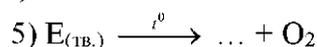
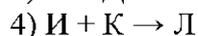
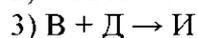
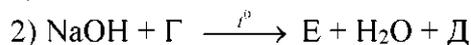
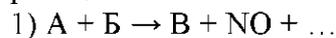


**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по  
химии  
2019-2020 учебный год  
11 класс  
Максимальный балл - 55**

**Задание 11.1** (максимум **10** баллов)

Определите, какие вещества были использованы для осуществления следующих реакций:



Известно, что

A – металл,

B – разбавленная кислота

B - вещество с голубой окраской, растворимое в воде

Г - бесцветное вещество

Д - бесцветный газ с резким запахом

Е – растворимое в воде бесцветное вещество

И – растворимое в воде вещество с интенсивно синей окраской

К – вещество, содержащееся в большом количестве в виноградном соке

Л – нерастворимое в воде вещество красно-оранжевого цвета.

Напишите уравнения всех возможных химических реакций.

№ п/п	Содержание ответа	Баллы
1	Анализ схемы 1-ой реакции показывает, что B- это азотная кислота, а B – соль меди (II) голубого цвета. 1-реакция: $3Cu + 8HNO_{3(разб.)} = 3Cu(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$	За каждое правильно определенное вещество по 0.5 балла
2	2-реакция зашифрована следующим образом: $NaOH + \Gamma \xrightarrow{t^0} E + H_2O + D$ Г – соль аммония Д – аммиак Для того, чтобы определить какая соль аммония была взята рассмотрим схему реакции 5: Е – соль натрия, которая термически разлагается с образованием кислорода. Отсюда, Е – нитрат натрия, тогда веществом Г может быть $NH_4NO_3$ . 2-я реакция: $NaOH + NH_4NO_3 \xrightarrow{t^0} NaNO_3 + H_2O + NH_3$ 5-я реакция: $2NaNO_3 \xrightarrow{t^0} 2NaNO_2 + O_2$	(9x0.5=4.5 балла)  За каждое правильно написанное уравнение реакции по 1б
3	3-я реакция: если из нитрата меди (II) с газом Д образуется вещество интенсивно синего цвета, то это скорее всего комплексное соединение меди, а именно аммиакат нитрата меди (II). $Cu(NO_3)_2 + 4NH_3 \rightarrow [Cu(NH_3)_4](NO_3)_2$	(5x1=5 баллов)  За дополнительные уравнения
4	4-я реакция:	реакции по

	$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{NO}_3)_2 + \text{K} \rightarrow \text{Л}$ <p>Так как вещество К содержится в виноградном сахаре, то К – это глюкоза.</p> $2[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{NO}_3)_2 + \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{t^\circ} \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_7 + \text{Cu}_2\text{O}\downarrow + 4\text{NH}_4\text{NO}_3 + 4\text{NH}_3$ <p>Возможные записи:</p> $\text{CH}_2\text{OH}-(\text{CHOH})-\text{CHO} + 2[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{NO}_3)_2 + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{t^\circ} \text{CH}_2\text{OH}-(\text{CHOH})_4-\text{COOH} + 4\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{Cu}_2\text{O}\downarrow + 4\text{NH}_3$ $\text{CH}_2\text{OH}-(\text{CHOH})_4-\text{CHO} + 2[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{NO}_3)_2 + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{t^\circ} \text{CH}_2\text{OH}-(\text{CHOH})_4-\text{COONH}_4 + 4\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{Cu}_2\text{O}\downarrow + 3\text{NH}_3$ <p>Следовательно, Л – оксид меди (I)</p>	<p>ОКИСЛЕНИЮ ГЛЮКОЗЫ - 0,5 баллов</p>
	<b>Итого</b>	<b>10 баллов</b>

**Внимание! Задача может быть решена разными способами. Не следует снижать оценку, если задача решена оригинальным способом.**

**Задание 11.2** (максимум 15 баллов)

34,8 г смеси трёх органических кислот - муравьиной, уксусной и щавелевой - разделили на две равные части. При полном сгорании первой части выделилось 10,08 л (н.у.) газа. Для нейтрализации второй части было израсходовано 43,75 мл 25%-ного раствора гидроксида натрия ( $\rho = 1,28$  г/мл). Рассчитайте массовые доли органических кислот в исходной смеси.

Критерии оценивания:

№ п/п	Содержание ответа	Баллы
1	<p>Записаны уравнения химических реакций:</p> $\text{НСООН} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \quad (1)$ <p>46 г/моль</p> $\text{СН}_3\text{СООН} + 2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \quad (2)$ <p>60 г/моль</p> $2\text{СООН}-\text{СООН} + \text{O}_2 \rightarrow 4\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \quad (3)$ <p>90 г/моль</p> $\text{НСООН} + \text{NaOH} \rightarrow \text{НСООНa} + \text{H}_2\text{O} \quad (4)$ <p>40 г/моль</p> $\text{СН}_3\text{СООН} + \text{NaOH} \rightarrow \text{СН}_3\text{СООНa} + \text{H}_2\text{O} \quad (5)$ $\text{СООН}-\text{СООН} + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{СООНa}-\text{СООНa} + 2\text{H}_2\text{O} \quad (6)$	6 баллов
2	<p>Определен количественный состав исходной смеси:  <math>n(\text{НСООН}) = x</math> моль; <math>n(\text{СН}_3\text{СООН}) = y</math> моль;  <math>n(\text{СООН})_2 = z</math> моль;</p>	0,5 балла
3	<p>Найдена масса половины смеси:  <math>46x + 60y + 90z = 17,4</math></p>	0,5 балла
4	<p>Рассчитано количества вещества <math>\text{CO}_2</math>:  <math>n(\text{CO}_2) = 10,08/22,4 = 0,45</math> моль</p>	0,5 балла
5	<p>Найдено общее количество вещества <math>\text{CO}_2</math>:</p>	1 балл

	$n(\text{CO}_2 \text{ по ур 1}) = x \text{ моль}; n(\text{CO}_2 \text{ по ур 2}) = 2y \text{ моль};$ $n(\text{CO}_2 \text{ по ур 3}) = z \text{ моль};$ $x + 2y + 2z = 0,45$	
6	Рассчитано количество вещества NaOH: $43,75 \cdot 1,28 \cdot 0,25/40 = 0,35 \text{ моль}$	0,5 балла
7	Найдено общее количество вещества NaOH : $n(\text{NaOH по ур 1}) = x \text{ моль}; n(\text{NaOH по ур 2}) = y \text{ моль};$ $n(\text{NaOH по ур 3}) = 2z \text{ моль};$ $x + y + 2z = 0,35$	1 балл
8	Составлена и решена система уравнений: $\begin{cases} 46x + 60y + 90z = 17,4 \\ x + 2y + 2z = 0,45 \\ x + y + 2z = 0,35 \end{cases}$ $x = 0,15; y = 0,1; z = 0,05$	2 балла
9	Рассчитаны массы кислот в смеси: $m(\text{HCOOH}) = 46 \cdot 0,15 = 6,9 \text{ г}$ $m(\text{CH}_3\text{COOH}) = 60 \cdot 0,1 = 6 \text{ г}$ $m((\text{COOH})_2) = 90 \cdot 0,05 = 4,5 \text{ г}$	1,5 балла
10	Рассчитаны массовые доли кислот в исходной смеси: $\omega(\text{HCOOH}) = 6,9/17,4 = 0,3966, \text{ или } 39,66\%;$ $\omega(\text{CH}_3\text{COOH}) = 6/17,4 = 0,3448, \text{ или } 34,48\%;$ $\omega((\text{COOH})_2) = 4,5 /17,4 = 0,2586, \text{ или } 25,86\%$	1,5 балла
	<b>Итого</b>	<b>15 баллов</b>

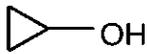
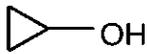
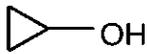
### Задание 11.3 (максимум 15 баллов)

11,6 г соединения А, имеющего плотность паров по гелию 14,5, количественно сожгли. Продукты его сгорания последовательно пропустили через трубку с оксидом фосфора (V) и известковую воду. Масса трубки с P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> увеличилась на 10,8 г, а в растворе известковой воды выпал осадок массой 60г. Напишите все реакции, которые были проведены для определения молекулярной формулы соединения А. Произведите вычисления, необходимые для установления молекулярной формулы органического вещества и запишите молекулярную формулу исходного органического вещества. Приведите все возможные изомеры соединения А и назовите их.

При окислении образца вещества А массой 540 мг перманганатом калия в присутствии едкого кали получена соль органической кислоты Б. Вещество Б подвергли сожжению. Для нейтрализации нелетучего остатка было израсходовано 15 мл 0,62 М соляной кислоты. Установите формулы веществ А, Б и назовите их. Запишите уравнения указанных реакций.

#### Критерии оценивания:

№ п/п	Содержание ответа	Баллы
1	Определена молярная масса соединения А $M(A) = 14,5 \cdot 4 = 58 \text{ г/моль}$	0,5 балла
2	Реакции, которые были проведены для определения молекулярной формулы соединения А $C_xH_yO_z + O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O$	3 балла

	$3\text{H}_2\text{O} + \text{P}_2\text{O}_5 \longrightarrow 2\text{H}_3\text{PO}_4$ $\text{CO}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \longrightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$													
3	<p>Увеличение массы трубки с <math>\text{P}_2\text{O}_5</math> происходит из-за его взаимодействия с водой</p> <p><math>m(\text{H}_2\text{O}) = 10,8 \text{ г}</math>, <math>n(\text{H}_2\text{O}) = 10,8/18 = 0,6 \text{ моль}</math></p> <p><math>n(\text{H}) = 2n(\text{H}_2\text{O}) = 1,2 \text{ моль}</math></p> <p><math>m(\text{H}) = 1,2 \text{ г}</math></p> <p>осадок <math>\text{CaCO}_3</math> <math>m(\text{CaCO}_3) = 60 \text{ г}</math></p> <p><math>n(\text{C}) = n(\text{CaCO}_3) = 60/100 = 0,6 \text{ моль}</math></p> <p><math>m(\text{C}) = 0,6 \times 12 = 7,2 \text{ г}</math></p> <p><math>m(\text{O}) = 11,6 - 1,2 - 7,2 = 3,2</math></p> <p><math>n(\text{O}) = 3,2/16 = 0,2 \text{ моль}</math></p> <p><math>n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{O}) = 0,6 : 1,2 : 0,2 = 3 : 6 : 1</math></p> <p>Простейшая молекулярная формула: <math>\text{C}_3\text{H}_6\text{O}</math></p> <p><math>M(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}) = 58 \text{ г/моль}</math></p>	2 балла												
4	<p>Изомеры</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td style="width: 5%; text-align: center;">1</td> <td style="width: 45%;"><math>\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH=O}</math></td> <td style="width: 50%;">пропаналь</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td><math>\text{CH}_3\text{C(O)CH}_3</math></td> <td>пропанон-2</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td></td> <td>циклопропанол</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">4</td> <td><math>\text{CH}_2=\text{CH-CH}_2\text{-OH}</math></td> <td>пропен-2-ол-1</td> </tr> </tbody> </table>	1	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH=O}$	пропаналь	2	$\text{CH}_3\text{C(O)CH}_3$	пропанон-2	3		циклопропанол	4	$\text{CH}_2=\text{CH-CH}_2\text{-OH}$	пропен-2-ол-1	<p>Формула изомера - 0,5 балла;</p> <p>Название изомера - 0,5 балла</p> <p>Всего 4 балла</p>
1	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH=O}$	пропаналь												
2	$\text{CH}_3\text{C(O)CH}_3$	пропанон-2												
3		циклопропанол												
4	$\text{CH}_2=\text{CH-CH}_2\text{-OH}$	пропен-2-ол-1												
5	<p>Анализ результатов по титрованию нелетучего остатка после сжигания.</p> <p>На титрование затратилось:</p> <p><math>n(\text{HCl}) = 0,015 \times 0,62 = 0,0093 \text{ моль} = 9,3 \text{ ммоль}</math></p>	0,5 балла												
6	<p>При сжигании соли карбоновой кислоты в качестве нелетучего остатка образуется карбонат калия или гидроксид калия</p> <p>Реакции горения</p> $2\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_2\text{K} + 7\text{O}_2 \longrightarrow 5\text{CO}_2 + \text{K}_2\text{CO}_3 + 5\text{H}_2\text{O}$ <p>или</p> $2\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_2\text{K} + 7\text{O}_2 \longrightarrow 6\text{CO}_2 + \text{KOH} + 4\text{H}_2\text{O}$	1 балл за реакцию горения												
7	<p>Нейтрализация соляной кислотой</p> $\text{K}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} \longrightarrow 2\text{KCl} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{KOH} + \text{HCl} \longrightarrow \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$	0,5 балла за реакцию нейтрализации												
8	<p><math>n(\text{K}_2\text{CO}_3) = 4,65 \text{ ммоль}</math> или</p> <p><math>n(\text{KOH}) = 9,3 \text{ ммоль}</math></p>	0,5 балла												
9	<p><math>n(\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_2\text{K}) = 9,3 \text{ ммоль}</math></p> <p>по условию задачи</p> <p><math>n(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}) = 540/58 = 9,3 \text{ ммоль}</math></p>	1 балл												
10	<p>Окисление перманганатом калия в щелочной среде до соли карбоновой кислоты произошло без разрыва <math>\text{C-C}</math> связи, следовательно, это пропаналь</p>	1 балл												

11	Окисление пропаналя до пропионата калия: $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH=O} + 2\text{KMnO}_4 + 3\text{KOH} \longrightarrow$ $\longrightarrow \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-COOK} + 2\text{K}_2\text{MnO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	1 балл
	<b>Итого</b>	<b>15 баллов</b>

**Внимание! Задачи могут быть решены разными способами. Не следует снижать оценку, если задачи решены оригинальным способом.**

#### Задание 11.4 (максимум 15 баллов)

Смесь метана и этана объемом 22,4 л, с массовой долей этана 40%, полностью сожгли в кислороде. При этом выделяется 1055 кДж теплоты. При сгорании такого же объема одного только метана выделяется 882 кДж теплоты.

1. Определите количества вещества метана и этана в предложенной смеси.
2. Оцените удельную теплоту сгорания высших алканов (в кДж/кг). Удельная теплота сгорания показывает, какое количество теплоты выделяется при полном сгорании топлива массой 1 кг. Объясните каждый шаг в своем рассуждении.
3. Оцените удельную теплоту сгорания бензина (в кДж/кг) предполагая, что бензин состоит из изомерных октанов.

Критерии оценивания:

№ п/п	Содержание ответа	Баллы
1	22,4 л смеси газов составляет 1 моль газов. В 100 г такой смеси содержится 40 г этана и 60 г метана. $n(\text{C}_2\text{H}_6) = 40 \text{ г} : 30 \text{ г/моль} = 1,33 \text{ моль}$ . $n(\text{CH}_4) = 60 \text{ г} : 16 \text{ г/моль} = 3,75 \text{ моль}$ $n(\text{газов}) = 1,33 + 3,75 = 5,08 \text{ моль}$ . Пропорционально, 1 моль смеси содержит: $n(\text{C}_2\text{H}_6) = 1 \cdot 1,33 / 5,08 = 0,262 \text{ моль}$ $n(\text{CH}_4) = 1 \cdot 3,75 / 5,08 = 0,738 \text{ моль}$ .	4 балла
2	Уравнения для сгорания этана и метана: $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ $2\text{C}_2\text{H}_6 + 7\text{O}_2 \rightarrow 4\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$	2 балла
3	При сгорании 1 моль метана выделяется 882 кДж теплоты. Пусть теплота сгорания этана будет $x$ кДж/моль. Тогда теплота, выделяемая при сжигании газовой смеси метана и этана, равна $882 \cdot 0,738 + x \cdot 0,262 = 1055$ $x = 1542 \text{ кДж/моль}$ . Из сравнения структуры этана и метана, видно, что теплота сгорания единицы метиленового звена $\text{CH}_2$ будет $1542 - 882 = 660 \text{ кДж/моль}$ . Общая формула алканов $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ или, эквивалентно, $[\text{CH}_4 + (n-1)\text{CH}_2]$ . Таким образом, 1 моль $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ будет образовывать $882 + (n-1) \cdot 660 = 222 + 660n$ (кДж/моль) теплоты.	(всего 7 бал.) 2 балла 1 балл 1 балл 1 балл

	Молярная масса алканов $(14n+2)$ г/моль. Сгорание 1 кг алкана образует $(222+ 660n) \cdot 10^3 / (14n+ 2)$ кДж теплоты.	1 балл 1 балл
4	Теплота сгорания бензина, с учетом того, что он состоит из изомерных октанов ( $n=8$ ) $( 222+ 660 \cdot 8) \cdot 10^3 : (14 \cdot 8 + 2) = 48,26 \cdot 10^3$ кДж/кг.	2 балла
	<b>Итого</b>	<b>15 баллов</b>

