

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

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады
школьников по химии 2019–2020 гг.
Решения**

Авторы и составители: Магсумов Т.И., Седов И.А.

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 42 балла, в 9 классе 56 баллов, в 10 классе 54 балла, в 11 классе 59 баллов.

8 класс

Задание 1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Г	В	Г	В	Г	В	Б	Б	Г	Г

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

Всего максимум 10 баллов.

Задание 2.

1. Предположим, что смешали по 1 л этиленгликоля и воды. Тогда масса смеси будет равна:

$$\begin{aligned}m(\text{смеси}) &= V(\text{этиленгликоль}) \cdot \rho(\text{этиленгликоль}) + V(\text{вода}) \cdot \rho(\text{вода}) = \\&= 1000\text{мл} \cdot 1,113\text{г / см}^3 + 1000\text{мл} \cdot 1\text{г / см}^3 = 2113\text{ г (1 балл)} \\w(\text{этиленгликоль}) &= \frac{V(\text{этиленгликоль}) \cdot \rho(\text{этиленгликоль})}{m(\text{смеси})} = \\&= \frac{1000\text{мл} \cdot 1,113\text{г / см}^3}{2113\text{г}} = \frac{1113\text{г}}{2113\text{г}} = 0,527, \text{или } 52,7\% \text{ (1 балл)}\end{aligned}$$

При смешении двух растворителей в общем случае объем конечной смеси не равен сумме объемов исходных компонентов. Объем смеси можно рассчитать из ее массы и плотности:

$$\begin{aligned}V(\text{смеси}) &= \frac{m(\text{смеси})}{\rho(\text{смеси})} = \frac{2113\text{г}}{1,064\text{г / см}^3} = 1986\text{ мл} = 1,986\text{ л (1 балл)} \\n(\text{этиленгликоль}) &= \frac{m(\text{этиленгликоль})}{M(\text{этиленгликоль})} = \frac{1113\text{г}}{62,07\text{г / моль}} = 17,93 \text{ моль (1 балл)}$$

Молярная концентрация этиленгликоля равна:

$$C(\text{этанол}) = \frac{n(\text{этанол})}{V(\text{смеси})} = \frac{17,93\text{моль}}{1,986\text{ л}} = 9,03 \text{ моль / л (1 балл)}$$

2. а) выше -60°C (1 балл) (т.к. таяние льда – эндотермичный процесс и сопровождается охлаждением смеси)

3. Исходная смесь содержит массу этиленгликоля, равную:

$$m(\text{этанол}) = 1 \text{ кг} \cdot 0,527 = 527 \text{ г.}$$

При охлаждении смеси на поверхности остается плавать только чистый лед. Это означает, что весь этиленгликоль остался в растворе. Тогда масса оставшегося раствора равна:

$$m(\text{раствора}) = 527 \text{ г} / 0,64 = 823 \text{ г.}$$

Масса льда, плавающего на поверхности, составляет:

$$m(\text{льда}) = 1000 \text{ г} - 823 \text{ г} = 177 \text{ г. (3 балла)}$$

Всего максимум 9 баллов.

Задание 3.

1. Активным легкоплавким металлом, который взаимодействует с водой и кислотами, может быть щелочной металл. Среди них пламя в желтый цвет окрашивает натрий (**Ч**). При его взаимодействии с разбавленной серной кислотой выделяется водород (**A**) и образуется раствор сульфата натрия (**B**). При взаимодействии натрия с водой также выделяется водород (**A**) и образуется гидроксид натрия (**B**). При сгорании натрия на воздухе образуется смесь оксидов, в которой преобладают оксид Na_2O (**Г**) и пероксид Na_2O_2 (**Д**). При растворении смеси оксида и пероксида натрия в воде образуется раствор, содержащий гидроксид натрия (**B**) и перекись водорода (**E**), а при растворении в серной кислоте – раствор сульфата натрия (**B**) и перекиси водорода (**E**). При нагревании перекись водорода будет разлагаться с образованием воды и кислорода (**Ж**).

Состав вещества **Д** и металл **Ч** можно также определить по данным о массовой доле **Ч**. Так как при сгорании образуется оксид $\text{Ч}_m\text{O}_n$, то на кислород приходится 41%. Тогда можно составить таблицу:

$n(\text{O})$	$M(\text{Д})$, г/моль	$M(\text{Ч}_m)$, г/моль	Ч_m	Формула Д
1	39	23	Na	NaO
2	78	46	Na_2	Na_2O_2
3	117	69	–	–
4	156	92	–	–
5	195	115	In (но степени окисления +10 не бывает)	–

Ч – Na

A – H₂

B – Na₂SO₄

B – NaOH

Г – Na₂O

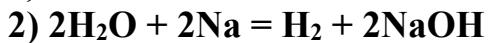
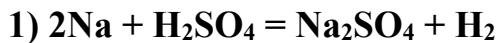
Д – Na₂O₂

E – H₂O₂

Ж – O₂

За определение металла (элемент Ч) 1 балл. За формулы веществ А-Ж по 0,5 балла.

2.



- 3) $4\text{Na} + \text{O}_2 = 2\text{Na}_2\text{O}$
 4) $2\text{Na} + \text{O}_2 = \text{Na}_2\text{O}_2$
 5) $\text{Na}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} = 2\text{NaOH}$
 6) $\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{O}_2$
 7) $\text{Na}_2\text{O} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
 8) $\text{Na}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2$
 9) $2\text{H}_2\text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$

За каждое уравнение по 0,5 балла (0,25 балла с неверными коэффициентами). Если уравнения 3 и 4, 5 и 6, 7 и 8 записаны в суммарном виде, то за каждое из суммарных уравнений ставится 1 балл.

3. При сгорании натрия образуется смесь оксидов: Na_2O с массовой долей натрия 74,2% и Na_2O_2 с массовой долей натрия 59%. В среднем в смеси массовая доля натрия равна $0,742w(\text{Na}_2\text{O}) + 0,59(1 - w(\text{Na}_2\text{O})) = 1/1,51$. Решая это уравнение, находим $w(\text{Na}_2\text{O}) = 0,48$, или 48% (1 балл). $w(\text{Na}_2\text{O}_2) = 0,52$, или 52% (1 балл).

Всего максимум 11 баллов.

Задание 4.

- 1) $2\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 = 3\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$
 2) $2\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{KI} = \text{SO}_2 + \text{I}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{K}_2\text{SO}_4$
 3) $\text{Cl}_2 + 2\text{NaOH} = \text{NaCl} + \text{NaClO} + \text{H}_2\text{O}$
 4) $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 6\text{FeSO}_4 + 7\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 7\text{H}_2\text{O}$
 5) $\text{N}_2\text{H}_4 + \text{HNO}_2 = \text{HN}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$
 6) $\text{P}_4 + 3\text{H}_2\text{SeO}_3 + 3\text{H}_2\text{O} = 4\text{H}_2(\text{PHO}_3) + 3\text{Se}$
 7) $3\text{Pt} + 18\text{HCl} + 4\text{HNO}_3 = 3\text{H}_2[\text{PtCl}_6] + 4\text{NO} + 8\text{H}_2\text{O}$

По 1 баллу за каждое уравнение с верными коэффициентами.

Всего максимум 7 баллов.

Задание 5.

Единственным элементом, который может содержаться в продукте разложения помимо калия и марганца, является кислород. Рассчитаем соотношение количеств атомов калия, марганца и кислорода:

$$n(\text{K}):n(\text{Mn}):n(\text{O}) = \frac{19.62}{39} : \frac{48.25}{54.938} : \frac{100 - 19.62 - 48.25}{16} = 0.5031:0.878:2 = 4:7:16$$

(3 балла)

Формула вещества – $\text{K}_4\text{Mn}_7\text{O}_{16}$ (2 балла).

Всего максимум 5 баллов.

9 класс

Задание 1.

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

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

Всего максимум 10 баллов.

Задание 2.

1. На –ид, –ит и –ат могут заканчиваться названия солей разных элементов, например, фосфид-фосфит-фосфат, хлорид-хлорит-хлорат, сульфид-сульфит-сульфат, нитрид-нитрит-нитрат, селенид-селенит-селенат, арсенид-арсенит-арсенат.

Газом с отвратительным запахом, образующимся при гидролизе ИКСида, могут быть, например, сероводород, сelenоводород, фосфин, арсин. Однако использование в фотографии и косметологии исключает применение токсичных соединений селена, мышьяка, а равно и фосфитов. Поэтому в первую очередь следует предположить, что речь идет о соединениях серы. Тогда в сульфате ИГРЕКа эквивалентная масса катиона составляет $(16 \cdot 4 / 0,484 - 32 - 16 \cdot 4) / 2 = 18$ г/моль, что соответствует катионе аммония NH_4^+ . Таким образом, **ИКС – СУЛЬФ (1 балл)**, а **ИГРЕК – АММОНИЙ (1 балл)**.

ИКСид ИГРЕКа – сульфид аммония $(\text{NH}_4)_2\text{S}$

ИКСит ИГРЕКа – сульфит аммония $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$

ИКСат ИГРЕКа – сульфат аммония $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

По 2 балла за каждую верную формулу.

2. **Наиболее кислую реакцию будет иметь сульфат аммония (1 балл)**, так как он является солью сильной кислоты и слабого основания и гидролизоваться будет только катион.

Наиболее щелочную реакцию будет иметь сульфид аммония (1 балл).
Сероводород – более слабая кислота, чем сернистая.

Всего максимум 10 баллов.

Задание 3.

1.

A – MnCl_2

B – MnSO_4

C – $\text{Mn}(\text{OH})_2$

D – Mn₃O₄

E – Mn₂(CO)₁₀

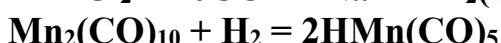
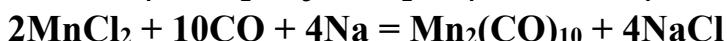
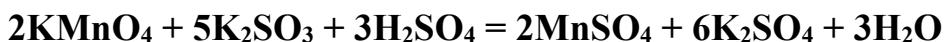
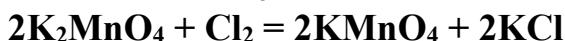
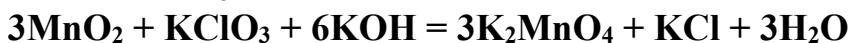
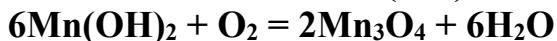
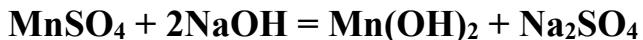
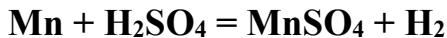
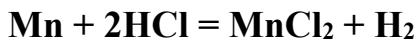
F – HMn(CO)₅

G – KMnO₄

H – K₂MnO₄

По 1 баллу за каждое правильно определенное вещество.

2.



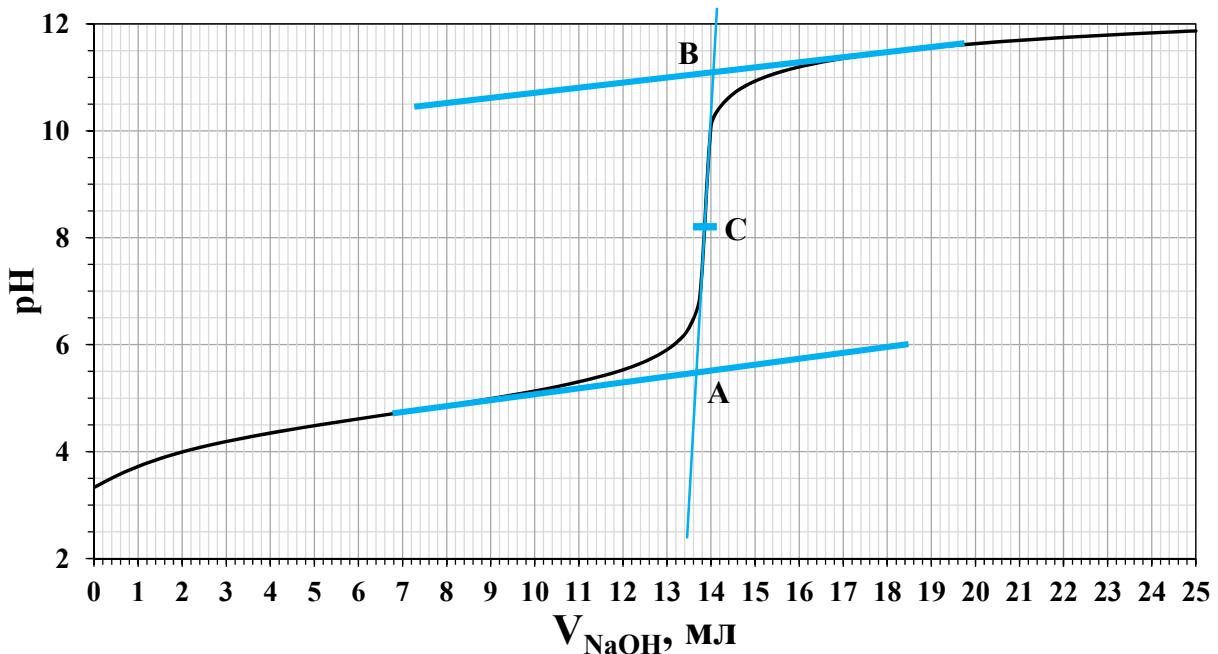
По 0,5 балла за каждое уравнение реакции (0,25 балла с неверными коэффициентами).

Всего максимум 13 баллов.

Задание 4.

1. В точке эквивалентности раствор содержит ацетат натрия CH₃COONa. Уксусная кислота является слабой, поэтому раствор ацетата натрия имеет щелочную реакцию (pH > 7). Ответ: **б) больше 7. (1 балл)**

2. В точке эквивалентности количество (число эквивалентов) добавленного титранта равно количеству (числу эквивалентов) титруемого вещества. Для расчета необходимо определить положение точки эквивалентности на графике. Для этого следует найти середину отрезка, соответствующего скачку титрования. На кривой титрования проводят три линии: первый две из них продолжают близкие к линейным участки кривой до и после скачка титрования, а третья аппроксимирует участок вблизи точки эквивалентности. Середина отрезка АВ соответствует точке эквивалентности С.



Определенный таким образом объем NaOH , пошедший на титрование, составляет **13,8 мл (2 балла за значение в пределах 13,7-13,9 мл, иначе 0 баллов)**. Рассчитаем концентрацию уксусной кислоты в аликовоте приготовленного раствора:

$$c(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{V(\text{NaOH}) \cdot c(\text{NaOH})}{V(\text{аликовота})} = \frac{13,8 \text{ мл} \cdot 0,103 \text{ M}}{10 \text{ мл}} = 0,142 \text{ M (1 балл)}$$

Анализируемый раствор был приготовлен разбавлением уксусной эссенции в 100 мл / 1 мл = 100 раз. Следовательно, в самой уксусной эссенции концентрация уксусной кислоты составляет $c(\text{CH}_3\text{COOH}$ в эссенции) = $= 0,142 \text{ M} \cdot 100 = 14,2 \text{ M (2 балла)}$.

3. Масса 1 мл уксусной эссенции составляет 1,07 г. Масса уксусной кислоты в 1 л эссенции составляет:

$$m(\text{CH}_3\text{COOH}) = 14,2 \text{ M} \cdot 1 \text{ мл} \cdot 60,05 \text{ г / моль} = 0,853 \text{ г (1 балл)}$$

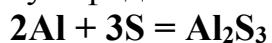
$$w(\text{CH}_3\text{COOH}$$
 в эссенции) = $0,853 \text{ г} / 1,07 \text{ г} = 0,797$, или $79,7\% (1 \text{ балл})$

4. К 1 мл эссенции нужно добавить $(0,853 \text{ г} / 0,09 - 1,07 \text{ г}) / 1 \text{ г/мл} = 8,41 \text{ мл}$ воды, т.е. соотношение $V(\text{вода}):V(\text{эссенция}) = 8,4:1 (2 \text{ балла})$

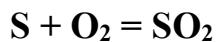
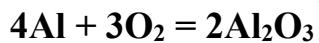
Всего максимум 10 баллов.

Задание 5.

1. При нагревании смеси алюминия и серы без доступа кислорода образуется сульфид алюминия:

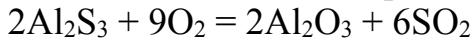


Если поджечь данную смесь на воздухе, образуются оксиды:

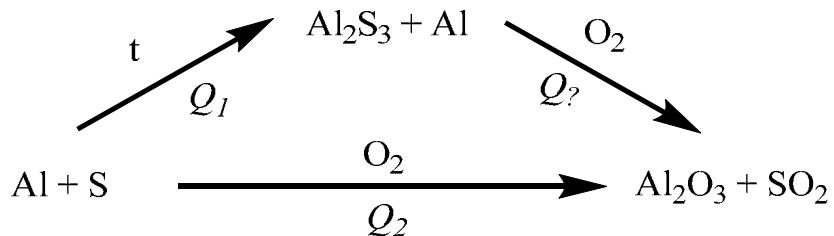


По 1 баллу за каждую верную реакцию.

2. При сгорании смеси I, предварительно нагретой в инертной атмосфере, сульфид алюминия и непрореагировавший алюминий превратятся в оксид алюминия и диоксид серы:



Система придет в то же состояние, что и после простого сжигания на воздухе. Согласно закону Гесса, неизвестное количество тепла может быть в данном случае найдено как разность Q_2 и Q_1 .



$$Q_2 = Q_2 - Q_1 = 20,14 - 3,77 = 16,37 \text{ кДж}$$

1 балл за верное значение.

3. Количество тепла Q_1 пропорционально количеству образовавшегося сульфида алюминия $n(\text{Al}_2\text{S}_3)$: $Q_1 = -\Delta_f H(\text{Al}_2\text{S}_3) \cdot n(\text{Al}_2\text{S}_3)$, где $\Delta_f H(\text{Al}_2\text{S}_3)$ – молярная энталпия образования сульфида алюминия.

В первом случае смесь содержит 0,5 г S и 0,5 г Al. Это соответствует $0,5/32 = 0,0156$ моль S и 0,0185 моль Al, что соответствует избытку алюминия. Количество вещества Al_2S_3 составит $1/3 \cdot n(\text{S}) = 0,00521$ моль. Тогда $\Delta_f H(\text{Al}_2\text{S}_3)$ равно $3,77/0,00521 = -724 \text{ кДж/моль}$.

В случае смеси II количество вещества сульфида алюминия составит $2,01/724 = 0,00278 \text{ моль. (1 балл)}$

Это соответствует 0,00556 моль Al и 0,00834 моль S, или 0,150 г Al и 0,267 г S. Суммарно это меньше 1 г, следовательно, один из компонентов находится в избытке. Чтобы массовая доля серы была больше, чем в смеси I, в избытке должна быть именно она. Тогда $m(\text{S}) = 1 - 0,150 = 0,850 \text{ г (0,0266 моль)}$.

$\omega(\text{S}) = 0,850/1 = 0,85, \text{ или } 85\% \text{ (2 балла)}$

4. Стандартная мольная энталпия образования сульфида алюминия была вычислена в предыдущем пункте и составила **-724 кДж/моль (1 балл)**. Для расчета энталпий образования оксидов алюминия и серы воспользуемся теплотами сгорания смесей, равными энталпиям сгорания с обратным знаком.

Теплота, выделяющаяся при сгорании смеси, связана с энталпиями образования оксидов алюминия и серы:

$$\Delta_{\text{сгор}} H = \Delta_f H(\text{SO}_2) \cdot n(\text{S}) + \Delta_f H(\text{Al}_2\text{O}_3) \cdot n(\text{Al})/2 \quad (1 \text{ балл})$$

Запишем систему уравнений:

$$20,14 = 0,0156 \cdot \Delta_f H(\text{SO}_2) + 0,0185/2 \cdot \Delta_f H(\text{Al}_2\text{O}_3)$$

$$12,54 = 0,0266 \cdot \Delta_f H(\text{SO}_2) + 0,00556/2 \cdot \Delta_f H(\text{Al}_2\text{O}_3)$$

Решение этой системы дает $\Delta_f H(\text{SO}_2) = -296 \text{ кДж/моль (1 балл, допустимы отклонения до 10 кДж/моль)}$ (молярная энталпия образования диоксида серы) и $\Delta_f H(\text{Al}_2\text{O}_3) = -1678 \text{ кДж/моль (1 балл, допустимы отклонения до 10 кДж/моль)}$ (молярная энталпия образования оксида алюминия).

5. а) Поскольку количество теплоты Q_1 связано с количеством образующегося сульфида алюминия, то смесь должна быть стехиометрической, то есть должна содержать алюминий и серу в мольном соотношении 2:3. Массовая доля серы в этой смеси $w(S) = 32 \cdot 3 / (27 \cdot 2 + 32 \cdot 3) = 0,64$, или 64%. (1 балл)

Ответ на второй вопрос вытекает из сравнения энталпий сгорания серы и алюминия. Поскольку алюминий при сгорании даёт заметно больше тепла на 1 г, то для достижения максимальной теплоты Q_2 смесь должна содержать только алюминий ($w(S) = 0\%$). (1 балл)

Всего максимум 13 баллов.

10 класс

Задание 1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
в	а	б	б	б	в	в	в	в	б	а	б	а	в	г

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

Всего максимум 15 баллов.

Задание 2.

1. Исходя из плотности веществ соединения А и D являются жидкостями, а В и С – газами при н.у. Соединение **D** с плотностью 1000 г/л – вода. Она образуется при сгорании углеводородов в кислороде, тогда **Y** – **O₂**. Соединение **C** должно быть диоксидом углерода, что можно проверить из данных по его плотности: $M(C) = 22,4 \cdot 1,96 = 44$ г/моль.

Аналогично $M(B) = 22,4 \cdot 3,93 = 88$ г/моль. Это соединение должно содержать либо водород, либо углерод. Перебор возможных вариантов приводит к **CF₄**. Тогда **X** – **F₂**, **A** – **HF**. Действительно, углеводороды горят во фторе с разрушением всех С-С связей.

X – F₂

Y – O₂

A – HF

B – CF₄

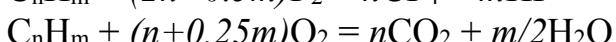
C – CO₂

D – H₂O

(По 1 баллу за каждое вещество).

2.

Запишем реакции горения углеводорода Z, обозначив его C_nH_m:



Масса продуктов первой реакции составляет $m_X = 88,003n + 20,006m$.

Масса продуктов второй реакции $m_Y = 44,009n + 18,015m/2$.

Согласно условию $m_X/m_Y = 2,05$;

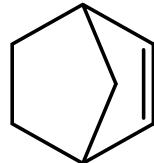
$$\frac{88,003n + 20,006m}{44,009n + 18,015m/2} = 2,05, \text{ (1 балл за верно составленное уравнение)}$$

$$2,215n = 1,541m.$$

$$\text{Отсюда } m = 1,437n.$$

При $n = 7$ $m = 10$, т.е. простейшую формулу углеводорода можно записать как **C₇H₁₀** (3 балла).

3. Единственным случаем, когда семь атомов углеродов образуют два пятичленных цикла, является бициклический углеводород с мостиком, содержащим 1 атом углерода. Насыщенный бициклический углеводород (норборнан) имеет формулу C_7H_{12} . Значит в искомом ненасыщенном соединении одна двойная связь, которая не может находиться у мостикового атома согласно правилу Бредта. **Z – нонборнен.**



2 балла за верную структурную формулу (1 балл, если неверно положение двойной связи).

Всего максимум 12 баллов.

Задание 3.

1. Величина заряда $Q = It$,

$$Q = 0,730A \cdot (31 \cdot 60)c = 1358 \text{ Кл (2 балла).}$$

2. Для определения молярной массы металла воспользуемся законом Фарадея:

$$\frac{Q}{zF} = \frac{m}{M},$$

где m – масса выделившегося металла, Q – электрический заряд, прошедший через раствор, M – атомная масса металла, z – заряд катиона металла, F – постоянная Фарадея (96485 Кл/моль). Рассчитаем молярную массу металла:

$$M = \frac{mzF}{Q} = \frac{0,483 \cdot 96485z}{1357,8} = 34,32z \text{ (1 балл)}$$

z равен 3, поскольку одновалентные металлы не выделяются из водных растворов при электролизе. Значит, неизвестный металл имеет атомную массу 103 и это **родий Rh (2 балла)**.

3. Для определения соли рассчитаем количество родия, выделившегося при электролизе:

$$n(Rh) = 0,483/102,91 = 0,00470 \text{ моль}$$

M (соли) = $\frac{2,582}{0,00470} = 549,3 \text{ г/моль}$. Это соответствует **KRh(SO}_4)_2 \cdot 12H_2O** (3 балла).

4. Катод: $Rh^{3+} + 3e^- = Rh$

Анод: $2H_2O - 4e^- = O_2 + 4H^+$

По 1 баллу за каждое верное уравнение с коэффициентами.

Всего максимум 10 баллов.

Задание 4.

Синька – $2(\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2) \cdot \text{Na}_2\text{S}_4$

Зеленка – $\text{C}_{27}\text{H}_{34}\text{N}_2\text{O}_4\text{S}$

Угарный газ – CO

Веселящий газ – N_2O

Крепкая водка – HNO_3

Царская водка – смесь HCl и HNO_3

Песок – SiO_2

Сахарный песок – $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$

Сажа – C

Белая сажа – SiO_2

Винный камень – $\text{KC}_4\text{H}_5\text{O}_6$

Винный спирт – $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$

Индийская селитра – KNO_3

Норвежская селитра – $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$

Лед – H_2O

Сухой лед – CO_2

Корунд – Al_2O_3

Карборунд – SiC

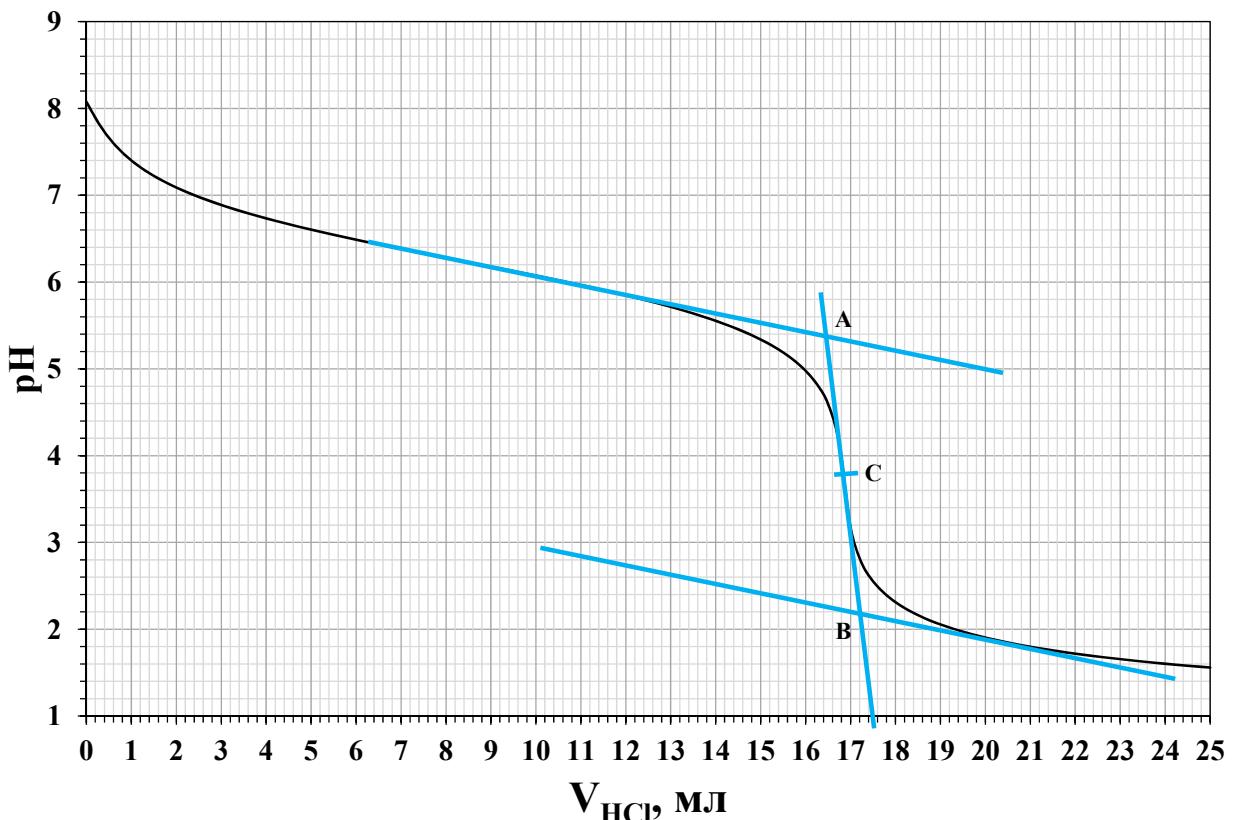
По 0,5 балла за каждое верное соответствие.

Всего максимум 9 баллов.

Задание 5.

1. а) (1 балл)

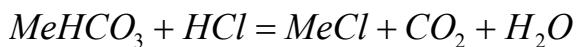
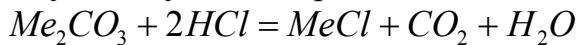
2. Для расчета необходимо определить положение точки эквивалентности на графике. Для этого следует найти середину отрезка, соответствующего скачку титрования. На кривой титровании проводят три линии: первый две из них продолжают близкие к линейным участки кривой до и после скачка титрования, а третья аппроксимирует участок вблизи точки эквивалентности. Середина отрезка АВ соответствует точке эквивалентности С.



Точка эквивалентности соответствует объему HCl **16,8 мл** (за значение в пределах 16,7-16,9 мл **2 балла**, за значение в пределах 16,6-16,7 либо 16,9-17,0 мл **1 балл**, за любые другие значения **0 баллов**).

Тогда с порошком прореагировало $16,8 \text{ мл} \cdot 0,153 \text{ М} / 1000 = \mathbf{0,00257 \text{ моль HCl}}$ (**1 балл**).

3. С выделением газа без запаха с кислотами взаимодействуют карбонаты и гидрокарбонаты. Из них только соли щелочных металлов растворимы в воде и существуют в твердом состоянии.



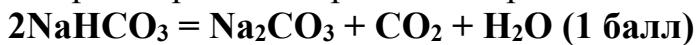
Рассчитаем молярную массу порошка (в его состав также может входить кристаллизационная вода):

$$\text{Для первой реакции } M = \frac{0,217 \text{ г}}{0,00257 \text{ моль} / 2} = 168,9 \text{ г/моль.}$$

$$\text{Для второй реакции } M = \frac{0,217 \text{ г}}{0,00257 \text{ моль}} = 84,4 \text{ г/моль.}$$

Единственная подходящая формула соли NaHCO_3 (**3 балла**) (питьевая сода).

4. При нагревании происходит разложение гидрокарбоната:



Всего максимум 8 баллов.

11 класс

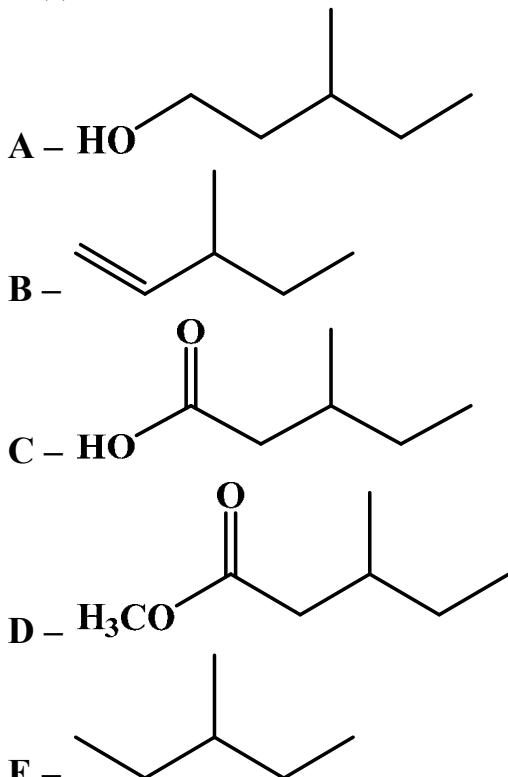
Задание 1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
б	г	а	г	б	а	б	а	б	в	б	а	б	г	в

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

Всего максимум 15 баллов.

Задание 2.



По 2 балла за каждую верную структуру.

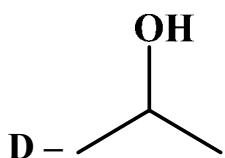
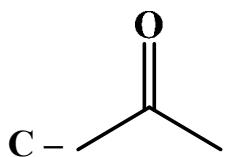
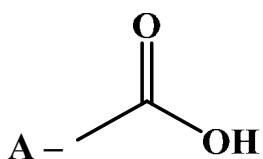
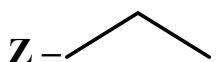
Всего максимум 10 баллов.

Задание 3.

Так как превращение **Y** в **Z** происходит без изменения количества атомов углеводородов, то можно сделать вывод, что происходит симметричное расщепление **X**.

Превращение **Y** в **A** и **Y** в **Z** говорят о том, что **Y** является ненасыщенным углеводородом (алкен/алкин) с *n* атомов углерода. При окислении **Y** образуется кислота, на что указывает последующая реакция с гидроксидом кальция и термическое разложение образующейся соли, приводящее к

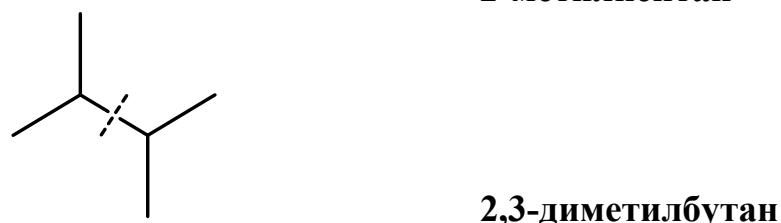
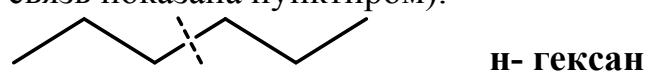
образованию кетона. Если формула кислоты RCOOH , то из нее получается кетон R_2CO . При действии LiAlH_4 образуется спирт R_2CHOH , который отщепляет воду в кислой среде, превращаясь в алкан. Окисление этого алкена даст единственный органический продукт только в том случае, если R – метил. Тогда Y – пропен, а при окислении получаются уксусная кислота и CO_2 .



По 1,5 балла за каждую верную структурную формулу.

2.

X – один из изомеров гексана C_6H_{14} . Чтобы при его разложении получились пропен и пропан, X должен иметь одну из следующих структур (расщепляемая связь показана пунктиром):



По 1 баллу за каждую верную структуру, если приведено более трех структур, минус 1 балл за четвертую и каждую последующую, но не менее 0 баллов за пункт в целом.

3. Крекинг (1 балл).

Всего максимум 13 баллов.

Задание 4.

Единственным элементом, который может содержаться в продукте разложения помимо калия и марганца, является кислород. Рассчитаем соотношение количеств атомов калия, марганца и кислорода:

$$n(K) : n(Mn) : n(O) = \frac{19.62}{39} : \frac{48.25}{54.938} : \frac{100 - 19.62 - 48.25}{16} = 0.5031 : 0.878 : 2 = 4:7:16$$

(3 балла)

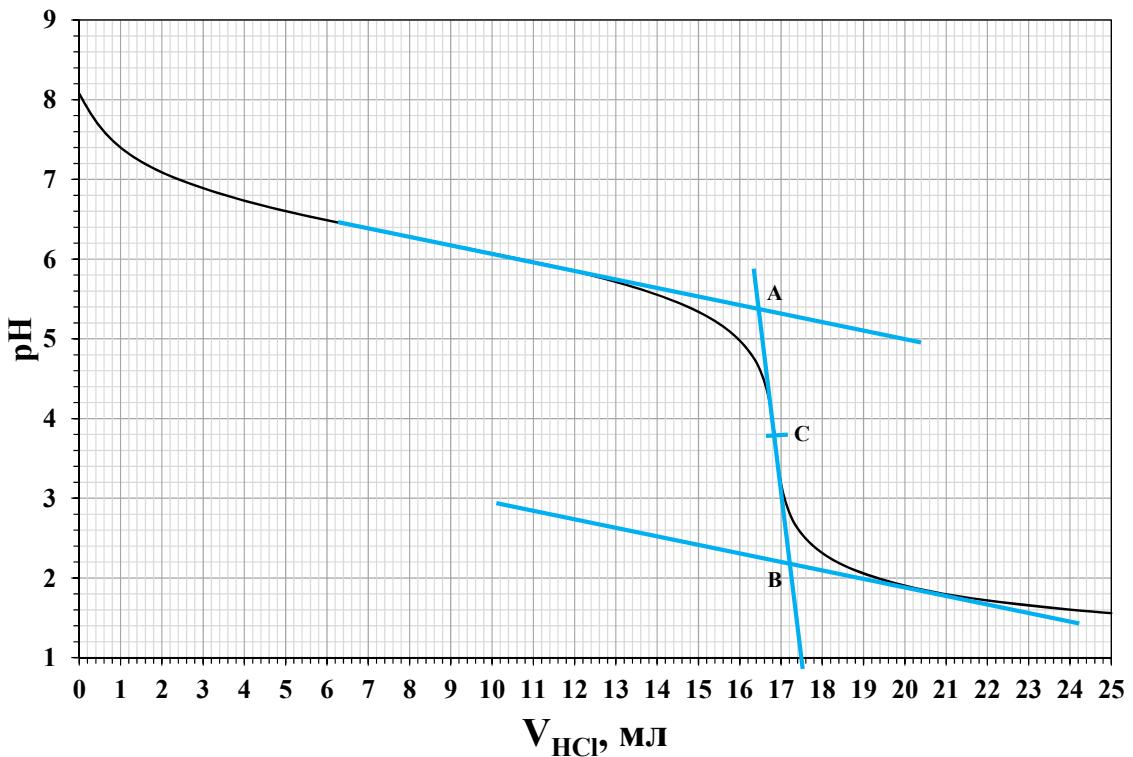
Формула вещества – **K₄Mn₇O₁₆** (2 балла).

Всего максимум 5 баллов.

Задание 5.

1. а) (1 балл)

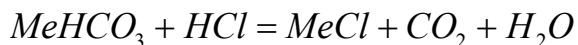
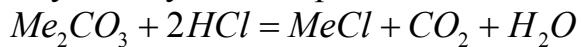
2. Для расчета необходимо определить положение точки эквивалентности на графике. Для этого следует найти середину отрезка, соответствующего скачку титрования. На кривой титрования проводят три линии: первый две из них продолжают близкие к линейным участки кривой до и после скачка титрования, а третья аппроксимирует участок вблизи точки эквивалентности. Середина отрезка АВ соответствует точке эквивалентности С.



Точка эквивалентности соответствует объему HCl **16,8 мл** (за значение в пределах 16,7-16,9 мл **2 балла**, за значение в пределах 16,6-16,7 либо 16,9-17,0 мл **1 балл**, за любые другие значения **0 баллов**).

Тогда с порошком прореагировало $16,8 \text{ мл} \cdot 0,153 \text{ М} / 1000 = 0,00257 \text{ моль HCl}$ (**1 балл**).

3. С выделением газа без запаха с кислотами взаимодействуют карбонаты и гидрокарбонаты. Из них только соли щелочных металлов растворимы в воде и существуют в твердом состоянии.



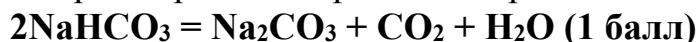
Рассчитаем молярную массу порошка (в его состав также может входить кристаллизационная вода):

$$\text{Для первой реакции } M = \frac{0,217 \text{ г}}{0,00257 \text{ моль} / 2} = 168,9 \text{ г/моль.}$$

$$\text{Для второй реакции } M = \frac{0,217 \text{ г}}{0,00257 \text{ моль}} = 84,4 \text{ г/моль.}$$

Единственная подходящая формула соли NaHCO_3 (**3 балла**) (питьевая сода).

4. При нагревании происходит разложение гидрокарбоната:



Всего максимум 8 баллов.

Задание 6.

1. Рассчитаем количество оставшегося водорода и образовавшегося метанола:
 $n(\text{CO}_{\text{посл}}) = 2 \text{ моль} - 0,35 \text{ моль} = 1,65 \text{ моль}$

$$n(H_{2\text{расход}}) = 2 \cdot n(CO_{\text{расход}}) = 1,65 \text{ моль} \cdot 2 = 3,3 \text{ моль}$$

$$n(H_{2\text{остат.}}) = n(H_{2\text{начал.}}) - n(H_{2\text{расход.}}) = 5 \text{ моль} - 3,3 \text{ моль} = \mathbf{1,7 \text{ моль (0,5 балла)}}$$

$$n(CH_3OH_{\text{образ.}}) = n(CO_{\text{расход}}) = \mathbf{1,65 \text{ моль (0,5 балла)}}$$

$$n(\text{общее}) = 0,35 \text{ моль} + 1,7 \text{ моль} + 1,65 \text{ моль} = \mathbf{3,7 \text{ моль (0,5 балла)}}$$

$$\chi(CO) = 0,35 \text{ моль} / 3,7 \text{ моль} = \mathbf{0,095, или 9,5\% (0,5 балла)}$$

$$\chi(H_2) = 1,7 \text{ моль} / 3,7 \text{ моль} = \mathbf{0,460, или 46,0\% (0,5 балла)}$$

$$\chi(CH_3OH) = 1,65 \text{ моль} / 3,7 \text{ моль} = \mathbf{0,446, или 44,6\% (0,5 балла)}$$

2.

$$p(\text{общее}) = \frac{n(\text{общее})RT}{V} = \frac{3,7 \text{ моль} \cdot 8,314 \text{ Дж / (моль} \cdot K) \cdot 623K}{10 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3} = \mathbf{1916460 \text{ Па} = 19,2 \text{ бар (1,5 балла)}}$$

$$p(CO) = \chi(CO) \cdot p(\text{общее}) = 0,0946 \cdot 19,2 \text{ бар} = \mathbf{1,8 \text{ бар (0,5 балла)}}$$

$$p(H_2) = \chi(H_2) \cdot p(\text{общее}) = 0,4595 \cdot 19,2 \text{ бар} = \mathbf{8,8 \text{ бар (0,5 балла)}}$$

$$p(CH_3OH) = \chi(CH_3OH) \cdot p(\text{общее}) = 0,4595 \cdot 19,2 \text{ бар} = \mathbf{8,5 \text{ бар (0,5 балла)}}$$

$$K = \frac{p_{CH_3OH}}{p_{H_2}^2 \cdot p_{CO}} = \frac{8,5}{8,8^2 \cdot 1,8} = \mathbf{0,061 (2 балла).}$$

Всего максимум 8 баллов.