**Задание 1. (автор Н.В. Рубан).**

1. Обозначим массу легкой субъединицы за  $x$ . Тогда масса тяжелой субъединицы составит  $2*x$ . Антитела IgG состоят из двух тяжелых и двух легких субъединиц, а их общая масса составляет 150 кДа:  $150 = 2*x + 2*2*x = 6*x \Rightarrow x = 25$  кДа – масса легкой цепи. Масса тяжелой цепи  $25*2 = 50$  кДа.

2. Пусть масса лейцина составляет 100 г, тогда масса углерода в его составе – 54,9 г. Количество моль  $n(C) = 54,9/12 = 4,575$  моль. Аналогично вычислим количество моль H, O и N:  $n(H) = 9,91/1 = 9,91$  моль;  $n(O) = 24,3/16 = 1,519$  моль;  $n(N) = 0,764$  моль.

Количество атомов  $N = N_A * n \Rightarrow$  соотношение атомов в молекуле равно соотношению их молей. Вычислим соотношение молей C:H:O:N, поделив на  $n(N)$ :

$n(C)/n(N) = 6$ ;  $n(H)/n(N) = 13$ ;  $n(O)/n(N) = 2 \Rightarrow$  брутто формула лейцина:  $C_6H_{13}NO_2$ .

3. Наиболее известная трехосновная неорганическая кислота, соединения которой могут входить в состав живых организмов – фосфорная. Если предположить, что вещество **W** является бинарным и в его состав входят только фосфор и водород, то массовая доля фосфора составит 91,2. Тогда молекулярная масса вещества **W** составит  $M(W) = 31/0,912 = 34 \Rightarrow$  вещество **W** –  $PH_3$  (фосфин).

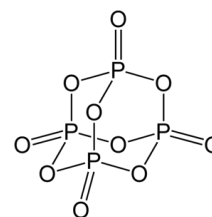
Аналогично вычислим массу вещества **U**:  $M(U) = 31/0,2255 = 137,5 \Rightarrow$  вещество **U** –  $PCl_3$ .

Тогда вещество **X** –  $H_3PO_4$  (ортофосфорная кислота), **Z** – P (фосфор), **Y** –  $P_4O_{10}$  (здесь можно  $P_2O_5$ , оксид фосфора(V)).

Уравнения реакций: **1**:  $4P + 5O_2 = P_4O_{10}$ ; **2**:  $P_4O_{10} + 6H_2O = 4H_3PO_4$ ; **3**:  $4P + 6HCl = 2PH_3 + 2PCl_3$ ;

**4**:  $PH_3 + 8HNO_3 = H_3PO_4 + 8NO_2 + 4H_2O$ .

Структурная формула  $P_4O_{10}$  приведена на рис. справа (структура  $P_2O_5$  засчитывается за половину).



**4**.  $\Delta E_2 = \Delta E_{\text{сумм.}} - \Delta E_1 = -46,5 + 30,5 = -16$  кДж/моль.

**5**. Количество моль АТФ составляет:  $n = 40*1000/507 = 78,9$  моль.  $E = \Delta E_{\text{сумм.}} * 78,9 = 3668$  кДж  $\Rightarrow 1 = 3668/850 = 4,3$  км.

**6**. Сахара состоят из атомов C, H и O. Обозначим количество атомов кислорода в составе дезоксирибозы за  $x$ , тогда количество атомов кислорода в рибозе составляет  $x+1$ . Составим уравнения для массовых долей кислорода в каждом из сахаров:

$$w(O)_{\text{дезоксирибоза}} = 0,477 = \frac{16 * x}{16 * x + m}; \quad w(O)_{\text{рибоза}} = 0,533 = \frac{16 * (x + 1)}{16 * (x + 1) + m}$$

где  $m$  – суммарная масса атомов C и H в сахарах.

Выразим  $m$  через  $x$ , воспользовавшись уравнением для дезоксирибозы;

$$16x = 0,477*(16x + m) \Rightarrow m = 17,54x$$

и подставим в уравнение для выражения массовой доли кислорода в рибозе:

$$w(O)_{\text{рибоза}} = 0,53 = \frac{16 * (x + 1)}{16 * (x + 1) + 17,54x} \Rightarrow 1,87x = 7,472 \Rightarrow x = 3,99 \sim 4$$

Вычислим суммарную массу атомов C и H в рибозе и дезоксирибозе:  $m = 17,54*x = 70$  г/моль.

Единственная комбинация атомов C и H, удовлетворяющая соотношению 1:2 и обладающая суммарной атомной массой 70 г/моль, это  $C_5H_{10}$ . Таким образом, формула дезоксирибозы –  $C_5H_{10}O_4$ , формула рибозы –  $C_5H_{10}O_5$ .

**7**. Уравнение прямой:  $y = k*x + b$ . По точке с концентрацией IgG = 0 определяем свободный член  $b = 0,15$ .

По координатам каждой из оставшихся точек вычисляем коэффициент  $k = (y-b)/x$ :

<b>y</b>	11,15	52,65	106,15
<b>x</b>	100	500	1000
<b>k</b>	0,11	0,105	0,106

Среднее значение  $k_{\text{ср}} = (0,11 + 0,105 + 0,106)/3 = 0,107$ .

Тогда в разбавленном образце плазмы крови Роберта содержится:

$x = (y-b)/k_{\text{ср}} = (73-0,15)/0,107 = 680,8$  нг/мл  $\Rightarrow$  с учетом разбавления общее содержание антител IgG к SARS-Cov-2 в плазме крови Роберта составляет  $680,8*50 = 34040$  нг/мл = 0,0340 мг/мл.

Проведем аналогичные расчеты для других провакцинированных пациентов и получим, что в крови Алисы содержится 0,0373 мг/мл, в крови Софии – 0,0307 мг/мл, в крови Джереми – 0,0256 мг/мл, в крови Кэролайн – 0,0368 мг/мл, в крови Лэнса – 0,0382 мг/мл IgG к SARS-Cov-2.

**8**. Концентрация антител IgG в крови Роберта составляет 0,0340 мг/мл. 1 л = 1000 мл  $\Rightarrow$  Общая масса антител в его крови  $m(IgG) = 5000*0,0340 = 170$  мг.

9.  $V = \Delta C / \Delta t \Rightarrow V_1 (\text{Вася}) = (0,04 - 0,0395) / 31 = 1,6 \cdot 10^{-5} \text{ г}/(\text{л} \cdot \text{день})$ .  $V_2 (\text{Вася}) = (0,0395 - 0,038) / 31 = 4,8 \cdot 10^{-5} \text{ г}/(\text{л} \cdot \text{день})$ .  
 $V_{\text{ср}} (\text{Вася}) = (0,04 - 0,038) / 62 = 3,2 \cdot 10^{-5} \text{ г}/(\text{л} \cdot \text{день})$ .

$V_1 (\text{Леша}) = (0,033 - 0,0318) / 31 = 3,9 \cdot 10^{-5} \text{ г}/(\text{л} \cdot \text{день})$ .  $V_2 (\text{Леша}) = (0,0318 - 0,031) / 31 = 2,6 \cdot 10^{-5} \text{ г}/(\text{л} \cdot \text{день})$ .

$V_{\text{ср}} (\text{Леша}) = (0,033 - 0,031) / 62 = 3,2 \cdot 10^{-5} \text{ г}/(\text{л} \cdot \text{день})$ .

10. По условию, молекулярная масса антител IgG составляет  $\sim 150 \text{ кДа}$ , т.е. около 150000 а.е.м. Значения концентраций в мг/мл и в г/л совпадают. Поделив содержание антител IgG к SARS-Cov-2 в плазме крови Леша в г/л на молярную массу, получим молярную концентрацию  $C = 0,033 / 150000 = 2,2 \cdot 10^{-7} \text{ моль}/\text{л}$ .

11. В XVIII веке было замечено, что люди, которые пострадали от менее вирулентной коровьей оспы, оказывались невосприимчивыми к натуральной оспе. 14 мая 1796 года Эдвард Дженнер проверил свою гипотезу, привив Джеймса Фиппса, восьмилетнего сына своего садовника. По тем временам это был революционный эксперимент: он привил коровью оспу мальчику и доказал, что тот стал невосприимчивым к натуральной оспе — последующие попытки (более двадцати) заразить мальчика человеческой оспой были безуспешными. Он соскрёб гной с пузырьков оспы на руках Сары Нельмес, доярки, которая заразилась коровьей оспой от коровы по имени Блоссом, и втёр его в две царапины на руке здорового ребёнка. Шкура той коровы теперь висит на стене медицинской школы Святого Георгия в Лондоне. Фиппс был 17-м случаем, описанным в первой статье Дженнера о вакцинации. Дженнер не мог поставить этот эксперимент на себе, так как знал, что сам он давно невосприимчив к натуральной оспе.

### Система оценивания:

1. Расчёт средних масс субъединиц IgG по 1 б.	1*2 = 2 б.
2. Расчет брутто-формулы лейцина 2 б.	2 б.
3. Формулы веществ X, Y, W и Z по 1 б., уравнения реакций по 1 б. Структурная формула $P_4O_{10}$ 1 б. (структура $P_2O_5$ 0,5 б.)	1*4+1*4+1 = 9 б.
4. Расчет $\Delta E_2$ 2 б.	2 б.
5. Расчет расстояния, которое можно преодолеть 3 б.	3 б.
6. Расчет брутто-формул рибозы и дезоксирибозы по 2 б. Формула рибозы $CH_2O$ 0 б.	2*2 = 4 б.
7. Вычисление коэффициента b 1 б., вычисление коэффициента k в каждой точке по 0,5 б., $k_{\text{ср}}$ 0,5 б., расчет концентрации антител с использованием b и $k_{\text{ср}}$ по 1,5 б. каждый (расчет без учета b минус (-) 0,5 б. каждый, по одному k без усреднения -0,5 б. каждый, ошибка в размерностях -0,5 б., расчет по точке с графика не более 0,5 б. каждый)	1+0,5*4+1,5*6 = 12 б.
8. Расчет общей массы IgG 2 б.	2 б.
9. Расчет скоростей по 0,5 б. за каждую	0,5*3*2 = 3 б.
10. Расчет молярной концентрации антител (моль/л) 2 б.	2 б.
11. Происхождение названия 1 б.	1 б.
<b>Всего:</b>	<b>42 балла.</b>

### Задание 2. (авторы А.И. Ушеров, В.А. Емельянов).

1.  $m(\text{p-ра } 75) = 1000 \times 1,67 \times 1000 = 1,67 \times 10^6 \text{ г}$ ,  $m(i, 75) = 1,67 \times 10^6 \times 0,75 = 1,2525 \times 10^6 \text{ г}$ ,

$m(i, 96) = m(i, 75) = 1,2525 \times 10^6 \text{ г}$ ,  $m(\text{p-ра } 96) = 1,2525 \times 10^6 / 0,96 = 1,30469 \times 10^6 \text{ г}$ .

$V(96) = 1,30469 \times 10^6 / 1,836 = 0,7106 \times 10^6 \text{ мл}$  или  $0,7106 \text{ м}^3$ .

$m(\text{H}_2\text{O}) = 1,67 \times 10^6 - 1,30469 \times 10^6 = 0,36531 \times 10^6 \text{ г}$ ,  $V(\text{H}_2\text{O}) = 0,36531 \times 10^6 / 1 = 0,36531 \times 10^6 \text{ мл}$ .

Нужно вливать концентрированную серную кислоту в воду, но никак не наоборот.

2. Пусть объём разбавленной кислоты равен  $V_y \text{ мл}$ .

$m(\text{p-ра } Y) = V_y \times \rho_y$ ,  $m(i, Y) = V_y \times \rho_y \times Y \times 10^{-2}$ .

$m(i, X) = m(i, Y) = V_y \times \rho_y \times Y \times 10^{-2}$ ,  $m(\text{p-ра } X) = V_y \times \rho_y \times Y / X$ .  $V(X) = V_y \times \rho_y \times Y / (X \times \rho_x)$ .

$m(\text{H}_2\text{O}) = V_y \times \rho_y - V_y \times \rho_y \times Y / X$ ,  $V(\text{H}_2\text{O}) = V_y \times \rho_y - V_y \times \rho_y \times Y / (X \times 1)$ ,  $V(X) / V(\text{H}_2\text{O}) = Y / (\rho_x \times (X - Y))$ .

3. Проверим выведенную формулу по данным пункта 1.

$V(96) / V(\text{H}_2\text{O}) = 75 / (1,836 \times (96 - 75)) = 1,945 = 0,7106 \times 10^6 / 0,36531 \times 10^6$ .

а) Для приготовления 10% раствора:  $V(75) / V(\text{H}_2\text{O}) = 10 / (1,67 \times (75 - 10)) = 0,092$ .

Для приготовления 6% раствора:  $V(75) / V(\text{H}_2\text{O}) = 6 / (1,67 \times (75 - 6)) = 0,052$ .

4. Молярная концентрация  $C_M = \omega_i \cdot \rho / M_i = 0,1 \cdot 1066 / 98 = 1,088 \text{ моль}/\text{л}$ .

5. Уравнение реакции:  $2\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ .  $n_{\text{газа}} = \frac{110000 \times 10}{8,314 \times 333} = 397,318 \text{ моль}$ . Рассчитаем начальные количества поглощаемых газов:  $n_{\text{ам.}} = 397,318 \times 0,01 = 3,973 \text{ моль}$ ,  $n_{\text{воды.}} = 397,318 \times 0,02 = 7,946 \text{ моль}$ .

Рассчитаем поглощённые количества аммиака и воды:

$\Delta n_{\text{ам.}} = 3,873 \times 0,9 = 3,576 \text{ моль}$ ,  $\Delta n_{\text{воды.}} = 7,946 \times 0,7 = 5,562 \text{ моль}$ .

Рассчитаем количество прореагировавшей серной кислоты:  $\Delta n_{\text{кислоты}} = 3,576 / 2 = 1,788 \text{ моль}$ .

Пусть масса концентрированной кислоты x г. Тогда  $m_{\text{кислоты}} = 0,75x \text{ г}$ , а масса воды в ней:  $m_j = 0,25x \text{ г}$ .

Примем массу маточного раствора за y г.  $m_{\text{кислоты мат.}} = 0,06y \text{ (г)}$ .

Масса воды и соли ( $m_z$ ) в маточном растворе составит:  $m_z = 0,94y \text{ (г)}$ .

Примем массу соли в маточном растворе за z (г), а массу воды за w (г), тогда  $0,94y = z + w$ .

$$S_{\text{соли}} = \frac{m(\text{соли}) \times 100}{m(\text{H}_2\text{O})}, 75,4 = \frac{z \times 100}{w}.$$

Решим систему:

$$w = 0,536y,$$

$$z = 0,404y.$$

Составим баланс по воде маточного раствора:  $m(\text{H}_2\text{O}_{\text{мат.}}) = m(\text{H}_2\text{O}_{\text{кислоты 75\%}}) + \Delta m(\text{H}_2\text{O}_{\text{газа}})$ ,  
 $0,536y = 0,25x + 5,562 \times 18$ ,  $0,536y = 0,25x + 100,116$ .

Составим баланс по серной кислоте:  $m_{\text{кислоты}} = \Delta m_{\text{кислоты}} + m_{\text{кислоты мат.}}$ ,  $0,75x = 1,788 \times 98 + 0,06y$ .

Решим систему уравнений:

$$0,536y = 0,25x + 100,116$$

$$0,75x = 175,224 + 0,06y.$$

$$x = 258,209 \text{ г. } y = 307,217 \text{ г.}$$

Найдём объём 75% кислоты:  $V(75\% \text{ кислоты}) = 258,209/1,67 = 154,616 \text{ мл.}$

Найдём массу выпавших кристаллов соли, составив баланс соли:

$$\Delta n((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4) = n((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \text{ мат.}) + n_{\text{крис.}}, \Delta n((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4) = \Delta n_{\text{кислоты}} = 1,788 \text{ моль,}$$

$$n((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \text{ мат.}) = 0,404 \times 307,217/132 = 0,940 \text{ моль,}$$

$$n_{\text{крис.}} = 1,788 - 0,94 = 0,848 \text{ моль, } m_{\text{крис.}} = 0,848 \times 132 = 111,90 \text{ г.}$$

6. Уравнения реакций:  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = \text{NH}_4\text{HSO}_4 + \text{NH}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{HSO}_4 + \text{NH}_3 = (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ,



Поскольку что сульфат аммония сокристаллизуется с сульфатами металлов в мольном отношении 1:1, общая формула шенитов будет  $(\text{NH}_4)_2\text{M}(\text{SO}_4)_2 \cdot w_1\text{H}_2\text{O}$ , а квасцов  $(\text{NH}_4)_2\text{M}_2(\text{SO}_4)_4 \cdot w_2\text{H}_2\text{O}$ . Вычислим  $w_1$  и  $w_2$ .

По условию, в шенитах  $\text{H}/\text{O} = 10/7 = (8+2w_1)/(8+w_1)$ , откуда  $w_1 = 6$ . Общая формула шенитов  $(\text{NH}_4)_2\text{M}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ .  
 В квасцах  $\text{H}/\text{O} = 7/5 = (8+2w_2)/(16+w_2)$ , откуда  $w_2 = 24$ . Общая формула квасцов  $(\text{NH}_4)_2\text{M}_2(\text{SO}_4)_4 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$  или, если сократить индексы в два раза,  $(\text{NH}_4)\text{M}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ .

7. Уравнения реакций: 1)  $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \xrightarrow{\text{kt, t}} 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$ , 2)  $4\text{NH}_3 + 3\text{O}_2 = 2\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ ,

3)  $\text{NH}_3 + \text{HCl} = \text{NH}_4\text{Cl}$ , 4)  $4\text{NH}_3 + 3\text{SO}_2 = 2\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + 3\text{S}$ , 5)  $2\text{NH}_3 + 3\text{CuO} = 3\text{Cu} + 3\text{H}_2\text{O} + \text{N}_2$ .

8. Уравнения реакций: 6)  $\text{NH}_3 + \text{HClO}_3 = \text{NH}_4\text{ClO}_3$ , 7)  $3\text{NH}_3 + 3\text{H}_2\text{O} + \text{GaCl}_3 = \text{Ga}(\text{OH})_3 + 3\text{NH}_4\text{Cl}$ ,

8)  $2\text{NH}_3 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{CuSO}_4 \text{ изб.} = (\text{CuOH})_2\text{SO}_4 + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , 9)  $2\text{NH}_3 + 2\text{KMnO}_4 = 2\text{MnO}_2 + \text{N}_2 + 2\text{KOH} + 2\text{H}_2\text{O}$ .

### Система оценивания:

1. Объёмы кислоты и воды по 2 б., порядок смешивания 1 б.	2*2+1 = 5 б.
2. Вывод формулы 3 б.	3 б.
3. Проверка формулы 1 б., соотношения по 1 б.	1+1*2 = 3 б.
4. Концентрация кислоты 2 б.	2 б.
5. Уравнение реакции 1 б., объём кислоты 10 б. ( $n_{\text{газа}}$ 1 б., $\Delta n_{\text{ам}}$ 1 б., $\Delta n_{\text{воды}}$ 1 б., $\Delta n_{\text{кислоты}}$ 1 б., $\Delta m(\text{H}_2\text{O}_{\text{газа}})$ 1 б., $V(75\% \text{ кислоты})$ 5 б.), масса сульфата аммония 5 б. ( $\Delta n((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4)$ или $\Delta m((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4)$ 1 б., $n((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \text{ мат.})$ или $m((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \text{ мат.})$ 2 б., $m_{\text{крис.}}$ 2 б.)	1+10+5 = 16 б.
6. Уравнения реакций по 1 б., общие формулы по 2 б.	1*3+2*2 = 7 б.
7-8. Уравнения реакций по 1 б.	1*9 = 9 б.
<b>Всего:</b>	<b>45 баллов.</b>

### Задание 3. (автор А.С. Романов).

1. Одним из возможных решений является ряд:

Цвет	Красный	Оранжевый	Желтый	Зеленый	Голубой	Синий	Фиолетовый
Соединение	$\text{CoSO}_4$	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	$\text{K}_2\text{CrO}_4$	$\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$	$\text{CrCl}_2^*$	$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2^*$	$\text{TiCl}_3$

\* Отличие синего цвета от голубого довольно субъективно, поэтому за правильный ответ принимаются все вещества, водные растворы которых обладают цветом от синего до голубого.

2. Начнем решение с расчета молярных масс элементов **X** и **Y**.

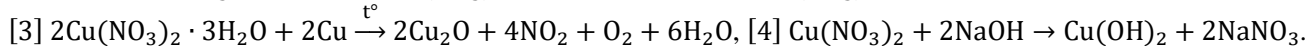
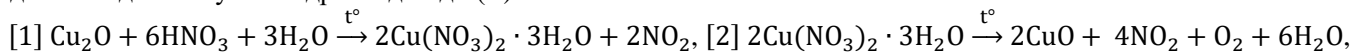
Определение элемента **X**. В условии задачи указано, что вещества **X**<sub>1</sub>, **X**<sub>3</sub> являются бинарными, содержат кислород и являются одними из основных компонентов оксидных минералов. Значит вещества **X**<sub>1</sub>, **X**<sub>3</sub> являются оксидами, поэтому для расчета будем представлять их формулы как **X**<sub>2</sub>O<sub>n</sub>. Воспользуемся массовой долей кислорода в **X**<sub>1</sub>:  $\omega(\text{X}) = \frac{2M(\text{X})}{16n+2M(\text{X})} = 1 - 0,1111 = 0,8889$ .  $M(\text{X}) = 64n$ , где  $n$  – степень окисления элемента **X**.

Единственное разумное решение получаем при:  $n = 1$ ,  $M(\text{X}) = 64$  г/моль, **X** = **Cu**.

Определение элемента **Y**: По условию задачи, **Y**<sub>1</sub> является металлом, который сгорает в хлоре с образованием хлорида **Y**<sub>4</sub> с известной прибавкой к массе. Рассчитаем молярную массу элемента **Y**, представив формулу **Y**<sub>4</sub> как **Y**Cl<sub>n</sub>:  $M(\text{Y}) = \frac{35,5n}{1,902} \Rightarrow M(\text{Y}) = 18,66n$ .  $M(\text{Y}) = 18,66n$ , где  $n$  – степень окисления элемента **Y**. Единственным подходящим решением является:  $n = 3$ ,  $M(\text{Y}) = 56$  г/моль, **Y** = **Fe**.

3. Куприт (минерал **Cu**<sub>2</sub>**O**) окисляется азотной кислотой с образованием ярко-синего раствора нитрата меди (II), который при упаривании раствора выпадает в виде тригидрата. При нагревании твердого тригидрата нитрата меди (II) происходит разложение с образованием черного **CuO** (осн. комп. минерала тенорита), который при сплавлении с металлической медью образует кирпично-красный **Cu**<sub>2</sub>**O**. При действии натриевой щелочи на нитрат меди (II) в

осадок выпадает голубой гидроксид меди (II):



При помощи массовой доли кислорода можно получить формулу  $\text{X}_2$ :

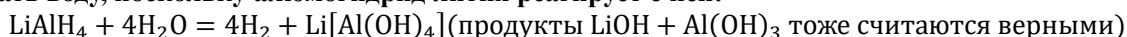
$$\omega(\text{O}) = \frac{16n}{M(\text{X}_2)} = 0,5950. M(\text{X}_2) = 26,89n \text{ г/моль.}$$

При  $n = 9$ , получаем целую  $M(\text{X}_2) = 242 \text{ г/моль}$ . При вычитании молярной массы девяти атомов кислорода, атома меди и двух атомов азота получаем, что молярная масса остатка равняется  $6 \text{ г/моль}$ , что соответствует шести атомам водорода. Тогда  $\text{X}_2 = \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ .

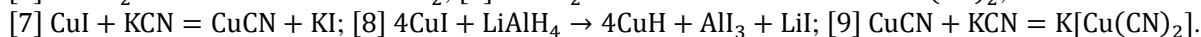
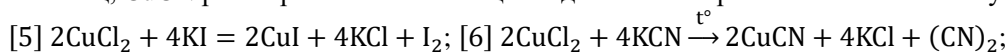
Поскольку  $\text{X}_6$  является продуктом реакции  $\text{X}_4$  с соляной кислотой, то оно содержит хлорид меди (II) и скорее всего является кристаллогидратом, так как имеет в своем составе кислород. Рассчитаем формулу вещества  $\text{X}_6$ :

$$\omega(\text{O}) = \frac{16n}{135+18n} = 0,1871 \Rightarrow n = 2. \text{X}_6 = \text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}.$$

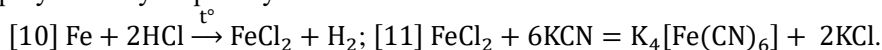
Ион меди  $2+$  является слабым окислителем в водном растворе и окисляет иодид-ион до молекулярного иода, а при нагревании с раствором цианида калия окисляет и его до ядовитого газа дициана. Движущей силой этих реакций является образование нерастворимых  $\text{CuI}$  и  $\text{CuCN}$  соответственно.  $\text{CuCN}$  менее растворим, чем  $\text{CuI}$ , поэтому протекает реакция ионного обмена. Из иодида меди (I) может быть получен гидрид меди (I) при действии на него избытком пиридин-эфирного раствора алюмогидрида лития. **В качестве растворителя нельзя использовать воду, поскольку алюмогидрид лития реагирует с ней:**



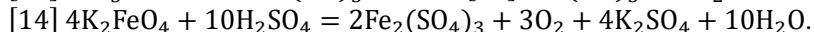
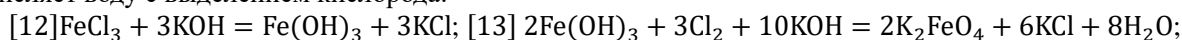
Наконец,  $\text{CuCN}$  растворяется в избытке цианида калия с образованием соответствующей комплексной соли:



В первом пункте мы рассчитали, что  $\text{Y} = \text{Fe}$  и получили, что  $\text{Y}_1 = \text{Fe}$  (простое в-во). Растворяя железо в соляной кислоте, можно получить хлорид железа (II), который при взаимодействии с избытком раствора цианида калия образует желтую кровяную соль:



В п. 2 было получено, что в  $\text{Y}_4$  железо принимает с.о. равную  $+3$ , значит  $\text{Y}_4 = \text{FeCl}_3$ . Химическая реакция между  $\text{FeCl}_3$  и  $\text{KOH}$  приводит к образованию оранжевого (ржавого) осадка  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , который постепенно реагируя с хлором и калиевой щелочью постепенно растворяется с образованием  $\text{K}_2\text{FeO}_4$ , который в кислой среде быстро окисляет воду с выделением кислорода:



$$\text{Состав } \text{Y}_7 \text{ можно подтвердить расчетом: } \omega(\text{O}) = \frac{n \cdot M(\text{O})}{M(\text{Y}_7)} = 0,4800. M(\text{Y}_7) = 33,33n.$$

Предполагая наличие сульфат-иона в составе  $\text{Y}_7$ , находим, что при наличии трех сульфат-ионов молярная масса  $\text{Y}_7 = 400 \text{ г/моль}$ . Следовательно,  $\text{Y}_7 = \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ .

Для удобства, формулы зашифрованных соединений сведены в таблицу:

Шифр	$\text{X}_1$	$\text{X}_2$	$\text{X}_3$	$\text{X}_4$	$\text{X}_5$	$\text{X}_6$
Формула	$\text{Cu}_2\text{O}$	$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	$\text{CuO}$	$\text{Cu}(\text{OH})_2$	$\text{Cu}$	$\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Шифр	$\text{X}_7$	$\text{X}_8$	$\text{X}_9$	$\text{X}_{10}$	$\text{Y}_1$	$\text{Y}_2$
Формула	$\text{CuI}$	$\text{CuCN}$	$\text{CuH}$	$\text{K}[\text{Cu}(\text{CN})_2]$	$\text{Fe}$	$\text{FeCl}_2$
Шифр	$\text{Y}_3$	$\text{Y}_4$	$\text{Y}_5$	$\text{Y}_6$	$\text{Y}_7$	-
Формула	$\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	$\text{FeCl}_3$	$\text{Fe}(\text{OH})_3$	$\text{K}_2\text{FeO}_4$	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	-

4. Возможный ряд соединений представлен в таблице:

Цвет	Красный	Оранжевый	Желтый	Зеленый	Голубой	Синий	Фиолетовый
Соединение	$\text{Cu}_2\text{O}$ $\text{CuH}$	$\text{Fe}(\text{OH})_3$	$\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	$\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	$\text{Cu}(\text{OH})_2$	$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{FeO}_4$

5. Слово Rain в переводе на русский язык означает дождь. Явление радуги как раз можно наблюдать до или после дождя. Еще один вариант связи: «Rain» - это часть английского слова «Rainbow», которое и обозначает радугу.

**Система оценивания:**

1. Правильный подбор одного раствора к каждому цвету по 1 б.	$1 \cdot 7 = 7 \text{ б.}$
2. Символы элементов X и Y – по 2 б., формулы веществ $\text{X}_1 - \text{X}_{10}$ , $\text{Y}_1 - \text{Y}_7$ по 1 б.	$2 \cdot 2 + 1 \cdot 17 = 21 \text{ б.}$
3. Уравнения реакций по 1 б., алюмогидрид реагирует с водой 1 б., это уравнение 1 б.	$1 \cdot 14 + 1 + 1 = 16 \text{ б.}$
4. Правильный подбор одного вещества к каждому цвету по 1 б. (неправильный -0,5 б., но в сумме не меньше нуля баллов за пункт)	$1 \cdot 7 = 7 \text{ б.}$
5. Связь с радугой 1 б.	$1 \text{ б.}$
<b>Всего:</b>	<b>52 балла.</b>