**Задание 1.** (авторы А.С. Чубаров, В.Н. Конев).

1. Из описания следует, что вещество **D** – уксусная кислота  $\text{CH}_3\text{COOH}$ . Проверить это предположение можно, если посчитать его состав с помощью известных массовых долей элементов. Простейшая формула вещества **D**  $\text{CH}_2\text{O}$ , что при условии обязательного наличия карбоксильной группы и дает уксусную кислоту. Простейшие формулы всех веществ, для которых известны массовые доли, представлены в таблице. Исходя из простейшей формулы и условий химической реакции (**4**) устанавливаем, что соединение **E** является уксусным ангидридом. Веществу **I** по простейшей формуле соответствует класс соединений простые эфиры или спирты. Однако учитывая, что соединение **J** – реактив Гриньяра, так как его получают при добавлении магния в эфире, то **I** – спирт (пропанол-2). Стоит обратить внимание на то, что вещества **G** и **J** содержат ещё какие-либо химические элементы (массовые доли в сумме не дают 100 %). Исходя из предположения, что соединение **J** – реактив Гриньяра, делаем вывод, что в его состав входят галоген и Mg. Учитывая массовые доли элементов, можно подобрать галоген и количество углерода, что приведет к  $\text{CH}_3\text{MgBr}$  (**J**). Согласно реакциям получения **G** (**6**, **7**), логично предположить, что в его состав входит азот, тогда его простейшая формула  $\text{C}_2\text{H}_5\text{ON}$  (ацетамид). Уравнения реакций:

(1)  $2\text{CH}_3\text{C}(\text{O})\text{Cl} + 2\text{LiAlH}_4 (\text{изб.}) + 6\text{H}_2\text{O} = 2\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + 2\text{LiCl} + 4\text{H}_2 + 2\text{Al}(\text{OH})_3$  (суммарно);

(2)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + \text{CuO} \xrightarrow{t, \text{ }^\circ\text{C}} \text{CH}_3\text{C}(\text{O})\text{H} + \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$ ;

(3)  $5\text{CH}_3\text{C}(\text{O})\text{H} + 2\text{KMnO}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = 5\text{CH}_3\text{COOH} + \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{MnSO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$ ;

(4)  $2\text{CH}_3\text{COOH} + \text{P}_2\text{O}_5 \xrightarrow{t, \text{ }^\circ\text{C}} (\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O} + 2\text{HPO}_3$ ;

(5)  $(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O} + \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} = \text{CH}_3\text{C}(\text{O})\text{OCH}_2\text{CH}_3 + \text{CH}_3\text{COOH}$ ;

(6)  $\text{CH}_3\text{C}(\text{O})\text{OCH}_2\text{CH}_3 + \text{NH}_3 \xrightarrow{t, \text{ }^\circ\text{C}} \text{CH}_3\text{C}(\text{O})\text{NH}_2 + \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ;

(7)  $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NH}_3 \xrightarrow{t, \text{ }^\circ\text{C}} \text{CH}_3\text{C}(\text{O})\text{NH}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ; (8)  $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{SOCl}_2 = \text{CH}_3\text{C}(\text{O})\text{Cl} + \text{SO}_2 + \text{HCl}$ ;

(9)  $2\text{CH}_3\text{CN} + 4\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{SO}_4 \xrightarrow{t, \text{ }^\circ\text{C}} 2\text{CH}_3\text{COOH} + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ;

(10)  $\text{CH}_3\text{Br} + \text{KCN} = \text{CH}_3\text{CN} + \text{KBr}$ ; (11)  $\text{CH}_3\text{Br} + \text{Mg} = \text{CH}_3\text{MgBr}$ ;

(12)  $\text{CH}_3\text{MgBr} + \text{CO}_2 = \text{CH}_3\text{COOMgBr}$ ,  $\text{CH}_3\text{COOMgBr} + \text{HBr} = \text{CH}_3\text{COOH} + \text{MgBr}_2$ ;

(13)  $\text{CH}_3\text{MgBr} + \text{CH}_3\text{C}(\text{O})\text{H} = (\text{CH}_3)_2\text{CHOMgBr}$ ,  $(\text{CH}_3)_2\text{CHOMgBr} + \text{H}_2\text{O} = (\text{CH}_3)_2\text{CHOH} + \text{Mg}(\text{OH})\text{Br}$ ;

(14)  $(\text{CH}_3)_2\text{CHOH} \xrightarrow{\text{Al}_2\text{O}_3, t, \text{ }^\circ\text{C}} \text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ;

(15)  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3 + 2\text{KMnO}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CH}_3\text{COOH} + \text{CO}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{MnSO}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$ .

2. Структурные формулы и названия веществ: **A** ( $\text{CH}_3\text{C}(\text{O})\text{Cl}$ ) – хлорангидрид уксусной кислоты (ацетилхлорид), **B** ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ) – этиловый спирт (этанол), **C** ( $\text{CH}_3\text{C}(\text{O})\text{H}$ ) – этаналь (уксусный альдегид), **D** ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) – уксусная (этановая) кислота, **E** ( $(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$ ) – ангидрид уксусной кислоты, **F** ( $\text{CH}_3\text{C}(\text{O})\text{OCH}_2\text{CH}_3$ ) – этиловый эфир уксусной кислоты (этилэтанат), **G** ( $\text{CH}_3\text{C}(\text{O})\text{NH}_2$ ) – амид уксусной кислоты (ацетамид), **H** ( $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$ ) – пропен, **I** ( $(\text{CH}_3)_2\text{CHOH}$ ) – изопропиловый спирт (пропанол-2), **J** ( $\text{CH}_3\text{MgBr}$ ) – метилмагний бромид, **K** ( $\text{CH}_3\text{Br}$ ) – метилбромид (бромметан), **L** ( $\text{CH}_3\text{CN}$ ) – ацетонитрил.

3. На картинке представлена бабочка Данаида монарх, которая вместе с ее феромоном данаидоном (X) являются символами Факультета Естественных Наук Новосибирского государственного университета (ФЕН НГУ). Гетероцикл в составе данаидона называется пиррол.

**Система оценивания:**

1. Уравнения реакций по 1 б.	$1 \times 15 = 15$ б.
2. Структурные формулы и названия веществ по 0,5 б.	$(0,5 + 0,5) \times 12 = 12$ б.
3. Символы ФЕН НГУ 1 б., феромон и пиррол по 0,5 б.	$1 + 0,5 \times 2 = 2$ б.
<b>Всего</b>	<b>29 баллов</b>

## Задание 2. (авторы А.С. Чубаров, В.А. Емельянов)

1. а) Самый малораспространённый на Земле элемент второго периода, имеющий мало реакционноспособное простое вещество, это неон (порядковый номер 10). *Применение:* трубки, заполненные смесью неона и азота, дают красно-оранжевое свечение при пропускании через них электрического разряда, в связи с чем они широко используются в рекламе. Смесью неона и гелия используют как рабочую среду в газовых лазерах, а также ими наполняют газоразрядные лампы, сигнальные лампы в радиотехнической аппаратуре. В качестве инертной среды сейчас он практически не используется, так как вытеснен значительно более дешевым аргоном.

б) По описанию и свойствам это водород (порядковый номер 1), который действительно является самым распространённым элементом во Вселенной. Сверхтяжёлый изотоп, о котором идет речь, тритий (Т или  $^3\text{H}$ ). Для расчета количества атомов через 1 год сначала рассчитаем их исходное количество:  $N_0 = 1 \times 6 \times 10^{23} / 3 = 2 \times 10^{23}$  атомов. Тогда  $N = 2 \times 10^{23} \times 2^{-1/12,3} = 2 \times 10^{23} \times 2^{-0,0813} = 2^{0,9187} \times 10^{23}$  или  $2 \times 10^{23} \times 0,945 = 1,9 \times 10^{23}$  атомов.

в) Рассчитаем количество соды  $n(\text{NaHCO}_3) = 5,7/84 = 0,068$  моль.

Согласно реакции [5]  $n(\text{CO}_2) = n(\text{NaHCO}_3) = 0,068$  моль.  $m(\text{CO}_2) = 0,068 \times 44 = 3$  г.

Согласно реакции [6]  $n(\text{CaCO}_3, \text{осадка}) = n(\text{CO}_2) = 0,068$  моль.  $m(\text{CaCO}_3) = 0,068 \times 100 \times 0,735 = 5$  г.

г) Один из самых легких газов, для которого считалось невозможным образование сложных веществ – это гелий (порядковый номер 2). Он находится в 1 периоде ПС. Так как известно, что он может образовывать соединение только со щелочным металлом, то представим формулу вещества  $\text{M}_x\text{He}_y$ . Получим уравнение для массовой доли гелия  $W_{\text{He}} = 4y/(4y + Mx) = 0,08$ . Преобразуем:  $x/y = 46/M$ . Возможные значения  $M = 7, 23, 39, 85, 133$ . Использование радиоактивного франция крайне маловероятно. Исходя из того что соединение должно быть стехиометрическое, то  $x, y$  – только целые числа. Единственный подходящий с высокой точностью элемент натрий, формула соединения  $\text{Na}_2\text{He}$ .

д) Ядро, которое превращается в изотоп лития после испускания альфа-частицы, содержит на два протона больше, чем литий. Следовательно, это бор (порядковый номер 5). Можно было выйти на него и по содержанию в буре. Элемент находится в 3 группе ПС.

е) Так как это соединение в расплаве проводит электрический ток, то связь в нем ионная. Следовательно, это соединение активного металла и неметалла. Поскольку продуктами реакции являются только горючий газ и водный раствор без осадка, то это соединение щелочного металла (а в первых двух периодах он только один – литий). Из анионов неметаллов сильными восстановительными свойствами обладает только Н. Следовательно, искомое бинарное вещество LiH, сумма порядковых номеров элементов 4.

ж) Простое вещество являющееся бледно-жёлтым газом и реагирующее со стеклом, это фтор (порядковый номер 9). По латинскому названию элемента также можно его установить.

2. Уравнения реакций [1-16]: [1]  $2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}$ ;

[2]  $\text{Zn} + 2\text{HCl} = \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2$  и т.д.;

[3]  $2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{NaOH, электролиз}} 2\text{H}_2 + \text{O}_2$  или

$2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{электролиз}} 2\text{NaOH} + \text{H}_2 + \text{Cl}_2$  или

$\text{C} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{t, ^\circ\text{C}} \text{CO} + \text{H}_2$  или

$\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{t, ^\circ\text{C}} \text{CO} + 3\text{H}_2$  или

$\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{t, ^\circ\text{C}} \text{CO}_2 + \text{H}_2$ ;

[4]  $^3_1\text{H} = ^0_{-1}\text{e} + ^3_2\text{He}$

[5]  $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaHCO}_3 = \text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$ ;

[6]  $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$ ;

[7]  $^{10}_5\text{B} + ^1_0\text{n} = ^4_2\text{He} + ^7_3\text{Li}$ ;

[8]  $\text{LiH} + \text{H}_2\text{O} = \text{LiOH} + \text{H}_2 \uparrow$ ;

[9]  $2\text{LiH} \xrightarrow{\text{расплав, электролиз}} \text{Li} + \text{H}_2$ ;

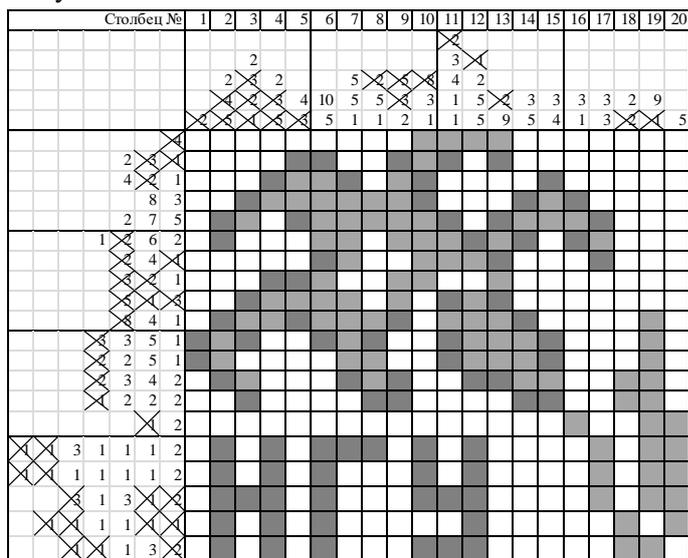
[10] (с учетом реакции [8])  $2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{LiOH, электролиз}} 2\text{H}_2 + \text{O}_2$ ;

[11]  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{LiH} = \text{C}_2\text{H}_5\text{OLi} + \text{H}_2$  (также с LiH реагирует вода в спирте, так как использование безводного спирта для этих целей редкость); [12]  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 3\text{O}_2 = 2\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$ ; [13]  $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{F}_2 = 4\text{HF} + \text{O}_2$ ;

[14]  $\text{SiO}_2 + 2\text{F}_2 = \text{SiF}_4 + \text{O}_2$ ; [15]  $\text{Pt} + 3\text{F}_2 = \text{PtF}_6$  (формула продукта считается из массовой доли Pt);

[16]  $\text{C}_3\text{H}_8 + 10\text{F}_2(\text{изб.}) = 3\text{CF}_4 + 8\text{HF}$ .

3. В нашем кроссворде изображен цветок (картинка в условии задачи может служить Вам подсказкой). Под цветком расположены буквы НГУ, что расшифровывается как Новосибирский государственный университет.



**Система оценивания:**

1. Определение «чисел» по описаниям по 0,5 б., по расчетам (п. в) по 1 б.	$0,5 \times 8 + 1 \times 2 = 6 \text{ б.}$
Одно применение неона, ионная связь по 0,5 б., формулы LiH и PtF <sub>6</sub> по 1 б.	$0,5 \times 2 + 1 \times 2 = 3 \text{ б.}$
Расчет количества изотопа <sup>3</sup> H 1,5 б., формулы Na <sub>2</sub> He 2 б.	$1,5 + 2 = 3,5 \text{ б.}$
2. Уравнения реакций по 1 б.	$1 \times 16 = 16 \text{ б.}$
3. Цветок 2 б., НГУ 1 б., расшифровка по 0,5 б. за каждое слово	$2 + 1 + 0,5 \times 3 = 4,5 \text{ б.}$
<b>Всего</b>	<b>33 балла</b>

**Задание 3. (автор В.А. Емельянов)**

1. Глеющая лучинка вспыхивает в атмосфере кислорода. Из условия следует, что он получается при разложении бесцветного водного раствора вещества А, применяющегося в медицинской практике. Также в условии написано, что вещество А образуется в небольшом количестве во влажной атмосфере при грозовом разряде. Все это позволяет остановить свой выбор на перекиси (пероксиде) водорода H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (А), 30 % раствор которой называется пергидроль (Б), а твердое соединение с мочевиной - гидроперит (В). Если описанные свойства не позволяют сделать однозначных выводов о составе вещества А, следует обратиться к п. 5.

2. Разложение пероксида водорода катализируют многие соединения переходных металлов и сами металлы. Самые известные и эффективные катализаторы - диоксид марганца и металлический палладий, а также фермент каталаза, входящий в состав крови.

3. Рассчитаем содержание компонентов в гидроперите.

В 15 граммах 3 % раствора содержится  $0,03 \times 15 = 0,45 \text{ г H}_2\text{O}_2$ . Столько же ее в 1,25 г гидроперита, остальные  $1,25 - 0,45 = 0,8 \text{ г}$  - мочевины.

Массовая доля H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> в гидроперите составит  $0,45/1,25 = 0,36$  (36 %), мочевины  $0,8/1,25 = 0,64$  (64 %).

Поделив массы веществ, содержащихся в одной таблетке, на молярные массы, получим мольное отношение составных частей в гидроперите:  $(0,45/34) : (0,8/60) = 1 : 1$ .

4. Дезинфицирующие и отбеливающие свойства H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> обеспечиваются выделяющимся в результате ее разложения атомарным кислородом:  $\text{H}_2\text{O}_2 = \text{H}_2\text{O} + \text{O}$ , убивающим микроорганизмы и разрушающим органические красители вследствие своей высокой окислительной активности.

В «спокойной» атмосфере вода и кислород не реагируют, а вот при грозовом разряде молекулярный кислород диссоциирует на атомы ( $\text{O}_2 \xrightarrow{\text{разряд}} 2\text{O}$ ), в результате реакции которых с водой ( $\text{H}_2\text{O} + \text{O} = \text{H}_2\text{O}_2$ ) в атмосфере и образуется небольшое количество перекиси водорода.

Верным можно считать и ответ про образование озона, который реагирует с водой, давая перекись водорода.

5. При сильном прокаливании оксида бария в токе воздуха получается пероксид бария состава BaO<sub>2</sub> (вещество Г), а электролиз раствора гидросульфата и аммония – стандартный способ получения пероксодисульфата аммония (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> (вещество Д).

Уравнения реакций [1-4]: [1]  $2\text{BaO} + \text{O}_2 = 2\text{BaO}_2$ ; [2]  $\text{BaO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{BaSO}_4 \downarrow + \text{H}_2\text{O}_2$ ;

[3]  $2\text{NH}_4\text{HSO}_4 \xrightarrow{\text{электролиз}} \text{H}_2 \uparrow + (\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ ; [4]  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{NH}_4\text{HSO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2$ .

6. Уравнения реакций [5-12]:

[5]  $2\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{O}_2 = 2\text{Fe}(\text{OH})_3$ ; [6]  $\text{Mn}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{O}_2 = \text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ ;

[7]  $2\text{KI} + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2 = \text{I}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ ; [8]  $2\text{HCl} + \text{H}_2\text{O}_2 = \text{Cl}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ ;

[9]  $\text{PbS} + 4\text{H}_2\text{O}_2 = \text{PbSO}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$ ; [10]  $\text{Ag}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}_2 = 2\text{Ag} + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \uparrow$ ;

[11]  $2\text{KMnO}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 + 5\text{H}_2\text{O}_2 = 2\text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 8\text{H}_2\text{O} + 5\text{O}_2 \uparrow$ ;

[12]  $\text{MnO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2 = \text{MnSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \uparrow$ .

**Система оценивания:**

1. Название вещества А 2 б. (если название неверное, но где-то есть верная формула, то 1 б.), препаратов Б и В по 1 б.	$2 + 1 \times 2 = 4 \text{ б.}$
2. Пример добавки (можно переходные металлы) 1 б.	<b>1 б.</b>
3. Массовые доли по 2 б., мольное отношение 2 б.	$2 \times 2 + 2 = 6 \text{ б.}$
4. Атомарный кислород 2 б. (просто кислород 1 б.), диссоциация O <sub>2</sub> (образование O <sub>3</sub> ) 1 б.	$2 + 1 = 3 \text{ б.}$
5. Формулы Г и Д по 1 б., уравнения реакций по 1 б.	$1 \times 2 + 1 \times 4 = 6 \text{ б.}$
6. Уравнения реакций по 1 б.	$1 \times 8 = 8 \text{ б.}$
<b>Всего</b>	<b>28 баллов</b>

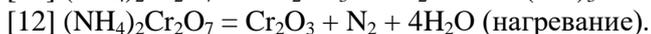
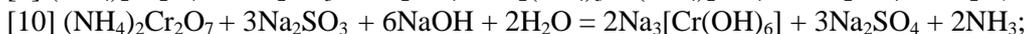
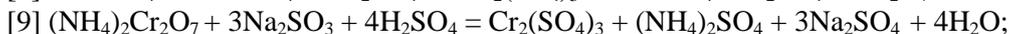
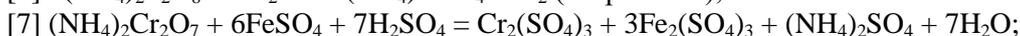
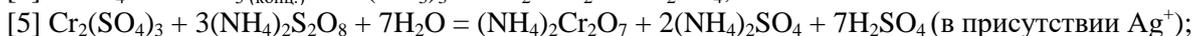
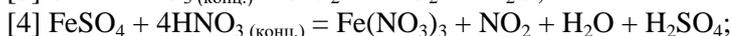
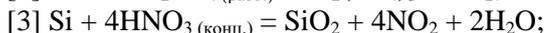
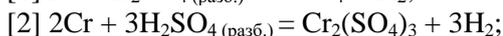
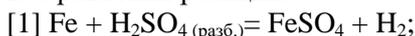
#### Задание 4. (авторы А.М. Зима, В.А. Емельянов).

1. Поскольку в задаче речь идет о стали, способах ее защиты от коррозии и предохранении металла **A** от ржавления, то, нетрудно догадаться, что металл **A** представляет собой железо (**A** = **Fe**). Именно железо составляет наибольшую долю **M** по массе.

В качестве раскислителей (для удаления из расплава растворенного кислорода) при производстве стали обычно применяются такие неметаллы как углерод и кремний. Из перечисленных элементов только кремний (**B** = **Si**) образует белый оксид. Он и является вторым по распространенности элементом Периодической системы в земной коре после кислорода. Подтвердим эту догадку с помощью расчетов, обозначив оксид **B** как  $\text{BO}_{n/2}$ .  $M(\text{BO}_{n/2}) = (8/(1-0,467)) \cdot n = 15 \cdot n$ , где  $n$  – степень окисления **B** в оксиде. Тогда разумный вариант получаем при  $n = 4$ , что соответствует  $M(\text{B}) = 60 - 32 = 28$  г/моль и элементу кремнию.

Пероксодисульфат аммония в кислой среде является сильным окислителем, способным перевести ионы металла **B** в высшую степень окисления. Исходя из окраски образующихся растворов (зеленая для более низкой степени окисления  $\text{B}^{3+}$  и оранжевая в кислой среде для более высокой  $\text{B}^{6+}$ ), можно сделать вывод, что легирующим компонентом стали **M** является хром (**B** = **Cr**). Тогда аммонийная соль **Г** – это дихромат аммония ( $\text{Г} = (\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ). После добавления избытка соли Мора анион  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  количественно переходит в  $\text{Cr}^{3+}$ , после чего оставшиеся в растворе ионы железа  $\text{Fe}^{2+}$  реагируют с  $\text{KMnO}_4$ .

#### 2. Уравнения реакций:



3. Ионы  $\text{Fe}^{3+}$  окрашивают раствор в бледно-желтый цвет, что затрудняет фиксацию конечной точки титрования. Поэтому в раствор добавляют ортофосфорную кислоту, которая связывает ионы железа в бесцветный комплекс:



Нитрат серебра выступает в качестве катализатора окисления хрома(III) пероксодисульфатом аммония.

\*Под действием пероксодисульфат-аниона серебро(I) в реакционной смеси переходит в смешанновалентный оксид  $\text{Ag}^I\text{Ag}^{III}\text{O}_2$ , который реагирует с восстановителями значительно быстрее, чем сам пероксодисульфат-анион ( $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8 + 2\text{AgNO}_3 + 4\text{H}_2\text{O} = \text{Ag}^I\text{Ag}^{III}\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{NH}_4\text{NO}_3$ ).

4.  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$  – пероксодисульфат аммония (надсернокислый аммоний), персульфат аммония,  $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  – гексагидрат сульфата железа(II)-аммония, соль Мора (железо-аммонийный шенит).

5. Найдем массовую долю кремния в стали. Количество вещества кремния  $n(\text{Si}) = n(\text{SiO}_2) = m(\text{SiO}_2)/M(\text{SiO}_2) = 12,8/60,1 = 0,213$  ммоль, тогда его масса равна  $m(\text{Si}) = n(\text{Si}) \cdot M(\text{Si}) = 0,213 \cdot 28,1 = 5,99$  мг  $\approx 6$  мг, а массовое содержание в стали  $\omega(\text{Si}) = m(\text{Si})/m(\text{стали}) = (0,006/1,000) \cdot 100\% = 0,6\%$ . (Можно вычислить массу элемента **B** в навеске стали, не устанавливая элемент **B**:  $m(\text{B}) = \omega_{\text{B}} \cdot m(\text{BO}_{n/2}) = 0,467 \cdot 12,8 = 5,98$  мг  $\approx 6$  мг).

На титрование  $\text{Fe}^{2+}$  было затрачено 12,3 мл 0,0200 М раствора  $\text{KMnO}_4$ , что соответствует  $n(\text{KMnO}_4) = C(\text{KMnO}_4) \cdot V(\text{KMnO}_4) = 0,0200 \cdot 12,3 = 0,246$  ммоль. Тогда  $n(\text{Fe}^{2+}_{\text{изб.}}) = 0,246 \cdot 5 = 1,23$  ммоль. Всего железа(II) было добавлено  $n(\text{Fe}^{2+}_{\text{всего}}) = 0,100 \cdot 14,6 = 1,46$  ммоль, тогда на реакцию с  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  пошло  $n(\text{Fe}^{2+}) = 1,46 - 1,23 = 0,23$  ммоль, что соответствует  $n(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) = 0,23/6 = 0,038$  ммоль. Тогда масса хрома в стали составит  $m(\text{Cr}) = 0,038 \cdot 52 \cdot 2 = 3,9$  мг  $\approx 4$  мг, а его массовое содержание  $\omega(\text{Cr}) = (0,004/1) \cdot 100\% = 0,4\%$ .

Массовая доля железа в стали **M** будет равна  $\omega(\text{Fe}) = 100 - 0,6 - 0,4 = 99\%$

6. Для борьбы с коррозией, помимо легирования стали и окраски металлоконструкций можно использовать так называемые протекторы, представляющие собой слитки сплава Mg и Al, т.е. более активных металлов, чем железо. Протекторы часто применяют для защиты частей конструкций, погруженных в воду. При таком способе защиты Mg и Al растворяются, а железо не корродирует.

Другим способом защиты конструкции является ее покрытие металлом. Если используется более активный металл, чем железо, например, цинк, то даже при повреждении покрытия железо сохраняется нетронутым. При покрытии поверхности стали менее активным металлом, например оловом, защита от коррозии осуществляется только до тех пор, пока слой олова не нарушен.

При электрохимической защите железной конструкции можно пропустить через нее электрический ток, препятствующий переходу металла в железо(II) (правда, такой способ не подойдет для защиты моста).

Также в борьбе с коррозией применяются ингибиторы – добавки к металлу, замедляющие процесс его окисления. Высокую активность при этом проявляют соединения хрома(VI).

7. Установим состав веществ **Д** – **И** с помощью расчетов. Из условия известно, что **Д** и **Ж** являются оксидами железа и хрома и соответственно. Найдем соотношение входящих в них элементов. Для вещества **Д** отношение Fe : O = (100-30,1)/55,8 : 30,1/16 = 1,25 : 1,88 = 2 : 3 и формула соединения **Д** = **Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**.

Вещество **Ж**: Cr : O = (100-31,6)/52 : 31,6/16 = 1,315 : 1,975 = 2 : 3, **Ж** = **Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**.

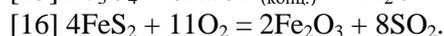
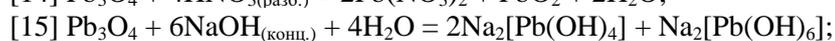
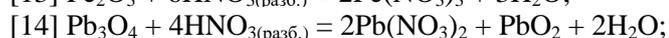
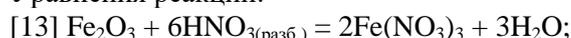
Поскольку из условия видно, что **Е** представляет собой смешанновалентный оксид, то запишем его формулу как  $\text{Э}_x\text{O}_y$ . Тогда  $M(\text{E}) = (16/0,093) \cdot y = 172 \cdot y$ . Подбирая значения  $x$  и  $y$ , можно убедиться, что под условие задачи подходят  $x = 3$  и  $y = 4$  ( $M(\text{E}) = 688$  г/моль), что соответствует **Е** = **Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub>**.

Вещество **И**, по способу его получения, также должно являться оксидом. Запишем его формулу как  $\text{ЭO}_{n/2}$ , где  $n$  – степень окисления элемента. Тогда получим, что  $M(\text{И}) = (8/0,5) \cdot n = 16,0 \cdot n$ . На оставшийся элемент в таком случае приходится  $16,0 \cdot n - 8 \cdot n = 8,0 \cdot n$ . Тогда при  $n = 4$  получаем элемент с  $M = 32,0$  г/моль, что соответствует сере. Разумных вариантов при других значениях  $n$  получить не удастся. Таким образом **И** = **SO<sub>2</sub>**.

При сгорании вещества **З** на воздухе образовался SO<sub>2</sub>, поэтому **З** содержит в своем составе серу. Тогда отношение Fe : S = 46,5/55,8 : 53,5/32 = 0,833 : 1,67 = 1 : 2 и формула соединения **З** = **FeS<sub>2</sub>**.

Можно было установить состав соединений **Д** – **И**, опираясь на их свойства, приведенные в условии задачи.

Уравнения реакций:



Существенный недостаток свинцового сурика - его токсичность. Поэтому в настоящее время синтетический свинцовый сурик Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub> используется значительно реже природного железного Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

8. Процесс лужения – это нанесение на поверхность тонкого слоя олова (**К** = **Sn**), следовательно, раньше мост назывался «Оловозаводским». Недостатком такого способа защиты железа является то, что олово - менее активный металл, и при повреждении его слоя будет происходить преимущественная коррозия железа.

#### Система оценивания:

1. Определение элементов <b>А</b> – <b>В</b> по 1 б., формула и название <b>Г</b> по 1 б.	1×5 = 5 б.
2. Уравнения реакций по 1 б.	1×12 = 12 б.
3. Бесцветный комплекс железа(III) 1 б., катализатор 1 б. (без реакций)	1+1 = 2 б.
4. Номенклатурные и тривиальные названия веществ по 0,5 б.	0,5×4 = 2 б.
5. Содержание <b>А</b> в стали 1 б., <b>Б</b> – 1 б., <b>В</b> – 3 б.	1+1+3 = 5 б.
6. Способы защиты конструкции от коррозии по 1 б.	1×2 = 2 б.
7. Состав <b>Д</b> – <b>И</b> по 1 б., уравнения реакций по 1 б., выбор <b>Д</b> и объяснение по 0,5 б.	1×5+1×4+0,5×2 = 10 б.
8. Металл <b>К</b> и недостаток защиты по 1 б.	1×2 = 2 б.
<b>Всего</b>	<b>40 баллов</b>