Критерии оценивания заданий для учащихся 7–8 класса

Представлен один из возможных вариантов решения задач

Задача № 8-1

1. Свинец и его соединения являются ядовитыми, поэтому изготовление посуды и украшений, которые контактируют с человеком, из сплавов, содержащих свинец, не является целесообразным.

2. Рассчитаем массы олова меди и сурьмы в памятной монете массой 25 г:

$$w(Sn) = \frac{m(Sn)}{m(медали)} \Rightarrow m(Sn) = w(Sn) \cdot m(медали) = 0{,}94 \cdot 25 = 23{,}5 \text{ г}$$

$$w(Cu) = \frac{m(Cu)}{m(медали)} \Rightarrow m(Cu) = w(Cu) \cdot m(медали) = 0{,}01 \cdot 25 = 0{,}25 \text{ г}$$

$$w(Sb) = \frac{m(Sb)}{m(медали)} \Rightarrow m(Sb) = w(Sb) \cdot m(медали) = 0{,}05 \cdot 25 = 1{,}25 \text{ г}$$

Зная массу каждого металла в медали вычислим количество атомов:

$$n(Sn) = \frac{m(Sn)}{A_r(Sn)} = \frac{N(Sn)}{N_A} \Rightarrow N(Sn) = \frac{m(Sn) \cdot N_A}{A_r(Sn)} = \frac{23{,}5 \cdot 6{,}02 \cdot 10^{23}}{119} = 1{,}19 \cdot 10^{23} \text{ атомов,}$$

$$N(Cu) = \frac{m(Cu) \cdot N_A}{A_r(Cu)} = \frac{0{,}25 \cdot 6{,}02 \cdot 10^{23}}{64} = 2{,}35 \cdot 10^{21} \text{ атомов,}$$

$$N(Sb) = \frac{m(Sb) \cdot N_A}{A_r(Sb)} = \frac{1{,}25 \cdot 6{,}02 \cdot 10^{23}}{122} = 6{,}17 \cdot 10^{21} \text{ атомов.}$$

Итого памятная модель из пьютера массой 25 г содержит

$$N = 1{,}19 \cdot 10^{23} + 2{,}35 \cdot 10^{21} + 6{,}17 \cdot 10^{21} = 1{,}28 \cdot 10^{23} \text{ атомов}$$

Рассчитаем, какую массу будет иметь медаль, содержащая $1{,}28 \cdot 10^{23}$ атомов железа:

$$n(Fe) = \frac{m(Fe)}{A_r(Fe)} = \frac{N(Fe)}{N_A} \Rightarrow m(Fe) = \frac{N(Fe) \cdot A_r(Fe)}{N_A} = \frac{1{,}28 \cdot 10^{23} \cdot 56}{6{,}02 \cdot 10^{23}} = 11{,}91 \text{ г}$$

Разбалловка

Объяснение, почему не используется свинец	2 б.
Расчет количества атомов олова, меди и сурьмы	3 х 2 б. = 6 б.
Расчет массы медали из железа	2 б.
ИТОГО	10 б.

Задача № 8-2

При взаимодействии серной кислоты с гидроксидом калия протекают две реакции:

$$H_2SO_4 + KOH = KHSO_4 + H_2O \ (1)$$
$$KHSO_4 + KOH = K_2SO_4 + H_2O \ (2)$$

Чтобы определить, какая соль и в каком количестве образовалась, найдем количество серной кислоты и гидроксида калия, вступивших в реакцию:

$$w(H_2SO_4) = \frac{m(H_2SO_4)}{m(p-pa)} \Rightarrow m(H_2SO_4) = w(H_2SO_4) \cdot m(p-pa) = 0{,}04 \cdot 100 = 4{,}0 \text{ г}$$

$$n(H_2SO_4) = \frac{m(H_2SO_4)}{M(H_2SO_4)} = \frac{4{,}0}{98} = 0{,}041 \text{ моль}$$

$$C(KOH) = \frac{n(KOH)}{V(KOH)} \Rightarrow n(KOH) = C(KOH) \cdot V(KOH) = 0{,}5 \cdot 0{,}1 = 0{,}05 \text{ моль}$$

По уравнению (1) 1 моль гидроксида калия при взаимодействии с 1 моль серной кислоты образует 1 моль гидросульфата калия, следовательно, из 0,041 моль гидрокисда калия и 0,041 моль серной кислоты образуется 0,041 моль гидросульфата калия. При этом остается непрореагировавшим 0,05–0,041 = 0,009 моль гидроксида калия, который будет вступать в реакцию (2).

Согласно реакции (2) 1 моль серной кислоты и 1 моль гидросульфата калия образуют 1 моль сульфата калия. В нашем случае 0,009 моль гидроксида калия прореагирует с 0,009 моль гидросульфата калия и образуется 0,009 моль сульфата калия. При это останется непрореагировавшим 0,041–0,009 = 0,032 моль гидросульфата калия.

В итоге, после окончания реакции в растворе будет находиться 0,032 моль гидросульфата калия и 0,009 моль сульфата калия. При выпаривании раствора указанные соли будут составлять сухой остаток. Рассчитаем его массу:

$$m(сух.ост.) = m(KHSO_4) + m(K_2SO_4) = n(KHSO_4) \cdot M(KHSO_4) + n(K_2SO_4) \cdot M(K_2SO_4) =$$
$$= 0{,}032 \cdot 136 + 0{,}009 \cdot 174 = 5{,}92 \text{ г}$$

При прокаливании сухого остатка будет происходит разложение гидросульфата калия с выделением серной кислоты (белый пар, который конденсируется в тяжелую маслянистую жидкость):

$$2KHSO_4 = K_2SO_4 + H_2SO_4 \ (3)$$

Уменьшение массы сухого остатка обусловлено удалением серной кислоты. По уравнению (3) из 2 моль гидросульфата калия образуется 1 моль серной кислоты. В нашем случае из 0,032 моль гидросульфата калия образуется 0,016 моль серной кислоты, что составляет 0,016·98 = 1,57 г. Соответственно, масса сухого остатка при прокаливании уменьшится на 1,57 г. Итого после прокаливания мы получимm(после прокал.) = 5,92–1,57 = 4,35 г.

Разбалловка

Написание уравнений (1)–(3)	3 х 1 б. = 3 б.
Расчет количеств (или масс) гидросульфата и сульфата калия	2 х 2 б. = 4 б.
Расчет массы сухого остатка	1 б.
Расчет массы остатка при прокаливании	2 б.
ИТОГО	10 б.

Задача № 8-3

							$_1$А	^{1}В	О	Г	А	Д	Р	О
								О						
						$_2$И	Н	Д	И	К	А	Т	О	Р
					$_3$Л	О	М	О	Н	О	С	О	В	
								Р						
						^{2}Н		О				^{3}Н		
					$_4$М	Е	Н	Д	Е	Л	Е	Е	В	
	$_5$Р	У	Т	Е	Н	И	Й					Ф		
							Т			$_6$Р	Т	У	Т	Ь
							Р						Ь	
$_7$В	Е	Щ	Е	С	Т	В	О							
							Н							

Разбалловка

За каждый правильный ответ 1 б.	10 х 1 б. = 10 б.
ИТОГО	10 б.

Задача № 8-4

1. Запишем уравнение реакции взаимодействия известняка и азотной кислоты:

$$CaCO_3 + 2HNO_3 = Ca(NO_3)_2 + CO_2 + H_2O \ (1).$$

Вычислим количество вещества карбоната кальция в 1,0 т известняка:

$$m(CaCO3) = m(\text{известняка})\cdot w(CaCO_3) = 1{,}0\cdot 0{,}95 = 0{,}95 \text{ т} = 950 \text{ кг}$$

$$n(CaCO_3) = \frac{m(CaCO_3)}{M(CaCO_3)} = \frac{950000}{100} = 9\,500 \text{ моль}$$

По уравнению реакции (1)

1 моль $CaCO_3$ взаимодействует с 2 моль HNO_3

9 500 моль $CaCO_3$ взаимодействует с X моль HNO_3

$$X = 9500\cdot 2 = 19000 \text{ моль}$$

Вычислим массу раствора азотной кислоты, которая нам потребуется:

$$m(HNO_3) = n(HNO_3)\cdot M(HNO_3) = 19000\cdot 63 = 1\,197\,000 \text{ г} = 1\,197 \text{ кг}$$

$$m(\text{р-ра } HNO_3) = m(HNO_3) / w(HNO_3) = 1\,197 / 0{,}45 = 2\,660 \text{ кг}$$

2. Вычислим массу образующегося нитрата кальция:

из 1 моль $CaCO_3$ образуется 1 моль $Ca(NO_3)_2$

из 9 500 моль $CaCO_3$ образуется Y моль $Ca(NO_3)_2$

$$Y = 9\,500 \text{ моль}$$

$$m(Ca(NO_3)_2) = n(Ca(NO_3)_2)\cdot M(Ca(NO_3)_2) = 9\ 500\cdot 164 = 1\ 558\ 000 \text{ г} = 1\ 558 \text{ кг}$$

Вычислим массу образующегося раствора. Она равна сумме масс карбоната кальция и азотной кислоты за вычетом углекислого газа, который удаляется из сферы реакции.

Вычислим массу образующегося углекислого газа:

из 1 моль $CaCO_3$ образуется 1 моль CO_2

из 9 500 моль $CaCO_3$ образуется Z моль CO_2

Z = 9 500 моль

$$m(CO_2) = n(CO_2)\cdot M(CO_2) = 9\ 500\cdot 44 = 418\ 000 \text{ г} = 418 \text{ кг}$$

Тогда масса раствора нитрата кальция равна

$$m(\text{р-ра}) = 950 + 2660 - 418 = 3\ 192 \text{ кг}.$$

В 1000 кг известняка содержится 50 кг примесей. Наиболее вероятно эти примеси не переходят в раствор, поэтому расчет массы раствора вели только по карбонату кальция.

Тогда массовая доля нитрата кальция в растворе

$$w(Ca(NO_3)_2) = \frac{m(Ca(NO_3)_2)}{m(p-pa)} = \frac{1558}{3192} = 0{,}488 = 48{,}8\ \%.$$

3. Рассчитаем массу образующегося кристаллогидрата нитрата кальция при выпаривании раствора:

из 1 моль = 164 г $Ca(NO_3)_2$ образуется 1 моль = 236 г $Ca(NO_3)_2\cdot 4H_2O$

из 1 558 кг $Ca(NO_3)_2$ образуется W кг $Ca(NO_3)_2\cdot 4H_2O$

W = 2 242 кг

Таким образом, мы получим 2 242 кг тетрагидрата нитрата кальция.

Разбалловка

Написание уравнения реакции (1)	1 б.
Расчет массы раствора азотной кислоты	3 б.
Расчет массовой доли нитрата кальция в растворе*	4 б.
Расчет массы тетрагидрата нитрата кальция	2 б.
ИТОГО	10 б.

**если участник считал массу раствора с массой известняка, то баллы не снижаются*

Задача № 8-5

1. Так как в перечне только средние соли, то между ними возможна реакция обмена только в том случае, если образуется малорастворимое вещество. В нашем случае это сульфат бария:

$$BaCl_2 + Na_2SO_4 = BaSO_4\downarrow + 2NaCl.$$

2. Хлороводородная кислота сильная, поэтому вытеснить ее из хлорида калия может только другая сильная кислота – серная. Важно помнить, что эта реакция протекает только с концентрированной серной кислотой и только при нагрева-

нии. А протекание ее возможно только вследствие высокой летучести хлороводорода:

$$2KCl + H_2SO_4 = K_2SO_4 + 2HCl\uparrow \text{ или } KCl + H_2SO_4 = KHSO_4 + HCl\uparrow.$$

3. Чтобы понять, какая из солей будет реагировать с хлороводородной кислотой, нужно сравнить силу серной и сероводородной кислот. Так как сероводородная кислота слабая, то хлороводородная кислота будет реагировать с сульфидом натрия:

$$Na_2S + 2HCl = 2NaCl + H_2S\uparrow.$$

4. Гидроксид калия – типичное основание, поэтому он будет реагировать только с кислотными или амфотерными оксидами. Оксид кальция – основный, оксид цинка – амфотерный:

$$2KOH + ZnO = K_2ZnO_2 + H_2O.$$

5. Разбавленная серная кислота реагирует с металлами стоящими в ряду напряжения до водорода, в нашем случае с алюминием:

$$Al + H_2SO_4 = Al_2(SO_4)_3 + H_2\uparrow.$$

Разбалловка

Написание уравнений (1)–(5)	5 х 1 б. = 5 б.
Обоснование выбора веществ	5 х 1 б. = 5 б.
ИТОГО	10 б.

Критерии оценивания заданий для учащихся 9 класса

Представлен один из возможных вариантов решения задач

Задача № 9-1

1. Зная массовую долю кислорода в оксиде **М** можно установить формулу пиролюзита. Допустим, что пиролюзит имеет формулу M_xO_y,тогда массовую долю кислорода в нем можно выразить уравнением:

$$0{,}3681 = \frac{16{,}00 \cdot y}{x \cdot M(M) + 16{,}00 \cdot y}$$

Решив которое, мы получим выражение для молярной массы металла **М**:

$$0{,}3681 \cdot (x \cdot M(M) + 16{,}00 \cdot y) = 16{,}00 \cdot y$$

$$0{,}3681 \cdot x \cdot M(M) + 5{,}89 \cdot y = 16{,}00 \cdot y$$

$$0{,}3681 \cdot x \cdot M(M) = 10{,}11 \cdot y$$

$$M(M) = \frac{10{,}11 \cdot y}{0{,}3681 \cdot x}$$

$$M(M) = 27{,}47 \cdot \frac{y}{x}$$

Степень окисления М	Соотношение y/x	М (М)
+1	$1/2$	13,735
+2	1	27,47
+3	$3/2$	41,205
+4	2	54,94
+5	$5/2$	68,675
+6	3	82,41
+7	$7/2$	96,145

Как мы видим из условия подходящим элементом является марганец. Значит металл **М** – марганец, пиролюзит –MnO_2 или диоксид марганца.

2. Зная массовую долю элемента Х в веществе**А** можем установить формулу вещества **Б**. Поскольку массовая доля элемента **Х** велика, можем предположить, что оставшаяся масса приходится на какой-то легкий элемент, например водород. Тогда формулу Б можно записать как H_yA_x, а массовая доля Х в нем выразится уравнением:

$$0{,}9726 = \frac{x \cdot M(A)}{x \cdot M(A) + y}$$

Решив которое, мы получим выражение для молярной массы**А**:

$$0{,}9726 \cdot x \cdot M(A) + 0{,}9726 \cdot y = x \cdot M(A)$$

$$0{,}9726 \cdot y = 0{,}0274 \cdot x \cdot M(A)$$

$$M(A) = \frac{0{,}9726 \cdot y}{0{,}0274 \cdot x}$$

$$M(A) = 35{,}5 \cdot \frac{y}{x}$$

Степень окисления А	Соотношение y/x	M (X)
-1	1	35,5
-2	2	71
-3	3	105,5
-4	4	142
-5	5	177,5
-6	6	210
-7	7	245,5

Как мы видим, подходящим элементом является хлор. Значит вещество **Б** –HCl, хлороводород.

Элемент **X** – хлор, простое вещество**А** – Cl_2, газообразный хлор.

Тогда вещество **В** – KClO, гипохлорит калия, вещество **Г** – $KClO_3$, хлорат калия, вещество **Д** – O_2, кислород, вещество **Е** – KCl, хлорид калия.

3. Уравнения реакций:

$$MnO_2 + 4\ HCl = MnCl_2 + Cl_2 + 2\ H_2O \quad (1)$$

$$Cl_2 + 2\ KOH =_{(холод)} KCl + KClO + H_2O \quad (2)$$

$$Cl_2 + 6\ KOH =_{(горячий\ раствор)} 5\ KCl + KClO_3 + 3\ H_2O \quad (3)$$

$$KClO + 2\ HCl = KCl + Cl_2 + H_2O \quad (4)$$

$$KClO_3 = KCl + 3\ O_2 \quad (5)$$

4. Хлорат калия используется в качестве компонента смеси во взрывчатых веществах, хлорид калия используется в качестве удобрения.

Разбалловка

Написание химических формул соединений **А**–**Е**, пиролюзита	7 х 0,25 б. = 1,75 б.
Написание названий соединений **А**–**Е**, пиролюзита	7 х 0,25 б. = 1,75 б.
Написание уравнений реакций (1)–(5).	5 х 1б. = 5 б.
Применение веществ **Г**, **Е**	2 х 0,75 б. = 1,5 б.
ИТОГО	10 б.

Задача № 9-2

При взаимодействии серной кислоты с гидроксидом калия протекают две реакции:

$$H_2SO_4 + KOH = KHSO_4 + H_2O \ (1)$$

$$KHSO_4 + KOH = K_2SO_4 + H_2O \ (2)$$

Чтобы определить, какая соль и в каком количестве образовалась, найдем количество серной кислоты и гидроксида калия, вступивших в реакцию:

$$w(H_2SO_4) = \frac{m(H_2SO_4)}{m(p-pa)} \Rightarrow m(H_2SO_4) = w(H_2SO_4) \cdot m(p-pa) = 0{,}04 \cdot 100 = 4{,}0 \text{ г}$$

$$n(H_2SO_4) = \frac{m(H_2SO_4)}{M(H_2SO_4)} = \frac{4{,}0}{98} = 0{,}041 \text{ моль}$$

$$C(KOH) = \frac{n(KOH)}{V(KOH)} \Rightarrow n(KOH) = C(KOH) \cdot V(KOH) = 0{,}5 \cdot 0{,}1 = 0{,}05 \text{ моль}$$

По уравнению (1) 1 моль гидроксида калия при взаимодействии с 1 моль серной кислоты образует 1 моль гидросульфата калия, следовательно, из 0,041 моль гидрокисда калия и 0,041 моль серной кислоты образуется 0,041 моль гидросульфата калия. При этом остается непрореагировавшим 0,05–0,041 = 0,009 моль гидроксида калия, который будет вступать в реакцию (2).

Согласно реакции (2) 1 моль серной кислоты и 1 моль гидросульфата калия образуют 1 моль сульфата калия. В нашем случае 0,009 моль гидроксида калия прореагирует с 0,009 моль гидросульфата калия и образуется 0,009 моль сульфата калия. При это останется непрореагировавшим 0,041–0,009 = 0,032 моль гидросульфата калия.

В итоге, после окончания реакции в растворе будет находиться 0,032 моль гидросульфата калия и 0,009 моль сульфата калия. При выпаривании раствора указанные соли будут составлять сухой остаток. Рассчитаем его массу:

$$m(сух.ост.) = m(KHSO_4) + m(K_2SO_4) = n(KHSO_4) \cdot M(KHSO_4) + n(K_2SO_4) \cdot M(K_2SO_4) =$$
$$= 0{,}032 \cdot 136 + 0{,}009 \cdot 174 = 5{,}92 \text{ г}$$

При прокаливании сухого остатка будет происходит разложение гидросульфата калия с выделением серной кислоты (белый пар, который конденсируется в тяжелую маслянистую жидкость):

$$2KHSO_4 = K_2SO_4 + H_2SO_4 \ (3)$$

Уменьшение массы сухого остатка обусловлено удалением серной кислоты. По уравнению (3) из 2 моль гидросульфата калия образуется 1 моль серной кислоты. В нашем случае из 0,032 моль гидросульфата калия образуется 0,016 моль серной кислоты, что составляет 0,016·98 = 1,57 г. Соответственно, масса сухого остатка при прокаливании уменьшится на 1,57 г. Итого после прокаливания мы получимm(после прокал.) = 5,92–1,57 = 4,35 г.

Разбалловка

Написание уравнений (1)–(3)	3 х 1 б. = 3 б.
Расчет количеств (или масс) гидросульфата и сульфата калия	2 х 2 б. = 4 б.
Расчет массы сухого остатка	1 б.
Расчет массы остатка при прокаливании	2 б.
ИТОГО	10 б.

Задача № 9-3

1. При высушивании смеси происходит разложение кристаллогидрата, поэтому убыль массы равна массе воды в кристаллогидрате:

$$BaCl_2 \cdot nH_2O \rightarrow BaCl_2 + nH_2O\uparrow \ (1)$$

Найдем количество вещества воды в навеске:

$$n(H_2O) = 0{,}072 / 18 = 0{,}004 \text{ моль.}$$

2. Напишем уравнение реакции:

$$BaCl_2 + H_2SO_4 \rightarrow BaSO_4 + 2\ HCl \ (2)$$

В осадок выпадает сульфат бария. Согласно уравнению реакции, его количество равно количеству хлорида бария:

$$n(BaCl_2) = n(BaSO_4) = 0{,}4660 / 233 = 0{,}002 \text{ моль}$$

Общая формула кристаллогидрата $BaCl_2 \cdot nH_2O$, значит:

$$n(BaCl_2) : n(H_2O) = 0{,}002 : 0{,}004 = 1 : 2$$

Следовательно, формула кристаллогидрата $BaCl_2 \cdot 2H_2O$

Найдем массовую долю дигидрата хлорида бария в смеси с хлоридом натрия:

$$m(BaCl_2 \cdot 2H_2O) = 0{,}002 \cdot 244 = 0{,}488 \text{ г}$$

$$w(BaCl_2 \cdot 2H_2O) = 0{,}488 / 0{,}5173 = 0{,}9434 \ (94{,}34\ \%)$$

Тогда массовая доля хлорида натрия равна:

$$w(NaCl) = 100–94{,}34 = 5{,}66\ \%$$

Разбалловка

Написание уравнений реакций (1) и (2)	2 х 1 б. = 2 б.
Найдены количества веществ воды и хлорида бария	2 х 2 б. = 4 б.
Определен состав кристаллогидрата	2 б.
Найдена массовая доля компонентов смеси	2 б.
ИТОГО	10 б.

Задача № 9-4

1. Запишем уравнение реакции взаимодействия известняка и азотной кислоты:

$$CaCO_3 + 2HNO_3 = Ca(NO_3)_2 + CO_2 + H_2O \ (1).$$

Вычислим количество вещества карбоната кальция в 1,0 т известняка:

$$m(CaCO3) = m(\text{известняка}) \cdot w(CaCO_3) = 1{,}0 \cdot 0{,}95 = 0{,}95 \text{ т} = 950 \text{ кг}$$

$$n(CaCO_3) = \frac{m(CaCO_3)}{M(CaCO_3)} = \frac{950000}{100} = 9\,500 \text{ моль}$$

По уравнению реакции (1)

1 моль $CaCO_3$ взаимодействует с 2 моль HNO_3

9 500 моль $CaCO_3$ взаимодействует с X моль HNO_3

$$X = 9500 \cdot 2 = 19000 \text{ моль}$$

Вычислим массу раствора азотной кислоты, которая нам потребуется:

$$m(HNO_3) = n(HNO_3) \cdot M(HNO_3) = 19000 \cdot 63 = 1\ 197\ 000 \text{ г} = 1\ 197 \text{ кг}$$

$$m(р\text{-}ра\ HNO_3) = m(HNO_3) / w(HNO_3) = 1\ 197 / 0{,}45 = 2\ 660\ кг$$

2. Вычислим массу образующегося нитрата кальция:

из 1 моль $CaCO_3$ образуется 1 моль $Ca(NO_3)_2$

из 9 500 моль $CaCO_3$ образуется Y моль $Ca(NO_3)_2$

Y = 9 500 моль

$$m(Ca(NO_3)_2) = n(Ca(NO_3)_2)\cdot M(Ca(NO_3)_2) = 9\ 500\cdot 164 = 1\ 558\ 000\ г = 1\ 558\ кг$$

Вычислим массу образующегося раствора. Она равна сумме масс карбоната кальция и азотной кислоты за вычетом углекислого газа, который удаляется из сферы реакции.

Вычислим массу образующегося углекислого газа:

из 1 моль $CaCO_3$ образуется 1 моль CO_2

из 9 500 моль $CaCO_3$ образуется Z моль CO_2

Z = 9 500 моль

$$m(CO_2) = n(CO_2)\cdot M(CO_2) = 9\ 500\cdot 44 = 418\ 000\ г = 418\ кг$$

Тогда масса раствора нитрата кальция равна

$$m(р\text{-}ра) = 950 + 2660 – 418 = 3\ 192\ кг.$$

В 1000 кг известняка содержится 50 кг примесей. Наиболее вероятно эти примеси не переходят в раствор, поэтому расчет массы раствора вели только по карбонату кальция.

Тогда массовая доля нитрата кальция в растворе

$$w(Ca(NO_3)_2) = \frac{m(Ca(NO_3)_2)}{m(p-pa)} = \frac{1558}{3192} = 0{,}488 = 48{,}8\ \%.$$

3. Рассчитаем массу образующегося кристаллогидрата нитрата кальция при выпаривании раствора:

из 1 моль = 164 г $Ca(NO_3)_2$ образуется 1 моль = 236 г $Ca(NO_3)_2\cdot 4H_2O$

из 1 558 кг $Ca(NO_3)_2$ образуется W кг $Ca(NO_3)_2\cdot 4H_2O$

W = 2 242 кг

Таким образом, мы получим 2 242 кг тетрагидрата нитрата кальция.

Разбалловка

Написание уравнения реакции (1)	1 б.
Расчет массы раствора азотной кислоты	3 б.
Расчет массовой доли нитрата кальция в растворе*	4 б.
Расчет массы тетрагидрата нитрата кальция	2 б.
ИТОГО	10 б.

**если участник считал массу раствора с массой известняка, то баллы не снижаются*

Задача № 9-5

1. Запишем реакцию горения CO:

$$2CO_{(г)} + O_{2(г)} = 2\ CO_{2(г)}\ (1)$$

Рассчитаем количество вступающего в реакцию CO:

$$n(CO) = 5{,}6/28 = 0{,}2 \text{ моль}$$

Составим пропорцию:

при сгорании 0,2 моль CO выделяется 56,58 кДж теплоты

при сгорании 2 моль CO выделяется X кДж теплоты

$$X = 2\cdot(56{,}58/0{,}2) = 565{,}8 \text{ кДж}$$

В итоге можем записать термохимическое уравнение окисления угарного газа:

$$2CO_{(г)} + O_{2(г)} = 2\ CO_{2(г)} + 565{,}8 \text{ кДж/моль.}$$

Аналогично составим термохимическое уравнение восстановления оксида железа (II):

$$FeO_{(т)} + CO_{(г)} = Fe_{(т)} + CO_{2(г)}\ (2)$$

$$n(FeO) = 10{,}8/72 = 0{,}15 \text{ моль}$$

при восстановлении 0,15 моль FeO выделяется 2,13 кДж теплоты

при восстановлении 1,0 моль FeO выделяется Y кДж теплоты

$$Y = 2{,}13/0{,}15 = 14{,}2 \text{ кДж теплоты}$$

$$FeO_{(т)} + CO_{(г)} = Fe_{(т)} + CO_{2(г)} + 14{,}2 \text{ кДж/моль}$$

2. Теплота образования FeO представляет собой тепловой эффект химической реакции

$$Fe + 0{,}5O_2 = FeO,$$

который можно определить скомбинируя два полученных ранее уравнения:

$$2CO + O_2 = 2\ CO_2\ (1)$$

$$FeO + CO = Fe + CO_2\ (2)$$

Уравнение (1) умножим на 0,5 и вычтем уравнение (2):

$$CO + 0{,}5\ O_2 – FeO – CO = CO_2 – Fe – CO_2$$

$$Fe + 0{,}5\ O_2 = FeO\ (3)$$

Аналогично можно поступить с тепловыми эффектами:

$$0{,}5 \cdot 565{,}8 + (-1) \cdot 14{,}2 = 268{,}7 \text{ кДж/моль – теплота образования FeO.}$$

Разбалловка

Написание уравнений реакций (1) и (2) без тепловых эффектов	2 х 1 б. = 2 б.
Рассчитаны теплоты реакций (1) и (2)	2 х 1 б. = 2 б.
Составлены термохимические уравнения для реакций (1) и (2)	2 х 1 б. = 2 б.
Найдена теплота образования FeO	4 б.
ИТОГО	10 б.

Критерии оценивания заданий для учащихся 10 класса

Представлен один из возможных вариантов решения задач

Задача № 10-1

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	M (A)
+1	$1/2$	3,6
+2	1	7,2
+3	$\mathbf{3/2}$	**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 $Б_xO_y$, тогда:

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

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

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

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

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

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

Степень окисления Б	Соотношение y/x	M (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:

$$2\ B + N_2 = 2\ BN \quad (1)$$

$$B_2O_3 + 2\ NH_3 = 2\ BN + 3\ H_2O \quad (2)$$

$$BCl_3 + NH_3 = 2\ BN + 3\ HCl \quad (3)$$

$$4\ H_3NBF_3 = BN + 3\ NH_4[BF_4]\ (300°C) \quad (4)$$

$$BP + NH_3 = BN + PH_3 \quad (5)$$

Разбалловка

Установление формул оксидов **Г** и **Д**	2х2б. = 4б.
Установление формулы вещества **В**	1,5б.
Написание трех уравнений реакций получения BN (любых допустимых)	3х1,5б.=4,5 б.
ИТОГО	10б.

Задача № 10-2

1. Для начала из известных данных установим формулу соединения **I**.
По условию задачи известно, что соединения **I**, **VII**, **XII** являются предельными углеводородами, значит их состав можно описать следующими формулами: C_aH_{2a+2}для соединения **VII**, C_bH_{2b+2} для **XII**, C_cH_{2c+2} для **I**. Теперь мы можем составить систему из двух уравнений:

$$\frac{12a+2a+2}{12b+2b+2} = \frac{14a+2}{14b+2} = 1{,}933 \Rightarrow a = 1{,}933b + 0{,}133$$

$$\frac{(12a+2a+2)+(12b+2b+2)}{2} = 12c + 2c + 2 \Rightarrow a + b = 2c$$

В итоге имеем:

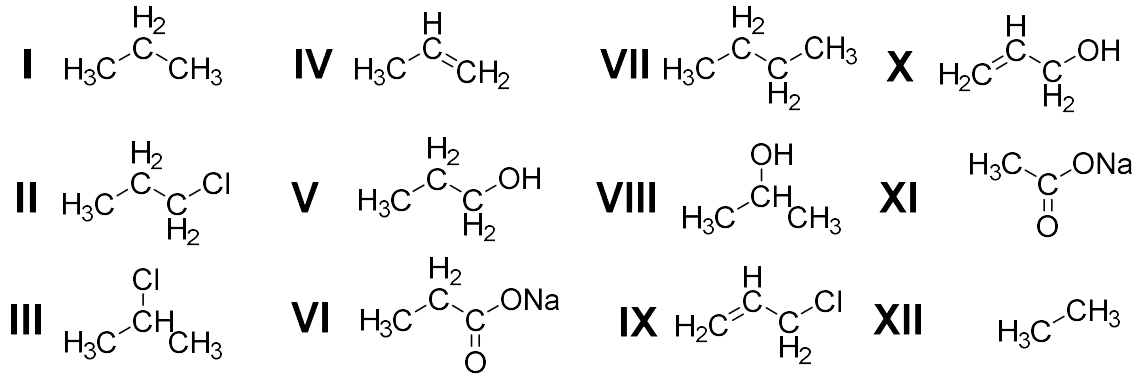
$$\begin{cases} a = 1{,}933b + 0{,}133 \\ \end{cases}$$

$$a + b = 2c$$

Теперь пойдем перебором, отталкиваясь от числа *b*:

b	*a*	*c*	Комментарий
1	2,066	1,5	Не подходит, т.к. количество атомов углерода в молекуле не может быть дробным.
2	4	3	Подходит, дальнейшую подстановку можно не проводить, т.к. для *b*=3 число *c*снова будет дробным, а для *b*=4 будет слишком большое количество доступных изомеров, что даст значительно большее направление реакций хлорирования, чем два.

Таким образом, соединение **I** – пропан, все остальные соединения представлены на картинке ниже:



2. Соединение **VIII**используется в качестве заменителя этанола в парфюмерии, бытовой химии, дезинфицирующих средствах, в промышленности используется для получения ацетона перекиси водорода.

Соединение**X** используется для синтеза глицерина, акролеина, глицидола и простых и полимеризуемых сложных аллиловых эфиров, в частности, диаллилфталата.

Разбалловка

Написание формул соединений **I–XII**	12 х 0,75 б. = 9 б.
Приведены минимум по одному применению соединений **VIII** и **X**	2 х 0,5 б. = 1 б.
ИТОГО	10б.

Задача № 10-3

1. Определим неизвестный элемент X, зная убыль масс восстановления его оксида серой:

$$4XO_3 + 3S = 2X_2O_3 + 3SO_2\uparrow$$

$$\frac{2M(X_2O_3)}{4M(XO_3)+3M(S)} = 0{,}6129$$

$$\frac{4Ar(X)+6Ar(O)}{4Ar(X)+12Ar(O)+3Ar(S)}=0,6129$$

$$\frac{4Ar(X)+96}{4Ar(X)+192+96}=0,6129$$

$$2,45Ar(X) + 176,52 = 4Ar(X) + 96$$

Ar(X) = 52, что однозначно соответствует хрому

2. Напишем уравнения реакций:

$$Cr_2O_3 + 6HCl = 2CrCl_3 + 3H_2O \ (1)$$

$$2CrCl_3 + 6KOH = 2Cr(OH)_3 + 6KCl \ (2)$$

$$Cr(OH)_3 + 3KOH = K_3[Cr(OH)_6] \ (3)$$

$$2CrCl_3 + 3Br_2 + 16KOH = 2K_2CrO_4 + 6KBr + 6KCl + 8H_2O \ (4)$$

$$K_2CrO_4 + H_2SO_4 = CrO_3 + K_2SO_4 + H_2O \ (5)$$

$$2\ CrO_3 + 3C_2H_5OH + 3H_2SO_4 = Cr_2(SO_4)_3 + 3CH_3CHO + 6H_2O \ (6)$$

Разбалловка

Написано уравнение восстановления XO_3 (в общем виде)	1 б.
Определен элемент **X** (без расчета – 1 б.)	3 б.
Написание уравнений (1)–(6)	6 х 1 б.=6 б.
ИТОГО	10 б.

Задача № 10-4

1. Определим неизвестный элемент **X**, зная содержание кислорода в его соединении, образующемся при сгорании в кислороде. Допустим, оно имеет формулу X_aO_b, где a и b – индексы, являющиеся целыми числами, тогда:

$$\omega(O)=\frac{A_r(O)\cdot b}{A_r(X)\cdot a+A_r(O)\cdot b}$$

$$0,53=\frac{16\cdot b}{A_r(X)\cdot a+16\cdot b}$$

Выразим из этого уравнения Ar(X), получим:

$$A_r(X)=\frac{7,47\cdot b}{0,53\cdot a}$$

Допустим, что b = 1, тогда

a = 1, тогда $A_r(X) = 14$, X = N и оксид NO

a = 2, тогда $A_r(X) = 7$, X = Li и оксид Li_2O

a = 3, тогда $A_r(X) = 3,5$ – не подходит

Пусть b = 2:

a = 1, тогда $A_r(X) = 28$, X = Si и оксид SiO_2

a = 2, тогда $A_r(X) = 4$, X = N и оксид N_2O_2

Известно, что оксид при растворении в воде образует вещество, проявляющее основные свойства, значит вещество A – это оксид лития Li_2O.

2. Зная массовые доли некоторых веществ, напишем уравнения реакций, описанных в тексте:

$$2\ Li + O_2 = 2\ Li_2O\ (1),\ A – оксид\ лития$$

$$Li_2O + H_2O = 2\ LiOH\ (2),\ B – гидроксид\ лития$$

$$2LiOH + H_2O_2 = Li_2O_2 \cdot H_2O_2\ или\ 2LiOOH + H_2O\ (3),\ C – гидропероксид\ лития$$

$$2LiOOH = Li_2O_2 + H_2O_2\ (4),\ D – пероксид\ лития$$

$$2\ Li_2O_2 = 2\ Li_2O + O_2\ (5)$$

3. Литий обладает диагональным сходством с магнием.

4. Литий реагирует с азотом при н.у.:

$$6\ Li + N_2 = 2\ Li_3N$$

Разбалловка

Определено простое вещество **X**, ответ мотивирован расчетами.	3 б.
Написаны уравнения реакций (1)–(5)	5 х 1 б.=5 б.
Сделан вывод о диагональном сходстве простых веществ.	1 б.
Написана реакция с азотом, указано, что она проходит (при н.у.)	1 б.
ИТОГО	*10 б.*

Задача № 10-5

1. Запишем реакцию горения CO:

$$2CO_{(г)} + O_{2(г)} = 2\ CO_{2(г)}\ (1)$$

Рассчитаем количество вступающего в реакцию CO:

$$n(CO) = 5{,}6/28 = 0{,}2\ моль$$

Составим пропорцию:

при сгорании 0,2 моль CO выделяется 56,58 кДж теплоты

при сгорании 2 моль CO выделяется X кДж теплоты

$$X = 2 \cdot (56{,}58/0{,}2) = 565{,}8\ кДж$$

В итоге можем записать термохимическое уравнение окисления угарного газа:

$$2CO_{(г)} + O_{2(г)} = 2\ CO_{2(г)} + 565{,}8\ кДж/моль.$$

Аналогично составим термохимическое уравнение восстановления оксида железа (II):

$$FeO_{(т)} + CO_{(г)} = Fe_{(т)} + CO_{2(г)}\ (2)$$

$$n(FeO) = 10{,}8/72 = 0{,}15\ моль$$

при восстановлении 0,15 моль FeO выделяется 2,13 кДж теплоты

при восстановлении 1,0 моль FeO выделяется Y кДж теплоты

$$Y = 2{,}13/0{,}15 = 14{,}2\ кДж\ теплоты$$

$$FeO_{(т)} + CO_{(г)} = Fe_{(т)} + CO_{2(г)} + 14{,}2\ кДж/моль$$

2. Теплота образования FeO представляет собой тепловой эффект химической реакции

$$Fe + 0{,}5O_2 = FeO,$$

который можно определить скомбинируя два полученных ранее уравнения:

$$2CO + O_2 = 2\ CO_2\ (1)$$

$$FeO + CO = Fe + CO_2\ (2)$$

Уравнение (1) умножим на 0,5 и вычтем уравнение (2):

$$CO + 0{,}5\ O_2 – FeO – CO = CO_2 – Fe – CO_2$$

$$Fe + 0{,}5\ O_2 = FeO\ (3)$$

Аналогично можно поступить с тепловыми эффектами:

$0{,}5 \cdot 565{,}8 + (-1) \cdot 14{,}2 = 268{,}7$ кДж/моль – теплота образования FeO.

Разбалловка

Написание уравнений реакций (1) и (2) без тепловых эффектов	2 х 1 б. = 2 б.
Рассчитаны теплоты реакций (1) и (2)	2 х 1 б. = 2 б.
Составлены термохимические уравнения для реакций (1) и (2)	2 х 1 б. = 2 б.
Найдена теплота образования FeO	4 б.
ИТОГО	10 б.

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	M (A)
+1	$1/2$	3,6
+2	1	7,2
+3	$\mathbf{3/2}$	**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 $Б_xO_y$, тогда:

$$0{,}3635 = \frac{16{,}00 \cdot y}{x \cdot M(Б) + 16{,}00 \cdot y}$$
$$0{,}3635 \cdot (x \cdot M(Б) + 16{,}00 \cdot y) = 16{,}00 \cdot y$$
$$0{,}3635 \cdot x \cdot M(Б) + 5{,}816 \cdot y = 16{,}00 \cdot y$$
$$0{,}3635 \cdot x \cdot M(\text{Б}) = 10{,}184 \cdot y$$
$$M(\text{Б}) = \frac{10{,}184 \cdot y}{0{,}3635 \cdot x}$$
$$M(\text{Б}) = 28 \cdot \frac{y}{x}$$

Степень окисления Б	Соотношение y/x	M (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:

$$2\ B + N_2 = 2\ BN \quad (1)$$

$$B_2O_3 + 2\ NH_3 = 2\ BN + 3\ H_2O \quad (2)$$

$$BCl_3 + NH_3 = 2\ BN + 3\ HCl \quad (3)$$

$$4\ H_3NBF_3 = BN + 3\ NH_4[BF_4]\ (300°C) \quad (4)$$

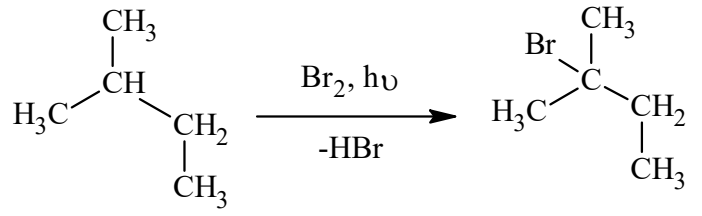
$$BP + NH_3 = BN + PH_3 \quad (5)$$

Разбалловка

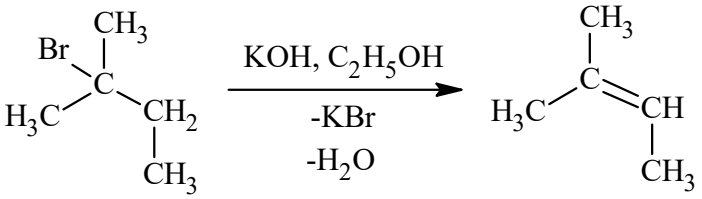
Установление формул оксидов **Г** и **Д**	2х2б. = 4б.
Установление формулы вещества **В**	1,5б.
Написание трех уравнений реакций получения BN (любых допустимых)	3х1,5б.=4,5 б.
ИТОГО	10б.

Задача № 11-2

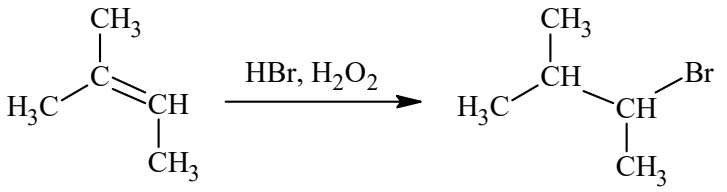
1. Цепочка превращений:



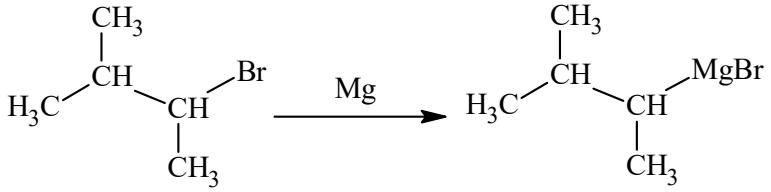
(1) замещение



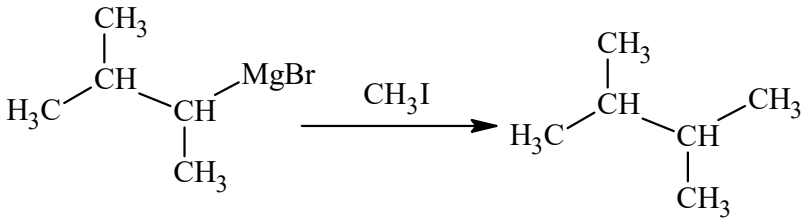
(2) отщепление



(3) присоединение



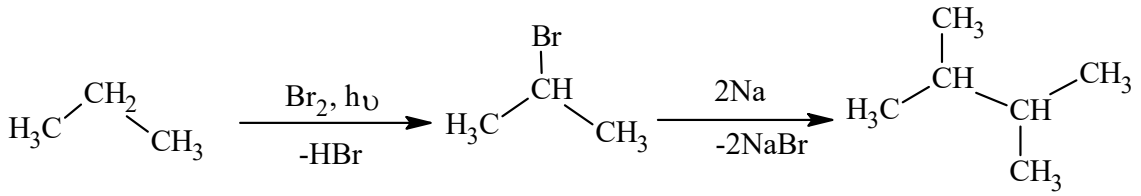
(4) присоединение



(5) замещение

Вещество **E** – 2,3-диметилбутан.

2. Получение **E** из пропана.



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

Разбалловка

Написаны уравнения реакций получения соединений А–Е	5 х 0,5 б. = 2,5 б.
Указаны механизмы реакций поулчения веществ А–Е	5 х 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 **B**. Поскольку при добавлении водного раствора оксалата бария образуется белый осадок, устойчивый к действию кислот, то мы можем сделать вывод, что в составе вещества **B** 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 $M_xC_yO_zK_w$, 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:

A (M)	*Отношение x :y : z : w*	*Комментарий*
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 М – это железо, тогда **Г** имеет брутто-формулу$FeC_6O_{12}K_3$. Следует принять во внимание, что фрагмент C_6O_{12} можно представить в виде оксалат-ионов $(C_2O_4)_3$, и тогда конечное соединение можно записать как триоксалатоферрат (III) калия $K_3[Fe(C_2O_4)_3]$.

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 **М** составляет 27,95% (на сульфат-ионы приходится 72,05% соответственно):

Валентность металла	*Количество сульфат-ионов*	*Масса сульфат-ионов*	*M(соль)*	*M(M)*
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)	$Fe(OH)_3$
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: $M = \frac{M(Fe)}{\omega(Fe)} = \frac{55,85}{0,3308} = 168,83$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) $Fe(OH)SO_4$

Поскольку вещество **Б** получается окислением вещества **A'**, то железо в веществе **A'** должно иметь меньшую степень окисления, т.е. +2. Таким образом, вещество **A'** состоит из сульфата железа (II)и водородсодержащего соединения, летучего при 100°С. Этим соединением является вода, а массовая доля водорода позволит установить количество молекул воды в соединении $FeSO_4 \cdot xH_2O$.

X	M (**A'**)	ω(H), %
1	169,85	1,18
2	187,85	2,13
3	205,85	2,91

x=1,

вещество **A'** моногидрат сульфата железа (II) $FeSO_4 \cdot H_2O$

Установим формулу вещества **A**($FeSO_4 \cdot xH_2O$):

100 % – M(**A**)

61,13 % – M(**A'**),

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

$$x = \frac{M(\mathbf{A}) - M(FeSO_4)}{M(H_2O)} = \frac{277{,}87 - 151{,}85}{18} = \frac{126{,}02}{18} = 7$$

вещество **A** гептагидрат сульфата железа (II) $FeSO_4 \cdot 7H_2O$

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

Разбалловка

Установление формул соединений**А–Ж**.	8 х 1 б. = 8 б.
Установление металла **M**	1 б.
Предложение способа получения гептагидрата сульфата железа (II), в случае способа получения безводного сульфата железа (II) – 0,5 б.	1 б.
ИТОГО	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 $M_xC_yO_zH_w$ (M – катион металла), тогда

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

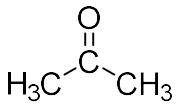
$$=\frac{207{,}2}{A(M)}:4:4:6.$$

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

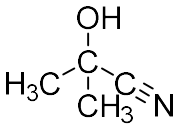
Значит, реакция разложения дает нам в качестве основных продуктов ацетон и карбонат свинца, что подтверждается данными для соединения II'.

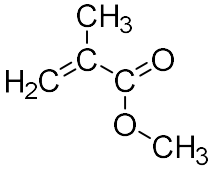
Тогда получается следующая расшифровка цепочки превращений:

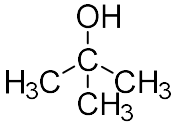
I $(CH_3COO)_2Pb$

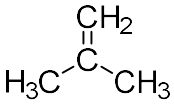
II 

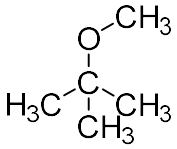
II' $PbCO_3$

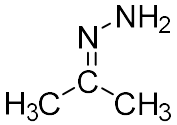
III 

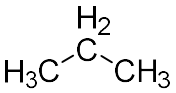
IV 

V 

VI 

VII 

VIII 

IX 

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**	10x0,8б. = 8б.
Мотивированный ответ на вопрос про селективное получение пропана реакцией Вюрца, немотивированный ответ – 0,5 б.	2б.
ИТОГО	10б.

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:

$$N_2 + 3H_2 \rightleftarrows 2NH_3 \ (1)$$

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 2·0,97 = 1,94 моль.

Тогда прореагировало:

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

В момент равновесия в реакционной смеси будет находиться:

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