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

1. Из описания следует, что вещество **D** – уксусная кислота CH_3COOH . Проверить это предположение можно, если посчитать его состав с помощью известных массовых долей элементов. Простейшая формула вещества **D** CH_2O , 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 CH_3MgBr (**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:

Эле-мент	Массовая доля элементов в веществах, %				
	D	E	G	J	I
C	40	47,06	40,67	10,07	59,96
H	6,71	5,92	8,53	2,54	13,42
O	53,29	47,02	27,09	0	26,62
Σ , %	100	100	76,29	12,61	100
Ф-ла	CH_2O	$\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_3$	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OX}$	$\text{C}_1\text{H}_3\text{Y}$	$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$

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

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

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

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

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

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

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

(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** ($\text{CH}_3\text{C(O)Cl}$) – хлорангидрид уксусной кислоты (ацетилхлорид), **B** ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) – этиловый спирт (этанол), **C** ($\text{CH}_3\text{C(O)H}$) – этаналь (уксусный альдегид), **D** (CH_3COOH) – уксусная (этановая) кислота, **E** ($(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$) – ангидрид уксусной кислоты, **F** ($\text{CH}_3\text{C(O)OCH}_2\text{CH}_3$) – этиловый эфир уксусной кислоты (этилэтанат), **G** ($\text{CH}_3\text{C(O)NH}_2$) – 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** (CH_3MgBr) – метилмагний бромид, **K** (CH_3Br) – метилбромид (бромметан), **L** (CH_3CN) – 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.
Всего	29 баллов

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

Согласно реакции [4] $n(\text{CaCO}_3, \text{осадка}) = n(\text{CO}_2) = 0,068$ 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. Запись $\text{He}@\text{H}_2\text{O}$ означает соединение включения (или клатрат), которое образовано включением молекул вещества-«гостя» (здесь гелий) в полости кристаллической решётки, образованной молекулами «хозяина» (здесь вода). Молекулы «гостя» в таких соединениях связаны с молекулами «хозяина» слабыми вандерваальсовыми связями.

д) Ядро, которое превращается в изотоп лития после испускания альфа-частицы, содержит на два протона больше, чем литий. Следовательно, это бор (порядковый номер 5). 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 в реакции с водой не образуется 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 установить элемент. Платину он окисляет до гексафторида, который в реакции с кислородом дает гексафтороплатинат диоксигенила.

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

[2] $^3_1\text{H} = ^0_{-1}\text{e} + ^3_2\text{He}$

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

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

[5] $^{10}_5\text{B} + ^1_0\text{n} = ^4_2\text{He} + ^7_3\text{Li}$;

[6] $3\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{H}_3\text{BO}_3 = \text{B}(\text{OC}_2\text{H}_5)_3 + 3\text{H}_2\text{O}$;

[7] $2\text{B}(\text{OC}_2\text{H}_5)_3 + 18\text{O}_2 = \text{B}_2\text{O}_3 + 12\text{CO}_2 + 15\text{H}_2\text{O}$;

[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] $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{LiH} = \text{C}_2\text{H}_5\text{OLi} + \text{H}_2$ (также с LiH

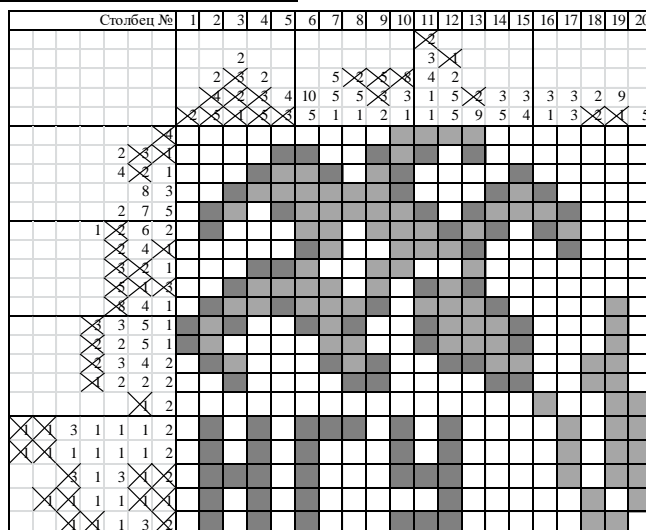
реагирует вода в спирте, так как использование безводного спирта для этих целей редкость);

[11] $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 3\text{O}_2 = 2\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$;

[12] $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{F}_2 = 4\text{HF} + \text{O}_2$;

[13] $\text{SiO}_2 + 2\text{F}_2 = \text{SiF}_4 + \text{O}_2$; [14] $\text{Pt} + 3\text{F}_2 = \text{PtF}_6$;

[15] $\text{C}_3\text{H}_8 + 10\text{F}_2(\text{изб.}) = 3\text{CF}_4 + 8\text{HF}$; [16] $\text{O}_2 + \text{PtF}_6 = \text{O}_2[\text{PtF}_6]$.



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.	0,5×8+1×2 = 6 б.
Одно применение неона, клатрат, вдв, ионная связь, название $\text{O}_2[\text{PtF}_6]$ по 0,5 б., формула LiH 1 б., расчет количества изотопа ^3H 2 б.	0,5×5+1+2 = 5,5 б.
2. Уравнения реакций по 1 б.	1×16 = 16 б.
3. Цветок 2 б., НГУ 1 б., расшифровка по 0,5 б. за каждое слово	2+1+0,5×3 = 4,5 б.
Всего	32 балла

Задание 3. (автор В.А. Емельянов)

1. В задаче описаны свойства перекиси (пероксида) водорода - H_2O_2 (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 $0,03 \cdot 15 = 0,45$ г H_2O_2 . Столько же ее в 1,25 г гидроперита, остальные $1,25 - 0,45 = 0,8$ г - мочевины. Поделив массы веществ, содержащихся в одной таблетке, на молярные массы, получим мольное отношение составных частей в гидроперите: $(0,45/34) : (0,8/60) = 1 : 1$.

Гидроперит относится к классу соединений включения (клатратов, соединений «гость» - «хозяин»)

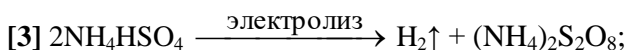
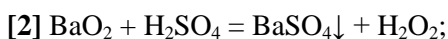
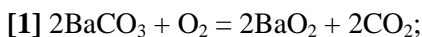
4. Дезинфицирующие и отбеливающие свойства H_2O_2 обеспечиваются выделяющимся в результате ее разложения атомарным кислородом: $H_2O_2 = H_2O + O$, убивающим микроорганизмы и разрушающим органические красители вследствие своей высокой окислительной активности.

В «спокойной» атмосфере вода и кислород не реагируют, а вот при грозном разряде молекулярный кислород диссоциирует на атомы ($O_2 \xrightarrow{\text{разряд}} 2O$), в результате реакции которых с водой ($H_2O + O = H_2O_2$) в атмосфере и образуется небольшое количество перекиси водорода.

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

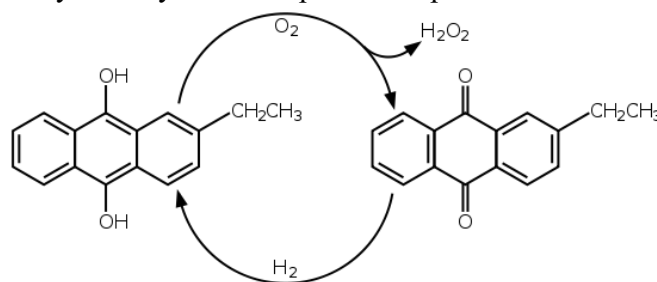
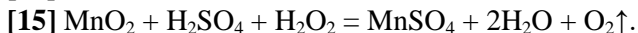
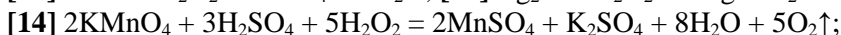
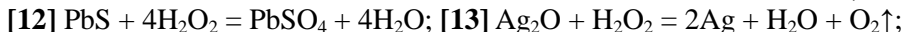
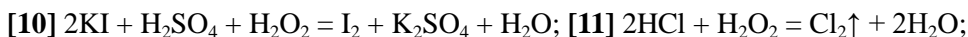
5. При сильном прокаливании карбоната бария в токе воздуха получается пероксид бария состава BaO_2 (вещество Г), а электролиз раствора гидросульфата и аммония – стандартный способ получения пероксодисульфата аммония $(NH_4)_2S_2O_8$ (вещество Д).

Уравнения реакций [1-4]:



[5]-[6] – см. рисунок; [7] $H_2 + O_2 = H_2O_2$.

6. Уравнения реакций [8-15]: [8] $2Fe(OH)_2 + H_2O_2 = 2Fe(OH)_3$; [9] $Mn(OH)_2 + H_2O_2 = MnO_2 + 2H_2O$;



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.	$2+1 \times 2 = 4$ б.
2. Два конкретных примера добавок по 0,5 б.	$0,5 \times 2 = 1$ б.
3. Мольное отношение 3 б., класс 1 б.	$3+1 = 4$ б.
4. Атомарный кислород 2 б. (просто кислород 1 б.), диссоциация O_2 (образование O_3) 1 б.	$2+1 = 3$ б.
5. Формулы Г и Д по 0,5 б., уравнения реакций по 1 б.	$0,5 \times 2 + 1 \times 7 = 8$ б.
6. Уравнения реакций по 1 б.	$1 \times 8 = 8$ б.
Всего	28 баллов

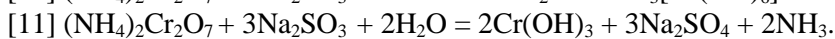
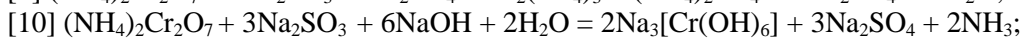
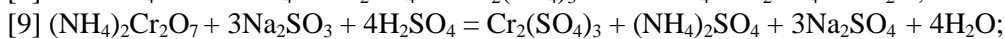
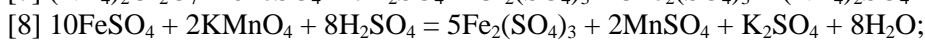
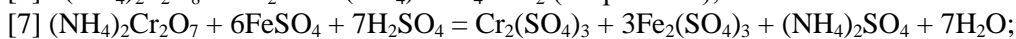
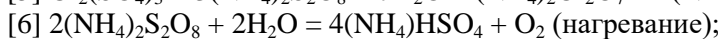
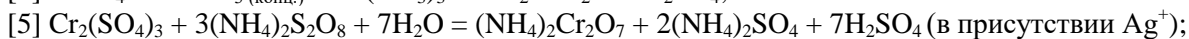
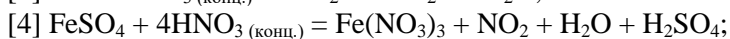
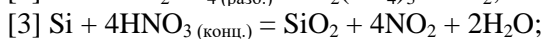
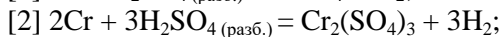
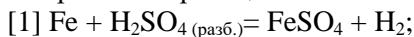
Задание 4. (авторы А.М. Зима, В.А. Емельянов).

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.

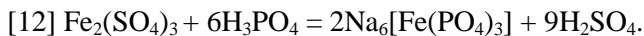
В качестве раскислителей (для удаления из расплава растворенного кислорода) при производстве стали обычно применяются такие неметаллы как углерод и кремний. Из перечисленных элементов только кремний (**B = Si**) образует белый оксид. Он и является вторым по распространенности элементом Периодической системы в земной коре после кислорода.

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 и оранжевая в кислой среде для более высокой), можно сделать вывод, что легирующим компонентом стали **M** является один из самых твердых металлов хром (**B = Cr**). Тогда аммонийная соль **Г** – это дихромат аммония ($Г = (NH_4)_2Cr_2O_7$). После добавления избытка соли Мора анион $Cr_2O_7^{2-}$ количественно переходит в Cr^{3+} , после чего оставшиеся в растворе ионы железа Fe^{2+} реагируют с $KMnO_4$.

2. Уравнения реакций:



3. Ионы 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 серебра(I) в реакционной смеси переходит в смешанновалентный оксид $Ag^I Ag^{III} O_2$, который реагирует с восстановителями значительно быстрее, чем сам пероксодисульфат-анион:



4. $(NH_4)_2S_2O_8$ – пероксодисульфат аммония (надсерноокислый аммоний), персульфат аммония, $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ – гексагидрат сульфата железа(II)-аммония, соль Мора (железо-аммонийный шенит).

5. Найдем массовую долю кремния в стали. Количество вещества кремния $n(Si) = n(SiO_2) = m(SiO_2)/M(SiO_2) = 12,8/60,1 = 0,213$ ммоль, тогда его масса равна $m(Si) = n(Si) \cdot M(Si) = 0,213 \cdot 28,1 = 5,99$ мг ≈ 6 мг, а массовое содержание в стали $\omega(Si) = m(Si)/m(\text{стали}) = (0,006/1,000) \cdot 100\% = 0,6\%$.

На титрование Fe^{2+} было затрачено 12,3 мл 0,0200 М раствора $KMnO_4$, что соответствует $n(KMnO_4) = C(KMnO_4) \cdot V(KMnO_4) = 0,0200 \cdot 12,3 = 0,246$ ммоль. Тогда $n(Fe^{2+}_{\text{изб.}}) = 0,246 \cdot 5 = 1,23$ ммоль. Всего железа(II) было добавлено $n(Fe^{2+}_{\text{всего}}) = 0,100 \cdot 14,6 = 1,46$ ммоль, тогда на реакцию с $Cr_2O_7^{2-}$ пошло $n(Fe^{2+}) = 1,46 - 1,23 = 0,23$ ммоль, что соответствует $n(Cr_2O_7^{2-}) = 0,23/6 = 0,038$ ммоль. Тогда масса хрома в стали составит $m(Cr) = 0,038 \cdot 52 \cdot 2 = 3,9$ мг ≈ 4 мг, а его массовое содержание $\omega(Cr) = (0,004/1) \cdot 100\% = 0,4\%$.

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

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. В условии задачи сказано, что оксид **Д** растворяется в разбавленном растворе азотной кислоты с образованием в качестве продуктов соли железа и воды, т. е. речь идет об оксиде трехвалентного железа ($D = Fe_2O_3$), так как при взаимодействии азотной кислоты с железом(II) произойдет его окисление и выделение оксидов азота. Кроме того, на Fe_2O_3 указывает его устойчивость к действию кислорода воздуха и, собственно, окраска.

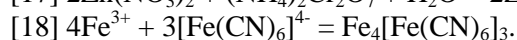
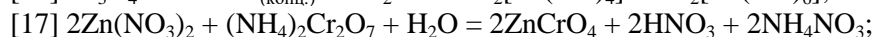
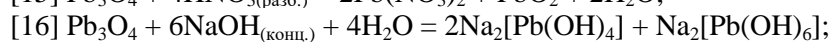
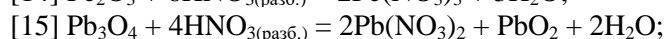
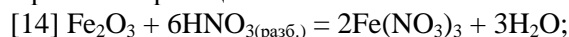
Использование в качестве стойкой красной краски, способность растворяться в кислотах и концентрированных щелочах с образованием веществ в двух различных степенях окисления металла дает возможность предположить, что вещество **Е** – соединение свинца, который применяется в производстве боеприпасов и автомобильных аккумуляторов. Таким образом, вещество **Е** – «свинцовый сурик» ($E = Pb_3O_4$).

Соединение **Ж** однозначно представляет собой оксид хрома(III) ($Ж = Cr_2O_3$).

Судя по способу получения, вещество **З** может быть хроматом или дихроматом некоторого металла. Подтвердить эту догадку можно путем расчетов. $M(З) = (52/0,287) \cdot n = 181 \cdot n$, где n – число атомов хрома в **З**. Тогда при $n = 1$ получаем $M(З) = 181$ г/моль, что соответствует хромату цинка. Разумных вариантов при других значениях n получить не удастся. Таким образом $З = ZnCrO_4$.

Синее вещество, которое получается в результате качественной реакции на ионы Fe^{3+} , скорее всего, является продуктом взаимодействия этих ионов с гексацианоферратом(II) калия (получение так называемой берлинской лазури). Проверим данную гипотезу и запишем формулу **И** как $Fe_n(CN)_m$. Тогда $M(И) = (55,8/0,455) \cdot n = 123 \cdot n = 55,8 \cdot n + 26,0 \cdot m$ или $m = 2,57 \cdot n$. Целое значение $m = 18$ получается при $n = 7$. Тогда формулу **И** можно записать как $Fe_7(CN)_{18} = Fe_4[Fe(CN)_6]_3$.

Уравнения реакций:

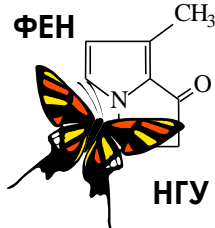


Существенный недостаток свинцового сурика - его токсичность. Поэтому в настоящее время синтетический свинцовый сурик Pb_3O_4 используется значительно реже природного железного Fe_2O_3 .

8. Процесс лужения – это нанесение на поверхность тонкого слоя олова ($K = Sn$), 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 A – B по 1 б., формула и название Г по 1 б.	$1 \times 5 = 5$ б.
2. Уравнения реакций по 1 б.	$1 \times 11 = 11$ б.
3. Бесцветный комплекс железа(III) 1 б., катализатор 1 б., уравнения реакций по 1 б.	$1 + 1 + 1 \times 2 = 4$ б.
4. Номенклатурные и тривиальные названия веществ по 0,5 б.	$0,5 \times 4 = 2$ б.
5. Содержание A в стали 1 б., Б – 1 б., В – 3 б.	$1 + 1 + 3 = 5$ б.
6. Способы защиты конструкции от коррозии по 1 б.	$1 \times 2 = 2$ б.
7. Состав Д – И по 1 б, уравнения реакций по 1 б., выбор Д и объяснение по 0,5 б.	$1 \times 5 + 1 \times 5 + 0,5 \times 2 = 11$ б.
8. Металл К и недостаток защиты по 1 б.	$1 \times 2 = 2$ б.
Всего	42 балла

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

1. Из описания следует, что вещество **D** – уксусная кислота CH_3COOH . Проверить это предположение можно, если посчитать его состав с помощью известных массовых долей элементов. Простейшая формула вещества **D** CH_2O , 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 CH_3MgBr (**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:

Эле-мент	Массовая доля элементов в веществах, %				
	D	E	G	J	I
C	40	47,06	40,67	10,07	59,96
H	6,71	5,92	8,53	2,54	13,42
O	53,29	47,02	27,09	0	26,62
Σ , %	100	100	76,29	12,61	100
Ф-ла	CH_2O	$\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_3$	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OX}$	$\text{C}_1\text{H}_3\text{Y}$	$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$

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

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

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

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

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

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

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

(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** ($\text{CH}_3\text{C(O)Cl}$) – хлорангидрид уксусной кислоты (ацетилхлорид), **B** ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) – этиловый спирт (этанол), **C** ($\text{CH}_3\text{C(O)H}$) – этаналь (уксусный альдегид), **D** (CH_3COOH) – уксусная (этановая) кислота, **E** ($(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$) – ангидрид уксусной кислоты, **F** ($\text{CH}_3\text{C(O)OCH}_2\text{CH}_3$) – этиловый эфир уксусной кислоты (этилэтанат), **G** ($\text{CH}_3\text{C(O)NH}_2$) – 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** (CH_3MgBr) – метилмагний бромид, **K** (CH_3Br) – метилбромид (бромметан), **L** (CH_3CN) – 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.
Всего	29 баллов

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 ^3H). 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 M_xHe_y . Получим уравнение для массовой доли гелия $W_{\text{He}} = 4y/(4y + \text{M}x) = 0,08$. Преобразуем: $x/y = 46/\text{M}$. Возможные значения $\text{M} = 7, 23, 39, 85, 133$. 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 Na_2He .

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

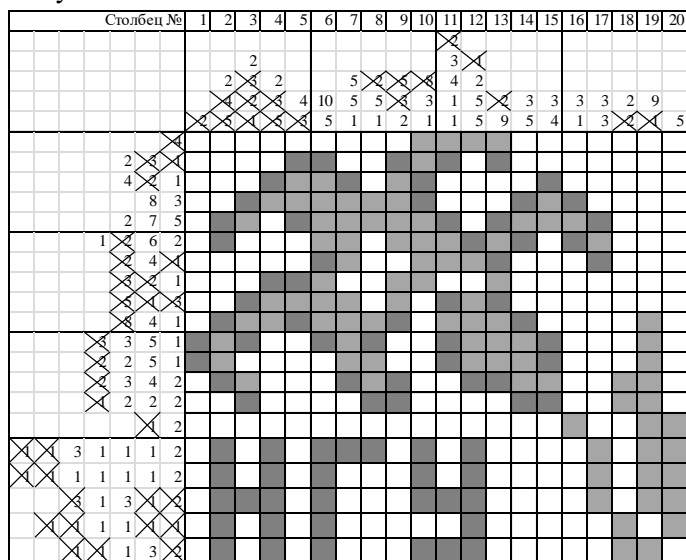
[10] (с учетом реакции [8]) $2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{LiOH, электролиз}} 2\text{H}_2 + \text{O}_2$;

[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 ₆ по 1 б.	$0,5 \times 2 + 1 \times 2 = 3 \text{ б.}$
Расчет количества изотопа ³ H 1,5 б., формулы Na ₂ 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	$2 + 1 + 0,5 \times 3 = 4,5 \text{ б.}$
Всего	33 балла

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 H₂O₂ (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 H₂O₂ 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 H₂O₂ 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 BaO₂ (вещество Г), а электролиз раствора гидросульфата и аммония – стандартный способ получения пероксодисульфата аммония (NH₄)₂S₂O₈ (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.	1 б.
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 ₂ (образование O ₃) 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.	$1 \times 8 = 8 \text{ б.}$
Всего	28 баллов

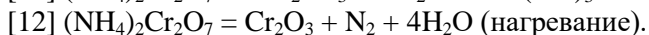
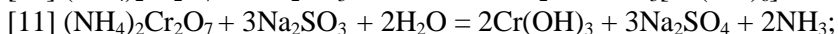
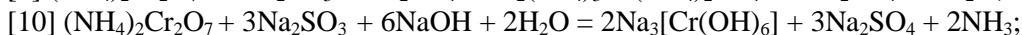
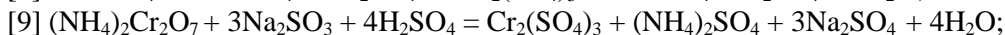
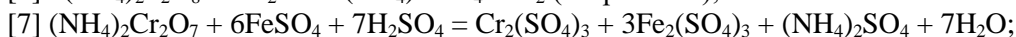
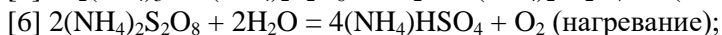
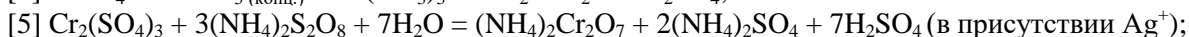
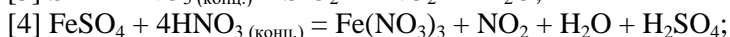
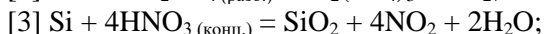
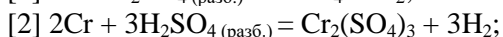
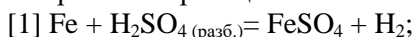
Задание 4. (авторы А.М. Зима, В.А. Емельянов).

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 B^{3+} и оранжевая в кислой среде для более высокой 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 Cr^{3+} , после чего оставшиеся в растворе ионы железа Fe^{2+} реагируют с KMnO_4 .

2. Уравнения реакций:



3. Ионы 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 ≈ 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 ≈ 6 мг).

На титрование Fe^{2+} было затрачено 12,3 мл 0,0200 М раствора 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 ≈ 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** = **Fe₂O₃**.

Вещество **Ж**: Cr : O = (100-31,6)/52 : 31,6/16 = 1,315 : 1,975 = 2 : 3, **Ж** = **Cr₂O₃**.

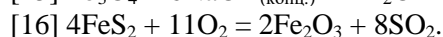
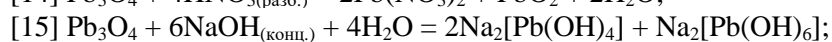
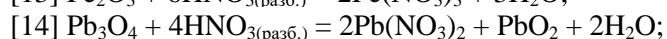
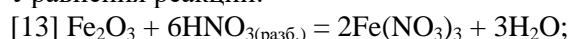
Поскольку из условия видно, что **Е** представляет собой смешанновалентный оксид, то запишем его формулу как $\text{Э}_x\text{O}_y$. Тогда $M(\text{E}) = (16/0,093)*y = 172*y$. Подбирая значения x и y , можно убедиться, что под условие задачи подходят $x = 3$ и $y = 4$ ($M(\text{E}) = 688$ г/моль), что соответствует **Е** = **Pb₃O₄**.

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 $M(\text{И}) = (8/0,5)*n = 16,0*n$. На оставшийся элемент в таком случае приходится $16,0*n - 8*n = 8,0*n$. 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** = **SO₂**.

При сгорании вещества **З** на воздухе образовался SO₂, 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** = **FeS₂**.

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

Уравнения реакций:

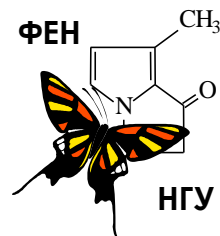


Существенный недостаток свинцового сурика - его токсичность. Поэтому в настоящее время синтетический свинцовый сурик Pb₃O₄ используется значительно реже природного железного Fe₂O₃.

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.

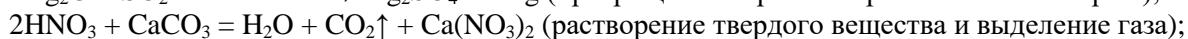
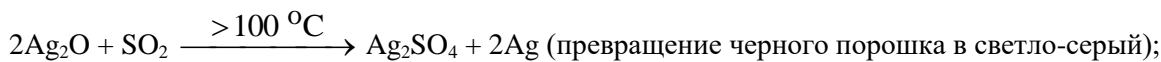
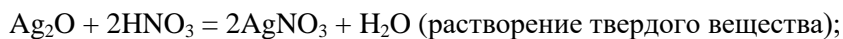
Система оценивания:

1. Определение элементов А – В по 1 б., формула и название Г 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 А в стали 1 б., Б – 1 б., В – 3 б.	1+1+3 = 5 б.
6. Способы защиты конструкции от коррозии по 1 б.	1×2 = 2 б.
7. Состав Д – И по 1 б., уравнения реакций по 1 б., выбор Д и объяснение по 0,5 б.	1×5+1×4+0,5×2 = 10 б.
8. Металл К и недостаток защиты по 1 б.	1×2 = 2 б.
Всего	40 баллов

**Задание 1.** (автор Р.А. Бредихин).

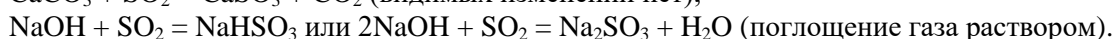
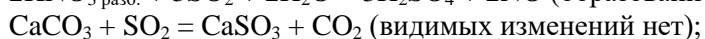
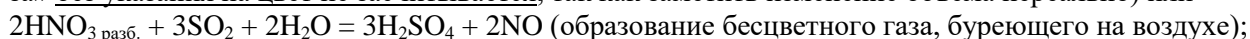
1. Названия: Ag_2O – оксид серебра, HNO_3 – азотная кислота, CaCO_3 – карбонат кальция, NaOH – гидроксид натрия, едкий натр, SO_2 – оксид серы(IV), диоксид серы, сернистый газ.

2. Уравнения реакций (в скобках признак реакции):



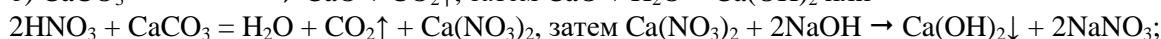
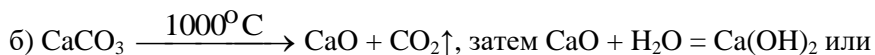
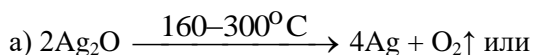
$\text{HNO}_3 + \text{NaOH} = \text{H}_2\text{O} + \text{NaNO}_3$ (видимых изменений нет (принимаются также варианты «выделение тепла» или «изменение окраски индикатора» или «изменение среды раствора»));

$2\text{HNO}_3_{\text{конц.}} + \text{SO}_2 = \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NO}_2$ (образование бурого газа или пожелтение раствора (признак «выделение газа» без указания на цвет не засчитывается, так как заметить изменение объема нереально) или



3. Названия: AgNO_3 – нитрат серебра (серебро азотнокислое, ляпис, здесь и далее засчитывается любое верное), Ag_2SO_4 – сульфат серебра, Ag – серебро, H_2O – вода, CO_2 – оксид углерода(IV), $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ – нитрат кальция, NaNO_3 – нитрат натрия, H_2SO_4 – серная кислота, NO_2 – оксид азота(IV) или NO – оксид азота(II), CaSO_3 – сульфит кальция, NaHSO_3 – гидросульфит натрия или Na_2SO_3 – сульфит натрия.

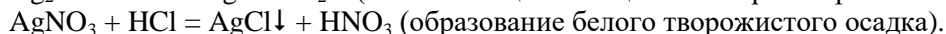
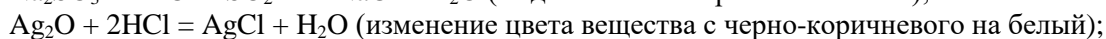
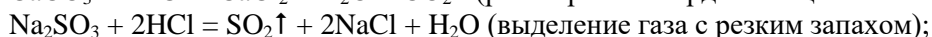
4. Возможные пути получения целевых веществ:



в) $2\text{HNO}_3 + \text{SO}_2 = \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NO}_2$, затем $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ или, что заметно менее рационально, $2\text{NaOH} + \text{SO}_2 = \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$, затем $2\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{O}_2 = 2\text{Na}_2\text{SO}_4$.

5. Реактивы на кислоту – CaCO_3 или Na_2SO_3 , на хлорид ион – Ag_2O или AgNO_3 .

Уравнения реакций (в скобках признак реакции):

**Система оценивания:**

1. Названия веществ по 0,5 б.	$0,5 \times 5 = 2,5 \text{ б.}$
2. Уравнения реакций по 1 б., признаки каждой из реакций по 0,5 б.	$(1+0,5) \times 7 = 10,5 \text{ б.}$
3. Названия веществ-продуктов по 0,5 б.	$0,5 \times 11 = 5,5 \text{ б.}$
4. Корректный метод получения вещества в 1 или 2 стадии по 1,5 б.	$1,5 \times 3 = 4,5 \text{ б.}$
5. Реактивы по 1 б. (если оба на один ион, то всего 1 б.), уравнения реакций по 1 б., признаки по 0,5 б.	$(1+1+0,5) \times 2 = 5 \text{ б.}$
Всего	28 баллов

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. Сверхтяжелый изотоп, о котором идет речь, тритий (Т или ^3H). 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 M_xHe_y . Получим уравнение для массовой доли гелия $W_{\text{He}} = 4y/(4y + \text{M}x) = 0,08$. Преобразуем: $x/y = 46/\text{M}$. Возможные значения $\text{M} = 7, 23, 39, 85, 133$. 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 Na_2He .

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 (тетраборате натрия). Элемент находится в 3 группе ПС. Так как средняя атомная масса элемента 10,81, а массовые числа изотопов отличаются на 1, то эти массовые числа 10 и 11.

Примем содержание более тяжелого изотопа за x , тогда $10(1-x) + 11x = 10,81$, откуда $x = 0,81$ или 81 %.

е) Поскольку продуктами реакции являются только легкий горючий газ (водород) и водный раствор щелочи, это соединение щелочного металла (а в первых двух периодах он только один – литий) и водорода либо кислорода. Соединения щелочного металла с кислородом не будут выделять водород из воды, следовательно, искомое бинарное вещество LiH, сумма порядковых номеров элементов 4. Так как это соединение в расплаве проводит электрический ток, то связь в нем ионная.

ж) Простое вещество являющееся бледно-жёлтым газом и реагирующее со стеклом, это фтор (порядковый номер 9). По латинскому названию элемента также можно установить элемент. В природе он встречается в основном в минерале флюорите (CaF_2), фторапатите ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$) и криолите (Na_3AlF_6).

2. Уравнения реакций [1-13]: [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] $\text{HA} + \text{NaHCO}_3 = \text{NaA} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$;

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

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

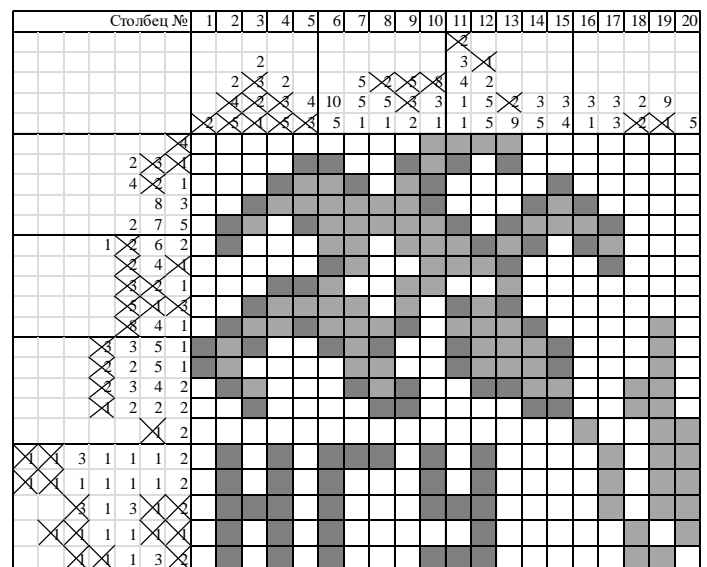
[8] $\text{LiH} + \text{H}_2\text{O} = \text{LiOH} + \text{H}_2 \uparrow$;

[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] $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{F}_2 = 4\text{HF} + \text{O}_2$;

[12] $\text{SiO}_2 + 2\text{F}_2 = \text{SiF}_4 + \text{O}_2$; [13] $\text{Pt} + 3\text{F}_2 = \text{PtF}_6$ (формула продукта считается из массовой доли Pt).

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, формула (или название) минерала фтора по 0,5 б., формулы LiH и PtF_6 по 1 б.	$0,5 \times 3 + 1 \times 2 = 3,5 \text{ б.}$
Расчет формулы Na_2He , количества изотопа ^3H и мольной доли ^{11}B по 2 б.	$2 \times 3 = 6 \text{ б.}$
2. Уравнения реакций по 1 б.	$1 \times 13 = 13 \text{ б.}$
3. Цветок 2 б., НГУ 1 б., расшифровка по 0,5 б. за каждое слово	$2 + 1 + 0,5 \times 3 = 4,5 \text{ б.}$
Всего	33 балла

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 А состоит из двух элементов, одним из которых является водород, а еще известно, что вещество А образуется в небольшом количестве во влажной атмосфере при грозовом разряде. Все это позволяет остановить свой выбор на бинарном соединении водорода и кислорода – перекиси (пероксиде) водорода H_2O_2 (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_2O_2 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_2O_2 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. Для вещества Г состава BaX_n получаем, что $137/(137+nM_x) = 0,811$, откуда $nM_x = 32$. По цифрам хорошо подходят сера и BaS , а также кислород и BaO_2 . Поскольку вещество А получается взаимодействием вещества Г с разбавленной серной кислотой, то для первого случая это сероводород, что никак не подходит по условию задачи (образование в атмосфере, обесцвечивание волос и т.д.), а для второго – перекись водорода, что хорошо согласуется с условием.

Уравнение реакции: $\text{BaO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{BaSO}_4 \downarrow + \text{H}_2\text{O}_2$.

6. Уравнения реакций [1-8]: [1] $2\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{O}_2 = 2\text{Fe}(\text{OH})_3$; [2] $\text{Mn}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{O}_2 = \text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$;

[3] $2\text{KI} + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2 = \text{I}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$; [4] $2\text{HCl} + \text{H}_2\text{O}_2 = \text{Cl}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$;

[5] $\text{PbS} + 4\text{H}_2\text{O}_2 = \text{PbSO}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$; [6] $\text{Ag}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}_2 = 2\text{Ag} + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \uparrow$;

[7] $2\text{KMnO}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 + 5\text{H}_2\text{O}_2 = 2\text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 8\text{H}_2\text{O} + 5\text{O}_2 \uparrow$;

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

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.	1 б.
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_2 (образование O_3) 1 б.	$2 + 1 = 3 \text{ б.}$
5. Формула Г 2 б., уравнение реакции 1 б.	$2 + 1 = 3 \text{ б.}$
6. Уравнения реакций по 1 б.	$1 \times 8 = 8 \text{ б.}$
Всего	25 баллов

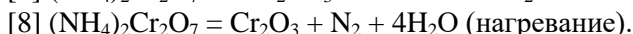
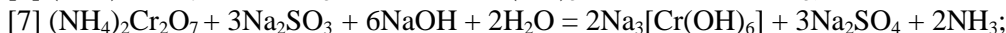
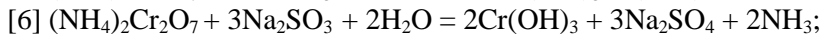
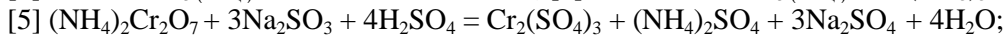
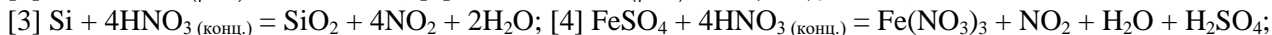
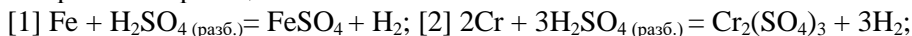
Задание 4. (авторы А.М. Зима, В.А. Емельянов).

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.

Установим металл **B** по данным о составе аммонийной соли **Г**. Тогда $M(\text{B}) \cdot 2 / (18 \cdot 2 + M(\text{B}) \cdot 2 + 16 \cdot x) = 0,413$, откуда $M(\text{B}) = 12,7 + 5,6 \cdot x$. Подбирая значения нетрудно убедиться, что разумное значение $M(\text{B})$ получается при $x = 7$ и оно равно $M(\text{B}) = 52,1$ г/моль, что соответствует **B** = **Cr** и **Г** = $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (дихромат аммония).

2. Уравнения реакций:



3. 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 ≈ 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 ≈ 6 мг).

Масса хрома в стали составит $m(\text{Cr}) = 7,7 \cdot 10^{-2} \cdot 52 \approx 4$ мг, а его массовая доля $\omega(\text{Cr}) = (0,004 / 1) \cdot 100\% = 0,4\%$.

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

4. 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 $\text{Fe} : \text{O} = (100 - 30,1) / 55,8 : 30,1 / 16 = 1,25 : 1,88 = 2 : 3$ и формула соединения **Д** = Fe_2O_3 .

Вещество **Ж**: $\text{Cr} : \text{O} = (100 - 31,6) / 52 : 31,6 / 16 = 1,315 : 1,975 = 2 : 3$, **Ж** = Cr_2O_3 .

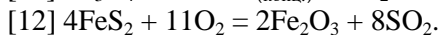
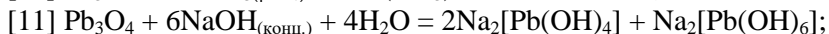
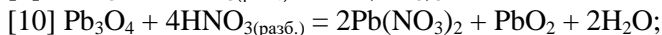
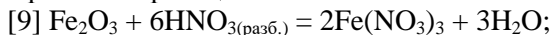
Поскольку из условия видно, что **Е** представляет собой смешанновалентный оксид, то запишем его формулу как $\text{Э}_x\text{O}_y$. Тогда $M(\text{E}) = (16 / 0,093) \cdot y = 172 \cdot y$. Подбирая значения x и y , можно убедиться, что под условие задачи подходят $x = 3$ и $y = 4$ ($M(\text{E}) = 688$ г/моль), что соответствует **Е** = Pb_3O_4 .

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_2 .

При сгорании вещества **З** на воздухе образовался SO_2 , поэтому **З** содержит в своем составе серу. Тогда отношение $\text{Fe} : \text{S} = 46,5 / 55,8 : 32 = 0,833 : 1,67 = 1 : 2$ и формула соединения **З** = FeS_2 .

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

Уравнения реакций:

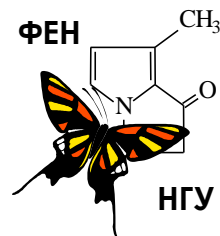


Существенный недостаток свинцового сурика - его токсичность. Поэтому в настоящее время синтетический свинцовый сурик Pb_3O_4 используется значительно реже природного железного Fe_2O_3 .

5. 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:

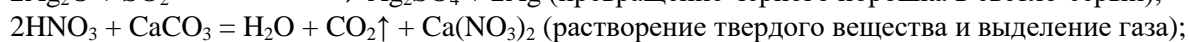
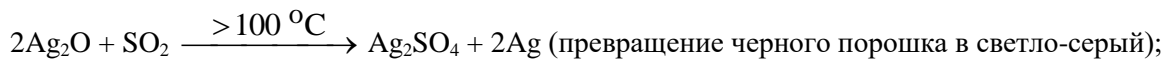
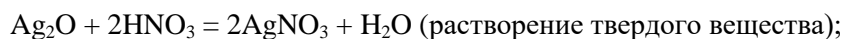
1. Определение элементов A – B по 1 б., формула и название Г по 1 б.	1 × 5 = 5 б.
2. Уравнения реакций по 1 б.	1 × 8 = 8 б.
3. Содержание A - B в стали по 2 б.	2 × 3 = 6 б.
4. Состав Д – И по 2 б, уравнения реакций по 1 б., выбор Д и объяснение по 0,5 б.	2 × 5 + 1 × 4 + 0,5 × 2 = 15 б.
5. Металл К и недостаток защиты по 1 б.	1 × 2 = 2 б.
Всего	36 баллов

**Задание 1. (автор Р.А. Бредихин).**

1. Названия: Ag_2O – оксид серебра, HNO_3 – азотная кислота, CaCO_3 – карбонат кальция, NaOH – гидроксид натрия, едкий натр, SO_2 – оксид серы(IV), диоксид серы, сернистый газ.

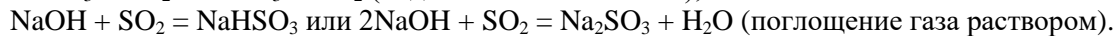
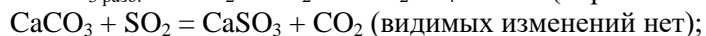
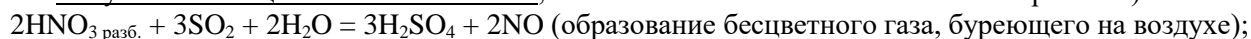
2. Классы соединений: Ag_2O , SO_2 – оксиды, HNO_3 – кислота, NaOH – основание (щелочь), CaCO_3 – соль.

3. Уравнения реакций (в скобках признак реакции):



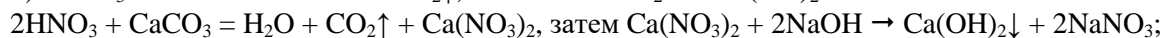
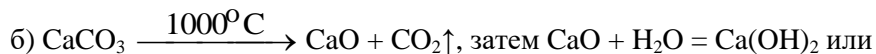
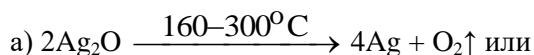
$\text{HNO}_3 + \text{NaOH} = \text{H}_2\text{O} + \text{NaNO}_3$ (видимых изменений нет (принимаются также варианты «выделение тепла» или «изменение окраски индикатора» или «изменение среды раствора»));

$2\text{HNO}_3_{\text{конц.}} + \text{SO}_2 = \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NO}_2$ (образование бурого газа или пожелтение раствора (признак «выделение газа» без указания на цвет не засчитывается, так как заметить изменение объема нереально) или



4. Названия: AgNO_3 – нитрат серебра (серебро азотнокислое, ляпис, здесь и далее засчитывается любое верное), Ag_2SO_4 – сульфат серебра, Ag – серебро, H_2O – вода, CO_2 – оксид углерода(IV), $\text{Ca(NO}_3)_2$ – нитрат кальция, NaNO_3 – нитрат натрия, H_2SO_4 – серная кислота, NO_2 – оксид азота(IV) или NO – оксид азота(II), CaSO_3 – сульфит кальция, NaHSO_3 – гидросульфит натрия или Na_2SO_3 – сульфит натрия.

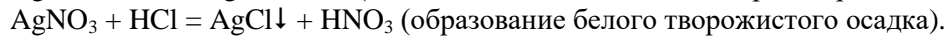
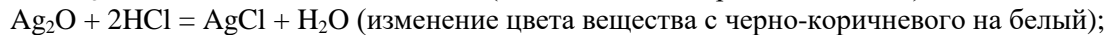
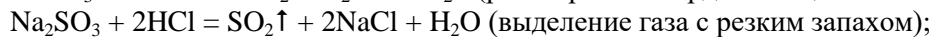
5. Возможные пути получения целевых веществ:



в) $2\text{HNO}_3 + \text{SO}_2 = \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NO}_2$, затем $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ или, что заметно менее рационально, $2\text{NaOH} + \text{SO}_2 = \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$, затем $2\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{O}_2 = 2\text{Na}_2\text{SO}_4$.

6. Реактивы на кислоту – CaCO_3 или Na_2SO_3 , на хлорид ион – Ag_2O или AgNO_3 .

Уравнения реакций (в скобках признак реакции):

**Система оценивания:**

1. Названия веществ по 0,5 б.	$0,5 \times 5 = 2,5 \text{ б.}$
2. Классы соединений по 0,5 б.	$0,5 \times 5 = 2,5 \text{ б.}$
3. Уравнения реакций по 1 б., признаки каждой из реакций по 0,5 б.	$(1+0,5) \times 7 = 10,5 \text{ б.}$
4. Названия веществ-продуктов по 0,5 б.	$0,5 \times 11 = 5,5 \text{ б.}$
5. Корректный метод получения вещества в 1 или 2 стадии по 2 б.	$2 \times 3 = 6 \text{ б.}$
6. Реактивы по 1 б. (если оба на один ион, то всего 1 б.), уравнения реакций по 1 б., признаки по 0,5 б.	$(1+1+0,5) \times 2 = 5 \text{ б.}$
Всего	32 балла

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 им 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. Сверхтяжелый изотоп, о котором идет речь, тритий (Т).

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

Согласно реакции [4] $n(\text{CO}_2) = n(\text{NaHCO}_3) = 0,068$ моль. $m(\text{CO}_2) = 0,068 \times 44 = 3$ г.

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

г) Самый легкий одноатомный газ – это гелий (порядковый номер 2). Он находится в 1 периоде ПС. Представим формулу вещества как Na_xHe_y . Получим уравнение для массовой доли гелия $W_{\text{He}} = 4y/(4y+23x) = 0,08$. Преобразуем: $23x/4y = 11,5$, откуда $x/y = 2$. То есть, формула соединения Na_2He .

д) Поскольку элемент входит в состав буры, а еще и борной кислоты, то это бор (порядковый номер 5). Элемент находится в 3 группе ПС. Так как средняя атомная масса элемента 10,81, а массовые числа изотопов отличаются на 1, то эти массовые числа 10 и 11.

Примем содержание более тяжелого изотопа за x , тогда $10(1-x)+11x = 10,81$, откуда $x = 0,81$ или 81 %.

е) Поскольку продуктами реакции являются только легкий горючий газ (водород) и водный раствор щелочи, это соединение щелочного металла (а в первых двух периодах он только один – литий) и водорода либо кислорода. Соединения щелочного металла с кислородом не будут выделять водород из воды, следовательно, искомым 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 установить элемент. В природе он встречается в основном в минерале флюорите (CaF_2), фторапатите ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$) и криолите (Na_3AlF_6).

2. Уравнения реакций [1-9]: [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

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

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

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

[4] $\text{HA} + \text{NaHCO}_3 = \text{NaA} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$;

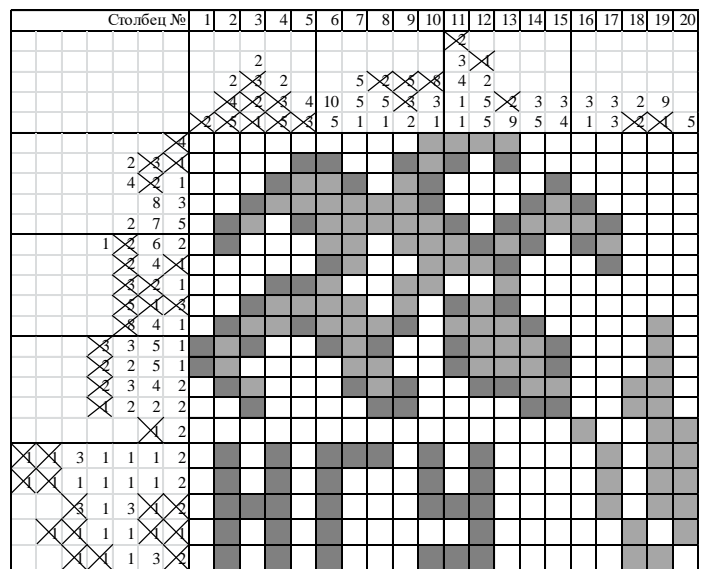
[5] $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$;

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

[7] $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{F}_2 = 4\text{HF} + \text{O}_2$;

[8] $\text{SiO}_2 + 2\text{F}_2 = \text{SiF}_4 + \text{O}_2$;

[9] $\text{Pt} + 3\text{F}_2 = \text{PtF}_6$ (формула продукта считается из массовой доли Pt).



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.	$0,5 \times 8 + 1 \times 2 = 6$ б.
Одно применение неона, символ и название трития, формула и название минерала фтора по 0,5 б.	$0,5 \times 5 = 2,5$ б.
Формулы Na_2He , LiH , PtF_6 по 1 б., мольная доля ^{11}B 2 б.	$1 \times 3 + 2 = 5$ б.
2. Уравнения реакций по 1 б.	$1 \times 9 = 9$ б.
3. Цветок 2 б., НГУ 1 б., расшифровка по 0,5 б. за каждое слово	$2 + 1 + 0,5 \times 3 = 4,5$ б.
Всего	27 баллов

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 А состоит из двух элементов, одним из которых является водород, а еще известно, что вещество А образуется в небольшом количестве во влажной атмосфере при грозовом разряде. Все это позволяет остановить свой выбор на бинарном соединении водорода и кислорода – перекиси (пероксиде) водорода H_2O_2 (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 $0,03 \cdot 15 = 0,45$ г H_2O_2 . Столько же ее в 1,25 г гидроперита, остальные $1,25 - 0,45 = 0,8$ г - мочевины.

Массовая доля H_2O_2 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_2O_2 обеспечиваются выделяющимся в результате ее разложения атомарным кислородом: $H_2O_2 = H_2O + O$, 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 ($O_2 \xrightarrow{\text{разряд}} 2O$), в результате реакции которых с водой ($H_2O + O = H_2O_2$) в атмосфере и образуется небольшое количество перекиси водорода.

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

5. Для вещества Г состава BaX_n получаем, что $137/(137+nM_x) = 0,811$, откуда $nM_x = 32$. По цифрам хорошо подходят сера и BaS , а также кислород и BaO_2 . Поскольку вещество А получается взаимодействием вещества Г с разбавленной серной кислотой, то для первого случая это сероводород, что никак не подходит по условию задачи (образование в атмосфере, обесцвечивание волос и т.д.), а для второго – перекись водорода, что хорошо согласуется с условием.

Уравнение реакции: $BaO_2 + H_2SO_4 = BaSO_4 \downarrow + H_2O_2$.

6. Уравнения реакций [1-8]:

[1] $2Fe(OH)_2 + H_2O_2 = 2Fe(OH)_3$; [2] $Mn(OH)_2 + H_2O_2 = MnO_2 + 2H_2O$;

[3] $2KI + H_2SO_4 + H_2O_2 = I_2 + K_2SO_4 + H_2O$; [4] $2HCl + H_2O_2 = Cl_2 \uparrow + 2H_2O$;

[5] $PbS + 4H_2O_2 = PbSO_4 + 4H_2O$; [6] $Ag_2O + H_2O_2 = 2Ag + H_2O + O_2 \uparrow$;

[7] $2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 5H_2O_2 = 2MnSO_4 + K_2SO_4 + 8H_2O + 5O_2 \uparrow$;

[8] $MnO_2 + H_2SO_4 + H_2O_2 = MnSO_4 + 2H_2O + O_2 \uparrow$.

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+1×2 = 4 б.
2. Пример добавки (можно переходные металлы) 1 б.	1 б.
3. Массовые доли по 2 б., мольное отношение 2 б.	2×2+2 = 6 б.
4. Атомарный кислород 2 б. (просто кислород 1 б.), диссоциация O_2 (образование O_3) 1 б.	2+1 = 3 б.
5. Формула Г 2 б., уравнение реакции 1 б.	2+1 = 3 б.
6. Уравнения реакций по 1 б.	1×8 = 8 б.
Всего	25 баллов

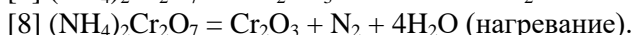
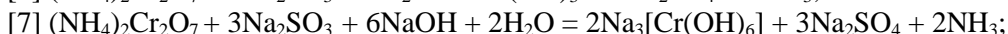
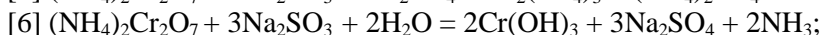
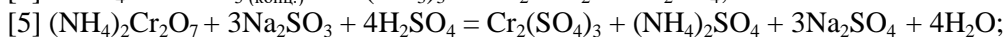
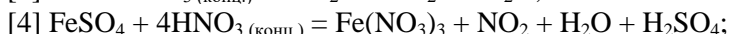
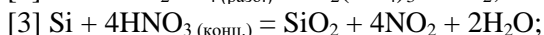
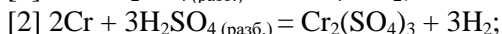
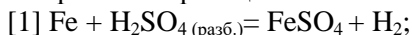
Задание 4. (авторы А.М. Зима, В.А. Емельянов).

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. $M(\text{BO}_2) = (16 \cdot 2 / (1 - 0,467)) = 60$ г/моль. Тогда $M(\text{B}) = 60 - 32 = 28$ г/моль, что соответствует элементу кремнию.

Установим металл **B** по данным о составе аммонийной соли **Г**. Тогда $M(\text{B}) \cdot 2 / (18 \cdot 2 + M(\text{B}) \cdot 2 + 16 \cdot 7) = 0,413$, откуда $M(\text{B}) = 52$ г/моль, что соответствует **B** = **Cr** и **Г** = $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (дихромат аммония).

2. Уравнения реакций:



3. 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 ≈ 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**: $m(\text{B}) = \omega_{\text{B}} \cdot m(\text{BO}_2) = 0,467 \cdot 12,8 = 5,98$ мг ≈ 6 мг).

Масса хрома в стали составит $m(\text{Cr}) = 7,7 \cdot 10^{-2} \cdot 52 \approx 4$ мг, а его массовая доля $\omega(\text{Cr}) = (0,004 / 1) \cdot 100\% = 0,4\%$. Массовая доля железа в стали **M** будет равна $\omega(\text{Fe}) = 100 - 0,6 - 0,4 = 99\%$

4. Установим состав веществ **Д** – **И** с помощью расчетов. Из условия известно, что **Д**, **Е** и **Ж** являются оксидами железа, свинца и хрома и соответственно. Найдем соотношение входящих в них элементов. Для вещества **Д** отношение $\text{Fe} : \text{O} = (100 - 30,1) / 55,8 : 30,1 / 16 = 1,25 : 1,88 = 2 : 3$ и формула соединения **Д** = **Fe₂O₃**. Проведем аналогичные расчеты для оставшихся веществ.

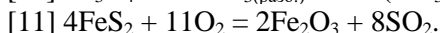
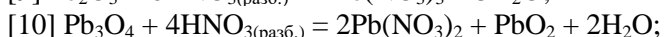
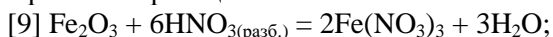
Вещество **Е**: $\text{Pb} : \text{O} = (100 - 9,3) / 207 : 9,3 / 16 = 0,439 : 0,581 = 3 : 4$, **Е** = **Pb₃O₄**.

Вещество **Ж**: $\text{Cr} : \text{O} = (100 - 31,6) / 52 : 31,6 / 16 = 1,315 : 1,975 = 2 : 3$, **Ж** = **Cr₂O₃**.

Поскольку известно, что вещество **И** также является 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** = **SO₂**.

При сгорании вещества **З** на воздухе образовался SO_2 , поэтому **З** содержит в своем составе серу. Тогда отношение $\text{Fe} : \text{S} = 46,5 / 55,8 : 53,5 / 32 = 0,833 : 1,67 = 1 : 2$ и формула соединения **З** = **FeS₂**.

Уравнения реакций:



Система оценивания:

1. Определение элементов A – B по 1 б., формула и название Г по 1 б.	1 × 5 = 5 б.
2. Уравнения реакций по 1 б.	1 × 8 = 8 б.
3. Содержание A-B в стали по 2 б.	2 × 3 = 6 б.
4. Состав веществ Д – И по 2 б, уравнения реакций по 1 б.	2 × 5 + 1 × 3 = 13 б.
Всего	32 балла