

Химия, 11 класс, муниципальный этап
Варианты решения задач и ответы

Максимальные баллы за выполнение заданий (max – 67 баллов)

Задания, вопросы и их оценка

1	2	3	4
Задание 1	Органическое вещество X и его химические свойства		max 9 б
Вопрос 1	Назовите X.	2 б	
Вопрос 2	Химические свойства X	7 б	
Задание 2	Структурные формулы кислородосодержащих органических веществ		max 6 б
Вопрос 1	Запишите три структурные формулы веществ: α , β , γ	3 б	
Вопрос 2	Как получить α , β , γ ?	3 б	
Задание 3	От пирита FeS_2 к 10%-му олеуму		max 11 б
Вопрос 1	Расчет массы и количества SO_3	6 б	
Вопрос 2	Расчет массы 10%-го олеума	5 б	
Задание 4	Колебательные реакции Белоусова (от ионных к «молекулярным» уравнениям)	8 б	max 8 б
Задание 5	Смесь углеводородов ...	10 б	max 10 б
Задание 6	Об элементе 006 из ПСХЭ		max 9 б
Вопрос 1	Аллотропия углерода. Кристаллические решетки.	3.5 б	
Вопросы 2 – 4	О графене.	5.5 б	
Задание 7	Две навески практически одинаковой массы ...	14 б	max 14 б
	Итого:	67 б	max 67 б

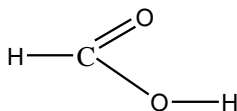
Задание 1. Органическое вещество X и его химические свойства**(max – 9 баллов)****Вопрос 1.**

Ответ:

$$Mr(X) = 46, \text{ где } X \rightarrow C_xH_yO_z$$

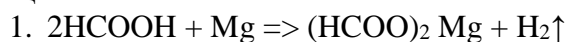
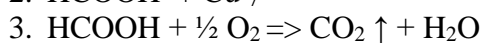
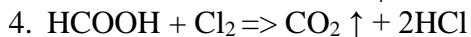
$$n(H) = n(O) \rightarrow C_1H_2O_2 \rightarrow$$

Это муравьиная (метановая) кислота
(см. эпиграф задачи, как подсказку)

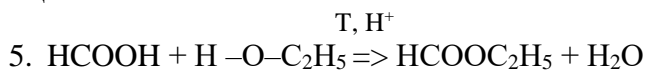
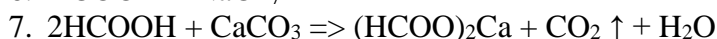
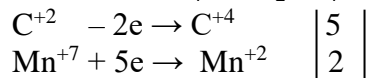
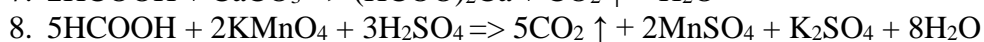
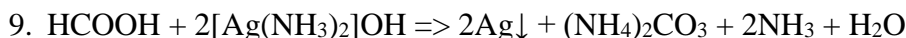
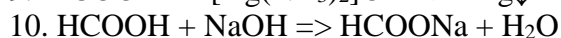
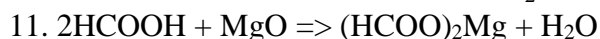
**2 балла****Вопрос 2.**

Ответ:

Простые вещества:

**0.5 балла****0.5 балла****0.5 балла****0.5 балла**

Сложные вещества:

**1 балл****0.5 балла****0.5 балла****1 балл****1 балл****0.5 балла****0.5 балла****Всего:****9 баллов**

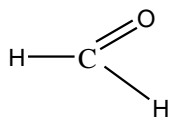
Задание 2. Структурные формулы кислородосодержащих органических веществ**(max – 6 баллов)**1. Простейшая формула вещества, состоящего из C; H; O, то есть $C_xH_yO_z$:

$$Ar(C) = 12, Ar(O) = 16, Ar(H) = 1$$

12 г (C) соответствует 40% массы вещества

X г ($C_xH_yO_z$) ↔ 100% массы вещества

$$X = \frac{12 \cdot 100}{40} = 30 \text{ г}$$

А это только $C_1O_1H_2 \rightarrow CH_2O \rightarrow$ 

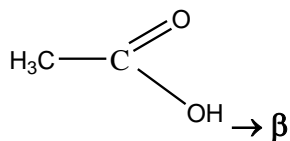
$$Mr(CH_2O) = 12 + 2 + 16 = 30$$

Первое вещество – метаналь $CH_2O \rightarrow H_2C=O \rightarrow \alpha$ **1 балл**

2. Второе вещество – это:

Умножим индексы в CH_2O на 2 $\rightarrow C_2H_4O_2$

Это уксусная кислота:



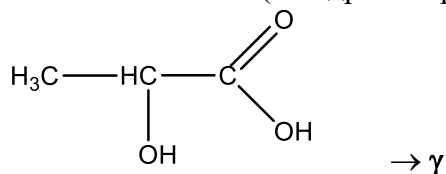
$$Mr(CH_3COOH) = 60.$$

1 балл

3. Третье вещество – это:

Умножим индексы в CH_2O на 3 $\rightarrow C_3H_6O_3$

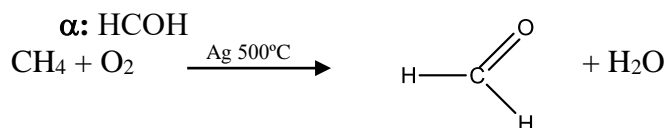
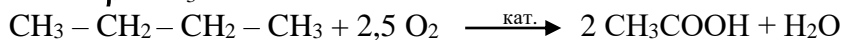
Это молочная кислота (2-гидроксипропановая кислота)



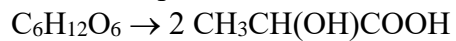
$$Mr(C_3H_6O_3) = 36 + 6 + 48 = 90$$

1 балл

Получение:

**1 балл** $\beta: \text{CH}_3\text{COOH}$ **1 балл** $\gamma: \text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$

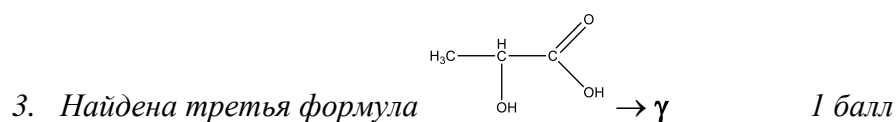
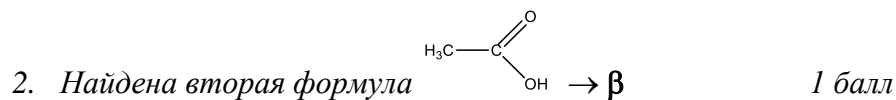
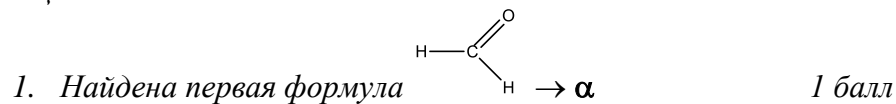
Молочнокислое брожение глюкозы:



1 балл

Понятно, что школьник может предложить другие реакции получения $HCOH$, CH_3COOH , $CH_3CH(OH)COOH$.

Оценивание:



4. Записано по одному уравнению получения трех веществ $1 \times 3 = 3$ балла

Всего: 6 баллов

Задание 3. От пирита FeS_2 к 10%-му олеуму* (max – 11 баллов)1. Расчет массы и количества SO_3 полученного из 18 кг руды:

1.1. Подготовительный этап

$$M_r(\text{FeS}_2) = 56 + 64 = 120$$

0.5 балла

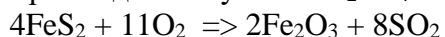
$$M_r(\text{SO}_3) = 32 + 48 = 80$$

0.5 балла

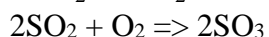
1.2. Масса FeS_2 , полученная из 18 кг руды:

$$18 \cdot 0,6667 = 12,000 \text{ кг или } 12\,000 \text{ г.}$$

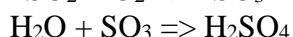
0.5 балла

1.3. Три стадии получения H_2SO_4 из FeS_2 

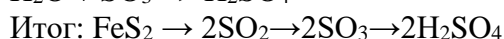
1 балл



0.5 балла



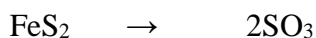
0.5 балла



0.5 балла

1.4. Масса SO_3 , если выход равен 100%:

$$12 \text{ кг} \qquad \qquad \qquad X \text{ кг}$$



$$120 \qquad \qquad \qquad 160$$

$$X = \frac{12 \text{ кг} \cdot 160}{120} = 16 \text{ кг}$$

1 балл

1.5. Масса SO_3 и количество SO_3 с учетом выхода на стадии 1 \rightarrow 75% и на стадии 2 \rightarrow 85%

$$m(\text{SO}_3) = 16 \cdot 0,75 \cdot 0,85 = 10,2 \text{ кг или } 10200 \text{ г или}$$

0.5 балла

$$n(\text{SO}_3) = \frac{10200}{80} = 127,5 \text{ (моль)}$$

0.5 балла

2. Расчет массы 10%-го олеума

2.1. $\text{H}_2\text{O} + \text{SO}_3 \Rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$

1 балл

$$M_r(\text{H}_2\text{O}) = 18$$

$$M_r(\text{SO}_3) = 80$$

$$M_r(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98$$

Пусть X моль SO_3 необходимо для получения 100%-ой H_2SO_4 , а Y моль SO_3 для получения 10%-го олеума

$$X + Y = 127,5 \text{ (см. 1.5.)}$$

1 балл

2.2. Расчет количеств X и Y

$$0,1 = \frac{m(\text{SO}_3)}{m(\text{H}_2\text{SO}_4) + m(\text{SO}_3)}$$

100%-ая

$$0,1 = \frac{80y}{(80 + 18)x + 80y}$$

1 балл

$$0,1(98x + 80y) - 80y = 0$$

$$9,8x = 72y$$

$$x = 7,35y$$

$$\begin{cases} x + y = 127,5 \\ x = 7,35y \end{cases} \quad \left| \quad \begin{array}{l} 7,35y + 1y = 127,5 \\ 8,35y = 127,5 \\ y = 15,27 \text{ (моль)} \end{array} \right.$$

0.5 балла

$$x = 7,35y$$

$$x = 7,35 \cdot 15,27 = 112,23$$

$$x = 112,23 \text{ (моль)}$$

0.5 балла

$$m(10\text{-го олеума}) = 98x + 80y = 98 \cdot 112,23 + 80 \cdot 15,27 = 10999 + 1222 = 12221 \text{ г или } 12,221 \text{ кг}$$

1 балл

Оценивание:

- | | |
|---|---------------------|
| 1. Подготовительный этап | 1 балл |
| 2. Масса FeS_2 | 0.5 балла |
| 3. Три уравнения + цепочки | 2 + 0,5 = 2,5 балла |
| 4. Масса SO_3 при выходе 100% | 1 балл |
| 5. Масса SO_3 с учетом выхода
Количество SO_3 (моль) | 1 балл |
| 6. Расчет количества SO_3 :
6,1 на получение 100%-ой H_2SO_4
6,2 на получение 10%-го олеума | 4 балла |
| 7. Масса 10%-го олеума | 1 балл |

Всего: 11 баллов

Задание 4. Колебательные реакции Белоусова

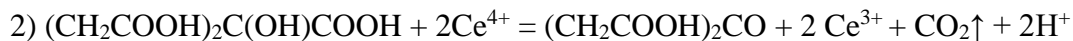
(от ионных к «молекулярным» уравнениям)

(max – 8 баллов)



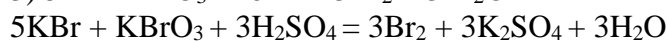
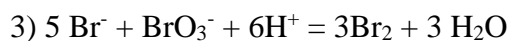
(“Вернули”: 12 SO_4^{2-} и 1 K^+)

2 балла



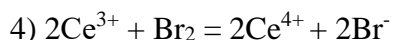
(“Вернули”: 4 SO_4^{2-})

2 балла



(“Вернули”: 6 K^+ и 3 SO_4^{2-})

2 балла



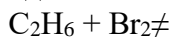
(“Вернули”: 4 SO_4^{2-} и 2 K^+)

2 балла

Всего: 8 баллов

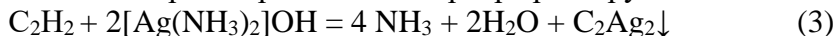
Задание 5. Смесь углеводородов ...**(max – 10 баллов)**

1) Найдем количество каждого углеводорода в исходной смеси



$$n(Br_2)_{\text{по 1 и 2 реакции}} = 0,5 \text{ моль}; n(\text{смеси}) = 16,8/22,4 = 0,75 \text{ моль}$$

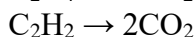
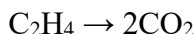
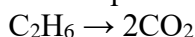
С аммиачным раствором оксида серебра реагирует только ацетилен



$$n(C_2H_2) = n(C_2Ag_2) = 0,15 \text{ моль}$$

$$n(Br_2)_{\text{по 2 реакции}} = 2n(C_2H_2) = 0,3 \text{ моль} \Rightarrow n(C_2H_4) = n(Br_2)_{\text{по 1 реакции}} = 0,5 - 0,3 = 0,2 \text{ моль}$$

$$n(C_2H_6) = 0,75 - 0,2 - 0,15 = 0,4 \text{ моль}$$

3 балла2) Определим количество углекислого газа, образующегося при сжигании углеводородов, т.к. нам важно только соотношение углеводорода и CO_2 запишем не уравнения реакций, а стехиометрические схемы:

$$\text{Таким образом мы видим, что } n(CO_2) = 2n(\text{смеси}) = 1,5 \text{ моль}$$

2 балла

3) Найдем количество щелочи

$$n(KOH) = \frac{\rho(KOH) \times V(KOH) \times \omega(KOH)}{M(KOH)} = \frac{1,2 \times 416,7 \times 0,224}{56} = 2 \text{ моль}$$

1 балл

4) Вычислим массу раствора и массу растворенных в нем веществ.

В растворе возможно протекание двух реакций

Пусть по 4 реакции реагирует x моль CO_2 , а по пятой y моль, тогда количество KOH по 4 реакции равно $2x$ моль, а по пятой y моль.

Имеем систему уравнений

$$\begin{cases} x + y = 1,5 \\ 2x + y = 2 \end{cases}, \text{ решая } \begin{cases} x = 0,5 \\ y = 1 \end{cases}, \text{ т.е. } n(K_2CO_3) = 0,5 \text{ моль, а } n(KHCO_3) = 1 \text{ моль}$$

$$m(K_2CO_3) = 69 \text{ г, } m(KHCO_3) = 100 \text{ г}$$

$$m(\text{р-ра}) = m(\text{начальная}) + m(CO_2)$$

$$m(\text{р-ра}) = 416,7 \times 1,2 + 1,5 \times 44 = 566 \text{ г}$$

2 балла

5) Определим массовые доли солей

$$\omega(K_2CO_3) = 69/566 \times 100\% = 12,19\%$$

$$\omega(KHCO_3) = 100/566 \times 100\% = 17,67\%$$

2 балла

Оценивание:

1) $n(\text{C}_2\text{H}_6)$, $n(\text{C}_2\text{H}_4)$, $n(\text{C}_2\text{H}_2)$ – по 1 б.	Итого 3 балла
2) $n(\text{CO}_2)$, m (раствора) – по 1 б.	Итого 2 балла
3) $n(\text{KOH})$	1 балл
4) $m(\text{K}_2\text{CO}_3)$, $m(\text{KHCO}_3)$ – по 1 б.	Итого 2 балла
5) $\omega(\text{K}_2\text{CO}_3)$, $\omega(\text{KHCO}_3)$ – по 1 б.	Итого 2 балла

Всего: 10 баллов

Задание 6. Об элементе 006 из ПСХЭ.**(max – 9 баллов)****Вопрос 1.***Ответ:*

Элемент углерод образует (как нам было известно в XX веке) простые вещества (аллотропные модификации):

- | | |
|-------------------------|-----------|
| 1. Алмаз | 0.5 балла |
| 2. Графит | 0.5 балла |
| 3. Карбин | 0.5 балла |
| 4. Фуллерен (фуллерены) | 0.5 балла |

Рис. 2 - кристаллическая решётка алмаза - атомная **0.5 балла**

Рис. 3 - кристаллическая решётка графита - атомная **0.5 балла**

Рис. 4 - кристаллическая решётка фуллерена - молекулярная **0.5 балла**

Вопрос 2.*Ответ:*

Валентность углерода в графене равна III - каждый атом углерода образует три σ -связи с соседними атомами. Следовательно, каждый атом углерода может присоединять один атом водорода. **1 балл**

Вопрос 3.*Ответ:*

Рассчитаем число правильных шестиугольников в графеновом квадрате размером 10×10 мм (краевыми эффектами пренебрегаем).

$$N_{\text{шестиуг.}} = S_{\text{кв}}/S_{\text{шестиуг}} = (10 \cdot 10^{-3})^2 / (3/2 \cdot \sqrt{3} \cdot (0.142 \cdot 10^{-9})^2) = 1.91 \cdot 10^{15} \quad \mathbf{1 \text{ балл}}$$

Каждый атом углерода принадлежит трём шестиугольникам, следовательно на один шестиугольник приходится $6/3 = 2$ атома углерода, значит общее число атомов «С» в графеновом квадрате:

$$N_{\text{«С»}} = 2 \cdot N_{\text{шестиуг}} = 3.82 \cdot 10^{15} \quad \mathbf{1.5 \text{ балла}}$$

Масса графена равна: $m_{\text{«С»}} = M_{\text{С}} \cdot N_{\text{«С»}} / N_{\text{А}} = 12 \cdot 3.82 \cdot 10^{15} / 6.02 \cdot 10^{23} = 7.61 \cdot 10^{-8}$ (г) или 76.1 (нг)

1.5 балла**Вопрос 4.***Ответ:*

Каждый атом углерода может присоединить один атом водорода, поэтому максимальное число атомов водорода «Н», присоединённых к графену, равно:

$$N_{\text{«Н»}} = 3.82 \cdot 10^{15} \quad \mathbf{0.5 \text{ балла}}$$

Оценивание:*Вопрос 1.*

1. Назвали: графит, алмаз, карбин, фуллерен **0.5 × 4 = 2 балла**

2. Узнали кристаллические решётки и назвали их тип **0.5 × 3 = 1.5 балла**

Вопрос 2. Определили валентность углерода в графене **1 балл**

Вопрос 3. Масса графенового квадрата 10×10 мм:

Число шестиугольников **1 балл**

Число атомов углерода	1.5 балла
Масса графена	1.5 балла
Вопрос 4. Мах число атомов водорода	0.5 балла

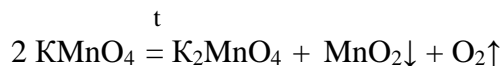
Всего: 9 баллов

Задание 7. Две навески практически одинаковой массы... (max – 14 баллов)

1. Поиск веществ X и Y:

1.1. X – это KMnO_4

$$M_r(\text{KMnO}_4) = 39 + 55 + 64 = 158$$

**1 балл**

1.2. Y – это сода – соль угольной кислоты... Но какая?

1.2.1. NaHCO_3 – гидрокарбонат натрия (питьевая сода)

$$M_r(\text{NaHCO}_3) = 23 + 1 + 12 + 48 = 84$$

1 балл1.2.2. Na_2CO_3 – карбонат натрия (кальцинированная сода)

$$M_r(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 46 + 12 + 48 = 106$$

1 балл1.2.3. $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ – десятиводный кристаллогидрат карбоната натрия (кристаллическая сода).

$$M_r(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 106 + 180 = 286$$

1 баллПросто для справки:

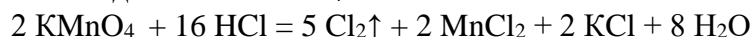
NaOH – каустическая сода (исторически сложившееся название). Это основание – щелочь. При взаимодействии с кислотой газ не выделяется.

Промежуточный вывод:

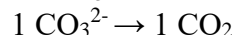
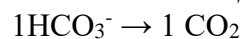
X – это KMnO_4 , $M_r(\text{KMnO}_4) = 158$ Y – это или NaHCO_3 , $M_r(\text{NaHCO}_3) = 84$ или Na_2CO_3 , $M_r(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 106$ или $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, $M_r(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 106 + 180 = 286$ Да! И KMnO_4 есть у нас дома в аптечке.

Да! И NaHCO_3 – питьевая сода есть у нас на кухне. Вероятно, Na_2CO_3 и $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ есть у нас для уменьшения жёсткости воды (при стирке белья с мылом).

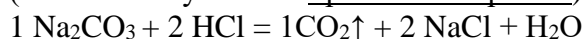
Поиск «Нашей» соды:

2.1. Взаимодействие KMnO_4 с HCl :Вывод: два моль KMnO_4 ($2 \cdot 158 = 316$ г) даёт 5 моль (5 объёмов) Cl_2 **1 балл**

2.2. Какая сода «наша»?

1 моль любой соды (NaHCO_3 ; Na_2CO_3 ; $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) даёт 1 моль $\text{CO}_2\uparrow$:

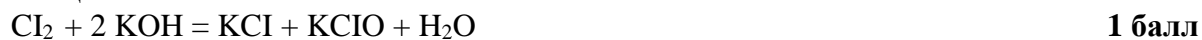
Вывод три моль любой соды даёт 3 моль CO_2 , но только 3 моль Na_2CO_3 ($3 \cdot 106 = 318$ г.) имеет массу близкую к 316

(Навески по условию практически равны).**1 балл****106 г** или, взяв 3 моль Na_2CO_3 :**1 балл****3 · 106 = 318 г****3V**

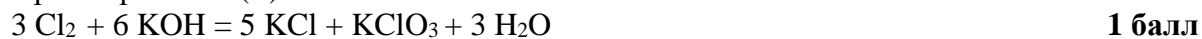
Вывод: приблизительно равные массы (316 г KMnO_4 и 318 г Na_2CO_3) дают соответственно 5 моль или 5 $V(\text{Cl}_2)$ и 3 моль или 3 $V(\text{CO}_2)$.

Уравнения реакций взаимодействия газа Cl_2 и газа CO_2 :

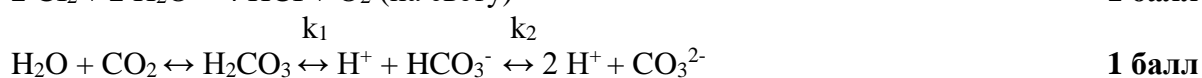
3.1. Со щелочью:



При нагревании (t°):



3.2. С водой:



Оценивание:

- | | |
|---|-------------------------|
| 1. Вещество X – это KMnO_4 | 1 балл |
| 2. Вещество Y – это сода, но какая? | |
| 2.1 NaHCO_3 – питьевая сода | 1 балл |
| 2.2 Na_2CO_3 – кальцинированная сода | 1 балл |
| 2.3 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ – кристаллическая сода | 1 балл |
| 3. Информация из уравнения $2 \text{KMnO}_4 + 16 \text{HCl} = 5 \text{Cl}_2 \uparrow + \dots + \dots$ | 1 балл |
| 4. Какая сода «наша»? | 2 балла |
| 5. Взаимодействие газов Cl_2 и CO_2 с KOH и водой | $7 \times 1 = 7$ баллов |

Всего: 14 баллов