

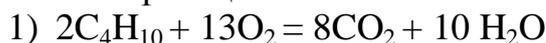
**Муниципальный этап всероссийской олимпиады школьников по химии
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра
2023–2024 учебный год
АНАЛИЗ (РАЗБОР) ОЛИМПИАДНЫХ ЗАДАНИЙ
10 класс**

1. Парафины. Химические свойства парафинов (10 баллов).

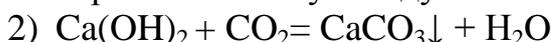
Продукты, полученные при полном сгорании некоторого объема бутана, пропустили через склянку, в которой находилось 1,5 кг известковой воды с массовой долей гидроксида кальция 0,74%. Сначала жидкость в склянке помутнела, но после окончания реакции в ней образовался прозрачный раствор без осадка. Объясните изменения, которые наблюдались в склянке с известковой водой, напишите уравнения реакций, назовите полученные вещества. Определите минимальный объем бутана (н.у.), который мог быть сожжен в этом эксперименте.

Решение:

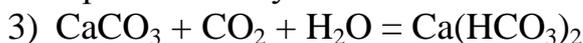
Уравнения реакций:



При пропускании полученной смеси (пары воды и углекислый газ) через известковую воду сначала образуется осадок (карбонат кальция):



При избытке углекислого газа карбонат кальция растворяется



4) При этом образуется кислая соль, гидрокарбонат кальция

Суммарное уравнение реакции с известковой водой:



Масса гидроксида кальция в растворе равна:

$$m(Ca(OH)_2) = m_{p-ра} \cdot w = 1500 \cdot 0,0074 = 11,1 \text{ г}$$

$$M(Ca(OH)_2) = 74 \text{ г/моль}$$

$$n(Ca(OH)_2) = m/M = 11,1/74 = 0,15 \text{ моль}$$

Из уравнения (4) следует, что:

$$n(CO_2) = 2 n(Ca(OH)_2) = 2 \cdot 0,15 \text{ моль} = 0,3 \text{ моль.}$$

$$\text{или } n_2(CO_2) = n(Ca(OH)_2) = n(CaCO_3) = 0,15 \text{ моль}$$

$$n_3(CO_2) = n(CaCO_3) = 0,15 \text{ моль}$$

$$n_{\text{общее}}(CO_2) = 0,3 \text{ моль}$$

Из уравнения (1) определить количество бутана:

$$n(C_4H_{10}) = n(CO_2) / 4 = 0,3/4 \text{ моль} = 0,075 \text{ моль.}$$

Минимальный объем бутана (н.у.):

$$V(C_4H_{10}) = n(C_4H_{10}) \cdot V_M = 0,075 \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 1,68 \text{ л}$$

Система оценивания:

	Элементы решения	Баллы
1	За каждое уравнение - 1 балл	4 балла
2	Расчет $m(\text{Ca}(\text{OH})_2)$	1 балл
3	Расчет хим. количества $n(\text{Ca}(\text{OH})_2)$	1 балл
4	Расчет хим. количества $n(\text{CO}_2)$	1 балл
5	Расчет хим. количества $n(\text{C}_4\text{H}_{10})$	1 балл
6	Расчет минимального объема $V(\text{C}_4\text{H}_{10})$	1 балл
7	Объяснение изменений, которые наблюдаются в склянке с известковой водой	1 балл
	Итого	10 баллов

Итого: 10 баллов

2. Кислородсодержащие органические вещества. Превращения органических веществ (20 баллов).

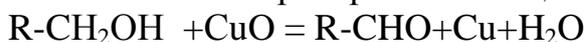
Соединение А – легкокипящая жидкость с приятным запахом. При гидролизе вещества А образуется два соединения с одинаковым числом атомов углерода. Молярная масса вещества В - немного превышает среднюю молярную массу воздуха. Вещество В может быть окислено оксидом меди (II) в вещество С, которое используется для сохранения биологических препаратов.

Приведите возможные формулы веществ А, В, С. с указанием названий. Приведите уравнения химических реакций. Составьте общее уравнение превращения вещества В оксидом меди (II) в вещество С.

Предположите какие это вещества. Составьте конкретное уравнение превращения вещества В - в вещество С. Проведите гидролиз вещества А. Дайте характеристику вещества для хранения биологических препаратов.

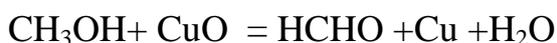
Решение:

1. Рассуждение о том, что может быть получено в результате реакции с оксидом меди – это альдегид. Значит вещество В под действием оксида меди (II) дает вещество С, которое используется для сохранения биологических препаратов - общая схема.



2. Предположение: вещество С – альдегид (формальдегид, метаналь). При этом вещество альдегид используется для хранения биологических препаратов.

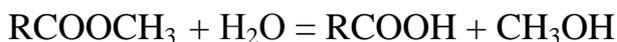
3. Формальдегид получается из метанола. Значит вещество В – метанол



$$M(\text{CH}_3\text{OH}) = 32 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{воздуха}) = 29 \text{ г/моль}$$

При гидролизе исходного вещества получилось два вещества с одинаковым числом атомов углерода



Кислота с одним атомом углерода – HCOOH- муравьиная кислота

Исходное вещество А – с приятным запахом – это эфир муравьиной кислоты (Метилвый эфир муравьиной кислоты) HCOOCH₃

Ответ: А- HCOOCH₃; В- CH₃-OH; С- HCHO

HCHO – формальдегид. Формалин — водный раствор формальдегида (метаналь), стабилизированный метанолом. Наиболее распространённой стала форма, содержащая 40 % формальдегида,

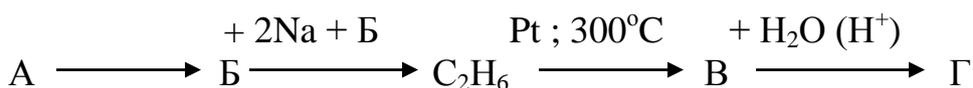
Система оценивания:

	Элементы решения	Баллы
1	Рассуждение о том, что может быть получено в результате реакции с оксидом меди	2 балла
2	Три уравнения по 2 балла	6 баллов
3	Доказательство вещества С – 2 балла	2 балла
4	Сравнение М (CH ₃ OH) и М(воздуха)	2 балла
5	Вывод об исходном веществе – 2 балла, продуктах гидролиза – 2 балла	4 балла
5	Название и формула веществ за каждое по 1 баллу	3 балла
6	Характеристика вещества для хранения биологических препаратов	1 балл
	Итого	20 баллов

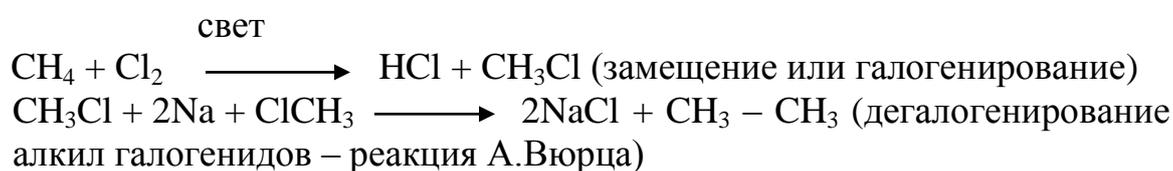
Итого: 20 баллов

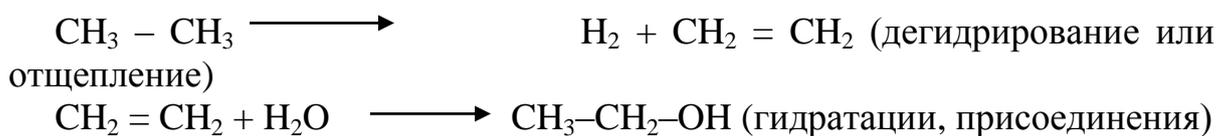
3. Генетическая взаимосвязь классов органических и минеральных веществ (8 баллов).

Определите зашифрованные в цепочке превращений вещества, запишите уравнения соответствующих реакций, назовите вещества по номенклатуре IUPAC. Назовите типы реакций:



Решение:





- А – CH_4 метан
 Б – CH_3Cl хлорметан
 В – $\text{CH}_2 = \text{CH}_2$ этен
 Г – $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OH}$ этанол

Система оценивания:

	Элементы решения	Баллы
1.	За каждое уравнение по 1 баллу	4 балла
2.	За каждое название по 0,5 балла	2 балла
3.	Определение типа реакции по 0,5 балла	2 балла
	Итого	8 баллов

Итого: 8 баллов

4. Металлы и сплавы. Химические свойства металлов (18 баллов).

Две металлические пластинки одинаковой массы изготовили из одного металла, степень окисления которого в соединениях равна двум. Пластинки погрузили в растворы солей меди и серебра одинаковой молярной концентрации. Через некоторое время пластинки вынули, промыли, высушили и взвесили (весь выделившийся металл осел на пластинках). Масса первой пластинки увеличилась на 0,8%, а второй – на 16%. Из какого металла изготовлены пластинки? Где металл находит применение?

Решение:



1-й способ.

Пусть $\text{M}(\text{M}) = m(\text{M}) = x$ г, а масса пластинки – y г. Тогда можно составить систему уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} 64-x = 0,008y \\ 108 \cdot 2 - x = 0,16y \end{array} \right.$$

$$y = \frac{64-x}{0,008}$$

$$216 - x = 0,16 \cdot \frac{64-x}{0,008}$$

$$216 - x = 1280 - 20x$$

$$19x = 1064$$

$$x = 56$$

Решая эту систему, получим ответ:

$y = 1000$ г, $x = 56$ г. Металл пластинки – железо.

Система оценивания:

	Элементы решения	Баллы
1	За каждое уравнение по 2 балла	4 балла
2	Рассуждения по уравнениям	4 балла
3	Ведение неизвестных -2балла. Рассуждения -2 балл	4 балла
4	Составление системы 3 балла.	3 балла
5	Решение системы	2 балла
6	Вывод – металл железо – 1 балл.	1 балл
	Итого	18 баллов

2-й способ.



Обозначим молярную массу металла через V .

Тогда для уравнения (1) верно следующее рассуждение: если бы растворилось V г металла (1 моль), то на пластинке осело бы 64 г меди и разница масс составила бы $(64 - V)$ г;

по условию же задачи эта молярная разница соответствует реальной разнице в 0,8%.

Аналогично для серебра (уравнение (2))

молярная разница составляет $(216 - V)$ г и соответствует разнице в 16%.

Записываем следующую пропорцию:

$(64 - V)$ г соответствуют 0,8%,

$(216 - V)$ г соответствуют 16%,

Решаем уравнение

$$0,8 \cdot (216 - V) = 16 \cdot (64 - V).$$

$V = 56$. Следовательно, наш металл – железо.

Система оценивания:

	Элементы решения	Баллы
1	За каждое уравнение по 2 балла	4 балла
2	Ведение неизвестного (V)- 2 балла,	4 балла
3	Рассуждения по 1 и 2 уравнению. Расчет разницы масс	4 балла
4	Составление пропорции – 3 балла	3 балла
5	Решение пропорции – 2 балла	2 балла
6	Вывод – металл железо – 1 балл	1 балл
	Итого	18 баллов

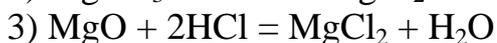
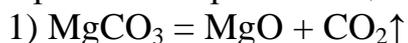
Итого: 18 баллов

5.Соли. Химические свойства солей. Разложение солей (23балла).

При нагревании карбоната магния часть вещества разложилась. При этом выделилось 5,6 л газа и образовалось 18,4 г твёрдого остатка. Остаток растворили в 365 г соляной кислоты, при этом массовая доля кислоты в конечном растворе составила 2,9%. Вычислите массовую долю соляной кислоты в исходном растворе.

Решение:

Уравнения протекающих реакций:



Расчет количество вещества CO_2 , образовавшегося по уравнению реакции (1): $n(\text{CO}_2) = V(\text{CO}_2) / V_m = 5,6 \text{ л} / 22,4 \text{ л/моль} = 0,25 \text{ моль}$

По уравнению реакции (1) определить количество вещества образовавшегося оксида магния: $n(\text{MgO}) = n(\text{CO}_2) = 0,25 \text{ моль}$

масса образовавшегося оксида магния

$$m(\text{MgO}) = n(\text{MgO}) \cdot M(\text{MgO}) = 0,25 \text{ моль} \cdot 40 \text{ г/моль} = 10 \text{ г}$$

Расчет массы неразложившегося карбоната магния в остатке:

$$m(\text{MgCO}_3)_{\text{остаток}} = m(\text{остаток}) - m(\text{MgO}) = 18,4 \text{ г} - 10 \text{ г} = 8,4 \text{ г}$$

Расчет количества вещества неразложившегося карбоната магния в остатке:

$$n(\text{MgCO}_3)_{\text{остаток}} = m(\text{MgCO}_3)_{\text{остаток}} / M(\text{MgCO}_3) = 8,4 \text{ г} / 84 \text{ г/моль} = 0,1 \text{ моль}$$

Согласно уравнению реакции (2) составить пропорцию для расчета количества вещества HCl , прореагировавшего в реакции (2):

$$1 \text{ моль } \text{MgCO}_3 - 2 \text{ моль } \text{HCl}$$

$$0,1 \text{ моль } \text{MgCO}_3 - x \text{ моль } \text{HCl}$$

$$\text{Тогда } x = n(\text{HCl})_{\text{прореаг.2}} = 0,1 \text{ моль} \cdot 2 \text{ моль} / 1 \text{ моль} = 0,2 \text{ моль}$$

Согласно уравнению реакции (3) составить пропорцию для расчета количества вещества HCl , прореагировавшего в реакции (3):

$$1 \text{ моль } \text{MgO} - 2 \text{ моль } \text{HCl}$$

$$0,25 \text{ моль } \text{MgO} - y \text{ моль } \text{HCl}$$

$$\text{Тогда } y = n(\text{HCl})_{\text{прореаг.3}} = 0,25 \text{ моль} \cdot 2 \text{ моль} / 1 \text{ моль} = 0,5 \text{ моль}$$

Определение массы HCl, прореагировавшего в реакциях (2) и (3):

$$m(\text{HCl})_{\text{прореаг.}} = [n(\text{HCl})_{\text{прореаг.2}} + n(\text{HCl})_{\text{прореаг.3}}] \cdot M(\text{HCl}) = (0,2 \text{ моль} + 0,5 \text{ моль}) \cdot 36,5 \text{ г/моль} = 25,55 \text{ г}$$

Вычисление количества вещества и массу углекислого газа, выделившегося в результате протекания реакции (2):

$$n(\text{CO}_2)_{\text{обр.2}} = n(\text{MgCO}_3)_{\text{остаток}} = 0,1 \text{ моль}$$

$$m(\text{CO}_2)_{\text{обр.2}} = n(\text{CO}_2)_{\text{обр.2}} \cdot M(\text{CO}_2) = 0,1 \text{ моль} \cdot 44 \text{ г/моль} = 4,4 \text{ г}$$

Расчет массы раствора после протекания реакций (2) и (3):

$$m(\text{р-ра})_{\text{кон.}} = m(\text{остаток}) + m(\text{р-ра})_{\text{исх.}} - m(\text{CO}_2)_{\text{обр.2}} = 18,4 \text{ г} + 365 \text{ г} - 4,4 \text{ г} = 379 \text{ г}$$

Определение массы HCl в растворе после протекания реакций (2) и (3):

$$m(\text{HCl})_{\text{кон.}} = m(\text{р-ра})_{\text{кон.}} \cdot w(\text{HCl})_{\text{кон.}} = 379 \text{ г} \cdot 2,9 \% / 100 \% = 10,99 \text{ г}$$

Расчет массы HCl в исходном растворе соляной кислоты:

$$m(\text{HCl})_{\text{исх.}} = m(\text{HCl})_{\text{прореаг.}} + m(\text{HCl})_{\text{кон.}} = 25,55 \text{ г} + 10,99 \text{ г} = 36,54 \text{ г}$$

Расчет искомой массовой доли HCl в исходном растворе:

$$w(\text{HCl})_{\text{исх.}} = m(\text{HCl})_{\text{исх.}} / m(\text{р-ра})_{\text{исх.}} = 36,54 \text{ г} / 365 \text{ г} = 0,1 \text{ или } 10\%$$

Система оценивания:

	Элементы решения	Баллы
1	Уравнения реакций - за каждое 1 баллу	3 балла
2	Расчёт количество вещества CO ₂	1 балл
3	Расчет массы и количества вещества MgO по 1 баллу	2 балла
4	Расчет массы и количества неразложившегося карбоната магния	2 балла
5	Расчет количества вещества HCl, прореагировавшего по уравнению 2	2 балла
6	Расчет количества вещества HCl, прореагировавшего по уравнению 3	2 балла
7	Расчет массы HCl, прореагировавшего в реакциях 2, 3	2 балла
8	Расчет количество вещества, массы CO ₂ , выделившегося в результате протекания реакции 2	2 балла
8	Расчет массы раствора после протекания реакций 2, 3	2 балла
9	Расчет массы HCl в растворе после протекания реакций 2, 3	2 балла
10	Расчет массы HCl в исходном растворе соляной кислоты	2 балла
11	Расчет массовой доли HCl в исходном растворе	1 балл
	Итого	23 балла

Итого: 23 балла

6. Вывод молекулярной формулы органических веществ. Структурно-графические формулы (10 баллов).

Плотность паров углеводорода предельного ряда 1,96 г/л (при н.у.). Вывести молекулярную формулу этого вещества. Какое промышленное значение имеет данное вещество. Привести примеры химических реакций данного вещества с азотной кислотой, с кислородом, с хлором на свету. Какой ученый впервые провел реакцию с азотной кислотой и когда?

Решение:

Так как общая формула предельных углеводородов C_nH_{2n+2} , то

$$M_r = 12n + 2n + 2 = 14n + 2$$

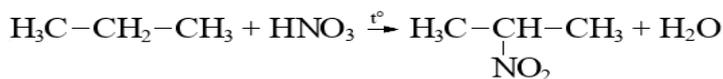
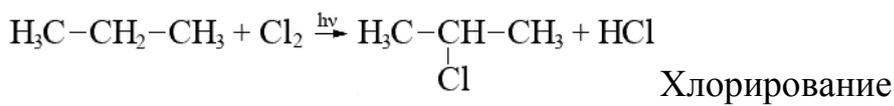
Зная плотность газообразного вещества, легко определить его M :

$$M = \rho \cdot V_m = 1,96 \text{ г/л} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 44 \text{ г/моль}$$

$$M_r = M = 44 \quad \text{Следовательно, } 12n + 2n + 2 = 44 \quad n = 3$$

C_3H_8 – пропан используют в качестве сырья для получения пропилена и его оксида, изопропанола. Применяют в газовой сварке, как бытовой и топливный газ (в т. ч. как автомобильное топливо), хладагент в холодильных установках и системах кондиционирования.

Применение.



Нитрование - реакция Коновалова)

Система оценивания:

	Элементы решения	Баллы
1	Общая формула, расчет по общей формуле	2 балла
2	Расчет молекулярной массы через плотность	2 балла
3	Структурная формула	1 балл
4	Химические свойства горение -1балл, хлорирование -1 балл, нитрование – 1 балл	3 балла
5	Реакция с алканами впервые была осуществлена русским химиком-органиком М. И. Коноваловым в 1888 году – 1 балл.	1 балл
6	Применение	1 балл
	Итого	10 баллов

Итого: 10 баллов

7. Кислоты. Азотная кислота. Химические свойства азотной кислоты (11баллов)

В две пробирки положили по одинаковому кусочку цинка, а затем прилили некоторое количество 30 %-ной азотной кислоты и такое же количество воды. В первую пробирку сначала налили воду, а затем медленно приливали кислоту, во вторую – сначала налили кислоту, а затем медленно приливали воду.

Какие вещества образовались в пробирках? Приведите уравнения происходящих реакций. Как доказать различие содержимого пробирок после окончания реакций?

Решение:

1. В первой пробирке сначала образуется разбавленная азотная кислота, реагирующая с цинком с образованием нитрата аммония:



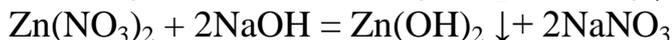
По мере добавления кислоты ее концентрация растет, что приводит к протеканию других реакций и образованию других продуктов (напр., N_2 и NO).

Во второй пробирке сначала присутствует довольно концентрированная азотная кислота, реагирующая с цинком с выделением NO :

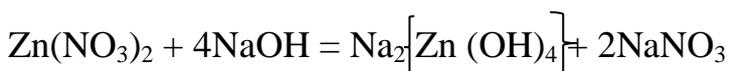


и по мере добавления воды ее концентрация падает, но не настолько, чтобы шло образование ионов аммония.

Ионы аммония присутствуют только в первой пробирке и могут быть обнаружены по выделению NH_3 при действии щелочи - качественная реакция:



В избытке идет растворение осадка – получается комплексная соль тетрагидроксоцинкат (II) натрия



Система оценивания:

	Элементы решения	Баллы
1	Уравнение в 1 пробирке – 1балл. Образование нитрата аммония - 1балл	2 балла
2	Уравнение во 2 пробирке- 1 балл. Образование - оксида азота (II) – 1 балл	2 балла
3	Обнаружение ионов аммония. Уравнение. Качественная реакция	2 балла
4	Доказательство различий содержимого пробирок после окончания реакций путем добавления щелочи	2 балла
5	Уравнения реакции щелочи с нитратом цинка, нитратом аммония – по 0,5 балла	1 балл
6	Образование комплексной соли – 1 балл. Название соли- 1 балл	2 балл
	Итого	11 баллов

Итого: 11 баллов

Задание	1	2	3	4	5	6	7	Итого
Максимальное кол-во баллов	10	20	8	18	23	10	11	100