

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

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады
школьников по химии 2017–2018 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 40 баллов, в 9 классе 44 балла, в 10 классе 49 баллов, в 11 классе 45 баллов.

8 класс

Задание 1.

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

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) Найдем количество моль реагентов.

$$n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 0,15 \cdot 0,13 = \mathbf{0,0195 \text{ моль}} \quad (2 \text{ балла})$$

$$n(\text{HCl}) = 0,05 \cdot 0,4 = \mathbf{0,02 \text{ моль}}$$

Тиосульфат находится в избытке. Теоретически сера должна выделиться в количестве:

$$n(\text{S}) = \frac{1}{2}n(\text{HCl}) = 0,01 \text{ моль}$$

$$m(\text{S}) = 0,01 \cdot 32 = \mathbf{0,32 \text{ г}} \quad (2 \text{ балла})$$

$$\text{Выход реакции } \eta = \frac{0,29}{0,32} \cdot 100\% = \mathbf{91\%} \quad (1 \text{ балл}).$$

б) $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ (2 балла)

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{m}{M} = \frac{V \rho \omega}{M \cdot 100\%} = \frac{5 \cdot 1,14 \cdot 20}{98 \cdot 100} = \mathbf{0,0116 \text{ моль}} \quad (1 \text{ балл})$$

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = n(\text{H}_2\text{SO}_4)$$

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,0116 \cdot 106 = \mathbf{1,23 \text{ г}} \quad (2 \text{ балла})$$

в) $2\text{NaClO}_3 = 2\text{NaCl} + 3\text{O}_2$ (2 балла)

Объем кислорода, который понадобится для 200 человек, чтобы дышать 15 минут:

$$V = 2,5 \cdot 15 \cdot 200 = 7500 \text{ л}$$

$$n(\text{O}_2) = \frac{7500}{22,4} = \mathbf{334,8 \text{ моль}} \quad (1 \text{ балл})$$

$$n(\text{NaClO}_3) = \frac{2}{3}n(\text{O}_2) = 223,2 \text{ моль}$$

$$m(\text{NaClO}_3) = 223,2 \cdot 106,5 = \mathbf{23772 \text{ г}} \approx \mathbf{23,8 \text{ кг}} \quad (2 \text{ балла})$$

Всего максимум 15 баллов.

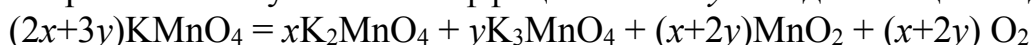
Задание 3.

1. X – MnO_2 , Y – O_2 (порядок не важен)

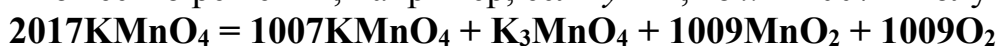


По 1,5 балла за формулы веществ. По 1 баллу за каждое уравнение реакции с верными коэффициентами.

2. Да, может. Например, можно сложить уравнения из пункта а), домножив их на некоторые коэффициенты. Полученное уравнение будет отражать разложение части перманганата по первому, а другой части – по второму направлению. Пусть эти коэффициенты x и y . Тогда в общем виде получим:



Нам нужно, чтобы $2x+3y = 2017$, причем x и y – целые числа. Существует множество решений, например, если $y = 1$, то $x = 1007$ и получаем:



3 балла за любое верное уравнение с соответствующими условию коэффициентами. 0 баллов, если коэффициенты не взаимно просты (делятся на 2017, например $2017\text{NH}_4\text{NO}_3 = 2017\text{N}_2\text{O} + 4034\text{H}_2\text{O}$).

Всего максимум 8 баллов.

Задание 4.

1. Определим брутто-формулу бензилпенициллина из рисунка: $\text{C}_{16}\text{H}_{18}\text{N}_2\text{O}_4\text{S}$. Тогда молярная масса бензилпенициллина 334 г/моль (2 балла).

$$c = \frac{\alpha}{[\alpha] \cdot l} = \frac{38,5}{282 \cdot 1,5} = 0,091 \text{ г/мл (1 балл)}$$

$$C = \frac{c \cdot 1000}{M} = \frac{0,091 \cdot 1000}{334} = 0,272 \text{ М (1 балл)}$$

2. Для трубки в 10 раз большей длины $\alpha = [\alpha] \cdot c \cdot l = 282 \cdot 0,091 \cdot 15 = 385^\circ$.

Если угол поворота плоскости поляризации больше 360 градусов, то невозможно отличить его от меньшего на 360 градусов, поэтому прибор покажет $385^\circ - 360^\circ = 25^\circ$ (2 балла)

Трубка в два раза большей длины была нужна для доказательства того, что угол вращения именно α , а не $360n + \alpha$ (1 балл)

Всего максимум 7 баллов.

9 класс

Задание 1.

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

За верный ответ 1 балл. Если на вопрос указано более одного варианта, среди которых есть верный, 0 баллов.

Всего максимум 10 баллов.

Задание 2.

а) Найдем количество теплоты, которое выделилось при растворении 0,75 г щелочи:

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta t = 4,184 \cdot 20,75 \cdot (34,6 - 25) = 833,5 \text{ Дж (1 балл)}$$

Затем рассчитаем мольную энтальпию растворения:

$$Q = -\Delta H,$$

$$\Delta H_{\text{раств.}} = \frac{-833,5}{0,75} \cdot 40 = -44,5 \text{ кДж/моль (1 балл)}$$

б) Энтальпия любой реакции равна разности энтальпий образования продуктов и исходных веществ:

$$\Delta H^\circ = 2\Delta H_{\text{обр}}(\text{Fe}_2\text{O}_3) - 4\Delta H_{\text{обр}}(\text{FeO}) - \Delta H_{\text{обр}}(\text{O}_2)$$

Поэтому энтальпия образования оксида железа (II) равна:

$$\Delta H_{\text{обр}}(\text{FeO}) = \frac{2\Delta H_{\text{обр}}(\text{Fe}_2\text{O}_3) - \Delta H^\circ - \Delta H_{\text{обр}}(\text{O}_2)}{4} = \frac{-2 \cdot 826 + 564 - 0}{4} = -272 \text{ кДж/моль (2 балла)}$$

в) $2\text{C}_2\text{H}_2 + 5\text{O}_2 = 4\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ (1 балл)

Найдем энтальпию сгорания 2 моль ацетилена (стандартную энтальпию реакции). Для этого из суммарной энергии, которую необходимо затратить для разрыва всех связей в реагентах, необходимо вычесть суммарную энергию, необходимую для разрыва всех связей в продуктах:

$$\Delta H^\circ = 4\Delta H(\text{C}-\text{H}) + 2\Delta H(\text{C}\equiv\text{C}) + 5\Delta H(\text{O}=\text{O}) - 4\Delta H(\text{C}=\text{O}) - 4\Delta H(\text{O}-\text{H}) = 4 \cdot 411 + 2 \cdot 835 + 5 \cdot 494 - 8 \cdot 799 - 4 \cdot 459 = -2444 \text{ кДж/моль (1 балл)}$$

Тогда энтальпия сгорания 1 моль ацетилена

$$\Delta H = \frac{-2444}{2} = -1222 \text{ кДж/моль (1 балл)}.$$

г) Уравнение реакции:



Это уравнение получится, если удвоить вторую реакцию и вычесть из нее первую. Поэтому энергия Гиббса равна:

$$\Delta G^\circ = 2\Delta G^\circ(2) - \Delta G^\circ(1) = -2 \cdot 69,7 + 139,56 = \mathbf{0,16 \text{ кДж/моль (2 балла)}}.$$

Всего максимум 9 баллов.

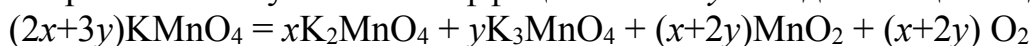
Задание 3.

1. X – MnO_2 , Y – O_2 (порядок не важен)



По 1,5 балла за формулы веществ. По 1 баллу за каждое уравнение реакции с верными коэффициентами.

2. Да, может. Например, можно сложить уравнения из пункта а), домножив их на некоторые коэффициенты. Полученное уравнение будет отражать разложение части перманганата по первому, а другой части – по второму направлению. Пусть эти коэффициенты x и y . Тогда в общем виде получим:



Нам нужно, чтобы $2x+3y = 2017$, причем x и y – целые числа. Существует множество решений, например, если $y = 1$, то $x = 1007$ и получаем:



3 балла за любое верное уравнение с соответствующими условию коэффициентами. 0 баллов, если коэффициенты не взаимно просты (делятся на 2017, например $2017\text{NH}_4\text{NO}_3 = 2017\text{N}_2\text{O} + 4034\text{H}_2\text{O}$).

Всего максимум 8 баллов.

Задание 4.

1. Образование ярко-желтого осадка с нитратом серебра, нерастворимого в аммиаке, говорит о присутствии иодид-ионов. Значит, искомая соль является **иодидом MeI_n (2 балла)**.

Найдем атомную массу металла.

$$\frac{127n}{127n + A(\text{Me})} = 0,693$$

$$127n \cdot 0,693 + 0,693 \cdot A(\text{Me}) = 127n$$

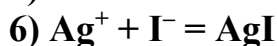
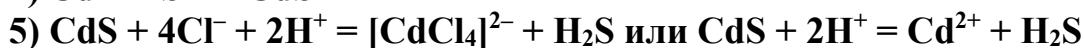
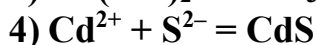
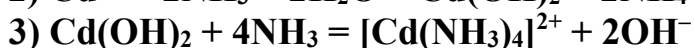
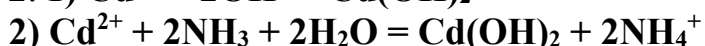
$$A(\text{Me}) = \frac{127n - 127n \cdot 0,693}{0,693} = 56,3n$$

Перебирая различные целочисленные значения n , можно найти возможные атомные массы металла:

<i>n</i>	A(Me)	Me
1	56,3	Fe (не может быть +1)
2	112,6	Cd
3	168,9	Tm
4	225,2	Ra (не может быть +4)
5	281,5	–
6	337,8	–

Конечно же, именно кадмий, а не тулий образует оранжевый сульфид. (Йодид тулия (III) – вещество желтого цвета, при добавлении сульфида в результате гидролиза, аналогично другим трехвалентным металлам, превращается в светло-зеленый гидроксид).

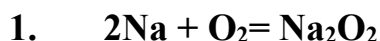
Металл – **Cd (2 балла)**, а неизвестная соль – **CdI₂**.



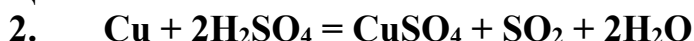
За каждую реакцию по 0,5 балла.

Всего максимум 7 баллов.

Задание 5.



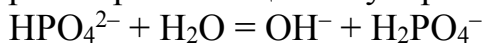
Цвет пламени **желтый**.



Железо **пассивируется** из-за образования на поверхности металла тонкой защитной пленки.



Хотя получающийся гидроортофосфат рубидия и содержит атом водорода, фосфорная кислота по третьей ступени является очень слабой кислотой. В то же время его **гидролиз** приводит к образованию **гидроксид-анионов**, поэтому раствор имеет щелочную реакцию.



Раствор дихромата калия имеет **оранжевую** окраску, раствор хромата калия – **желтую**.



В быту карбонат натрия называют (стиральной или кальцинированной) **содой**.

По 1 баллу за каждое верное уравнение реакции. По 1 баллу за каждый верный ответ на вопрос.

Всего максимум 10 баллов.

10 класс

Задание 1.

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

За верный ответ 1 балл. Если на вопрос указано более одного варианта, среди которых есть верный, 0 баллов.

Всего максимум 10 баллов.

Задание 2.

1. Найдём количество образовавшейся смеси водяного пара и углекислого газа:

$$n = \frac{V}{22,4} = \frac{0,269}{22,4} = 0,012 \text{ моль.}$$

Так как это количество выделяется от сгорания 3 ммоль вещества, то из 1 моля при сгорании получится 4 моля газов (**1 балл**).

Исходное соединение может содержать углерод, водород и кислород, причем число атомов водорода должно быть четным. Поэтому при сгорании 1 моля X образуются целые числа молей углекислого газа и воды. Рассмотрим следующие варианты.

1. Образуется 1 моль CO_2 и 3 моля H_2O . Отсюда следует, что соотношение атомов углерода к атомам водорода 1:6, что невозможно.

2. Образуется 2 моля CO_2 и 2 моля H_2O . Тогда соотношение числа атомов углерода и водорода 2:4, что соответствует формуле $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_n$, где n – целое число. Такое соединение возможно.

3. Образуется 3 моля CO_2 и 1 моль H_2O . Соотношение числа атомов углерода и водорода 3:2. Это соответствует формуле $\text{C}_3\text{H}_2\text{O}_n$, что тоже возможно.

Вычислим молярную массу соединения, исходя из формулы $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_n$. Найдём массу продуктов сгорания:

$$2M(\text{H}_2\text{O}) + 2M(\text{CO}_2) = 2 \cdot 18 + 2 \cdot 44 = 36 + 88 = 124 \text{ г/моль.}$$

По условию масса кислорода, пошедшего на сжигание, в 1,818 раз больше, чем масса X. Обозначим массу 1 моля X за M , тогда:

$$M + 1,818M = 124, \quad M = \frac{124}{2,818} = 44 \text{ г/моль.}$$

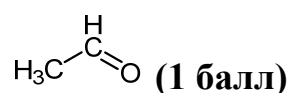
Если же формула X $\text{C}_3\text{H}_2\text{O}_n$, то получим молярную массу $M = 53$ г/моль, откуда следует, что число атомов кислорода $n < 1$, что невозможно.

Значит, молекулярная масса X 44 г/моль.

Тогда брутто-формула X = $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$ (**4 балла**)

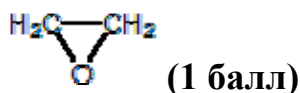
2. Эта формула может соответствовать двум стабильным структурам:

Этаналь (ацетальдегид)

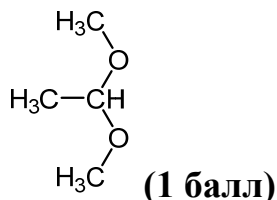


(Его таутомерная форма $\text{H}_2\text{C}=\overset{\text{OH}}{\text{C}}$ неустойчива).

Этиленоксид



3. Этот продукт – ацеталь, который получается при реакции с метанолом этаналь (1 балл). (Этиленоксид при реакции с метанолом дает метилцеллозольв с 4 различными типами атомов водорода).



Всего максимум 9 баллов.

Задание 3.



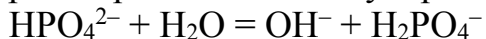
Цвет пламени **желтый**.



Железо **пассивируется** из-за образования на поверхности металла тонкой защитной пленки.



Хотя получающийся гидроортофосфат рубидия и содержит атом водорода, фосфорная кислота по третьей ступени является очень слабой кислотой. В то же время его **гидролиз** приводит к образованию **гидроксид-анионов**, поэтому раствор имеет щелочную реакцию.



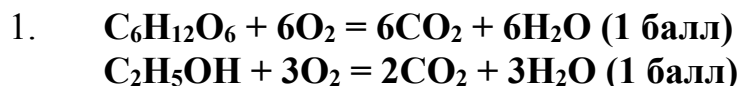
Раствор дихромата калия имеет **оранжевую** окраску, раствор хромата калия – **желтую**.



В быту карбонат натрия называют (стиральной или кальцинированной) **содой**.
По 1 баллу за каждое верное уравнение реакции. По 1 баллу за каждый верный ответ на вопрос.

Всего максимум 10 баллов.

Задание 4.



2. Энтальпию реакций можно найти по закону Гесса. Для 1 моля глюкозы:
 $\Delta H = \sum \Delta H(\text{продуктов}) - \sum \Delta H(\text{реагентов}) = 6\Delta H(CO_2) + 6\Delta H(H_2O) -$
 $-6\Delta H(O_2) - \Delta H(C_6H_{12}O_6) = -2820 \text{ кДж / моль (1 балл)}$

Для 1 моля этанола:

$$\Delta H = 2\Delta H(CO_2) + 3\Delta H(H_2O) - 3\Delta H(O_2) - \Delta H(C_2H_5OH) =$$
$$= -1368 \text{ кДж / моль (1 балл)}$$

Теперь сравним энтальпию на 1 грамм веществ. $M(C_6H_{12}O_6) = 180 \text{ г/моль}$, $M(C_2H_5OH) = 46 \text{ г/моль}$.

$$\Delta H(C_6H_{12}O_6) / M = \frac{-2820}{180} = -15,7 \text{ кДж / г (0,5 балла)}$$

$$\Delta H(C_2H_5OH) / M = \frac{-1368}{46} = -29,7 \text{ кДж / г (0,5 балла)}$$

Больше энергии на 1 грамм выделяет этанол (0,5 балла).



Вычислим энтальпию этой реакции на 1 моль глюкозы:

$$\Delta H = 2 \cdot \Delta H(CO_2) + 2 \cdot \Delta H(C_2H_5OH) - \Delta H(C_6H_{12}O_6) = -84 \text{ кДж / моль (1 балл)}$$

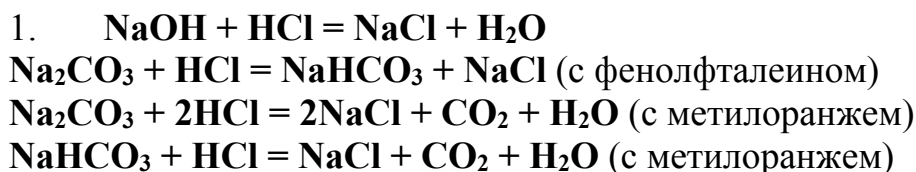
На 1 грамм глюкозы:

$$\Delta H / M = \frac{-84}{180} = -0,47 \text{ кДж / г (0,5 балла)}$$

Больше энергии выделяется при метаболизме с участием кислорода (0,5 балла), а именно в $\frac{2820}{84} = 33,6$ раза больше (0,5 балла).

Всего максимум 9 баллов.

Задание 5.



По 1 баллу за каждую реакцию.

2. Обозначим за количество кислоты, пошедшее на титрование с фенолфталеином за a мл, а на титрование с метилоранжем за b мл. При титровании с фенолфталеином карбонат оттитровывается до гидрокарбоната, а с метилоранжем карбонат оттитровывается полностью с образованием NaCl и CO_2 . Можно рассмотреть несколько возможных составов смеси:

а) В смеси есть только NaOH . Тогда количество кислоты, пошедшей на титрование с разными индикаторами, должно быть равным. Отсюда $a=b$.

б) В смеси есть только Na_2CO_3 . Тогда $2a = b$.

в) В смеси есть только NaHCO_3 . Тогда $a=0, b>0$.

г) Смесь состоит из NaOH и Na_2CO_3 . При этом $2a > b$. В этом случае обозначим за x число моль NaOH , за y число моль Na_2CO_3 .

Тогда

$$x + y = \frac{a \cdot C_{\text{HCl}}}{1000}; \quad 2y + x = \frac{b \cdot C_{\text{HCl}}}{1000};$$

$$y = \frac{C_{\text{HCl}}}{1000} (b - a); \quad x = \frac{C_{\text{HCl}}}{1000} (2a - b).$$

д) Смесь состоит из NaHCO_3 и Na_2CO_3 . В этом случае $2a < b$ и тогда:

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{a \cdot C_{\text{HCl}}}{1000};$$

$$n(\text{NaHCO}_3) = \frac{C_{\text{HCl}}}{1000} (b - 2a).$$

Смесь А:

Это случай $2a > b$, значит, смесь А состоит из NaOH и Na_2CO_3 (0,5 балла).

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = n(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{(24,32 - 15,24) \cdot 0,200 \cdot 106}{1000} = 0,192 \text{ г (0,5 балла)}$$

$$m(\text{NaOH}) = \frac{(2 \cdot 15,24 - 24,32) \cdot 0,200 \cdot 40}{1000} = 0,049 \text{ г (0,5 балла)}$$

Также в смеси еще содержится инертная примесь массой 0,159 г (0,5 балла).

Смесь В.

Это случай $2a < b$, значит смесь состоит из Na_2CO_3 и NaHCO_3 (0,5 балла).

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{7,65 \cdot 0,200 \cdot 106}{1000} = 0,162 \text{ г (0,5 балла)}$$

$$m(\text{NaHCO}_3) = \frac{(19,60 - 2 \cdot 7,65) \cdot 0,200 \cdot 84}{1000} = 0,072 \text{ г (0,5 балла)}$$

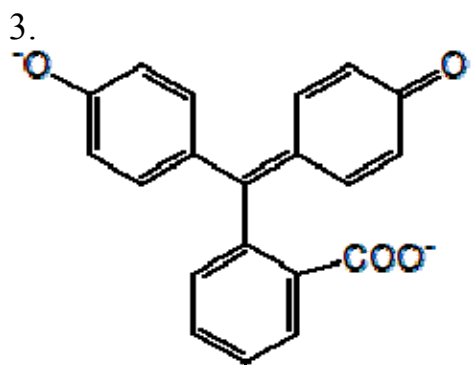
Также присутствует инертная примесь массой 0,166 г. (0,5 балла)

Смесь С.

Это случай $a=0, b>0$. В составе только NaHCO_3 (0,5 балла)

$$n(\text{NaHCO}_3) = \frac{b \cdot C_{\text{HCl}}}{1000}. \quad m(\text{NaHCO}_3) = \frac{19,24 \cdot 0,200 \cdot 84}{1000} = 0,323 \text{ г (1 балл)}$$

Также присутствует инертная примесь массой 0,077 г. (0,5 балла)



(1 балл)

Всего максимум 11 баллов.

11 класс

Задание 1.

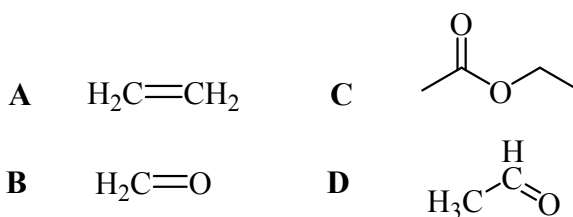
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
б	г	б	а	г	д	а	а	б	д

За верный ответ 1 балл. Если на вопрос указано более одного варианта, среди которых есть верный, 0 баллов.

Всего максимум 10 баллов.

Задание 2.

Представленные методы синтеза X могут навести на мысль о том, что X – спирт. Спирт с молярной массой 46 г/моль – этанол C_2H_5OH (2 балла). Структурные формулы остальных веществ:



За каждую верную структуру по 1,5 балла.

Всего максимум 8 баллов.

Задание 3.

1. Легко догадаться, что элемент X – железо (1 балл). Тогда Y – чугун (1 балл), A – углерод (1 балл), Z – сталь (1 балл), B – хром (1 балл).
2. $4Fe + 6H_2O + 3O_2 = 4Fe(OH)_3$ (1 балл)
3. $C + FeO = CO + Fe$ или $4C + Fe_3O_4 = 4CO + 3Fe$ (1 балл).

Всего максимум 7 баллов.

Задание 4.

- a) 1. $2N_2O_5 = 2N_2O_4 + O_2$ или $2N_2O_5 = 4NO_2 + O_2$ (1 балл)

2. Запишем кинетическое уравнение в общем виде: $v = kp^n$, где n - порядок реакции. Тогда отношение скоростей реакций при давлениях исходного вещества p_1 и p_2 составляет $\left(\frac{p_1}{p_2}\right)^n$. По условию $\frac{1}{3} = \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^n$.

Если для начала предположить, что порядок первый, $n=1$, то:

$$p_2 = \frac{p_1}{3} = \frac{2,84 \cdot 10^5}{3} = 9,47 \cdot 10^4 \text{ Па};$$

$$k = \frac{v}{p} = \frac{400}{2,84 \cdot 10^5} = 1,41 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}.$$

Проверим, верно ли предположение о порядке реакции, подставив полученные значения k и p_2 в уравнение зависимости давления от времени для реакций первого порядка:

$$t = \frac{1}{k} \ln \frac{p_2}{p_1} = 779 \text{ с} \approx 13 \text{ мин. (2 балла только если есть расчет по этому$$

уравнению, иначе 0 баллов, даже если указан первый порядок).

$k = 1,41 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$ (2 балла). (Засчитывается также ответ $7,05 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1}$ с учетом коэффициента 2 в уравнении реакции).

б) Вероятность того, что кот выживет, равна вероятности, что атом не распадется за обусловленное время t .

Пусть p – эта вероятность, тогда из большого числа атомов N к этому времени останется Np атомов. Для реакций первого порядка, а равно и радиоактивного распада $Np = Ne^{-t \ln 2 / T_{1/2}}$, $p = 2^{-t/T_{1/2}}$.

$$1) p = \frac{1}{2^{(360/51,5)}} = 0,00787, \text{ или } 0,787\%.$$

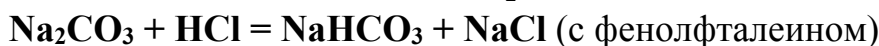
Либо можно заметить, что это приблизительно 7 периодов полураспада,

$$p = \frac{1}{2^7} = 0,00781 \text{ (2 балла за любое из решений)}.$$

$$2) p = \frac{1}{2^{(30/51,5)}} = 0,668, \text{ или } 66,8\% \text{ (2 балла)}.$$

Всего максимум 9 баллов

Задание 5.



По 1 баллу за каждую реакцию.

2. Обозначим за количество кислоты, пошедшее на титрование с фенолфталеином за a мл, а на титрование с метилоранжем за b мл. При титровании с фенолфталеином карбонат оттитровывается до гидрокарбоната, а с метилоранжем карбонат оттитровывается полностью с образованием NaCl и CO_2 . Можно рассмотреть несколько возможных составов смеси:

а) В смеси есть только NaOH . Тогда количество кислоты, пошедшей на титрование с разными индикаторами, должно быть равным. Отсюда $a=b$.

б) В смеси есть только Na_2CO_3 . Тогда $2a = b$.

в) В смеси есть только NaHCO_3 . Тогда $a=0, b>0$.

г) Смесь состоит из NaOH и Na_2CO_3 . При этом $2a > b$. В этом случае обозначим за x число моль NaOH , за y число моль Na_2CO_3 .

Тогда

$$x + y = \frac{a \cdot C_{\text{HCl}}}{1000}; \quad 2y + x = \frac{b \cdot C_{\text{HCl}}}{1000};$$

$$y = \frac{C_{\text{HCl}}}{1000} (b - a); \quad x = \frac{C_{\text{HCl}}}{1000} (2a - b).$$

д) Смесь состоит из NaHCO_3 и Na_2CO_3 . В этом случае $2a < b$ и тогда:

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{a \cdot C_{\text{HCl}}}{1000};$$

$$n(\text{NaHCO}_3) = \frac{C_{\text{HCl}}}{1000} (b - 2a).$$

Смесь А:

Это случай $2a > b$, значит, смесь А состоит из NaOH и Na_2CO_3 (0,5 балла).

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = n(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{(24,32 - 15,24) \cdot 0,200 \cdot 106}{1000} = 0,192 \text{ г (0,5 балла)}$$

$$m(\text{NaOH}) = \frac{(2 \cdot 15,24 - 24,32) \cdot 0,200 \cdot 40}{1000} = 0,049 \text{ г (0,5 балла)}$$

Также в смеси еще содержится инертная примесь массой 0,159 г (0,5 балла).

Смесь В.

Это случай $2a < b$, значит смесь состоит из Na_2CO_3 и NaHCO_3 (0,5 балла).

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{7,65 \cdot 0,200 \cdot 106}{1000} = 0,162 \text{ г (0,5 балла)}$$

$$m(\text{NaHCO}_3) = \frac{(19,60 - 2 \cdot 7,65) \cdot 0,200 \cdot 84}{1000} = 0,072 \text{ г (0,5 балла)}$$

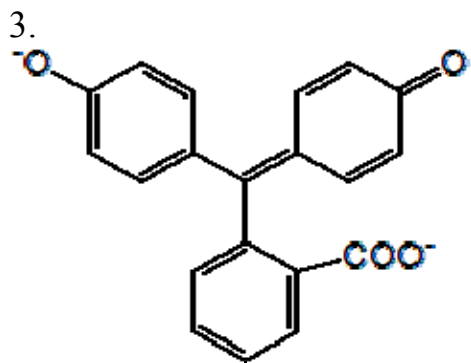
Также присутствует инертная примесь массой 0,166 г. (0,5 балла)

Смесь С.

Это случай $a=0, b>0$. В составе только NaHCO_3 (0,5 балла)

$$n(\text{NaHCO}_3) = \frac{b \cdot C_{\text{HCl}}}{1000}. \quad m(\text{NaHCO}_3) = \frac{19,24 \cdot 0,200 \cdot 84}{1000} = 0,323 \text{ г (1 балл)}$$

Также присутствует инертная примесь массой 0,077 г. (0,5 балла)



(1 балл)

Всего максимум 11 баллов.