

Критерии оценивания заданий для учащихся 11 класса
Представлен один из возможных вариантов решения задач

Задача №11-1

1. Зная массовые доли кислорода в оксидах можно установить элементы **А** и **Б**. Пусть оксид элемента А имеет формулу A_xO_y , тогда массовая доля кислорода в нем выразится формулой:

$$0,6895 = \frac{16,00y}{x \cdot M(A) + 16,00 \cdot y}$$

Решая которое, получим:

$$0,6895 \cdot (x \cdot M(A) + 16,00 \cdot y) = 16,00 \cdot y$$

$$0,6895 \cdot x \cdot M(A) + 11,032 \cdot y = 16,00 \cdot y$$

$$0,6895 \cdot x \cdot M(A) = 4,968 \cdot y$$

$$M(A) = \frac{4,968 \cdot y}{0,6895 \cdot x}$$

$$M(A) = 7,2 \cdot \frac{y}{x}$$

Степень окисления А	Соотношение y/x	М (А)
+1	1/2	3,6
+2	1	7,2
+3	3/2	10,8
+4	2	14,4
+5	5/2	18
+6	3	21,6
+7	7/2	25,2

Как видим, единственным подходящим элементом является бор. Значит элемент **А** – бор, оксид **Г** – B_2O_3 .

Аналогично, пусть оксид элемента **Б** имеет формулу B_xO_y , тогда:

$$0,3635 = \frac{16,00 \cdot y}{x \cdot M(B) + 16,00 \cdot y}$$

$$0,3635 \cdot (x \cdot M(B) + 16,00 \cdot y) = 16,00 \cdot y$$

$$0,3635 \cdot x \cdot M(B) + 5,816 \cdot y = 16,00 \cdot y$$

$$0,3635 \cdot x \cdot M(B) = 10,184 \cdot y$$

$$M(B) = \frac{10,184 \cdot y}{0,3635 \cdot x}$$

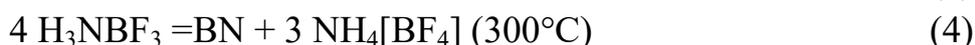
$$M(B) = 28 \cdot \frac{y}{x}$$

Степень окисления Б	Соотношение y/x	М (Б)
+1	1/2	14
+2	1	28
+3	3/2	42
+4	2	56
+5	5/2	70
+6	3	84
+7	7/2	98

Как видим, единственным элементом, подходящим по условию (в одном периоде с элементом А), является азот. Значит элемент Б – азот, оксид Д – N_2O .

2. Между собой элементы А и Б образуют соединение BN – нитрид бора, алмазоподобная модификация которого обладает очень высокой твердостью.

3. Синтезировать нитрид бора можно при высокой температуре либо из элементов, либо из подходящих соединений:

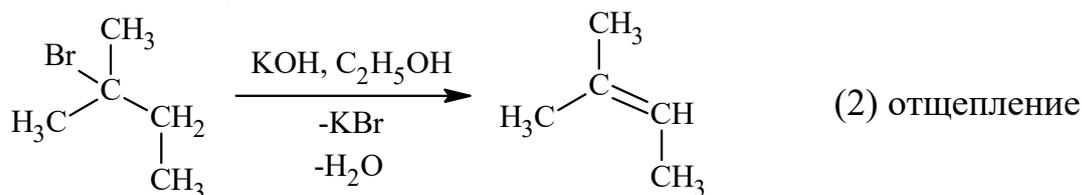
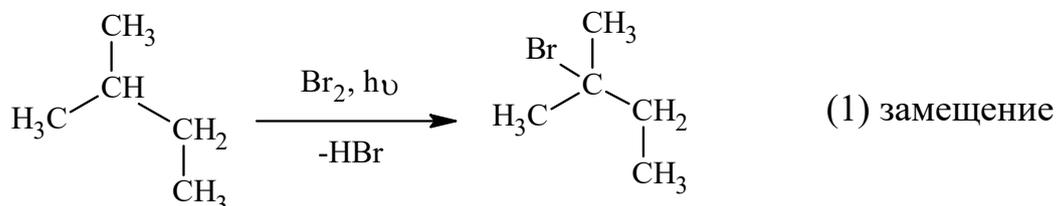


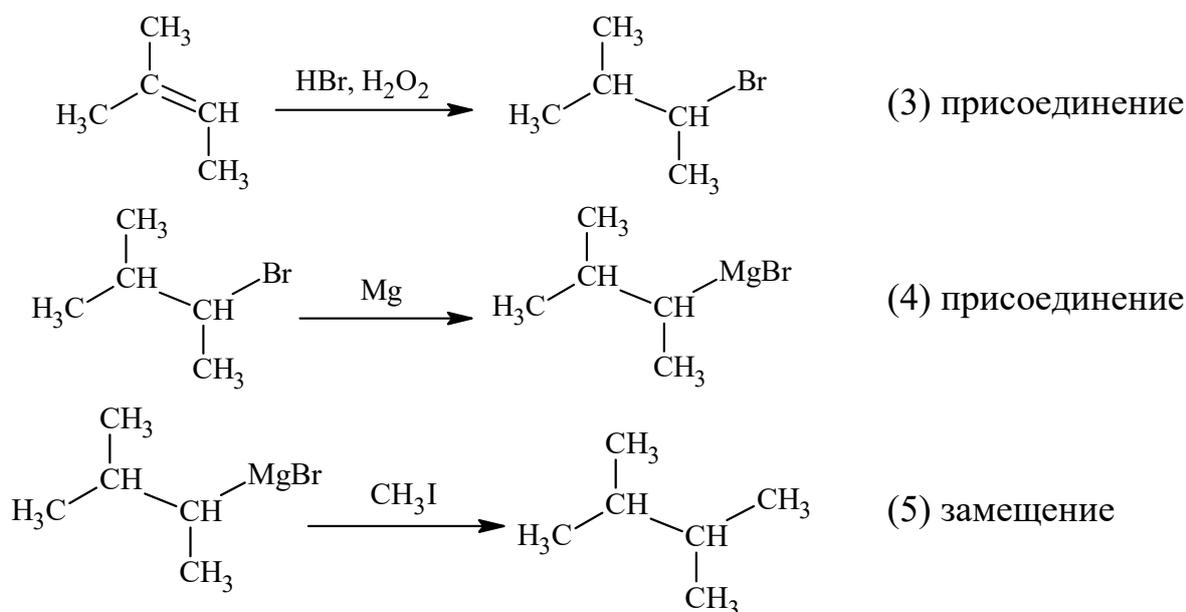
Разбалловка

Установление формул оксидов Г и Д	2x2б. = 4б.
Установление формулы вещества В	1,5б.
Написание трех уравнений реакций получения BN (любых допустимых)	3x1,5б.=4,5 б.
<i>ИТОГО</i>	10б.

Задача № 11-2

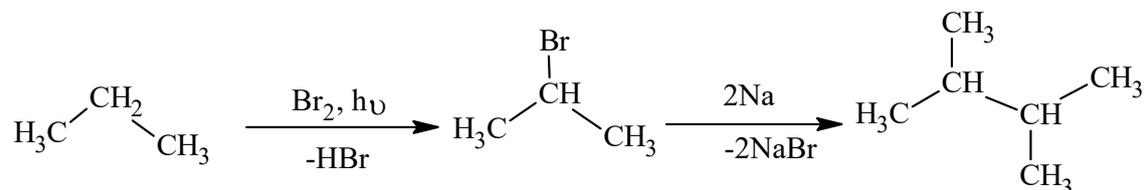
1. Цепочка превращений:





Вещество **Е** – 2,3-диметилбутан.

2. Получение **Е** из пропана.



3. В молекуле **Е** отсутствуют хиральные атомы.

Разбалловка

Написаны уравнения реакций получения соединений А–Е	5 x 0,5 б. = 2,5 б.
Указаны механизмы реакций получения веществ А–Е	5 x 0,5 б. = 2,5 б.
Написано название соединения Е	1 б.
Написано получение соединения Е из пропана	3 б.
Указание числа хиральных атомов в Е	1 б.
Итого:	10 б.

Задача № 11-3

1. Начнем с превращений вещества **В**. Поскольку при добавлении водного раствора оксалата бария образуется белый осадок, устойчивый к действию кислот, то мы можем сделать вывод, что в составе вещества **В** содержится сульфат-ион. Также по массовым долям мы можем выяснить состав соединения **Г**. Поскольку сумма процентов не равна 100, то должен присутствовать ещё какой-то элемент, допустим это калий и формулу **Г** можно представить следующим образом $\text{M}_x\text{C}_y\text{O}_z\text{K}_w$, тогда

$$x : y : z : w = \frac{12,78}{A(M)} : \frac{14,68}{12} : \frac{43,95}{16} : \frac{26,79}{39} = \frac{12,78}{A(M)} : 1,37 : 2,74 : 0,69 = \frac{18,52}{A(M)} : 2 : 4 : 1$$

Перебором определим возможные значения атомной массы металла М:

<i>A (M)</i>	<i>Отношение x : y : z : w</i>	<i>Комментарий</i>
18,52	1 : 2 : 4 : 1	Нет подходящего элемента
37,04	1 : 4 : 8 : 2	
55,56	1 : 6 : 12 : 3	Железо
74,08	1 : 8 : 16 : 4	Мышьяк не является металлом
92,6	1 : 10 : 20 : 5	Ниобий
111,12	1 : 12 : 24 : 6	Нет подходящего элемента
129,64	1 : 14 : 28 : 7	

Допустим, что **M** – это железо, тогда **Г** имеет брутто-формулу $\text{FeC}_6\text{O}_{12}\text{K}_3$. Следует принять во внимание, что фрагмент C_6O_{12} можно представить в виде оксалат-ионов $(\text{C}_2\text{O}_4)_3$, и тогда конечное соединение можно записать как триоксала-тоферрат (III) калия $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]$.

Даже если это не получится, то данных все равно достаточно для того, чтобы понять, что вещество **В** является сульфатом железа (III), поскольку вещество **В** содержит сульфат-ион, а массовая доля металла **M** составляет 27,95% (на сульфат-ионы приходится 72,05% соответственно):

<i>Валентность металла</i>	<i>Количество сульфат-ионов</i>	<i>Масса сульфат-ионов</i>	<i>M(соль)</i>	<i>M(M)</i>
1	1	96	133,2	18,6
2	1	96	133,2	37,2
3	3	288	399,7	55,85
4	2	192	266,4	74,4
5	5	480	666,2	93,1

Ниобий не образует чистого сульфата ниобия (V), а из оставшихся элементов подходящим является лишь железо.

В таком случае:

вещество Д	гидроксид железа (III)	$\text{Fe}(\text{OH})_3$
вещество Е	оксид железа (III)	Fe_2O_3
вещество Ж	феррит натрия	NaFeO_2
металл М	железо	Fe

Установим формулу соединения **Б**:

Посчитаем молярную массу соли **Б**: $M = \frac{M(\text{Fe})}{\omega(\text{Fe})} = \frac{55,85}{0,3308} = 168,83$ или 337,66 в случае присутствия двух атомов железа.

Если атом железа один, то в состав также входит один атом водорода (из данных условия), также в состав входит хотя бы один сульфат-ион, поскольку он устойчив при нагреве до температуры 450°C , сумма молярных масс атома железа, атома водорода и сульфат-иона дает нам 152,85 г/моль, остается ещё 16

г/моль свободной массы. В таком случае это вероятнее всего кислород, который содержится в составе гидроксид-иона.

вещество **Б** – сульфат гидроксожелеза (III) $\text{Fe}(\text{OH})\text{SO}_4$

Поскольку вещество **Б** получается окислением вещества **А'**, то железо в веществе **А'** должно иметь меньшую степень окисления, т.е. +2. Таким образом, вещество **А'** состоит из сульфата железа (II) и водородсодержащего соединения, летучего при 100°C . Этим соединением является вода, а массовая доля водорода позволит установить количество молекул воды в соединении $\text{FeSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$.

X	M (А')	$\omega(\text{H}), \%$
1	169,85	1,18
2	187,85	2,13
3	205,85	2,91

$$x=1,$$

вещество **А'** моногидрат сульфата железа (II) $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$

Установим формулу вещества **А** ($\text{FeSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$):

$$\begin{aligned} 100\% - M(\text{A}) \\ 61,13\% - M(\text{А}'), \end{aligned}$$

$$M(\text{A}) \frac{100\% \cdot M(\text{А}')}{61,13\%} = 1,636 \cdot M(\text{А}') = 1,636 \cdot 169,85 = 277,87 \text{ г/моль}$$

$$x = \frac{M(\text{A}) - M(\text{FeSO}_4)}{M(\text{H}_2\text{O})} = \frac{277,87 - 151,85}{18} = \frac{126,02}{18} = 7$$

вещество **А** гептагидрат сульфата железа (II) $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

2. Вещество **А** из металла **М** можно получить, медленно упаривая раствор сульфата железа (II), полученный взаимодействием чистого железа и разбавленной серной кислоты.

Разбалловка

Установление формул соединений А–Ж .	8 x 1 б. = 8 б.
Установление металла М	1 б.
Предложение способа получения гептагидрата сульфата железа (II), в случае способа получения безводного сульфата железа (II) – 0,5 б.	1 б.
<i>ИТОГО</i>	10 б.

Задача № 11-4

1. Установим структуру соединения **I**:

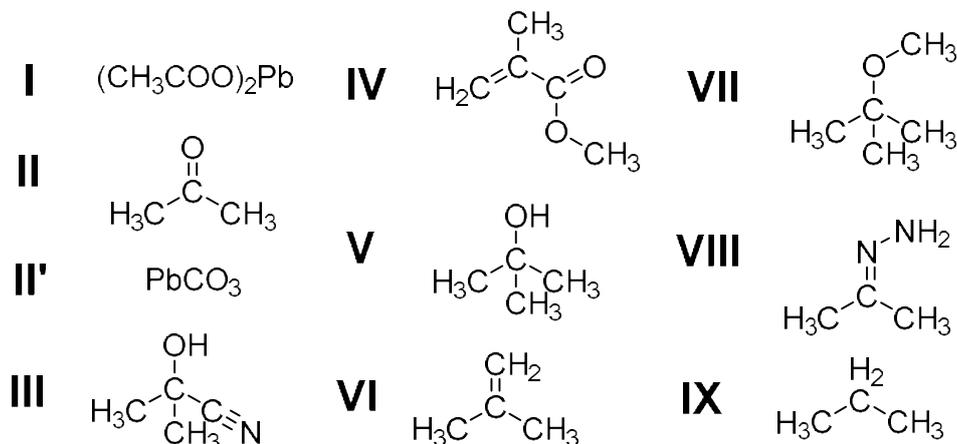
При суммировании массовых долей мы выясним, что 1,85% приходится на какой-то неизвестный элемент. Поскольку процент небольшой, то вероятнее всего это водород. Пусть соединение **I** имеет формулу $\text{M}_x\text{C}_y\text{O}_z\text{H}_w$ (**M** – катион металла), тогда

$$x : y : z : w = \frac{63,71}{A(M)} : \frac{14,76}{12} : \frac{19,68}{16} : \frac{1,85}{1} = \frac{63,71}{A(M)} : 1,23 : 1,23 : 1,85 = \frac{51,80}{A(M)} : 1 : 1 : 1,5 = \frac{207,2}{A(M)} : 4 : 4 : 6.$$

Предположим, что $A(M)$ равно 207,2, то есть M – это свинец, и соединение имеет брутто-формулу $PbC_4O_4H_6$, что соответствует ацетату свинца $(II)Pb(CH_3COO)_2$.

Значит, реакция разложения дает нам в качестве основных продуктов ацетон и карбонат свинца, что подтверждается данными для соединения II' .

Тогда получается следующая расшифровка цепочки превращений:



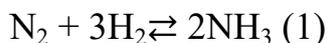
2. Соединение **IX**(пропан) нельзя селективно получить реакцией Вюрца, поскольку он содержит нечетное количество атомов углерода, значит в качестве исходных продуктов придется брать метилбромид и этилбромид, что даст в качестве продуктов смесь из этана, пропана и бутана.

Разбалловка

Написание формул соединений I–X	10x0,86. = 86.
Мотивированный ответ на вопрос про селективное получение пропана реакцией Вюрца, немотивированный ответ – 0,5 б.	26.
<i>ИТОГО</i>	106.

Задача № 11-5

1. По качественному описанию X можно однозначно сделать вывод, что это азот, который образует с водородом аммиак (Y), проявляющий в водных растворах основные свойства:



2. Поскольку реакция происходит с уменьшением объема, то повысить выход можно, увеличивая давление в системе. Так как реакция экзотермическая, то

понижая температуру газовой смеси, можно увеличить выход основного продукта реакции – аммиака.

3. Константа равновесия реакции синтеза аммиака описывается уравнением:

$$K = \frac{p_{NH_3}^2}{p_{N_2} \cdot p_{H_2}^3}$$

Допустим, что в реакцию вступили 1 моль азота и 3 моль водорода (стехиометрические количества). Теоретически мы могли бы получить 2 моль аммиака, но с учетом практического выхода получили $2 \cdot 0,97 = 1,94$ моль.

Тогда прореагировало:

$$n(N_2) = 1 \cdot (1,94 / 2) = 0,97 \text{ моль}; n(H_2) = 3 \cdot (1,94 / 2) = 2,91 \text{ моль}.$$

В момент равновесия в реакционной смеси будет находиться:

$$n(N_2) = 1 - 0,97 = 0,03 \text{ моль}; n(H_2) = 3 - 2,91 = 0,09 \text{ моль} \text{ и } n(NH_3) = 1,94 \text{ моль}.$$

Зная общее давление в системе (3500 атм) вычислим парциальные давления компонентов в равновесной реакционной смеси, как произведение общего давления на мольную долю компонента:

$$p_{N_2} = 3500 \cdot \frac{0,03}{0,03 + 0,09 + 1,94} = 50,97 \text{ атм};$$

$$p_{H_2} = 3500 \cdot \frac{0,09}{0,03 + 0,09 + 1,94} = 152,91 \text{ атм};$$

$$p_{NH_3} = 3500 \cdot \frac{1,94}{0,03 + 0,09 + 1,94} = 3296,12 \text{ атм}.$$

Тогда константа равновесия будет равна:

$$K = \frac{p_{NH_3}^2}{p_{N_2} \cdot p_{H_2}^3} = \frac{(3296,12)^2}{50,97 \cdot (152,91)^3} = 0,06 \text{ атм}^{-2}$$

Разбалловка

Определение веществ X и Y	2 б.
Написание уравнения (1)	1 б.
Обоснование условий максимального выхода аммиака	2 б.
Написание выражения для константы равновесия (1)	1 б.
Расчет состава смеси в условиях равновесия	2 б.
Расчет константы равновесия	2 б.
ИТОГО	10 б.