**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  $\Delta T$ , 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  $2^\circ\text{C}$  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  $V = 0,01\text{м} \cdot 1\text{м}^2 = 0,01\text{м}^3 = 10^4 \text{ см}^3$ .

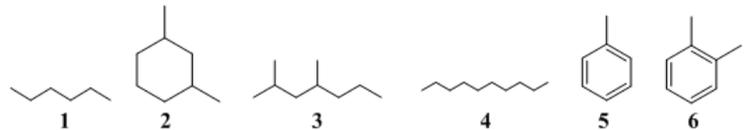
Его масса равна  $\rho V = 0,917 \cdot 10^4 = 9170 \text{ г}$ . Решая пропорцию, получаем, что на такое количество льда необходимо высыпать  $9170 \cdot 0,54 / 1000 = 4,95 \text{ моль}$  NaCl, что составляет  $4,95 \cdot 58,5 \approx 290 \text{ г}$  хлорида натрия.

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  $\Delta T$ , 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**

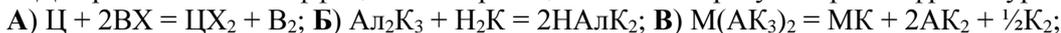
- |  |   |
|--|---|
| 1. Тепловой эффект.....  | 1 балл                                    |
| 2. $i = 2$ 1 б, $T_{\text{пл}}(\text{H}_2\text{O})$ в К 0,5 б, моляльность NaCl 2 б, $\Delta T$ 1 б, $T_{\text{замерз.}}$ 0,5 б (с неверным знаком 0 баллов) | $1+0,5+2+1+0,5 = 5 \text{ б}$             |
| 3. 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.**

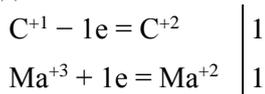
**Задание 2. (Автор Коваленко К.А.).**

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.

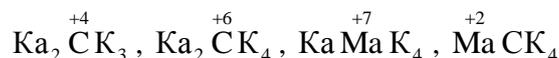
2. Для расстановки коэффициентов в реакциях А–Г не требуется расшифровка уравнений:



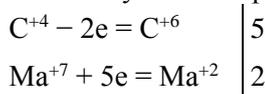
Это реакции, которые можно отнести к следующим типам: А — *замещение*, Б — *соединение*, В — *разложение*, Г — *обмена*. При этом реакции А и В относятся также к окислительно-восстановительным, поскольку в А из простого и сложного веществ получается новое сложное и новое простое вещества, а в реакции 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)  $2KaMaK_4 + 5Ka_2CK_3 + 3B_2CK_4 = 6Ka_2CK_4 + 2MaCK_4 + 3B_2K$ .

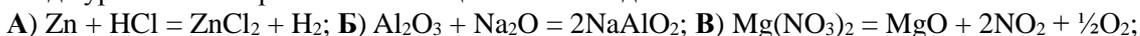
3. Для расшифровки элементов можно выписать из таблицы Д.И. Менделеева все элементы, названия которых начинаются на соответствующие буквы:

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  $\omega(V)$  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.

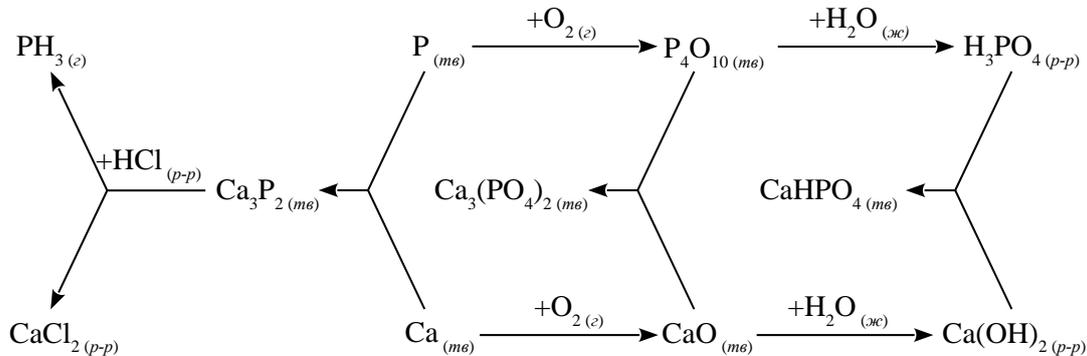
Для  $V_2K$ :  $\omega(V) : \omega(K) = 11,2 : 88,8 = 1 : 7,9 = 2 \cdot A_r(V) : A_r(K) \Rightarrow A_r(K) : A_r(V) \approx 16$ . Это очень похоже на водород и кислород. Значит  $V_2K$  — это вода  $H_2O$ .

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

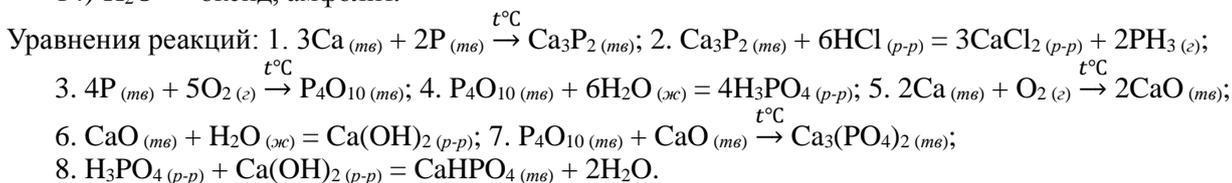
Действительно, названия элементов на чешском: H — Vodík, O — Kyslík, P — Fosfor, Ca — Vápník, Cl — Chlor.

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.



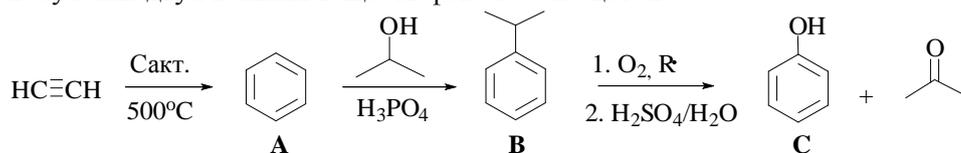
Система оценивания:

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.

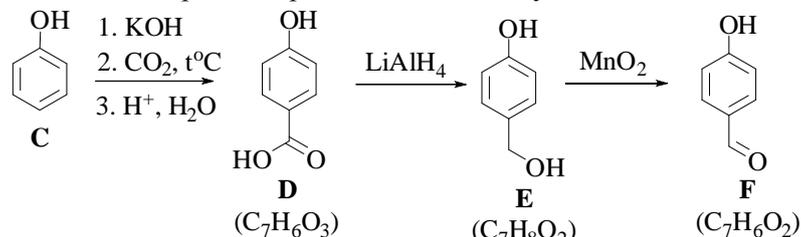
**ИТОГО: 26 баллов**

**Задание 3. (Автор Заякин И.А.).**

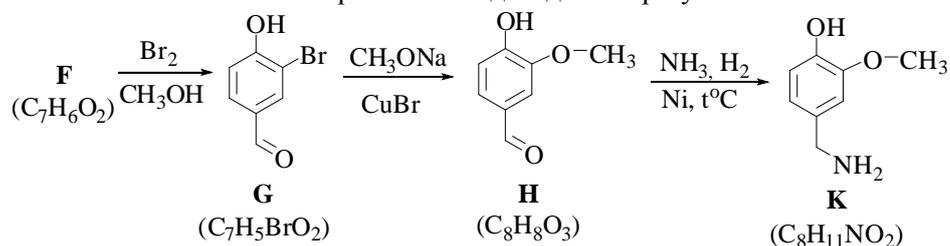
На первой стадии ацетилен тримеризуется в бензол **A** при пропускании через трубку с активированным углем при нагревании. Бензол **A** алкилируется изопропиловым спиртом в кислой среде с образованием кумола **B**. Окисление кумола с последующим гидролизом кумилгидропероксида является промышленным способом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



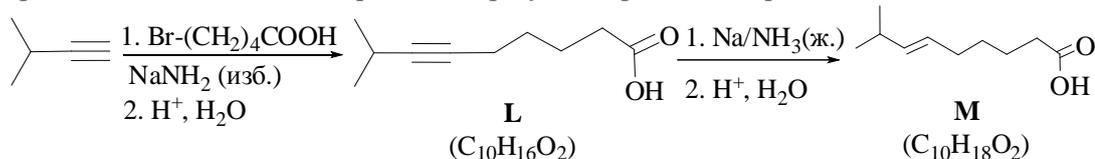
При нагревании фенолята калия (образуется при взаимодействии фенола **C** с гидроксидом калия) в среде углекислого газа, с последующим гидролизом, образуется 4-гидроксибензойная кислота **D** (на это нам указывает то, что она не образует внутримолекулярных водородных связей). Восстановление кислоты **D**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



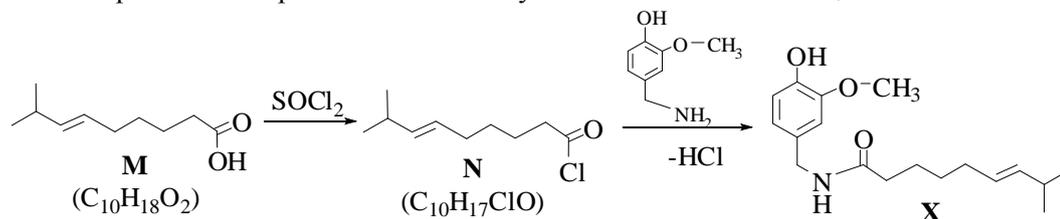
При бромировании фенола **F**, учитывая ориентацию заместителей, получаем бромид **G**. Стадия образования соединения **H** представляет собой реакцию нуклеофильного замещения, катализируемую Cu(I). При восстановительном аминировании альдегида **H** образуется амин **K**.



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:**

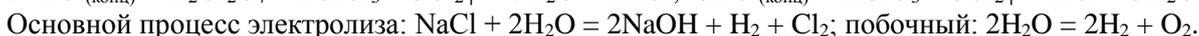
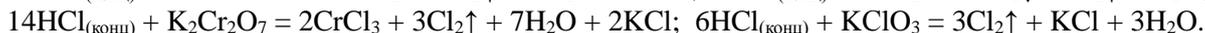
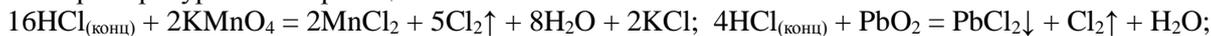
1. Структурные формулы соединений A-N и капсаицина X по 2 б

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:



2. HClO – хлорноватистая кислота, KClO - гипохлорит калия; HClO<sub>2</sub> – хлористая кислота, KClO<sub>2</sub> - хлорит калия; HClO<sub>3</sub> – хлорноватая кислота, KClO<sub>3</sub> - хлорат калия; HClO<sub>4</sub> – хлорная кислота, KClO<sub>4</sub> - перхлорат калия.

3. Уравнение реакции хлора с водой при t<sub>комн</sub>: Cl<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O = 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, искомым клатрат имеет формулу Cl<sub>2</sub>·7,4H<sub>2</sub>O.

Вода - "хозяин", хлор - "гость".

5. В результате электролиза водного раствора хлорида калия при нагревании образуется бертолетова соль KClO<sub>3</sub> (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: Cl<sub>2</sub>(недостаток) + 2Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>O = NaClO + NaCl + 2NaHCO<sub>3</sub>;

Cl<sub>2</sub>(изб.) + Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>O = HClO + NaCl + NaHCO<sub>3</sub> (засчитывается любое из двух, а также с углекислым газом в качестве продукта: NaClO + NaCl + CO<sub>2</sub>↑);

Cl<sub>2</sub> + Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>O = Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + 2HCl.

Реакция тиосульфата с избытком хлора:

Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + 5H<sub>2</sub>O + 4Cl<sub>2</sub>(изб.) = Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + 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.:

Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + 2HCl = 2NaCl + S↓ + H<sub>2</sub>O + SO<sub>2</sub>↑; Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> = Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + S↓ + H<sub>2</sub>O + SO<sub>2</sub>↑.

Если просуммировать реакции, получится: **6Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(изб.) + 4Cl<sub>2</sub> = 8NaCl + 2Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + 5S↓ + 5SO<sub>2</sub>↑.**

При большом избытке тиосульфата возможна и такая реакция:

**2Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(изб.) + Cl<sub>2</sub> = 2NaCl + Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + 2S↓ + SO<sub>2</sub>↑.**

8. H<sub>2</sub>(г.) + Cl<sub>2</sub>(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 KClO<sub>3</sub> 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), CuFeS<sub>2</sub>; малахит (CuOH)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>; халькозин, Cu<sub>2</sub>S; борнит, Cu<sub>5</sub>FeS<sub>4</sub>; ковеллин, CuS; куприт, Cu<sub>2</sub>O; азурит, Cu<sub>3</sub>(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>(OH)<sub>2</sub> и т. д.

3. Вещества в схеме: **С** — Na[Cu(CN)<sub>2</sub>]; **Н** — Cu; **Е** — CuO; **М** — CuCl<sub>2</sub>; **Н** — H<sub>2</sub>[CuCl<sub>4</sub>]; **А** — Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>; **И** — Cu(OH)<sub>2</sub>; **С** — Cu<sub>2</sub>O; **Т** — H[CuCl<sub>2</sub>]; **Р** — [Cu(NH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>](OH)<sub>2</sub>; **У** — [Cu(NH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>]CrO<sub>4</sub>; **В** — CuSO<sub>4</sub>; **Л** — CuBr<sub>2</sub>; **О** — [Cu(NH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>](OH); **У** — Cu<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; **Г** — Cu<sub>2</sub>C<sub>2</sub>. Их названия:

<b>С</b>	Na[Cu(CN) <sub>2</sub> ] дицианокупрат(I) натрия	<b>С</b>	Cu <sub>2</sub> O оксид меди (I)
<b>Е</b>	CuO оксид меди (II)	<b>Т</b>	H[CuCl <sub>2</sub> ] дихлорокупрат(I) водорода
<b>М</b>	CuCl <sub>2</sub> хлорид меди (II)	<b>Р</b>	[Cu(NH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> ](OH) <sub>2</sub> гидроксид тетраамминмеди (II)
<b>И</b>	Cu(OH) <sub>2</sub> гидроксид меди (II)	<b>У</b>	[Cu(NH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> ]CrO <sub>4</sub> 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)**  $2\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \xrightarrow{t^\circ\text{C}} 2\text{CuO} + 4\text{NO}_2\uparrow + \text{O}_2\uparrow$ ; **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)**  $2\text{CuBr}_{2\text{p-p}} + \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6_{\text{p-p}} + 5\text{NaOH}_{\text{p-p}} \xrightarrow{t^\circ\text{C}} \text{Cu}_2\text{O}\downarrow + \text{C}_6\text{H}_{11}\text{O}_7\text{Na} + 3\text{H}_2\text{O} + 4\text{NaBr}$ ;

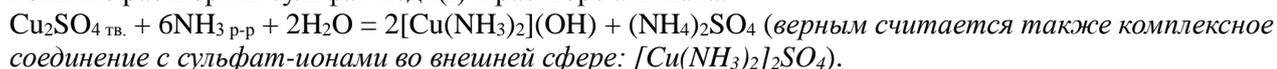
- 15)**  $\text{Cu}_2\text{O} + 4\text{NH}_3_{\text{конц. p-p, изб.}} + \text{H}_2\text{O} = 2[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2](\text{OH})$ ; **16)**  $\text{Cu}_2\text{O} + (\text{CH}_3)_2\text{SO}_4 \xrightarrow{\text{невод. p-p}} \text{Cu}_2\text{SO}_4 + \text{CH}_3\text{OCH}_3$ ;  
**17)**  $4\text{H}[\text{CuCl}_2]_{\text{p-p}} + 24\text{NH}_3_{\text{p-p}} + \text{O}_2 + 6\text{H}_2\text{O} = 4[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2 + 8\text{NH}_4\text{Cl}$ ;  
**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  $\text{CrO}_4^{2-}$  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:  $\text{H}[\text{CuCl}_2]_{\text{p-p}} + \text{CO}_{\text{г.}} = [\text{Cu}(\text{CO})\text{Cl}] + \text{HCl}$

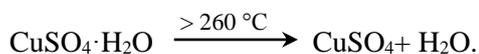
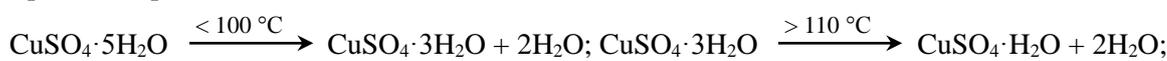
7. Соединения одновалентной меди в водном растворе полностью и быстро диспропорционируют:  $\text{Cu}_2\text{SO}_4 = \text{Cu} + \text{CuSO}_4$  (в присутствии воды  $\text{CuSO}_4$  растворяется с образование раствора синего цвета). Устойчивыми к диспропорционированию являются лишь нерастворимые галогениды меди(I):  $\text{CuCl}$ ,  $\text{CuBr}$  и  $\text{CuI}$ , сульфид меди(I)  $\text{Cu}_2\text{S}$  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  $100^\circ\text{C}$  теряется 2 молекулы воды:  $250 \cdot 0,144 = 36 = 2 \cdot 18$ . Далее при нагреве свыше  $110^\circ\text{C}$  теряется ещё 2 молекулы воды. Нагревание выше  $260^\circ\text{C}$  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 .....  $0,5 + 3 \cdot (0,5 + 0,5) = 3,5$  б.
3. Вещества по 0,25 б. ....  $16 \cdot 0,25 = 4$  б.
- Названия веществ в цепочке CHEMISTRY 0,25 б. ....  $9 \cdot 0,25 = 2,25$  б.
4. Уравнения реакций 1 б. ....  $22 \cdot 1$  б. = 22 б.
5. Объяснение по составу вещества (ионы разных цветов) 1 б. .... 1 б.
- Направление движения ионов к соответствующим электродам .....  $2 \cdot 0,25$  б. = 0,5 б.
6. Формула дигидрата 1 б, уравнение реакции 1 б. ....  $1 + 1 = 2$  б.
7. Уравнения реакций .....  $2 \cdot 1$  б. = 2 б.
8. Название 0,25 б. .... 0,25 б.
- Расчёт формул 3-х гидратов сульфата меди(II) .....  $3 \cdot 1$  б. = 3 б.
- Уравнения термолитиза .....  $3 \cdot 1$  б. = 3 б.

**ВСЕГО: 45 баллов**