Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по химии
2018-2019 учебный год
11 класс
Максимальный балл - 55

Косова О.Ю.

Задание 11.1 (максимум **10** баллов)

Определите, какие вещества были использованы для осуществления следующих реакций:

1) А + Б → В + NO + …
2) $NaOH + Г \xrightarrow{t^0} Е + H_2O + Д$
3) В + Д → И
4) И + К → Л
5) $Е_{(тв.)} \xrightarrow{t^0} … + O_2$

Известно, что
А – металл,
Б – разбавленная кислота
В - 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 Б- это азотная кислота, а В – 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 (9х0,5=4,5 балла) За каждое правильно написанное уравнение реакции по 1б (5х1=5 баллов) За дополнительные уравнения реакции по
2	2-реакция зашифрована следующим образом: $NaOH + Г \xrightarrow{t^0} Е + H_2O + Д$ 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: $2NaNO_3 \xrightarrow{t^0} 2NaNO_2 + O_2$	
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). $Cu(NO_3)_2 + 4NH_3 \rightarrow [Cu(NH_3)_4](NO_3)_2$	
4	4-я реакция:	

	$[Cu(NH_3)_4](NO_3)_2$ + К → Л Так как вещество К содержится в виноградном сахаре, то К – это глюкоза. $2[Cu(NH_3)_4](NO_3)_2 + C_6H_{12}O_6 + 2H_2O \xrightarrow{t^0}$ $\xrightarrow{t^0} C_6H_{12}O_7 + Cu_2O\downarrow + 4NH_4NO_3 + 4NH_3$ Возможные записи: $CH_2OH{-}(CHOH) - CHO + 2[Cu(NH_3)_4](NO_3)_2 + 2H_2O \xrightarrow{t^0}$ $\xrightarrow{t^0} CH_2OH{-}(CHOH)_4 - COOH + 4NH_4NO_3 + Cu_2O\downarrow + 4NH_3$ $CH_2OH{-}(CHOH)_4 - CHO + 2[Cu(NH_3)_4](NO_3)_2 + 2H_2O \xrightarrow{t^0}$ $\xrightarrow{t^0} CH_2OH{-}(CHOH)_4 - COONH_4 + 4NH_4NO_3 + Cu_2O\downarrow +$ $+ 3NH_3$ Следовательно, Л – оксид меди (I)	окислению глюкозы - 0,5 баллов
	Итого	**10 баллов**

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

Косова О.Ю.

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 (ρ =1,28 г/мл). Рассчитайте массовые доли органических кислот в исходной смеси.

Критерии оценивания:

№ п/п	Содержание ответа	Баллы
1	Записаны уравнения химических реакций: $HCOOH + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$ (1) 46 г/моль $CH_3COOH + 2O_2 \rightarrow 2CO_2 + 2H_2O$ (2) 60 г/моль $2COOH{-}COOH + O_2 \rightarrow 4CO_2 + 2H_2O$ (3) 90 г/моль $HCOOH + NaOH \rightarrow HCOONa + H_2O$ (4) 40 г/моль $CH_3COOH + NaOH \rightarrow CH_3COONa + H_2O$ (5) $COOH{-}COOH + 2NaOH \rightarrow COONa{-}COONa + 2H_2O$ (6)	6 баллов
2	Определен количественный состав исходной смеси: n (HCOOH) = x моль; n (CH_3COOH) = y моль; n $(COOH)_2$ = z моль;	0,5 балла
3	Найдена масса половины смеси: 46x + 60y + 90z = 17,4	0,5 балла
4	Рассчитано количества вещества CO_2: n (CO_2) = 10,08/22,4 =0,45 моль	0,5 балла
5	Найдено общее количество вещества CO_2:	1 балл

	$n(CO_{2\ по\ ур\ 1}) = x$ моль; $n(CO_{2\ по\ ур\ 2}) = 2y$ моль; $n(CO_{2\ по\ ур\ 3}) = z$ моль; $x + 2y + 2z = 0,45$	
6	Рассчитано количество вещества NaOH: $43,75 \cdot 1,28 \cdot 0,25/40 = 0,35$ моль	0,5 балла
7	Найдено общее количество вещества NaOH : $n(NaOH_{по\ ур\ 1}) = x$ моль; $n(NaOH_{по\ ур\ 2}) = y$ моль; $n(NaOH_{по\ ур\ 3}) = 2z$ 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: $m(HCOOH) = 46 \cdot 0,15 = 6,9$ г $m(CH_3COOH) = 60 \cdot 0,1 = 6$ г $m((COOH)_2) = 90 \cdot 0,05 = 4,5$ г	1,5 балла
10	Рассчитаны массовые доли кислот в исходной смеси: $ώ(HCOOH) = 6,9/17,4 = 0,3966$, или 39,66%; $ώ(CH_3COOH) = 6/17,4 = 0,3448$, или 34,48%; $ώ((COOH)_2) = 4,5/17,4 = 0,2586$, или 25,86%	1,5 балла
	Итого	**15 баллов**

Гиревая Х. Я.

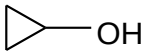
Задание 11.3 (максимум **15** баллов)

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_2O_5 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 $M(A) = 14,5 \cdot 4 = 58$ 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

	$3H_2O + P_2O_5 \rightarrow 2H_3PO_4$ $CO_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$	
3	Увеличение массы трубки с P_2O_5 происходит из-за его взаимодействия с водой m (H_2O) = 10,8 г, n (H_2O) = 10,8/18 = 0,6 моль n (H) = 2n (H_2O) = 1,2 моль m (H) = 1, 2 г осадок $CaCO_3$ m ($CaCO_3$) = 60 г n (C) = n ($CaCO_3$) = 60/100 = 0,6 моль m (C)= 0,6x12 = 7,2 г m (O) = 11,6-1,2 - 7,2 = 3,2 n (O) = 3,2/16 = 0,2 моль n (C): n (H) :n (O) = 0,6: 1, 2:0,2 = 3:6:1 Простейшая молекулярная формула: C_3H_6O M(C_3H_6O) = 58 г/моль	2 балла
4	Изомеры 1 — CH_3-CH_2-CH=O — пропаналь 2 — $CH_3C(O)CH_3$ — пропанон-2 3 —  — циклопропанол 4 — CH_2=CH-CH_2-OH — пропен-2-ол-1	Формула изомера - 0,5 балла; Название изомера - 0,5 балла Всего 4 балла
5	Анализ результатов по титрованию нелетучего остатка после сожжения. На титрование затратилось: n (HCl)= 0,015 x 0,62 =0,0093 моль = 9,3 ммоль	0,5 балла
6	При сжигании соли карбоновой кислоты в качестве нелетучего остатка образуется карбонат калия или гидроксид калия Реакции горения $2C_3H_5O_2K + 7O_2 \rightarrow 5CO_2 + K_2CO_3 + 5H_2O$ или $2C_3H_5O_2K + 7O_2 \rightarrow 6CO_2 + KOH + 4H_2O$	1 балл за реакцию горения
7	Нейтрализация соляной кислотой $K_2CO_3 + 2HCl \rightarrow 2KCl + CO_2 + H_2O$ $KOH + HCl \rightarrow KCl + H_2O$	0,5 балла за реакцию нейтрализации
8	n (K_2CO_3) = 4,65 ммоль или n (KOH) = 9,3 ммоль	0,5 балла
9	n ($C_3H_5O_2K$) = 9,3 ммоль по условию задачи n (C_3H_6O)= 540/58 = 9,3 ммоль	1 балл
10	Окисление перманганатом калия в щелочной среде до соли карбоновой кислоты произошло без разрыва С—С связи, следовательно, это пропаналь	1 балл

11	Окисление пропаналя до пропионата калия: $CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH{=}O + 2KMnO_4 + 3KOH \longrightarrow$ $\longrightarrow CH_3\text{-}CH_2\text{-}COOK + 2K_2MnO_4 + 2H_2O$	1 балл
	Итого	**15 баллов**

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

Сутягин А. А.

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. $n(C_2H_6)$ = 40 г : 30 г/моль = 1,33 моль. $n(CH_4)$ = 60 г : 16 г/моль = 3,75 моль n (газов) = 1,33+3,75=5.08 моль. Пропорционально, 1 моль смеси содержит: $n(C_2H_6) = 1 \cdot 1{,}33/ 5{,}08 = 0{,}262$ моль $n(CH_4) = 1 \cdot 3{,}75/5.08 = 0{,}738$ моль.	4 балла
2	Уравнения для сгорания этана и метана: $CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$ $2C_2H_6 + 7O_2 \rightarrow 4CO_2 + 6H_2O$	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 кДж/моль. Из сравнения структуры этана и метана, видно, что теплота сгорания единицы метиленового звена CH_2 будет 1542-882 = 660 кДж/моль. Общая формула алканов C_nH_{2n+2} или, эквивалентно, $[CH_4 + (n\text{-}1)CH_2]$. Таким образом, 1 моль C_nH_{2n+2} будет образовать $882 + (n\text{-}1) \cdot 660 = 222 + 660n$ (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
	Итого	**15 баллов**