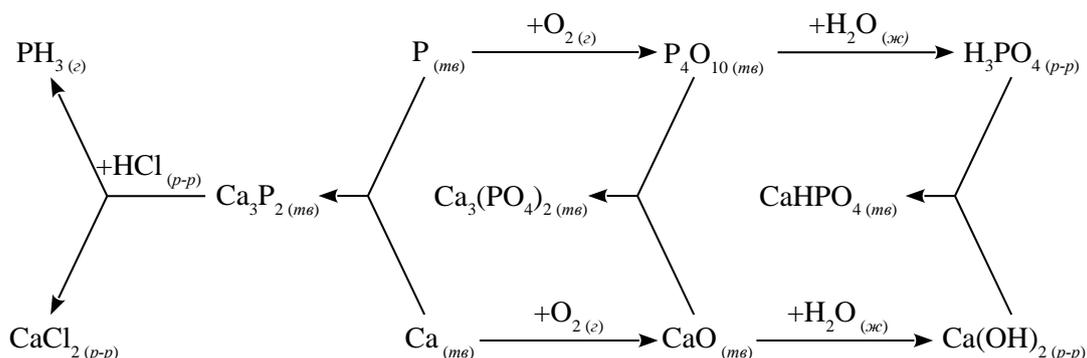
Для V_2K : $\omega(V) : \omega(K) = 11,2 : 88,8 = 1 : 7,9 = 2 \cdot A_r(V) : A_r(K) \Rightarrow A_r(K) : A_r(V) \approx 16$. Это очень похоже на водород и кислород. Значит V_2K — это вода H_2O .

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 $\text{C}_{18}\text{H}_{38} + 9,5\text{O}_2 = 18\text{C} + 19\text{H}_2\text{O}$).

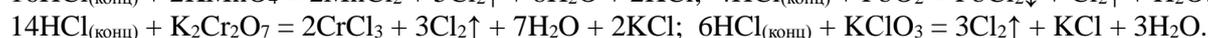
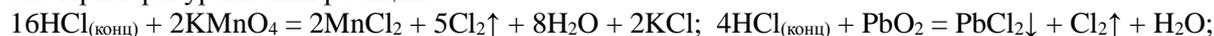
Максимальная масса этого налета составит (если весь парафин превратится в углерод) $0,125 \cdot 18 \cdot 12 = 27$ г.

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: $2\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_2 + \text{O}_2$.

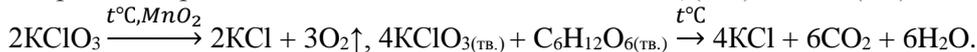
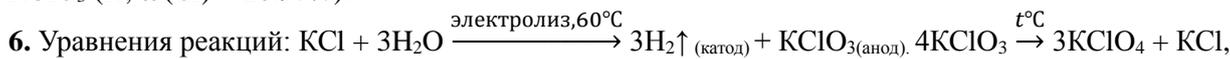
2. HCl – хлороводород, соляная кислота (-1), KCl - хлорид калия; HClO – хлорноватистая кислота (+1), KClO - гипохлорит калия; HClO₂ – хлористая кислота (+3), KClO₂ - хлорит калия; HClO₃ – хлорноватая (+5) кислота, KClO₃ - хлорат калия; HClO₄ – хлорная кислота (+7), KClO₄ - перхлорат калия.

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

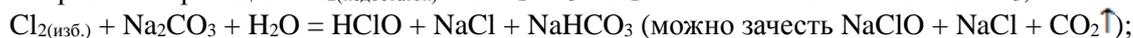
4. Количество хлора в 1,5 г клатрата $170 \cdot 10^{-3} / 23,2 = 7,33 \cdot 10^{-3}$ моль, его масса $7,33 \cdot 10^{-3} \cdot 71 = 0,52$ г. Тогда на воду остается $1,5 - 0,52 = 0,98$ г, что соответствует $0,98 / 18 = 0,0544$ моля. Соотношение воды и хлора в клатрате $0,0544 / 7,33 \cdot 10^{-3} = 7,4$. 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: $\text{Cl}_2_{(\text{недостаток})} + 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{NaClO} + \text{NaCl} + 2\text{NaHCO}_3$;

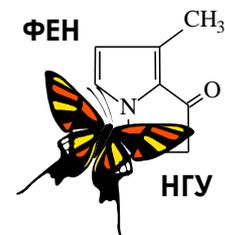


Система оценивания:

1. Уравнения реакций по 1 б 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.



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.).

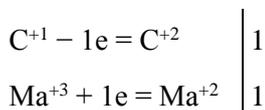
1. Примеров «несоответствия» английских названий элементов и их символов в ПСХЭ довольно много: sodium — Na, copper — Cu, silver — Ag, tin — Sn, antimonium — Sb, gold — Au, mercury — Hg, lead — Pb, tungsten — W.

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

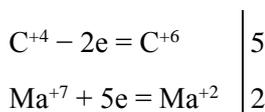
Это реакции, которые можно отнести к следующим типам: А — *замещение*, Б — *соединение*, В — *разложение*, Г — *обмена*. При этом реакции А и В относятся также к окислительно-восстановительным, поскольку в А из простого и сложного веществ получается новое сложное и новое простое вещества, а в реакции 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:

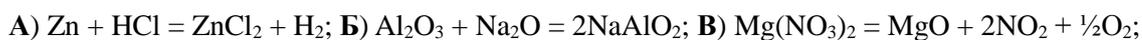
| | |
|--------|---|
| А (Ал) | азот, алюминий, аргон, астат, актиний, америций |
|--------|---|

| | |
|--------|---|
| 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.

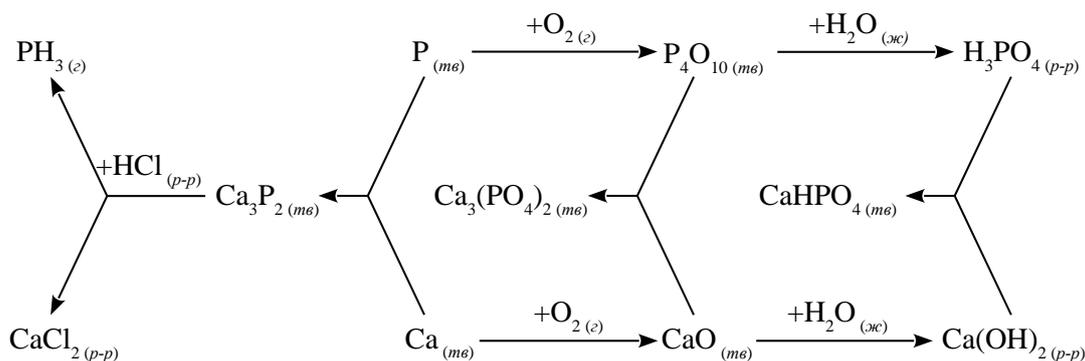
Для V_2K : $\omega(V) : \omega(K) = 11,2 : 88,8 = 1 : 7,9 = 2 \cdot A_r(V) : A_r(K) \Rightarrow A_r(K) : A_r(V) \approx 16$. Это очень похоже на водород и кислород. Значит V_2K — это вода H_2O .

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, O — 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 $\text{C}_{18}\text{H}_{38} + 9,5\text{O}_2 = 18\text{C} + 19\text{H}_2\text{O}$).

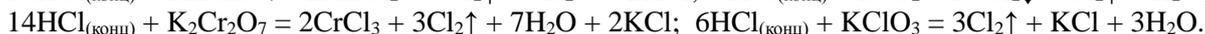
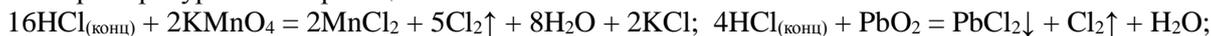
Максимальная масса этого налета составит (если весь парафин превратится в углерод) $0,125 \cdot 18 \cdot 12 = 27$ г.

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:



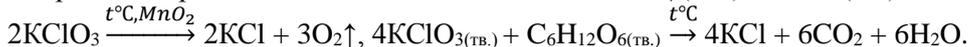
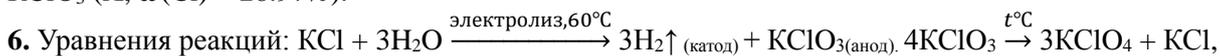
2. HCl – хлороводород, соляная кислота (-1), KCl - хлорид калия; HClO – хлорноватистая кислота (+1), KClO - гипохлорит калия; HClO₂ – хлористая кислота (+3), KClO₂ - хлорит калия; HClO₃ – хлорноватая (+5) кислота, KClO₃ - хлорат калия; HClO₄ – хлорная кислота (+7), KClO₄ - перхлорат калия.

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 - ван-дерваальсовы, 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. |