

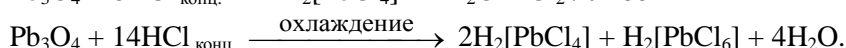
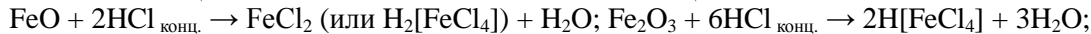
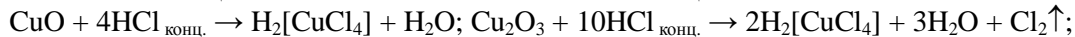
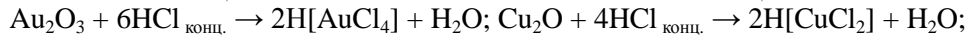
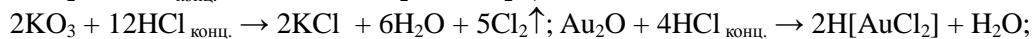
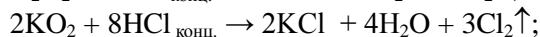
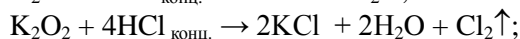
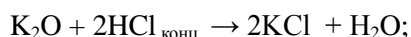
Задача 1. (автор В.А. Емельянов).

1. Силициум*, сульфур, карбонеум, фосфорус, калиум, хлорум, аурум, купрум, феррум, нитрогениум, плюмбум, гидрогениум.

*Латинское название засчитывается только при полном совпадении всех букв. Если совпадение не полное, то название не засчитывается.

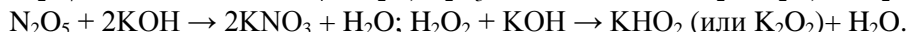
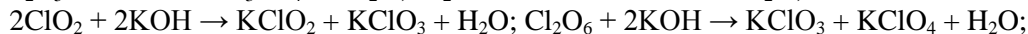
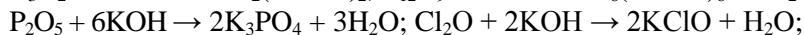
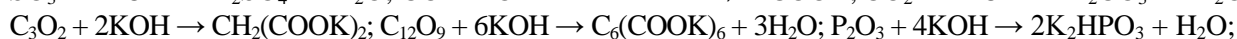
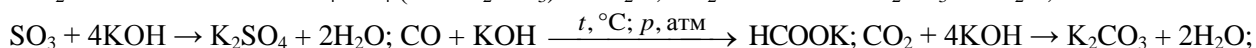
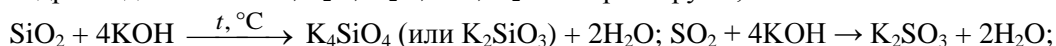
2. Для каждого из присутствующих в таблице элементов существует несколько соединений с кислородом: SiO, SiO₂, S₂O, SO₂, SO₃, CO, CO₂, C₃O₂, C₁₂O₉, P₂O₃ (P₄O₆), P₂O₅ (P₄O₁₀), K₂O, K₂O₂, KO₂, KO₃, Cl₂O, ClO₂, ClO₃ (Cl₂O₆), Cl₂O₇, Au₂O, Au₂O₃, Cu₂O, CuO, Cu₂O₃, FeO, Fe₂O₃, Fe₃O₄, N₂O, NO, N₂O₃, NO₂ (N₂O₄), N₂O₅, PbO, PbO₂, Pb₃O₄, H₂O, H₂O₂.

3. Уравнения реакций кислородных соединений металлов с концентрированной соляной кислотой**:



**Если в решении в каком-то уравнении реакции приведено только комплексное соединение, то на полный балл засчитывается только оно; если 11-классник написал обычную соль, то ставится половина баллов.

Уравнения реакций кислородных соединений неметаллов с избытком концентрированного раствора гидроксида калия: SiO, S₂O, N₂O, NO, H₂O - не реагируют;



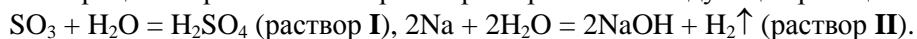
Система оценивания:

1. Латинские названия элементов по 0,5 б.	0,5×12 = 6 б.
2. Верные формулы соединений с кислородом по 0,25 б.	0,25×37 = 9,25 б.
3. Уравнения реакций по 0,5 б., условия в реакциях SiO ₂ и CO с KOH по 0,25 б., отсутствие реакций для SiO, S ₂ O, N ₂ O, NO, H ₂ O по 0,25 б.	0,5×32+0,25×2 = 16,5 б.
Всего	0,25×5 = 1,25 б.
	33 балла

С	И	О	К	С	Е	Н	М	И	Ф
И	Л	М	С	И	Т	И	У	Д	Р
Ц	И	У	У	Л	М	У	И	Н	О
Е	Н	У	Ф	Б	У	Б	М	Е	Г
У	О	Р	К	М	М	Ш	Ю	Л	Н
М	Б	Р	А	У	Р	И	Ө	Г	Е
Ф	Р	У	С	Х	У	Т	Р	И	Н
О	О	А	К	Л	А	У	К	У	М
С	Ф	Л	М	О	М	Ш	Р	Р	Е
М	У	И	У	Р	У	Р	У	М	Ф

Задача 2. (автор В.А. Емельянов).

1. В процессе приготовления растворов протекали следующие реакции:



Пусть на 1 молекулу H_2SO_4 в растворе I приходится n молекул H_2O . Тогда $2n+2 = n+4$, откуда $n = 2$, т. е. состав раствора $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, а его «брутто-формула» H_6SO_6 . Массовая доля элемента кислорода в растворе I: $\omega_{\text{O}} = 6 \cdot 16 / (6 \cdot 1 + 32 + 6 \cdot 16) = 0,7164$ или 71,64 %.

Пусть на 1 молекулу NaOH в растворе II приходится m молекул H_2O . Тогда $2m+1 = 1,8(m+1)$, откуда $m = 4$, т.е. состав раствора $\text{NaOH} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, а его «брутто-формула» H_9NaO_5 . Массовая доля элемента кислорода в растворе II: $\omega_{\text{O}} = 5 \cdot 16 / (9 \cdot 1 + 23 + 5 \cdot 16) = 0,7143$ или 71,43 %.

Таким образом, массовая доля элемента кислорода оказалась больше в растворе I.

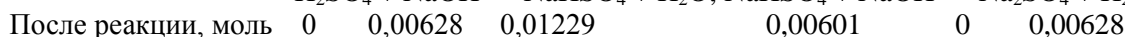
2. Массовая доля серной кислоты в растворе I $\omega = 98 / (98 + 2 \cdot 18) = 0,731$. Масса 1 л такого раствора $1000 \cdot 1,647 = 1647$ г, масса H_2SO_4 в нем $0,731 \cdot 1647 = 1204$ г, ее количество $1204 / 98 = 12,29$ моля. Таким образом, молярная концентрация серной кислоты в растворе I $C_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 12,29$ моль/л.

Массовая доля гидроксида натрия в растворе II $\omega = 40 / (40 + 4 \cdot 18) = 0,357$. Масса 1 л такого раствора $1000 \cdot 1,387 = 1387$ г, масса NaOH в нем $0,357 \cdot 1387 = 495$ г, его количество $495 / 40 = 12,38$ моля. Таким образом, молярная концентрация гидроксида натрия в растворе II $C_{\text{NaOH}} = 12,38$ моль/л.

3. После разбавления растворов (увеличения объема) ровно в 100 раз, молярные концентрации растворенных веществ уменьшаются ровно в 100 раз. По определению $\text{pH} = -\lg[\text{H}^+]$. В растворе Ia $C_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 12,29 / 100 = 0,1229$ моль/л. $[\text{H}^+] = 2 \cdot 0,1229 = 0,2458$ моль/л, $\text{pH} = -\lg(0,2458) \approx 0,6$.

Поскольку $[\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-] = 10^{-14}$, отсюда $\text{pH} = 14 + \lg[\text{OH}^-]$. В растворе IIa $C_{\text{NaOH}} = 12,38 / 100 = 0,1238$ моль/л. $[\text{OH}^-] = 0,1238$ моль/л, $\text{pH} = 14 + \lg(0,1238) \approx 13,1$.

4. В 100 мл (0,1 л) раствора Ia содержится $0,1 \cdot 0,1229 = 0,01229$ моля серной кислоты, в 150 мл (0,15 л) раствора IIa – $0,15 \cdot 0,1238 = 0,01857$ моля гидроксида натрия. В растворе III протекают следующие реакции:

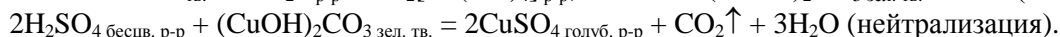
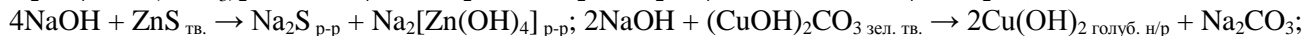
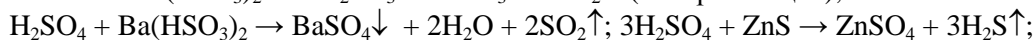
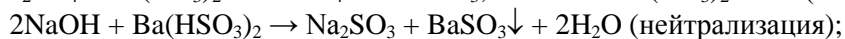
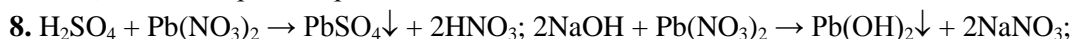


Серная кислота реагирует с равным количеством щелочи с образованием кислой соли, которая с избытком щелочи дает соль среднюю. При смешивании разбавленных растворов кислоты и щелочи объем конечного раствора можно считать равным сумме их объемов.

В результате в растворе III содержатся 0,00628 моль Na_2SO_4 ($C = 0,00628 / 0,25 = 0,02512$ моль/л) и 0,00601 моль NaHSO_4 ($C = 0,00601 / 0,25 = 0,02404$ моль/л).

5. Поскольку щелочь в недостатке, она вся (0,01857 моля) вступила в реакцию нейтрализации, которая в ионном виде записывается так $\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$. Общее количество выделившегося тепла будет равно $Q = 0,01857 \cdot 55,9 = 1,038$ кДж или 1038 Дж. Это количество тепла нагреет раствор на $\Delta T = 1038 / (250 \cdot 4,2) \approx 1$ К. Температура раствора составит приблизительно $25 + 1 = 26$ °С.

7. $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ – нитрат свинца, $\text{Ba}(\text{HSO}_3)_2$ – гидросульфит бария, ZnS – сульфид цинка, $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$ – гидроксокарбонат меди.



Система оценивания:

1. Уравнения реакций по 1 б., массовая доля кислорода больше в растворе I 1 б., подтверждение расчетом 3 б. (грубый, но верный расчет с ответом «одинакова» 2 б.).	1×2+1 = 3 б. 3 б.
2. Молярные концентрации кислоты и щелочи в растворах I и II по 3 б.	3+3 = 6 б.
3. Верные значения pH растворов по 1 б.	1+1 = 2 б.
4. Верные вещества в растворе 2 б. (только эти 2 вместе; за одно из них или за любое другое сочетание солей с кислотой или со щелочью баллы не ставятся), их концентрации по 2 б.	2 б. 2×2 = 4 б.
5. Количество тепла 2 б., температура 2 б.	2+2 = 4 б.
7. Названия веществ по 0,5 б.	0,5×4 = 2 б.
8. Уравнения реакций по 1 б., верные признаки для каждой из реакций по 0,5 б. (в реакции $\text{NaOH} + \text{ZnS}$ оценивается отсутствие признаков), верные указания на реакции нейтрализации по 1 б. (неверные – штраф минус 1 б, но в целом за этот вопрос не меньше 0 б.).	1×8 = 8 б. 0,5×8 = 4 б. 1×2 = 2 б.
Всего	40 баллов

Задача 3. (авторы Н.В. Рубан, В.А. Емельянов).

1. Поскольку **A** – наиболее распространенный металл в земной коре, делаем вывод о том, что металл **A** – алюминий, а его оксид – Al_2O_3 . К тому же выводу можно прийти на основании расчета.

Представим формулу оксида как A_2O_n , где n – степень окисления металла в оксиде. Составим уравнение: $16n/(2M_A + 16n) = 0,47$, откуда $M_A = 9n$. Единственное разумное решение получаем при $n = 3$, откуда $M_A = 27$, т. е. металл **A** – алюминий, а его оксид – Al_2O_3 .

2. Уравнения реакций: $2Al + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2 \uparrow$ [1];

$8Al + 30HNO_3 = 8Al(NO_3)_3 + 3NH_4NO_3 + 9H_2O$ [2] (засчитывается N_2 , N_2O , NO);

$2Al + 2NaOH + 6H_2O = 2Na[Al(OH)_4] + 3H_2 \uparrow$ [3];

$2Al + 6NaOH \xrightarrow{t, ^\circ C} 2Na_3AlO_3$ (можно $NaAlO_2$) + $3H_2 \uparrow$ [4];

$2Al + 6H_2O = 2Al(OH)_3 + 3H_2 \uparrow$ [5].

3. Алюминий не взаимодействует с концентрированными азотной и серной кислотами.

Амальгамами называются сплавы ртути (как твердые, так и жидкие) с другими металлами.

Чтобы увидеть реакцию алюминия с водой, необходимо нарушить оксидную пленку без доступа воздуха, защитив поверхность амальгамой. Для этого нужно лишь поскрести или поцарапать кусочки алюминия под слоем ртути, а уже затем поместить их в воду.

4. Метод получения металлов из их оксидов путем восстановления оксидов алюминием носит название алюмотермия (в некоторых источниках – алюминотермия).

$8Al + 3Fe_3O_4 = 4Al_2O_3 + 9Fe$ [6].

Тепловой эффект химической реакции рассчитывается по формуле:

$Q_{x.p.} = Q_{обр. \text{продуктов}} - Q_{обр. \text{реагентов}}$, с учетом стехиометрических коэффициентов.

Теплоты образований простых веществ по определению равны нулю, тогда:

$Q_{x.p.} = 4Q(обр. Al_2O_3) - 3Q(обр. Fe_3O_4) = 4 \cdot 1676 - 3 \cdot 1120 = 3344$ кДж/моль.

5. Представим формулу оксида как M_2O_n , где n – степень окисления металла в оксиде. Составим уравнение: $16n/(2M_M + 16n) = 0,316$, откуда $M_M = 17,3n$. Единственное разумное решение получаем при $n = 3$, $M_M = 52$, металл **M** – хром, оксид – Cr_2O_3 .

6. Соединения хрома, устойчивые в щелочной среде: $Cr(OH)_2$ (+2), $K_3[Cr(OH)_6]$ (+3), K_2CrO_4 (+6).

Уравнения реакций: $2Cr(OH)_2 + 4H_2SO_{4 \text{ конц.}} = Cr_2(SO_4)_3 + SO_2 \uparrow + 6H_2O$ [7];

$K_3[Cr(OH)_6] + 5H_2O_2 = K_3CrO_8 + 8H_2O$ [8];

$2K_3[Cr(OH)_6] + 7H_2O_2 + 3H_2SO_4 + 2(C_2H_5)_2O = 3K_2SO_4 + 2CrO_5 \cdot (C_2H_5)_2O$ (или CrO_5) + $16H_2O$ [9];

$2K_2CrO_4 + 3K_2SO_3 + 5H_2SO_4 = Cr_2(SO_4)_3 + 5K_2SO_4 + 5H_2O$ [10];

$K_2CrO_4 + BaCl_2 = BaCrO_4 \downarrow + 2KCl$ [11].

7. Описанный в задаче красный драгоценный камень называется «рубин».

Система оценивания:

1. Алюминий 2 б., Al_2O_3 1 б.	2+1 = 3 б.
2. Уравнения реакций [1]-[5] по 1 б.	1×5 = 5 б.
3. Примеры двух кислот по 1 б., амальгама 1 б., процесс 1 б.	1×2+1+1 = 4 б.
4. Уравнение реакции 1 б, тепловой эффект 2 б, алюмотермия 1 б	1+2+1 = 4 б.
5. Хром 2 б., Cr_2O_3 1 б.	2+1 = 3 б.
6. Устойчивые соединения по 1 б., уравнения реакций [7]-[11] по 1 б.	1×3+1×5 = 8 б.
7. Рубин 1 б.	1 б.
Всего	28 баллов

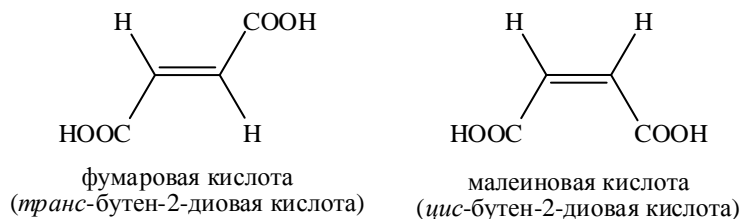
Задача 4. (автор В.Н. Конев).

1. Найдем молекулярную формулу соединения **X**. Поскольку продуктами сжигания являются только вода и углекислый газ, **X** содержит только С, Н и О. Найдем количество углекислого газа и воды, образовавшихся при сгорании: $\nu(CO_2) = 1,79 / 22,4 = 0,08$ моль; $\nu(H_2O) = 0,72 / 18 = 0,04$ моль.

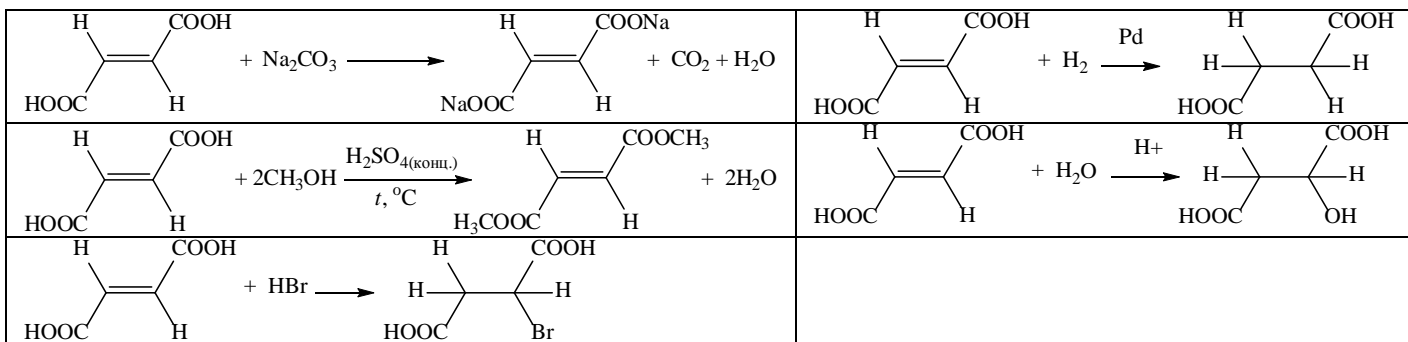
Следовательно, соотношение С : Н = 1 : 1. Найдем количество кислорода, входящее в состав кислоты **X**. Для этого найдем сумму масс углерода и водорода $m(C + H) = 0,08 \cdot 12 + 2 \cdot 0,04 \cdot 1 = 1,04$ г; масса кислорода $m(O) = 2,32 - 1,04 = 1,28$ г, его количество $\nu(O) = 1,28 / 16 = 0,08$ моль. Следовательно, простейшая формула соединения **X** – CHO . Молярная масса, соответствующая этой простейшей формуле 29 г/моль. Учитывая, что молярная масса соединения **X** находится в пределах от 100 до 140 г/моль, найдем его молекулярную

формулу: $100 / 29 = 3,4$; $140 / 29 = 4,8$. Ближайшее целочисленное значение, лежащее в пределах от 3,4 до 4,8 – четыре. Следовательно, молекулярная формула **X** – $C_4H_4O_4$.

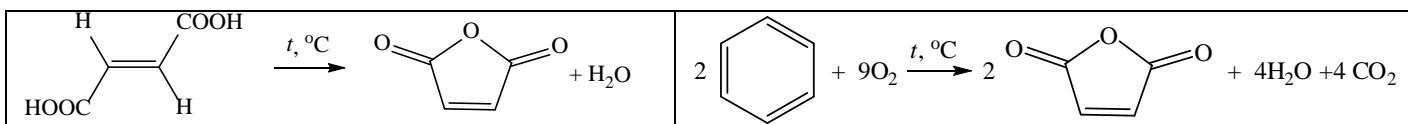
2. Из описания следует, что кислота $C_4H_4O_4$ содержит двойную связь. Возможны две структуры такого соединения: $HOOC-CH=CH-COOH$ и $(HOOC)_2C=CH_2$, однако лишь для первого из них возможно существование геометрических (*цис*- и *транс*-) изомеров, которые способны превращаться друг в друга. Тогда кислота **X** - *транс*-изомер (атомы водорода расположены по разные стороны от плоскости двойной связи), а кислота **Y** - *цис*-изомер. Структурные формулы и названия этих кислот:



3. Уравнения реакций [1]–[5]:

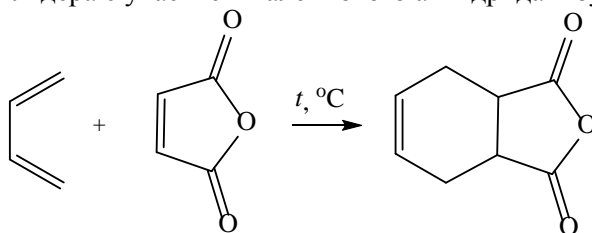


4. При нагревании малеиновой или фумаровой кислоты образуется малеиновый ангидрид **Z** (реакция [6]). Получают малеиновый ангидрид окислением бензола (реакция [7]).



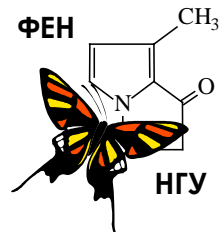
При растворении малеинового ангидрида в воде в растворе образуется *цис*-изомер, т.е. малеиновая кислота (соединение **Y**).

5. Уравнение реакции Дильса-Альдера с участием малеинового ангидрида и бутадиена-1,3:



Система оценивания:

1. Установление молекулярной формулы X 3 б.	3 б.
2. Структурные формулы кислот по 1 б., названия по 1 б.	$1 \times 2 + 1 \times 2 = 4$ б.
3. Уравнения реакций по 2 б.	$2 \times 5 = 10$ б.
4. Структурная формула Z 1 б., уравнения реакций по 2 б., <i>цис</i> -изомер при растворении в воде 1 б.	$1 + 2 \times 2 + 1 = 6$ б.
5. Уравнение реакции 2 б.	2 б.
Всего	25 баллов



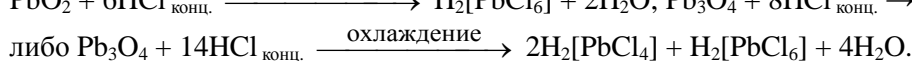
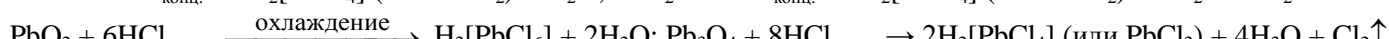
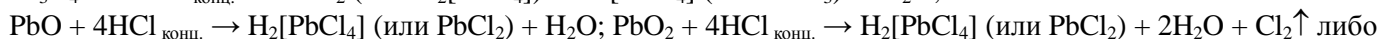
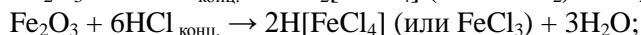
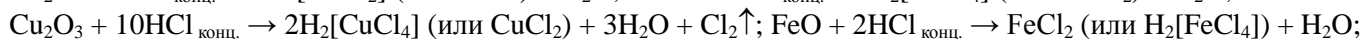
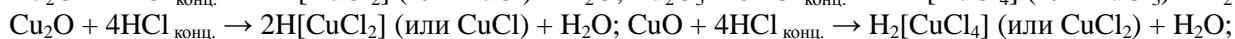
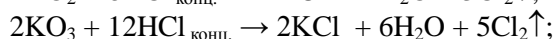
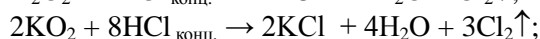
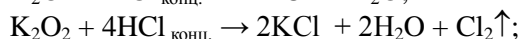
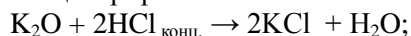
Задача 1. (автор В.А. Емельянов).

1. Силициум*, сульфур, карбонеум, фосфорус, калиум, хлорум, аурум, купрум, феррум, нитрогениум, плюмбум, гидрогениум.

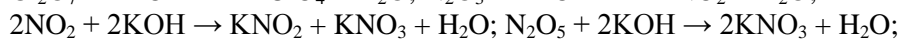
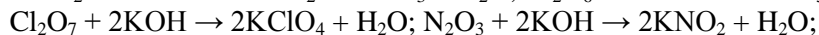
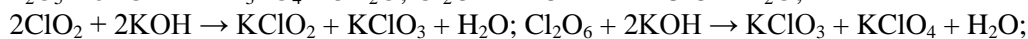
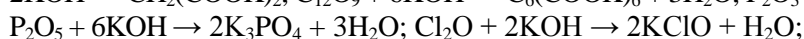
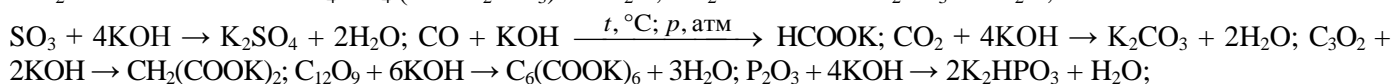
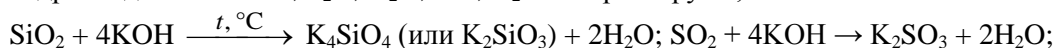
*Латинское название засчитывается только при полном совпадении всех букв. Если совпадение не полное, то название не засчитывается.

2. Для каждого из присутствующих в таблице элементов существует несколько соединений с кислородом: SiO, SiO₂, S₂O, SO₂, SO₃, CO, CO₂, C₃O₂, C₁₂O₉, P₂O₃ (P₄O₆), P₂O₅ (P₄O₁₀), K₂O, K₂O₂, KO₂, KO₃, Cl₂O, ClO₂, ClO₃ (Cl₂O₆), Cl₂O₇, Au₂O, Au₂O₃, Cu₂O, CuO, Cu₂O₃, FeO, Fe₂O₃, Fe₃O₄, N₂O, NO, N₂O₃, NO₂ (N₂O₄), N₂O₅, PbO, PbO₂, Pb₃O₄, H₂O, H₂O₂.

3. Уравнения реакций кислородных соединений металлов с концентрированной соляной кислотой:



Уравнения реакций кислородных соединений неметаллов с избытком концентрированного раствора гидроксида калия: SiO, S₂O, N₂O, NO, H₂O - не реагируют;



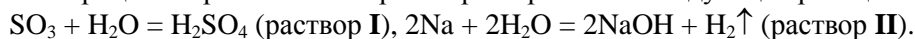
Система оценивания:

1. Латинские названия элементов по 0,5 б.	0,5×12 = 6 б.
2. Верные формулы соединений с кислородом по 0,25 б.	0,25×37 = 9,25 б.
3. Уравнения реакций по 0,5 б., условия в реакциях SiO ₂ и CO с KOH по 0,25 б., отсутствие реакций для SiO, S ₂ O, N ₂ O, NO, H ₂ O по 0,25 б.	0,5×32 = 16 б. 0,25×2 = 0,5 б. 0,25×5 = 1,25 б.
Всего	33 балла

С	И	О	К	С	Е	Н	М	И	Ф
И	Л	М	С	И	Т	И	У	Д	Р
Ц	И	У	У	Л	М	У	И	Н	О
Е	Н	У	Ф	Б	У	Б	М	Е	Г
У	О	Р	К	М	М	Ш	Ю	Л	Н
М	Б	Р	А	У	Р	И	Ө	Г	Е
Ф	Р	У	С	Х	У	Т	Р	И	Н
О	О	А	К	Л	А	У	К	У	М
С	Ф	Л	М	О	М	Ш	Р	Р	Е
М	У	И	У	Р	У	Р	У	М	Ф

Задача 2. (автор В.А. Емельянов).

1. В процессе приготовления растворов протекали следующие реакции:



Пусть на 1 молекулу H_2SO_4 в растворе I приходится n молекул H_2O . Тогда $2n+2 = n+4$, откуда $n = 2$, т.е. состав раствора $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, а его «брутто-формула» H_6SO_6 . Массовая доля элемента кислорода в растворе I: $\omega_{\text{O}} = 6 \cdot 16 / (6 \cdot 1 + 32 + 6 \cdot 16) = 0,7164$ или 71,64 %.

Пусть на 1 молекулу NaOH в растворе II приходится m молекул H_2O . Тогда $2m+1 = 1,8(m+1)$, откуда $m = 4$, т.е. состав раствора $\text{NaOH} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, а его «брутто-формула» H_9NaO_5 . Массовая доля элемента кислорода в растворе II: $\omega_{\text{O}} = 5 \cdot 16 / (9 \cdot 1 + 23 + 5 \cdot 16) = 0,7143$ или 71,43 %.

Таким образом, массовая доля элемента кислорода оказалась больше в растворе I.

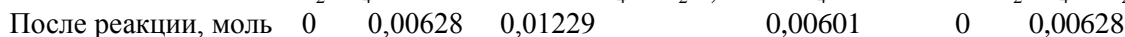
2. Массовая доля серной кислоты в растворе I $\omega = 98 / (98 + 2 \cdot 18) = 0,731$. Масса 1 л такого раствора $1000 \cdot 1,647 = 1647$ г, масса H_2SO_4 в нем $0,731 \cdot 1647 = 1204$ г, ее количество $1204 / 98 = 12,29$ моля. Таким образом, молярная концентрация серной кислоты в растворе I $C_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 12,29$ моль/л.

Массовая доля гидроксида натрия в растворе II $\omega = 40 / (40 + 4 \cdot 18) = 0,357$. Масса 1 л такого раствора $1000 \cdot 1,387 = 1387$ г, масса NaOH в нем $0,357 \cdot 1387 = 495$ г, его количество $495 / 40 = 12,38$ моля. Таким образом, молярная концентрация гидроксида натрия в растворе II $C_{\text{NaOH}} = 12,38$ моль/л.

3. После разбавления растворов (увеличения объема) ровно в 100 раз, молярные концентрации растворенных веществ уменьшаются ровно в 100 раз. По определению $\text{pH} = -\lg[\text{H}^+]$. В растворе Ia $C_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 12,29 / 100 = 0,1229$ моль/л. $[\text{H}^+] = 2 \cdot 0,1229 = 0,2458$ моль/л, $\text{pH} = -\lg(0,2458) \approx 0,6$.

Поскольку $[\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-] = 10^{-14}$, отсюда $\text{pH} = 14 + \lg[\text{OH}^-]$. В растворе IIa $C_{\text{NaOH}} = 12,38 / 100 = 0,1238$ моль/л. $[\text{OH}^-] = 0,1238$ моль/л, $\text{pH} = 14 + \lg(0,1238) \approx 13,1$.

4. В 100 мл (0,1 л) раствора Ia содержится $0,1 \cdot 0,1229 = 0,01229$ моля серной кислоты, в 150 мл (0,15 л) раствора IIa – $0,15 \cdot 0,1238 = 0,01857$ моля гидроксида натрия. В растворе III протекают следующие реакции:

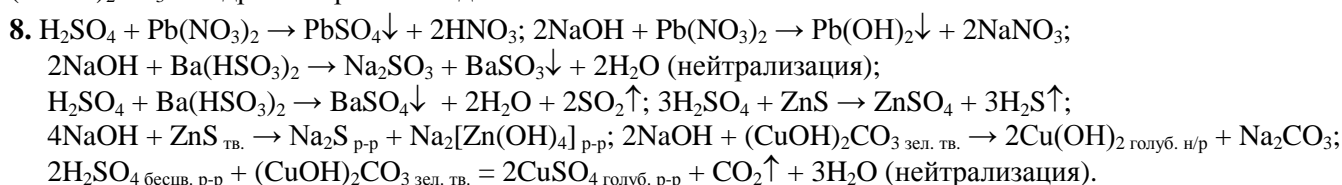


Серная кислота реагирует с равным количеством щелочи с образованием кислой соли, которая с избытком щелочи дает соль среднюю. При смешивании разбавленных растворов кислоты и щелочи объем конечного раствора можно считать равным сумме их объемов.

В результате в растворе III содержатся 0,00628 моль Na_2SO_4 ($C = 0,00628 / 0,25 = 0,02512$ моль/л) и 0,00601 моль NaHSO_4 ($C = 0,00601 / 0,25 = 0,02404$ моль/л).

5. Поскольку щелочь в недостатке, она вся (0,01857 моля) вступила в реакцию нейтрализации, которая в ионном виде записывается так $\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$. Общее количество выделившегося тепла будет равно $Q = 0,01857 \cdot 55,9 = 1,038$ кДж или 1038 Дж. Это количество тепла нагреет раствор на $\Delta T = 1038 / (250 \cdot 4,2) \approx 1$ К. Температура раствора составит приблизительно $25 + 1 = 26$ °С.

7. $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ – нитрат свинца, $\text{Ba}(\text{HSO}_3)_2$ – гидросульфит бария, ZnS – сульфид цинка, $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$ – гидроксокарбонат меди.



Система оценивания:

1. Уравнения реакций по 1 б., массовая доля кислорода больше в растворе I 1 б., подтверждение расчетом 3 б. (грубый, но верный расчет с ответом «одинакова» 2 б.).	1×2+1 = 3 б. 3 б.
2. Молярные концентрации кислоты и щелочи в растворах I и II по 3 б.	3+3 = 6 б.
3. Верные значения pH растворов по 1 б.	1+1 = 2 б.
4. Верные вещества в растворе 2 б. (только эти 2 вместе; за одно из них или за любое другое сочетание солей с кислотой или со щелочью баллы не ставятся), их концентрации по 2 б.	2 б. 2×2 = 4 б.
5. Количество тепла 2 б., температура 2 б.	2+2 = 4 б.
7. Названия веществ по 0,5 б.	0,5×4 = 2 б.
8. Уравнения реакций по 1 б., верные признаки для каждой из реакций по 0,5 б. (в реакции $\text{NaOH} + \text{ZnS}$ оценивается отсутствие признаков), верные указания на реакции нейтрализации по 1 б. (неверные – штраф минус 1 б, но в целом за этот вопрос не меньше 0 б.).	1×8 = 8 б. 0,5×8 = 4 б. 1×2 = 2 б.
Всего	40 баллов

Задача 3. (авторы Н.В. Рубан, В.А. Емельянов).

1. Поскольку **A** – наиболее распространенный металл в земной коре, делаем вывод о том, что металл **A** – алюминий, а его оксид – Al_2O_3 . К тому же выводу можно прийти на основании расчета.

Представим формулу оксида как A_2O_n , где n – степень окисления металла в оксиде. Составим уравнение: $16n/(2M_A + 16n) = 0,47$, откуда $M_A = 9n$. Единственное разумное решение получаем при $n = 3$, откуда $M_A = 27$, т. е. металл **A** – алюминий, а его оксид – Al_2O_3 .

2. Уравнения реакций: $2Al + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2 \uparrow$ [1]; $Al_2O_3 + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2O$ [2];

$8Al + 30HNO_3 = 8Al(NO_3)_3 + 3NH_4NO_3 + 9H_2O$ [3] (засчитывается N_2, N_2O, NO);

$Al_2O_3 + 6HNO_3 = 2Al(NO_3)_3 + 3H_2O$ [4]; $2Al + 2NaOH + 6H_2O = 2Na[Al(OH)_4] + 3H_2 \uparrow$ [5];

$2NaOH + 3H_2O + Al_2O_3 = 2Na[Al(OH)_4]$ [6]; $2Al + 6NaOH \xrightarrow{t, ^\circ C} 2Na_3AlO_3$ (можно $NaAlO_2$) + $3H_2 \uparrow$ [7];

$Al_2O_3 + 6NaOH \xrightarrow{t, ^\circ C} 2Na_3AlO_3 + 3H_2O$ (можно $NaAlO_2$) [8]; $2Al + 6H_2O = 2Al(OH)_3 + 3H_2 \uparrow$ [9].

3. Алюминий не взаимодействует с концентрированными азотной и серной кислотами.

Амальгамами называются сплавы ртути (как твердые, так и жидкие) с другими металлами.

Чтобы увидеть реакцию алюминия с водой, необходимо нарушить оксидную пленку без доступа воздуха, защитив поверхность амальгамой. Для этого нужно лишь поскрести или поцарапать кусочки алюминия под слоем ртути, а уже затем поместить их в воду.

4. Метод получения металлов из их оксидов путем восстановления оксидов алюминием носит название алюмотермия (в некоторых источниках – алюминотермия).

$8Al + 3Fe_3O_4 = 4Al_2O_3 + 9Fe$ [10].

Тепловой эффект химической реакции рассчитывается по формуле:

$Q_{x.p.} = Q_{обр. \text{продуктов}} - Q_{обр. \text{реагентов}}$, с учетом стехиометрических коэффициентов.

Теплоты образований простых веществ по определению равны нулю, тогда:

$Q_{x.p.} = 4Q(обр. Al_2O_3) - 3Q(обр. Fe_3O_4) = 4 \cdot 1676 - 3 \cdot 1120 = 3344$ кДж/моль.

5. Представим формулу оксида как M_2O_n , где n – степень окисления металла в оксиде. Составим уравнение: $16n/(2M_M + 16n) = 0,316$, откуда $M_M = 17,3n$. Единственное разумное решение получаем при $n = 3$, $M_M = 52$, металл **M** – хром, оксид – Cr_2O_3 .

6. Восстановительные свойства металл **M** будет проявлять в низшей степени окисления +2; окислительные – в высшей степени окисления +6.

Соединения хрома, устойчивые в щелочной среде: $Cr(OH)_2$ (+2), $K_3[Cr(OH)_6]$ (+3), K_2CrO_4 (+6).

Уравнения реакций: $2Cr(OH)_2 + 4H_2SO_{4 \text{ конц.}} = Cr_2(SO_4)_3 + SO_2 \uparrow + 6H_2O$ [11];

$2K_3[Cr(OH)_6] + 3Cl_2 + 4KOH = 2K_2CrO_4 + 6KCl + 8H_2O$ [12];

$2K_2CrO_4 + 3K_2SO_3 + 5H_2SO_4 = Cr_2(SO_4)_3 + 5K_2SO_4 + 5H_2O$ [13]; $K_2CrO_4 + BaCl_2 = BaCrO_4 \downarrow + 2KCl$ [14].

7. Описанный в задаче красный драгоценный камень называется «рубин».

Система оценивания:

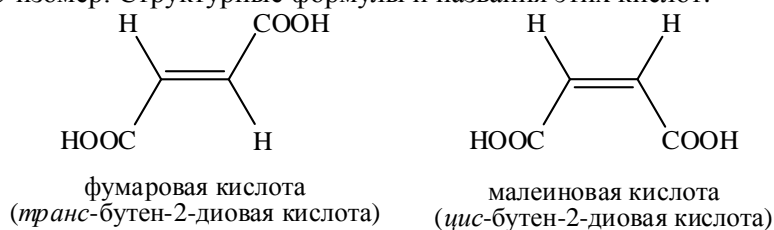
1. Алюминий 2 б., Al_2O_3 1 б.	2+1 = 3 б.
2. Уравнения реакций [1]-[9] по 1 б.	1×9 = 9 б.
3. Примеры двух кислот по 1 б., амальгама 1 б., процесс 1 б.	1×2+1+1 = 4 б.
4. Уравнение реакции 1 б, тепловой эффект 2 б, алюмотермия 1 б	1+2+1 = 4 б.
5. Хром 2 б., Cr_2O_3 1 б.	2+1 = 3 б.
6. Степени окисления +2 и +6 по 0,5 б., устойчивые соединения по 1 б., Уравнения реакций [11]-[14] по 1 б.	0,5×2+1×3+1×4 = 8 б.
7. Рубин 1 б.	1 б.
Всего	32 балла

Задача 4. (автор В.Н. Конев).

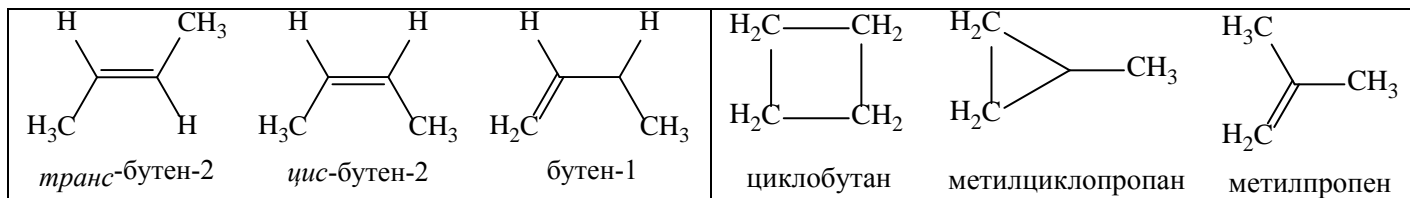
1. Найдем молекулярную формулу соединения **X**. Поскольку продуктами сжигания являются только вода и углекислый газ, **X** содержит только С, Н и О. Найдем количество углекислого газа и воды, образовавшихся при сгорании: $\nu(CO_2) = 1,79 / 22,4 = 0,08$ моль; $\nu(H_2O) = 0,72 / 18 = 0,04$ моль.

Следовательно, соотношение С : Н = 1 : 1. Найдем количество кислорода, входящее в состав кислоты **X**. Для этого найдем сумму масс углерода и водорода $m(C + H) = 0,08 \cdot 12 + 2 \cdot 0,04 \cdot 1 = 1,04$ г; масса кислорода $m(O) = 2,32 - 1,04 = 1,28$ г, его количество $\nu(O) = 1,28 / 16 = 0,08$ моль. Следовательно, простейшая формула соединения **X** – CH_2O . Молярная масса, соответствующая этой простейшей формуле 29 г/моль. Учитывая, что молярная масса соединения **X** находится в пределах от 100 до 140 г/моль, найдем его молекулярную формулу: $100 / 29 = 3,4$; $140 / 29 = 4,8$. Ближайшее целочисленное значение, лежащее в пределах от 3,4 до 4,8 – четыре. Следовательно, молекулярная формула **X** – $C_4H_4O_4$.

2. Из описания следует, что кислота $C_4H_4O_4$ содержит двойную связь. Возможны две структуры такого соединения: $HOOC-CH=CH-COOH$ и $(HOOC)_2C=CH_2$, однако лишь для первого из них возможно существование геометрических (*цис*- и *транс*-) изомеров, которые способны превращаться друг в друга. Тогда кислота **X** - *транс*-изомер (атомы водорода расположены по разные стороны от плоскости двойной связи), а кислота **Y** - *цис*-изомер. Структурные формулы и названия этих кислот:

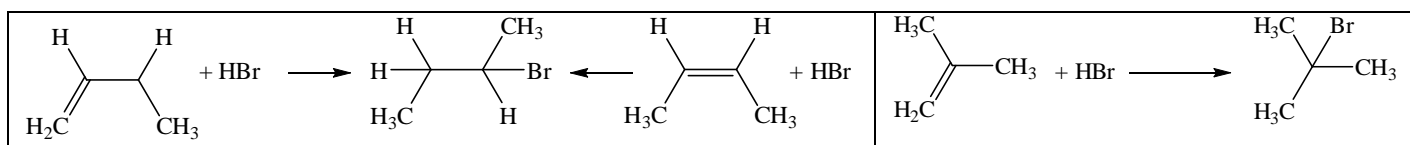


3-4. Углеводород, содержащий 4 атома углерода и одну двойную связь, имеет молекулярную формулу C_4H_8 . Наиболее близким к кислоте **X** по строению будет *транс*-бутен-2 (**Z₁**). Структурные формулы и названия всех изомеров **Z₁**-**Z₆**, удовлетворяющих формуле C_4H_8 :

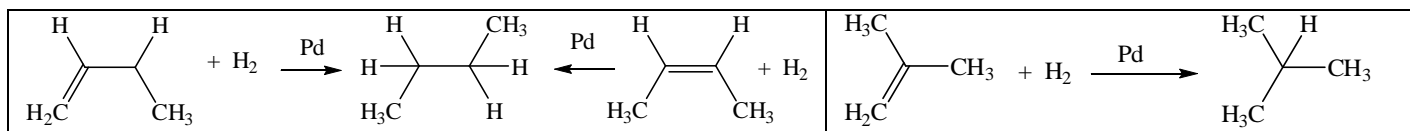


5. Уравнения реакций взаимодействия изомеров **Z₂**-**Z₄** с:

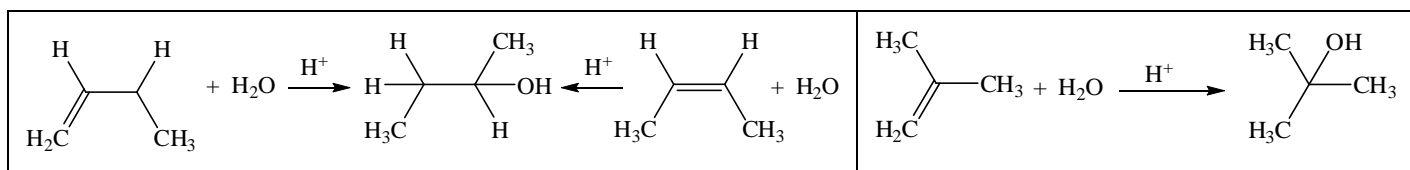
а) бромоводородом



б) водородом (катализатор - палладий)

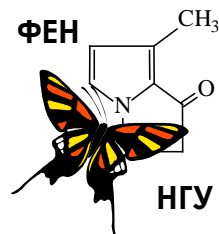


в) водой в присутствии серной кислоты



Система оценивания:

1. Установление молекулярной формулы X 3 б.	3 б.
2. Структурные формулы кислот по 1 б., названия по 1 б.	$1 \times 2 + 1 \times 2 = 4$ б.
3-4. Молекулярная формула 1 б., структурные формулы и названия Z₁ - Z₆ по 1 б., выбор Z₁ 1 б.	$1 + (1+1) \times 6 + 1 = 14$ б.
4. Уравнения реакций по 1 б.	$1 \times 9 = 9$ б.
Всего	30 баллов

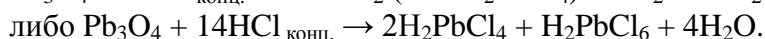
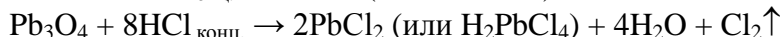
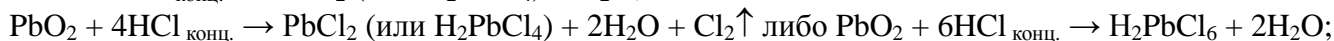
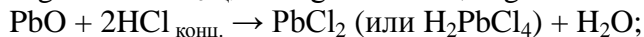
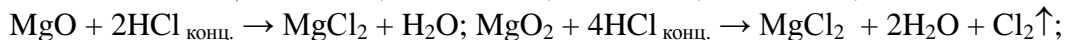
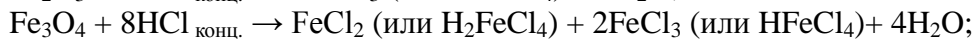
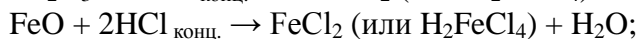
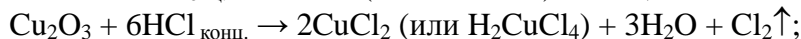
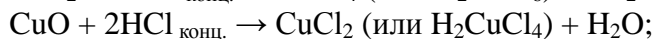
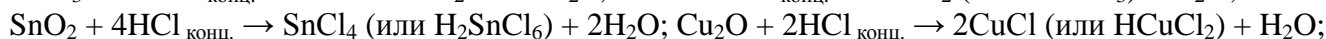
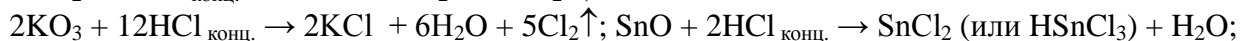
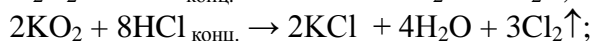
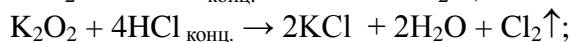


Задача 1. (автор В.А. Емельянов).

1. Силиций* – кремний, серфур – сера, карбонеум – углерод, фосфорус – фосфор, калиум – калий, хлорум – хлор, станнум – олово, купрум – медь, феррум – железо, магнизиум – магний, плюмбум – свинец, гидрогениум – водород.

*Латинское название засчитывается только при полном совпадении всех букв. Если совпадение не полное, то засчитывается только русское название.

2. Символы металлов: К, Sn, Cu, Fe, Mg, Pb. Для каждого из присутствующих в таблице металлов существует несколько соединений с кислородом: K_2O , K_2O_2 , KO_2 , KO_3 , SnO , SnO_2 , Cu_2O , CuO , Cu_2O_3 , FeO , Fe_2O_3 , Fe_3O_4 , MgO , MgO_2 , PbO , PbO_2 , Pb_3O_4 .



С	И	О	К	С	Е	Н	М	И	Ф
И	Л	М	С	И	Г	И	У	Д	Р
Ц	И	У	У	Л	М	У	И	Ц	О
Е	Н	У	Ф	Б	М	М	Ю	Е	Г
У	О	Р	К	М	У	Б	Л	Н	М
М	Б	Р	А	У	Н	Ц	З	И	У
Ф	Р	У	С	Х	Т	А	Е	Н	Г
О	О	А	К	Л	С	У	К	М	А
С	Ф	Л	М	О	М	Ш	Р	Р	Е
М	У	И	У	Р	У	Р	У	М	Ф

Система оценивания:

1. Латинские названия по 1 б., русские по 0,5 б.	$(1+0,5) \times 12 = 18$ б.
2. Верные формулы соединений с кислородом по 0,5 б.	$0,5 \times 17 = 8,5$ б.
3. Уравнения реакций по 0,5 б.	$0,5 \times 17 = 8,5$ б.
Всего	35 баллов

Задача 2. (автор В.А. Емельянов).

1. Серная кислота - H_2SO_4 , натриевая щелочь - $NaOH$.

2. Пусть на 1 молекулу H_2SO_4 в растворе I приходится n молекул H_2O . Тогда $2n+2 = n+4$, откуда $n = 2$, т.е. на 1 молекулу H_2SO_4 в растворе I приходится 2 молекулы H_2O .

Тогда массовая доля серной кислоты в растворе I $\omega = 98/(98+2 \cdot 18) = 0,731$ или 73,1 %.

Пусть на 1 молекулу $NaOH$ в растворе II приходится m молекул H_2O . Тогда $2m+1 = 1,8(m+1)$, откуда $m = 4$, т.е. на 1 молекулу $NaOH$ в растворе II приходится 4 молекулы H_2O .

Тогда массовая доля гидроксида натрия в растворе **II** $\omega = 40/(40+4 \cdot 18) = 0,357$ или 35,7 %.

3. Итак, состав раствора **I** $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, т.е. его можно представить «брутто-формулой» H_6SO_6 . Массовая доля элемента кислорода в растворе **I** $\omega_{\text{O}} = 6 \cdot 16 / (6 \cdot 1 + 32 + 6 \cdot 16) = 0,7164$ или 71,64 %.

Состав раствора **II** $\text{NaOH} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, а его «брутто-формула» H_9NaO_5 . Массовая доля элемента кислорода в растворе **II** $\omega_{\text{O}} = 5 \cdot 16 / (9 \cdot 1 + 23 + 5 \cdot 16) = 0,7143$ или 71,43 %.

Таким образом, массовая доля элемента кислорода оказалась больше в растворе **I**.

4. $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NaOH}_{\text{изб.}} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4$ (сульфат натрия или сернокислый натрий) + $2\text{H}_2\text{O}$;

$\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NaOH}_{\text{недост.}} \rightarrow \text{NaHSO}_4$ (гидросульфат натрия или кислый сернокислый натрий) + H_2O .

5. Массовые доли кислоты и щелочи, содержащихся в растворах **Ia** и **IIa**, будут составлять 0,011 от их массовых долей в исходных растворах: $\omega_{\text{a}} = \omega \cdot 3 / (3 + 270) = 0,011\omega$.

То есть, массовая доля серной кислоты в растворе **Ia** $\omega_{\text{a}} = 0,011 \cdot 0,731 = 0,00804$ или 0,804 %, а массовая доля гидроксида натрия в растворе **IIa** $\omega = 0,011 \cdot 0,357 = 0,00393$ или 0,393 %.

6. В 100 г раствора **Ia** содержится 0,804 г или $0,804/98 = 0,0082$ моль* серной кислоты, а в 100 г раствора **II** 0,393 г или $0,393/40 = 0,0098$ моль гидроксида натрия.

Серная кислота реагирует с равным количеством щелочи с образованием кислой соли, которая с избытком щелочи дает соль среднюю.

До реакции, моль 0,0082 0,0098 0,0082 0,0016
 $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaHSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$; $\text{NaHSO}_4 + \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$.

После реакции, моль 0 0,0016 0,0082 0,0066 0 0,0016

В результате в растворе **III** содержатся 0,0016 моль Na_2SO_4 и 0,0066 моль NaHSO_4 . Масса раствора составляет $100+100 = 200$ г.

Масса Na_2SO_4 в растворе **III** $0,0016 \cdot 142 = 0,227$ г, массовая доля $0,227/200 = 0,00114$ или 0,114 %.

Масса NaHSO_4 в растворе **III** $0,0066 \cdot 120 = 0,792$ г, массовая доля $0,792/200 = 0,00396$ или 0,396 %.

*Можно проводить вычисления масс образовавшихся веществ и через пропорции.

7. $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ – нитрат свинца, $\text{Ba}(\text{HSO}_3)_2$ – гидросульфит бария, Al_2S_3 – сульфид алюминия, $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$ – гидроксокарбонат меди.

8. $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{PbSO}_4 \downarrow + 2\text{HNO}_3$; $2\text{NaOH} + \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{Pb}(\text{OH})_2 \downarrow + 2\text{NaNO}_3$;

$2\text{NaOH} + \text{Ba}(\text{HSO}_3)_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{BaSO}_3 \downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$ (нейтрализация);

$\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Ba}(\text{HSO}_3)_2 \rightarrow \text{BaSO}_4 \downarrow + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{SO}_2 \uparrow$; $3\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Al}_2\text{S}_3 \rightarrow \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{H}_2\text{S} \uparrow$;

$8\text{NaOH} + \text{Al}_2\text{S}_3_{\text{тв.}} \rightarrow 3\text{Na}_2\text{S}_{\text{р-р}} + 2\text{NaAl}(\text{OH})_4_{\text{р-р}}$;

$2\text{NaOH} + (\text{CuOH})_2\text{CO}_3_{\text{зел. тв.}} \rightarrow 2\text{Cu}(\text{OH})_2_{\text{голуб. н/р}} + \text{Na}_2\text{CO}_3$;

$2\text{H}_2\text{SO}_4_{\text{бесцв. р-р}} + (\text{CuOH})_2\text{CO}_3_{\text{зел. тв.}} = 2\text{CuSO}_4_{\text{голуб. р-р}} + \text{CO}_2 \uparrow + 3\text{H}_2\text{O}$ (нейтрализация).

Система оценивания:

1. Формулы кислоты и щелочи по 0,5 б.	$0,5+0,5 = 1 \text{ б.}$
2. Массовые доли кислоты и щелочи в растворах I и II по 3 б.	$3+3 = 6 \text{ б.}$
3. Массовая доля кислорода больше в растворе I 1 б., подтверждение расчетом 2 б. (грубый, но верный расчет с ответом «одинакова» 1 б.).	$1+2 = 3 \text{ б.}$
4. Уравнения реакций по 1 б., названия по 0,5 б.	$1 \times 2 + 0,5 \times 2 = 3 \text{ б.}$
5. Массовые доли кислоты и щелочи в растворах Ia и IIa по 1 б.	$1+1 = 2 \text{ б.}$
6. Верные вещества в растворе 2 б. (только эти 2 вместе; за одно из них или за любое другое сочетание солей с кислотой или со щелочью баллы не ставятся), их массовые доли по 2 б.	$2+2 \times 2 = 6 \text{ б.}$
7. Названия веществ по 0,5 б.	$0,5 \times 4 = 2 \text{ б.}$
8. Уравнения реакций по 1 б., верные признаки для каждой из реакций по 0,5 б. (в реакции $\text{NaOH} + \text{Al}_2\text{S}_3$ оценивается отсутствие признаков), верные указания на реакции нейтрализации по 1 б. (неверные – штраф минус 1 б, но в целом за этот вопрос не меньше 0 б.).	$1 \times 8 = 8 \text{ б.}$ $0,5 \times 8 + 1 \times 2 = 6 \text{ б.}$
Всего	37 баллов

Задача 3. (авторы Н.В. Рубан, В.А. Емельянов).

1. Поскольку А – наиболее распространенный металл в земной коре, делаем вывод о том, что металл А – алюминий, а его оксид – Al_2O_3 . К тому же выводу можно прийти на основании расчета.

Так как А – трехвалентный элемент, его оксид имеет состав A_2O_3 . Составим уравнение:

$$3 \cdot 16 / (2M_A + 3 \cdot 16) = 0,47, \text{ откуда } M_A = 27, \text{ т. е. металл А – алюминий, а его оксид – } Al_2O_3.$$

2. Уравнения реакций: $2Al + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2 \uparrow$ [1]; $Al_2O_3 + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2O$ [2];

$8Al + 30HNO_3 = 8Al(NO_3)_3 + 3NH_4NO_3 + 9H_2O$ [3] (засчитывается N_2, N_2O, NO);

$Al_2O_3 + 6HNO_3 = 2Al(NO_3)_3 + 3H_2O$ [4]; $2Al + 2NaOH + 6H_2O = 2Na[Al(OH)_4] + 3H_2 \uparrow$ [5];

$2NaOH + 3H_2O + Al_2O_3 = 2Na[Al(OH)_4]$ [6]; $2Al + 6NaOH \xrightarrow{t, ^\circ C} 2Na_3AlO_3$ (можно $NaAlO_2$) + $3H_2 \uparrow$ [7];

$Al_2O_3 + 6NaOH \xrightarrow{t, ^\circ C} 2Na_3AlO_3 + 3H_2O$ (можно $NaAlO_2$) [8]; $2Al + 6H_2O = 2Al(OH)_3 + 3H_2 \uparrow$ [9].

3. Алюминий не взаимодействует с концентрированными азотной и серной кислотами.

Амальгамами называются сплавы ртути (как твердые, так и жидкие) с другими металлами.

Чтобы увидеть реакцию алюминия с водой, необходимо нарушить оксидную пленку без доступа воздуха, защитив поверхность амальгамой. Для этого нужно лишь поскрести или поцарапать кусочки алюминия под слоем ртути, а уже затем поместить их в воду.

4. Метод получения металлов из их оксидов путем восстановления оксидов алюминием носит название алюмотермия (в некоторых источниках – алюминотермия).



Тепловой эффект химической реакции рассчитывается по формуле:

$Q_{x.p.} = Q_{обр. \text{продуктов}} - Q_{обр. \text{реагентов}}$, с учетом стехиометрических коэффициентов.

Теплоты образований простых веществ по определению равны нулю, тогда:

$$Q_{x.p.} = 4Q(обр. Al_2O_3) - 3Q(обр. Fe_3O_4) = 4 \cdot 1676 - 3 \cdot 1120 = 3344 \text{ кДж/моль.}$$

5. Представим формулу оксида как M_2O_n , где n – степень окисления металла в оксиде. Составим уравнение: $16n / (2M_M + 16n) = 0,316$, откуда $M_M = 17,3n$. Единственное разумное решение получаем при n = 3, $M_M = 52$, металл – хром, оксид – Cr_2O_3 .

6. Аммонийная соль $(NH_4)_2Cr_2O_7$ является солью кислоты $H_2Cr_2O_7$, «отняв» от которой молекулу H_2O , мы получим удвоенную формулу оксида хрома (+6) CrO_3 .

Уравнения реакций: $2CrO_3 + H_2O \rightarrow H_2Cr_2O_7$ [11]; $H_2Cr_2O_7 + 2NH_3 \rightarrow (NH_4)_2Cr_2O_7$ [12];

$(NH_4)_2Cr_2O_7 \xrightarrow{t, ^\circ C} N_2 \uparrow + 4H_2O \uparrow + Cr_2O_3$ [13].

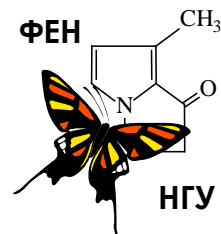
7. Описанный в задаче красный драгоценный камень называется «рубин».

Система оценивания:

1. Алюминий 2 б., Al_2O_3 1 б.	2+1 = 3 б.
2. Уравнения реакций [1]-[9] по 1 б.	1×9 = 9 б.
3. Примеры двух кислот по 1 б., амальгама 1 б., процесс 1 б.	1×2+1+1 = 4 б.
4. Уравнение реакции 1 б, тепловой эффект 2 б, алюмотермия 1 б	1+2+1 = 4 б.
5. Хром 2 б., Cr_2O_3 2 б.	2+2 = 4 б.
6. Уравнения реакций [11]-[13] по 1 б.	1×3 = 3 б.
7. Рубин 1 б.	1 б.
Всего	28 баллов



57-я Всесибирская открытая олимпиада школьников
Первый отборочный этап 2018-2019 уч. года
Решения заданий по химии
8 класс



Задача 1. (автор В.А. Емельянов).

1. Силиций* – кремний, сульфур – сера, карбонеум – углерод, фосфорус – фосфор, калиум – калий, хлорум – хлор, аурум – золото, купрум – медь, феррум – железо, нитрогениум – азот, плюмбум – свинец, гидрогениум – водород.

*Латинское название засчитывается только при полном совпадении всех букв. Если совпадение не полное, то засчитывается только русское название.

2. Символы металлов: К, Au, Cu, Fe, Pb.

3. Для каждого из неметаллов существует несколько соединений с кислородом, любое из которых засчитывается за правильный ответ: SiO, SiO₂, S₂O, SO₂, SO₃, CO, CO₂, P₄O₆ (P₂O₃), P₄O₁₀ (P₂O₅), Cl₂O, ClO₂, ClO₃ (Cl₂O₆), Cl₂O₇, N₂O, NO, N₂O₃, NO₂ (N₂O₄), N₂O₅, H₂O, H₂O₂.

С	И	О	К	С	Е	Н	М	И	Ф
И	Л	М	С	И	Г	И	У	Д	Р
Ц	И	У	У	Л	М	У	И	Ц	О
Е	Н	У	Ф	Б	У	Б	М	Е	Г
У	О	Р	К	М	М	Ш	Ю	Л	Н
М	Б	Р	А	У	Р	И	О	Г	Е
Ф	Р	У	С	Х	У	Г	Р	И	Н
О	О	А	К	Л	А	У	К	У	М
С	Ф	Л	М	О	М	Ш	Р	Р	Е
М	У	И	У	Р	У	Р	У	М	Ф

Система оценивания:

1. Латинские названия по 1 б., русские по 0,5 б.	$(1+0,5) \times 12 = 18$ б.
2. Символы металлов по 0,5 б. (неверное отнесение к металлам – штраф минус 0,5 балла, но в целом за пункт 2 не меньше нуля баллов)	$0,5 \times 5 = 2,5$ б.
3. Символы неметаллов (кроме кислорода) по 0,5 б. (неверное отнесение к неметаллам – штраф минус 0,5 балла), верные формулы соединений с кислородом по 1 б. за одно соединение для каждого неметалла. (Если для одного неметалла приведено несколько формул, то оценивается первая из них).	$0,5 \times 7 = 3,5$ б. $1 \times 7 = 7$ б.
Всего	31 балл

Задача 2. (автор В.А. Емельянов).

1. Серная кислота - H₂SO₄, натриевая щелочь - NaOH.

2. Пусть на 1 молекулу H₂SO₄ в растворе I приходится n молекул H₂O. Тогда $2n+2 = n+4$, откуда n = 2, т.е. на 1 молекулу H₂SO₄ в растворе I приходится 2 молекулы H₂O.

Тогда массовая доля серной кислоты в растворе I $\omega = 98/(98+2 \cdot 18) = 0,731$ или 73,1 %.

Пусть на 1 молекулу NaOH в растворе II приходится m молекул H₂O. Тогда $2m+1 = 1,8(m+1)$, откуда m = 4, т.е. на 1 молекулу NaOH в растворе II приходится 4 молекулы H₂O.

Тогда массовая доля гидроксида натрия в растворе II $\omega = 40/(40+4 \cdot 18) = 0,357$ или 35,7 %.

3. Итак, состав раствора I H₂SO₄·2H₂O, т.е. его можно представить «брутто-формулой» H₆SO₆. Массовая доля элемента кислорода в растворе I $\omega_O = 6 \cdot 16 / (6 \cdot 1 + 32 + 6 \cdot 16) = 0,7164$ или 71,64 %.

Состав раствора II NaOH·4H₂O, а его «брутто-формула» H₉NaO₅. Массовая доля элемента кислорода в растворе II $\omega_O = 5 \cdot 16 / (9 \cdot 1 + 23 + 5 \cdot 16) = 0,7143$ или 71,43 %.

Таким образом, массовая доля элемента кислорода оказалась больше в растворе I.

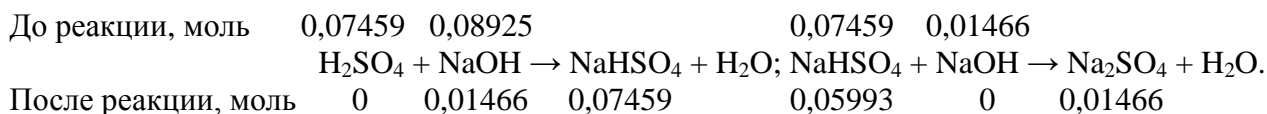
4. HNO₃ (азотная кислота) + KOH → KNO₃ (нитрат калия) + H₂O.

5. Массовые доли кислоты и щелочи, содержащихся в растворах **Ia** и **IIa**, будут составлять 0,1 от их массовых долей в исходных растворах: $\omega_a = \omega \cdot 30 / (30 + 270) = 0,1\omega$.

То есть, массовая доля серной кислоты в растворе **Ia** $\omega_a = 0,1 \cdot 0,731 = 0,0731$ или 7,31 %, а массовая доля гидроксида натрия в растворе **IIa** $\omega = 0,1 \cdot 0,357 = 0,0357$ или 3,57 %.

6. В 100 г раствора **Ia** содержится 7,31 г или $7,31/98 = 0,07459$ моль* серной кислоты, а в 100 г раствора **II** 3,57 г или $3,57/40 = 0,08925$ моль гидроксида натрия.

Серная кислота реагирует с равным количеством щелочи с образованием кислой соли, которая с избытком щелочи дает соль среднюю.

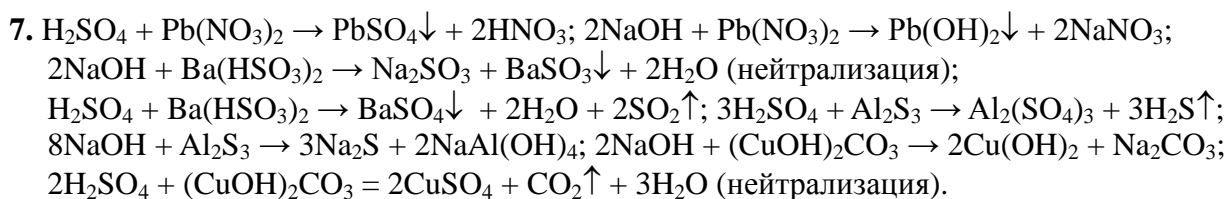


В результате в растворе **III** содержатся 0,01466 моль Na_2SO_4 и 0,05993 моль NaHSO_4 . Масса раствора составляет $100 + 100 = 200$ г.

Масса Na_2SO_4 в растворе **III** $0,01466 \cdot 142 = 2,082$ г, массовая доля $2,082/200 = 0,01041$ или 1,04 %.

Масса NaHSO_4 в растворе **III** $0,05993 \cdot 120 = 7,192$ г, массовая доля $7,192/200 = 0,03596$ или 3,6 %.

*Можно проводить вычисления масс образовавшихся веществ и через пропорции.

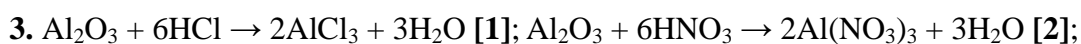
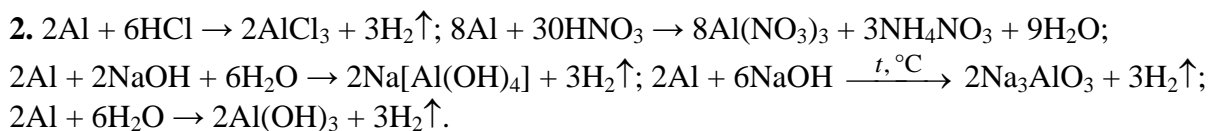


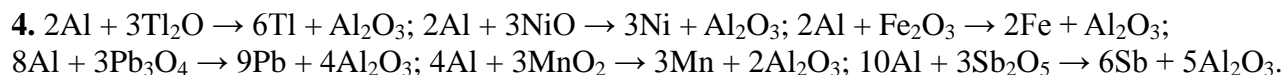
Система оценивания:

1. Формулы кислоты и щелочи по 0,5 б.	0,5+0,5 = 1 б.
2. Массовые доли кислоты и щелочи в растворах I и II по 4 б.	4+4 = 8 б.
3. Массовая доля кислорода больше в растворе I 1 б., подтверждение расчетом 3 б. (грубый, но верный расчет с ответом «одинакова» 2 б.).	1+3 = 4 б.
4. Уравнение реакции 1 б., названия по 0,5 б.	1+0,5*2 = 2 б.
5. Массовые доли кислоты и щелочи в растворах Ia и IIa по 1 б. (неверный ответ, но в 10 раз меньше, чем в исходных по 0,5 б.).	1+1 = 2 б.
6. Верные вещества в растворе 4 б. (только эти 2 вместе; за одно из них или за любое другое сочетание солей с кислотой или со щелочью баллы не ставятся), их массовые доли по 3 б.	4+3*2 = 10 б.
7. Коэффициенты в уравнениях реакций по 0,5 б., верные указания на осадки по 0,5 б. (неверные – штраф минус 0,5 б), верные указания на реакции нейтрализации по 1 б. (неверное – штраф минус 1 б, но в целом за каждый из вопросов не меньше 0 б.).	0,5*8 = 4 б. 0,5*4+1*2 = 4 б.
Всего	35 баллов

Задача 3. (авторы Н.В. Рубан, В.А. Емельянов).

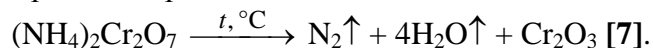
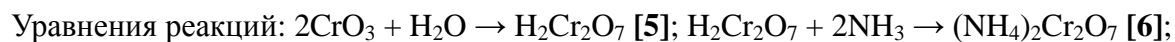
1. Поскольку **A** – наиболее распространенный металл в земной коре, делаем вывод о том, что металл **A** – алюминий, а его оксид – Al_2O_3 . К тому же выводу можно прийти на основании расчета. Так как **A** – трехвалентный элемент, его оксид имеет состав A_2O_3 . Составим уравнение: $3 \cdot 16 / (2M_A + 3 \cdot 16) = 0,47$, откуда $M_A = 27$, т. е. металл **A** – алюминий, а его оксид – Al_2O_3 .





5. Представим формулу оксида как M_2O_n , где n – степень окисления металла в оксиде. Составим уравнение: $16n/(2M_M + 16n) = 0,316$, откуда $M_M = 17,3n$. Единственное разумное решение получаем при $n = 3$, $M_M = 52$, металл – хром, оксид – Cr_2O_3 .

6. Аммонийная соль $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ является солью кислоты $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, «отняв» от которой молекулу H_2O , мы получим удвоенную формулу оксида хрома (+6) Cr_2O_3 .



7. Описанный в задаче красный драгоценный камень называется «рубин».

Система оценивания:

1. Алюминий 2 б., Al_2O_3 2 б.	2+2 = 4 б.
2. Коэффициенты в уравнениях реакций* по 1 б.	1×5 = 5 б.
3. Уравнения реакций [1]-[4]* по 2 б.	2×4 = 8 б.
4. Уравнения реакций алюминия с оксидами* по 1 б.	1×6 = 6 б.
5. Хром 2 б., Cr_2O_3 2 б.	2+2 = 4 б.
6. Уравнения реакций [5]-[7]* по 2 б.	2×3 = 6 б.
7. Рубин 1 б.	1 б.
Всего	34 балла
*Верные коэффициенты и уравнения реакций в пунктах 2, 3, 4, 6 засчитываются за полный балл, если алюминий и хром не установлены, а в уравнениях фигурируют буквы А и М или неверные символы элементов.	