

**Министерство образования и науки РТ
Казанский федеральный университет**

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады
школьников по химии 2018–2019 гг.
Решения**

Инструкция для жюри

Жирным шрифтом выделены правильные ответы, за которые начисляются баллы, и разбалловка.

Во многих расчетных задачах оцениваются промежуточные шаги. Школьник может решать задачу не так, как в авторском решении, при этом, если он получил верный конечный ответ, решение должно быть оценено полным баллом как за этот ответ, так и за все шаги, ведущие к нему в авторском решении.

В многоступенчатых расчетных задачах за одну чисто арифметическую ошибку, приведшую к численно неверному ответу, суммарный балл за весь расчет не должен снижаться более чем наполовину.

Уравнения реакций с неверными или отсутствующими коэффициентами, как правило, оцениваются в половину от максимального количества баллов, а в тех случаях, когда уравнения без коэффициентов приведены в самом условии, в 0 баллов.

Школьники могут использовать при решении как округленные до целого числа, так и точные (1–3 знака после запятой) атомные массы элементов. В последнем случае ответ может содержать больше значащих цифр, чем приведено в данном решении.

При проверке работ одну и ту же задачу у всех участников должен проверять один человек.

Максимальный балл за каждую задачу различен и указан в конце решения. Максимальный балл за все задачи в 8 классе 36 баллов, в 9 классе 47 баллов, в 10 классе 47 баллов, в 11 классе 45 баллов.

8 класс

Задание 1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
б	в	в	а	г	а	в	б	г	а

По 1 баллу за правильный ответ. Если на вопрос указано более одного варианта, среди которых есть верный, 0 баллов.

Всего максимум 10 баллов.

Задание 2.

А – 47, Б – 1869, В – 35, Г – 6, Д – 137, Е – 96485, Ж – 117, З – 1,95 или 1,96, И – 314, Й – 108, К – 273, Л – 0,5, М – 14, Н – 1000, О – 4,18.

По 0,5 балла за каждый верный ответ, кроме вопросов З, И и Л, за верные ответы на которые по 1 баллу.

Всего максимум 9 баллов.

Задание 3.

1. В обоих соединениях M⁺³, L⁺⁶ и O⁻² (по 0,5 балла за верную степень окисления каждого элемента в каждом из соединений, всего 3 балла)

2. Пусть молярная масса элемента M равна a , а элемента L – b . Тогда для массовых долей M и L в соединениях M₂(LO₄)₃ и M₂(L₂O₇)₃ можно записать выражения:

$$\frac{2a}{2a+3b+16\cdot 12} = 0,4037$$

$$\frac{6b}{2a+6b+16\cdot 21} = 0,4655$$

Решая совместно эти два уравнения с двумя неизвестными величинами a и b , находим, что $a = 162,5$ г/моль, а $b = 96$ г/моль. Следовательно элемент M – диспрозий (2 балла), L – молибден (2 балла), а соединения M₂(LO₄)₃ и M₂(L₂O₇)₃ – Dy₂(MoO₄)₃ и Dy₂(Mo₂O₇)₃.

3. Dy₂(MoO₄)₃ + 3H₂SO₄ = 3H₂MoO₄ + Dy₂(SO₄)₃ (2 балла, засчитываются также продукты MoO₃ + H₂O, MoO₃·nH₂O)

Всего максимум 9 баллов.

Задание 4.

Из 500 г добавленной фруктозы часть растворилась, а часть выпала в осадок. При этом образовался насыщенный раствор. Масса исходного раствора равна:

$$m(p-pa) = 200 \cdot 1,12 = 224 \text{ г},$$

а масса полученного насыщенного раствора фруктозы:

$$m(\text{нас. } p-pa) = 224 + 500 - 85,6 = \mathbf{638,4 \text{ г (1 балл)}}$$

Масса фруктозы в насыщенном растворе:

$$m(\text{фруктозы}) = 224 \cdot 0,4 + 500 - 85,6 = \mathbf{504 \text{ г (1 балл)}}$$

Следовательно, её массовая доля:

$$\omega(\text{фруктозы}) = \frac{504}{638,4} \cdot 100\% = \mathbf{78,9 \% (2 балла)}$$

Объем насыщенного раствора можно найти из отношения массы раствора к его плотности:

$$V(\text{нас. } p-pa) = \frac{638,4}{1,41} = \mathbf{452,8 \text{ мл (1 балл)}}$$

Количество фруктозы в растворе составляет:

$$v(\text{фруктозы}) = \frac{504}{180} = \mathbf{2,8 \text{ моль (1 балл)}}$$

Концентрация насыщенного раствора:

$$C(\text{нас. } p-pa) = \frac{2,8 \cdot 1000}{452,8} = \mathbf{6,18 \text{ M (2 балла)}}$$

Всего максимум 8 баллов.

9 класс

Задание 1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
а	б	а	г	в	в	б	б	а	г

По 1 баллу за правильный ответ. Если на вопрос указано более одного варианта, среди которых есть верный, 0 баллов.

Всего максимум 10 баллов.

Задание 2.

1. $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ + 6\text{Fe}^{2+} = 6\text{Fe}^{3+} + 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$ (1 балл)
2. $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 6\text{FeSO}_4 + 7\text{H}_2\text{SO}_4 = 3\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 7\text{H}_2\text{O}$ (1 балл, за верную реакцию без коэффициентов 0,5 балла)

3. Найдем количество дихромата калия, пошедшего на титрование:

$v(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = \frac{0,0275 \times 5,94}{1000} = 1,63 \cdot 10^{-4}$ моль, отсюда масса сульфата железа в 2 г насыщенного раствора: $m(\text{FeSO}_4) = 1,63 \cdot 10^{-4} \cdot 6 \cdot 152 = 0,149$ г и массовая доля равна $\omega(\text{FeSO}_4) = \frac{0,149}{2,00} \cdot 100\% = 7,5\%$ (2 балла)

4. Найдем массу раствора после выпадения осадка:

$$m(p-pa) = 100 + 48,81 - 79,87 = 68,94 \text{ г.}$$

Содержание FeSO_4 в этом растворе:

$$m_o(\text{FeSO}_4) = 68,94 \cdot 0,075 = 5,17 \text{ г.}$$

Тогда в кристаллогидрате масса сульфата железа:

$$m_{kp}(\text{FeSO}_4) = 48,81 - 5,17 = 43,64 \text{ г.}$$

Остальная масса осадка приходится на воду: $m(\text{H}_2\text{O}) = 79,34 - 43,64 = 35,7$ г.

Отношение $\text{FeSO}_4 : \text{H}_2\text{O} = \frac{43,6}{152} : \frac{35,7}{18} = 0,144$ = 1:7, следовательно, формула кристаллогидрата – $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (3 балла)

5. В растворе находится 5,17 г сульфата железа или при пересчете на кристаллогидрат: $m(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O})_{p-p} = \frac{5,17 \cdot 278}{152} = 9,46 \text{ г.}$

Масса кристаллизационной воды $m_{kp}(\text{H}_2\text{O}) = 9,46 - 5,17 = 4,29$ г. Масса воды как растворителя $m(\text{H}_2\text{O}) = 68,94 - 9,46 = 59,48$ г. Отсюда вычислим растворимость в 100 г воды:

$$m(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O})_{100g} = \frac{100 \cdot 9,46}{59,48} = 15,9 \text{ г на 100 г воды (3 балла)}$$

Всего максимум 10 баллов.

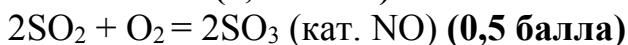
Задание 3.

- 1) Молярная масса **В** ровно в 2 раза больше молярной массы **Б**. Учитывая, что **Б** – простое газообразное вещество, следует предположить, что речь идет о

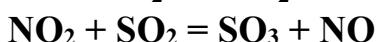
реакции кислорода и серы. Тогда А – S (1 балл), Б – O₂ (1 балл), В – SO₂ (1 балл).

Молярная масса Г равна $M(\Gamma) = 32 \cdot (1 - 0,0625) = 30$ г/моль. Газ с такой молярной массой – оксид азота (II). Таким образом, Г – NO (1 балл). Найдем молярную массу Ж : $M(Ж) = 64 \cdot 1,25 = 80$ г/моль, Ж – SO₃ (1 балл). Определим массу К, взаимодействующую с 1 молем SO₃: $m(К) = 80 / 0,82 = 98$ г/моль. Кислота К – H₂SO₄ (1 балл), а K₁ – пиросерная кислота H₂S₂O₇ (1 балл).

2. Уравнения реакций:

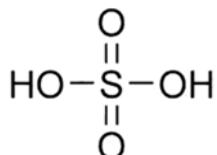


3. Оксид азота(II) реагирует с кислородом воздуха, образуя сильный окислитель оксид азота (IV), который реагирует с оксидом серы (II). В этой реакции образуется оксид серы (VI) и вновь выделяется оксид азота (II).

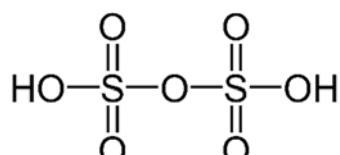


(За каждую реакцию по 0,5 балла)

4.



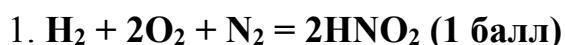
K (0,5 балла)



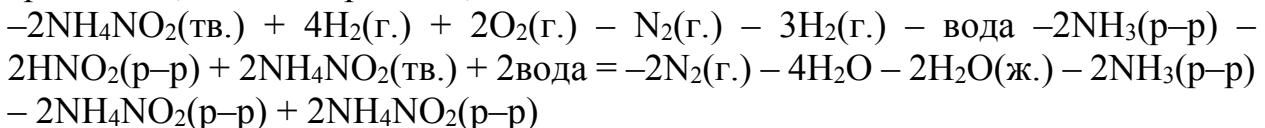
K₁ (0,5 балла)

Всего максимум 11 баллов.

Задание 4.



3. Проще всего получить уравнение реакции образования HNO₂(р–р) путем сложения или вычитания приведенных реакций с некоторыми коэффициентами, при этом ее энталпия будет равна сумме энталпий этих реакций с соответствующими коэффициентами. Искомая реакция записывается как H₂ + 2O₂ + N₂ + вода = 2HNO₂ (р–р). Можно убедиться, что для первой реакции нужно использовать коэффициент –2, для второй 2, для третьей –1, для четвертой –2, для пятой 2:



Сокращая и перенося вещества с отрицательным коэффициентом в другую часть уравнения, получаем уравнение H₂ + 2O₂ + N₂ + вода = 2HNO₂ (р–р).

Отсюда выражение для энталпии образования 1 моля азотистой кислоты в растворе:

$$\Delta H(HNO_2(p-p)) = -\Delta H_1 + \Delta H_2 - 0,5\Delta H_3 - \Delta H_4 + \Delta H_5 \text{ (3 балла)}$$

$$4. \Delta H(HNO_2(p-p)) = -120,25 \text{ кДж}\cdot\text{моль}^{-1} \text{ (2 балла)}$$

Всего максимум 7 баллов.

Задание 5.

А – 47, Б – 1869, В – 35, Г – 6, Д – 137, Е – 96485, Ж – 117, З – 1,95 или 1,96, И – 314, Й – 108, К – 273, Л – 0,5, М – 14, Н – 1000, О – 4,18.

По 0,5 балла за каждый верный ответ, кроме вопросов З, И и Л, за верные ответы на которые по 1 баллу.

Всего максимум 9 баллов.

10 класс

Задание 1.

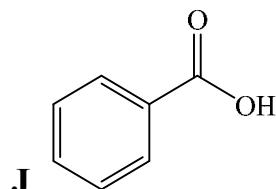
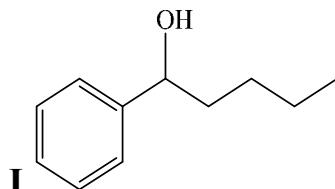
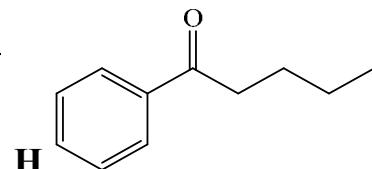
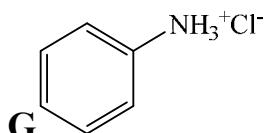
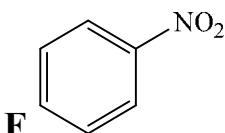
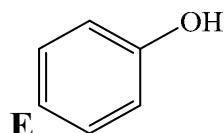
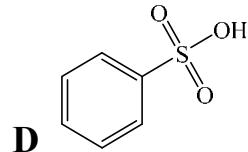
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Г	В	б	а	в	а	б	а	а	г

По 1 баллу за правильный ответ. Если на вопрос указано более одного варианта, среди которых есть верный, 0 баллов.

Всего максимум 10 баллов.

Задание 2.

Получение бензола реакций с активированным углем указывает на то, что **В** – ацетилен, тогда **А** – карбид некоторого металла. Так как массовые доли углерода и металла равны, то неизвестный металл – магний. Таким образом:



За каждую верную структуру по 1 баллу.

Всего максимум 10 баллов.

Задание 3.

- Следует предположим, что **Ж** – оксид, получаемый разложением гидроксида. Пусть его формула X₂O_n, где *n* – целое число, а **Х** – неизвестный элемент. Поскольку дана массовая доля кислорода в соединении, молярную

массу неизвестного элемента можно выразить как $M(X) = \frac{8n}{0,3006} - 8n$.
Перебирая различные n , ищем элементы с близким значением атомной массы:

	n							
	1	2	3	4	5	6	7	8
$M(X)$	18.6	37.2	55.8	74.5	93.1	111.7	130.3	148.9
	—	—	Fe	As	Nb	—	—	Sm

Однако с учетом степени окисления и красной окраски оксида очевидно, что **Ж – Fe₂O₃ (0,5 балла)**. Тогда вероятно, что **А – Fe (0,5 балла)**, а **Б – Fe₃O₄ (1 балл)**.

Fe₃O₄ – смешанный оксид железа (II) и железа (III). Значит **В** и **Г** – хлориды железа (II) и (III), с учетом образования Fe₂O₃ из **В** **В – FeCl₃ (0,5 балла)**, **Г – FeCl₂ (0,5 балла)**, **Д – Fe(OH)₃ (0,5 балла)**, **Е – Fe(OH)₂ (0,5 балла)**. Если участник указал для **В** и **Г** верные формулы с кристаллизационной водой, то этот ответ также оценивается как верный.

2. Хлориды железа могут кристаллизоваться в виде кристаллогидратов. Пусть их формулы FeCl₃· n H₂O и FeCl₂· m H₂O, тогда можно записать:

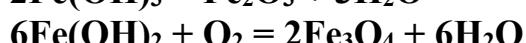
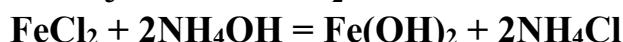
$$0,3552 = \frac{16n}{162,5 + 18n}.$$

Отсюда $n = 6$, следовательно, формула кристаллогидрата **В – FeCl₃·6H₂O (1,5 балла)**.

Аналогично для m :

$$0,3219 = \frac{16m}{127 + 18m}.$$

$m = 4$, следовательно, формула кристаллогидрата **Г – FeCl₂·4H₂O (1,5 балла)**.



По 0,5 балла за каждую реакцию.

Всего максимум 11 баллов.

Задание 4.

1. Запишем уравнение протекающего перехода:



$\Delta H = 7 \cdot 260,0 - 7/8 \cdot 8 \cdot 263,3 = -23,1 \text{ кДж/моль}$ (2 балла. Если получен ответ +23,1, то 1 балл).

$$2. [S_8] = \frac{0,9892}{8 \cdot 32} = 3,86 \cdot 10^{-3} \text{ М (1 балл).}$$

$$[S_7] = \frac{0,0076}{7 \cdot 32} = 3,39 \cdot 10^{-5} \text{ М (1 балл).}$$

$$3. K = \frac{[S_8]^7}{[S_7]^8} (1,5 \text{ балла, также засчитывается } K = \frac{[S_8]^{7/8}}{[S_7]})$$

При 298К константа равна:

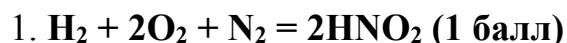
$$K = \frac{(3,86 \cdot 10^{-3})^7}{(3,39 \cdot 10^{-5})^8} = 7,32 \cdot 10^{18} (1,5 \text{ балла, также засчитывается } K = 228).$$

$$4. \Delta G = -8,314 \cdot 298 \cdot \ln(7,32 \cdot 10^{18}) / 8 / 1000 = -13,45 \text{ кДж (1 балл)}$$

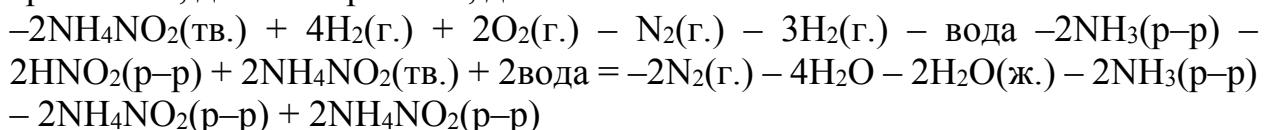
$$\Delta S = \frac{\Delta H - \Delta G}{T} = \frac{-23,1 + 13,45}{298} \cdot 1000 = -32 \text{ Дж (1 балл)}$$

Всего максимум 9 баллов.

Задание 5.



3. Проще всего получить уравнение реакции образования $\text{HNO}_2(\text{р-р})$ путем сложения или вычитания приведенных реакций с некоторыми коэффициентами, при этом ее энталпия будет равна сумме энталпий этих реакций с соответствующими коэффициентами. Искомая реакция записывается как $\text{H}_2 + 2\text{O}_2 + \text{N}_2 + \text{вода} = 2\text{HNO}_2$ (р-р). Можно убедиться, что для первой реакции нужно использовать коэффициент -2 , для второй 2 , для третьей -1 , для четвертой -2 , для пятой 2 :



Сокращая и перенося вещества с отрицательным коэффициентом в другую часть уравнения, получаем уравнение $\text{H}_2 + 2\text{O}_2 + \text{N}_2 + \text{вода} = 2\text{HNO}_2$ (р-р).

Отсюда выражение для энталпии образования 1 моля азотистой кислоты в растворе:

$$\Delta H(\text{HNO}_2(\text{р-р})) = -\Delta H_1 + \Delta H_2 - 0,5\Delta H_3 - \Delta H_4 + \Delta H_5 \text{ (3 балла)}$$

$$4. \Delta H(\text{HNO}_2(\text{р-р})) = -120,25 \text{ кДж} \cdot \text{моль}^{-1} \text{ (2 балла)}$$

Всего максимум 7 баллов.

11 класс

Задание 1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
в	а	в	б	г	г	г	б	а	г

По 1 баллу за правильный ответ. Если на вопрос указано более одного варианта, среди которых есть верный, 0 баллов.

Всего максимум 10 баллов.

Задание 2.

1. **α-частица или ядро гелия, позитрон, гамма-квант или гамма-частица или фотон, нейтрино или электронное нейтрино. По 0,25 балла за каждое верное название.**

2. Масса Солнца равна:

$$m = \rho \cdot V = \rho \cdot \frac{4\pi r^3}{3} = 1,408 \cdot \frac{4 \cdot 3,14 \cdot (1,392 \cdot 10^{11})^3}{8 \cdot 3} = 1,988 \cdot 10^{33} \text{ г (или } 1,988 \cdot 10^{30} \text{ кг, } 1,988 \cdot 10^{27} \text{ т) (2 балла)}$$

3. Найдем энергию, которая выделяется из 1 моль ядер водорода:

$$E_1 = \frac{26,72 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^6 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}}{4} = 6,43 \cdot 10^{11} \text{ Дж/моль}$$

Далее находим количество водорода и его массу:

$$v(H_2) = \frac{3,846 \cdot 10^{26}}{6,43 \cdot 10^{11}} = 5,98 \cdot 10^{14} \text{ моль}$$

$$m(H_2) = 5,998 \cdot 10^{14} \cdot 1 = 5,98 \cdot 10^{14} \text{ г (2 балла)}$$

4. Найдем массу водорода в Солнце время, за которое он распадется:

$$m(H_2)_c = \omega(H_2) \cdot m = 0,7346 \cdot 1,988 \cdot 10^{33} = 1,460 \cdot 10^{33} \text{ г (1 балл)}$$

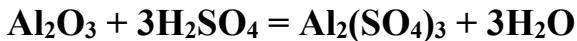
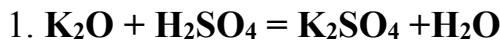
$$t = \frac{1,460 \cdot 10^{33}}{5,98 \cdot 10^{14}} = 2,434 \cdot 10^{18} \text{ с (1 балл)} = 7,74 \cdot 10^{10} \text{ лет (1 балл за верный пересчет в года)}$$

5. На Землю попадает доля излучения Солнца, приблизительно равная отношению площади поперечного сечения Земли к площади поверхности сферы с радиусом в земную орбиту: $\frac{\pi r_3^2}{4\pi R^2}$. Считая, что это излучение

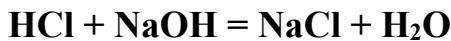
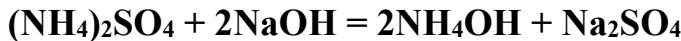
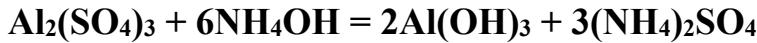
равномерно распределяется по земной поверхности площадью $4\pi r_3^2$, получаем, что средняя мощность $W = \frac{E}{16\pi R^2} = \frac{3,846 \cdot 10^{26}}{16 \cdot 3,14 \cdot (1,496 \cdot 10^{11})^2} = 342 \text{ Дж} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{м}^{-2}$ (2 балла)

Всего максимум 10 баллов.

Задание 3.



(1 балл, если все 3 реакции записаны верно, либо записана одна суммарная реакция с $x\text{K}_2\text{O}\cdot y\text{Al}_2\text{O}_3\cdot z\text{SiO}_2$)



По 0,5 балла за каждую верную реакцию.

2. Найдем массу сульфата аммония в сухом остатке по результатам обратного титрования:

$$v(\text{NaOH}) = v(\text{HCl})_{\text{избыток}} = \frac{20 \cdot 0,106}{1000} = 2,12 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$

$$v(\text{HCl})_0 = \frac{150 \cdot 0,1}{1000} = 1,50 \cdot 10^{-2} \text{ моль}$$

$$v(\text{HCl})_{\text{в реакции}} = 1,50 \cdot 10^{-2} - 2,12 \cdot 10^{-3} = 1,29 \cdot 10^{-2} \text{ моль} = v(\text{NH}_3) = 0,5 v((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4)$$

$$m((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4) = 6,44 \cdot 10^{-3} \cdot (18 \cdot 2 + 96) = 0,851 \text{ г}$$

Оставшуюся часть составляет сульфат калия массой:

$$m(\text{K}_2\text{SO}_4) = 1,136 - 0,851 = 0,285 \text{ г}$$

$$m(\text{K}_2\text{O}) = v(\text{K}_2\text{O}) \cdot M(\text{K}_2\text{O}) = v(\text{K}_2\text{SO}_4) \cdot M(\text{K}_2\text{O}) = 0,154 \text{ г (2 балла)}$$

По условию после прокаливания масса оксида алюминия масса составила 0,167 г. Она равна массе оксида алюминия в ортоклазе. Осталось определить массу оксида кремния по разности массы ортоклаза и масс оксидов калия и алюминия:

$$m(\text{SiO}_2) = 0,910 - 0,154 - 0,167 = 0,589 \text{ г. (1 балл)}$$

Отсюда массовые доли оксидов равны:

$$\omega(\text{SiO}_2) = 0,589 / 0,910 \cdot 100\% = 64,7\% \text{ (0,5 балла)}$$

$$\omega(\text{K}_2\text{O}) = 0,154 / 0,910 \cdot 100\% = 16,9\% \text{ (0,5 балла)}$$

$$\omega(\text{Al}_2\text{O}_3) = 0,167 / 0,910 \cdot 100\% = 18,4\% \text{ (0,5 балла)}$$

3. Мольное соотношение оксидов составляет

$$\text{SiO}_2 : \text{K}_2\text{O} : \text{Al}_2\text{O}_3 = 0,589 / 60 : 0,154 / 94 : 0,167 / 102 = 6 : 1 : 1 (z=6, x,y=1)$$

Следовательно, формула ортоклаза $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ или KAlSi_3O_8 (1 балл)

Всего максимум 9 баллов.

Задание 4.

1. Используя приведенные массовые доли элементов, найдем простейшие формулы неизвестных веществ:



Б – C₃H₆O

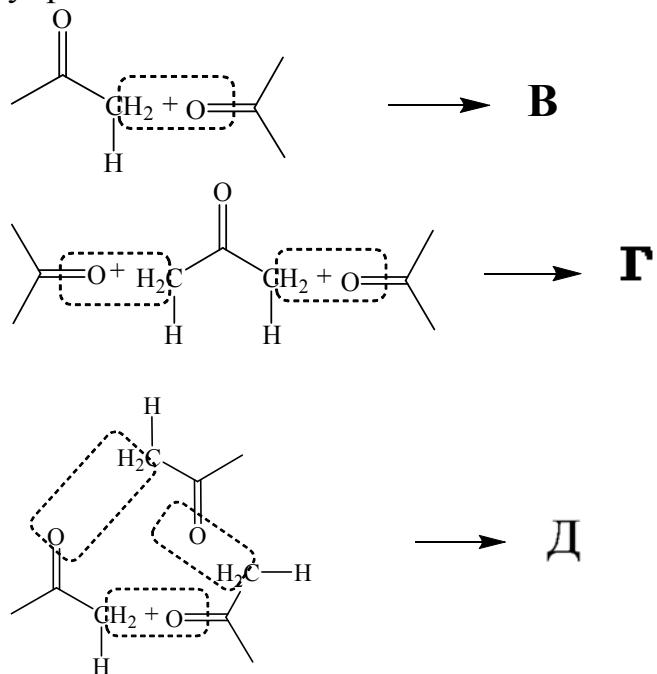
В – C₆H₁₀O

Г – C₉H₁₄O

Д – C₃H₄

Д₁ – C₃H₄

Образование А при разложении ацетатов говорит о том, что это ацетон. Б является продуктом конденсации ацетона, это так называемый диацетоновый спирт. Образование В, Г, и Д можно проиллюстрировать следующей упрощенной схемой:



Таким образом, неизвестные вещества имеют следующие брутто–формулы, структурные формулы и названия по ИЮПАК:

Вещество	Брутто–формула	Структурная формула	Название
А	C ₃ H ₆ O		Пропанон–2
Б	C ₆ H ₁₂ O ₂		4–гидрокси–4–метилпентанон–2
В	C ₆ H ₁₀ O		4–метил–3–пентен–2–он
Г	C ₉ H ₁₄ O		2,6–диметил–2,5–гептадиен–4–он

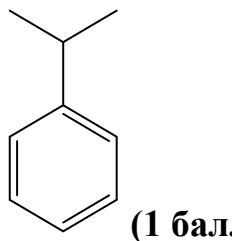
Д	C ₉ H ₁₂		1,3,5–trimетилбензол
---	--------------------------------	--	----------------------

По 0,5 балла за каждую верную брутто-формулу, структурную формулу и название каждого соединения, всего 7,5 баллов.

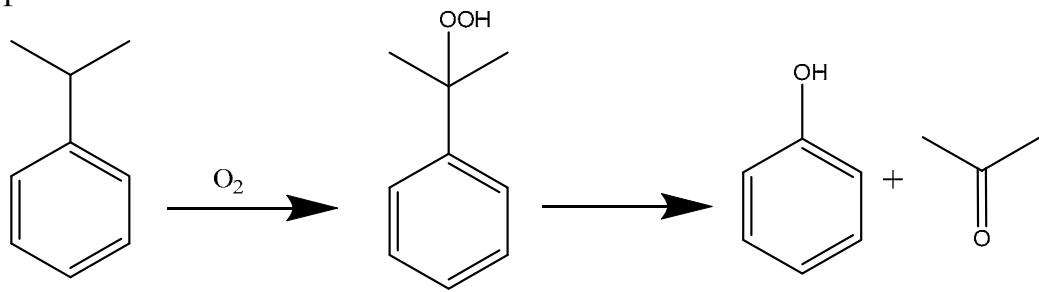
Примечание: не для всех веществ простейшие формулы и брутто-формулы совпадают. Если вместо брутто-формулы установлена только простейшая формула, дается 0,25 балла вместо 0,5.

Позиция функциональных групп в названиях может быть указана до или после сокращения самой группы, например, 2,6–диметилгепта–2,5–диенон–4 – также допустимое название.

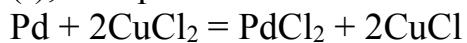
2. Речь идет о кумольном методе получения ацетона (и фенола). Исходным веществом является кумол:



Кумол окисляется кислородом до гидроперекиси, распадающейся на ацетон и фенол:



3. Сам пропен окисляется хлоридом палладия, при этом в осадок выпадает металлический палладий, который не окисляется кислородом. Соли же меди (II) могут окислять металлический палладий, восстанавливаясь до солей меди (I), который окисляются кислородом обратно до меди (II):



За верное объяснение с реакциями 1 балл, без реакций 0,5 балла.

Всего максимум 10 баллов.

Задание 5.

1. По данным о реакции с катионом бария логично предположить, что соль является **сульфатом (0,5 балла)**. Очевидно, что в задаче требовалось найти молярную концентрацию раствора соли. Если Паша изменил знаменатель, то

есть объем воды, в котором растворена соль, следует предположить, что изначально он не учел кристаллизационную воду, входящую в состав соли. Значит, искомая соль была **кристаллогидратом (0,5 балла)**, а Паша в первый раз поделил его массу на молярную массу безводной соли и на исходный объем воды и получил $2,267 \text{ M}$, во второй – на молярную массу кристаллогидрата и на тот же объем воды и получил 1 M , а затем пришел к выводу, что делить нужно на исходный объем плюс объем, занимаемый массой кристаллизационной воды. Эта сумма численно равна $1,77$ единиц объема (для простоты будем считать, что это литры). По приведенным значениям получаем, что $\nu(\text{соли}) = 0,8475M \cdot 1,77\text{l} = 1,5$ моля. Тогда в первый и второй раз Паша делил на $1,5\text{моль}/1\text{M} = 1,5\text{l}$, т.е. в $1,5$ молях соединения содержится $1770 - 1500 = 270$ г кристаллизационной воды, или 15 молей, т.е. формула соли **$\text{X} \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (1 балл)**. Пусть x – молярная масса безводной соли. Тогда:

$$2,267 = \frac{(x+180) \cdot 1,5}{1,5x}, x = 142 \text{ г/моль}, \text{ среди сульфатов это соответствует сульфату}$$

натрия. Таким образом, неизвестная соль – **$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (2 балла)**

2. Паша забыл использовать **плотность раствора (0,5 балла)**. При растворении твердых веществ происходит изменение объема раствора, который на самом деле составляет $1,5/0,8245 = 1,82 \text{ л}$, значит, его плотность равна $(1500 + 1,5 \cdot 322)/1,82 = 1,09 \text{ г/см}^3$ (**0,5 балла**).

3. Требовалось найти **молярную концентрацию ионов натрия или нормальность раствора. (1 балл за любой из этих ответов)**

Задача могла выглядеть следующим образом:

“Рассчитайте молярную концентрацию ионов натрия в растворе сульфата натрия, полученного растворением 483 г глауберовой соли в 1,5 л воды, если этот раствор имеет плотность $1,09 \text{ г/см}^3$.”

Всего максимум 6 баллов.