

11 класс
Вариант 1

Задача 1

Диоксиды А и В являются газами бурого и желто-зеленого цветов соответственно.

При взаимодействии А массой 4,600 г и В массой 1,6875 г при 30° С образовался желто-зеленый газ С массой 0,8875 г и кристаллическое вещество Д.

Пропусканием газа С через горячий раствор гидроксида калия массой 20,0 г и массовой долей щелочи 7 % получили раствор двух солей Е и Ж.

Твёрдое вещество Д полностью провзаимодействовало с раствором газа М массой 20,0 г и массовой долей 8,5% с образованием вещества И. Полученный после реакции раствор выпарили и твердый остаток прокалили, после чего кристаллов И не осталось, но образовались газ К и пары жидкости Л.

Массовая доля кислорода в соединениях, %	А	В	С	Д
	69,57	47,41	0	74,07

Задание:

1. Определите формулы веществ А, В, С, Д, Е, Ж, И, К, Л, М. Определение подтвердите расчётами.
2. Напишите уравнения всех реакций.
3. Рассчитайте массовую долю бинарной соли Е в образовавшемся растворе.
4. Определите объём (л, н.у.) газа К.

Решение

Определение соединений А, В, С, Д.

А. $\omega(\text{O}) = 69,57\%$. $M_A = 2 \times 16 : 0,6957 = 46,0$ г/моль.

А: NO₂

В. $\omega(\text{O}) = 47,41\%$. $M_A = 2 \times 16 : 0,4741 = 67,5$ г/моль

В: ClO₂

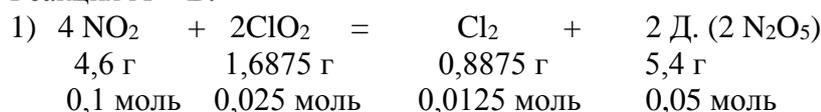
С. $\omega(\text{O}) = 0\%$.

С: Cl₂

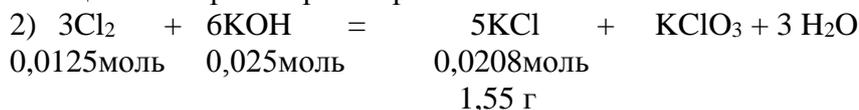
Д. $\omega(\text{O}) = 74,07\%$.

Д: N₂O₅

Реакция А + В.



Реакция С с горячим раствором КОН.

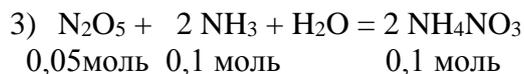


Е = KCl; Ж = KClO₃

Масса раствора(1) 20+0,8875=20,8875г. $\omega(\text{KCl}) = 0,07418=7,4\%$

Реакция вещества Д с водным раствором газа М.

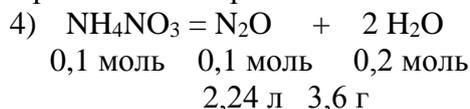
Газ М - аммиак. Только соли аммония при разложении не дают твёрдого остатка.



И: NH₄NO₃

М: NH₃

Прокаливание кристаллов И.



К: N₂O

Л: H₂O

Система оценивания:

За определение формулы В –	1 балл
За определение формул А, С, Д, Е, Ж, И, К, Л, М по 0,5 балла –	4,5 балла
За уравнение 1) –	1 балл
За уравнения 2) – 4) по 0.5 балла	1,5 балла
За расчет массовой доли Е в растворе и объема газа К по 1 баллу –	2 балла

Всего 10 баллов**Задача 2.**

В средние века алхимики предпринимали безуспешные усилия в поисках «философского камня». С его помощью они надеялись из жидкого металла Р получить металл М.

Металл М в своих соединениях проявляет две валентности. Например, при взаимодействии с хлором образуются два продукта А и В, в которых массовая доля хлора составляет 15,28% и 34,92% соответственно.

Металл М способен к комплексообразованию, проявляя различное координационное число в зависимости от его степени окисления. Так, соединения А и В реагируют с раствором цианида калия, образуя комплексы С и Д, в которых массовая доля калия составляет 13,54% и 11,47% соответственно.

К атмосферным воздействиям данный металл устойчив и сохраняется без изменений даже в морской воде. В природе М в основном находится в виде простого вещества, часто в мелкодисперсном состоянии в кварцевых песках. Извлечение его осуществляется промыванием песков раствором цианида калия в присутствии воздуха. В результате металл переходит в раствор в виде комплекса С. Для извлечения его из комплекса используют порошок цинка.

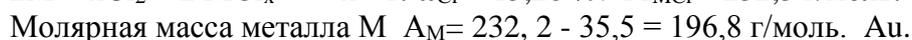
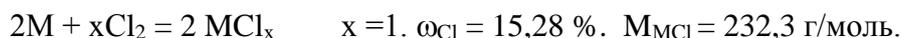
Термическое разложение комплексов С и Д приводит к получению М, цианида калия и газа Е, имеющего плотность по водороду $D_{H_2}=26$.

Пропускание газа Е через раствор $Zn + H_2SO_4$ приводит к образованию слабой кислоты К с запахом горького миндаля.

Пропускание смеси газов Е и водорода при нагревании над никелевым катализатором приводит к синтезу органического соединения Л с массовой долей азота 46,47 %.

Задание:

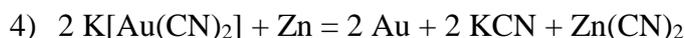
Напишите уравнения всех перечисленных процессов, а также уравнение нейтрализации вещества К раствором едкого кали. Определите формулы веществ Р, М, А, В, С, Д, Е, К, Л

Решение:**А – AuCl****В - AuCl₃**

Реакции с KCN.

**С - K[Au(CN)₂]****Д - K[Au(CN)₂]**

Извлечение золота из руды.



Прокаливание комплексов С и Д.





Е - C₂N₂

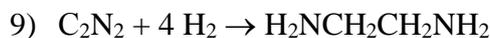
Реакция дициана с раствором Zn + H₂SO₄.



К - HCN



Реакция Е с H₂.



Л - H₂NCH₂CH₂NH₂

Металлы: М – Au, К - Hg

Формулы веществ: Р – Hg, М – Au, А – AuCl, В – AuCl₃, С - K[Au(CN)₂], Д - K[Au(CN)₄], Е - C₂N₂, К – HCN, Л - H₂NCH₂CH₂NH₂.

Система оценивания:

За определение металла М, формулы вещества Л – по 1 баллу	2 балла
За определение формул веществ Р, А, В, С, Д, Е, К по 0,5 балла.	3,5 балла
За правильное написание каждого уравнения по 0,5 балла	4,5 балла.

Всего 10 баллов

Задача 3

В реакторе объёмом 11,2 л при общем давлении $1,013 \cdot 10^5$ Па и температуре 0°С находятся два газа: токсичный А и нетоксичный Б.

Через отводную трубку в реактор постепенно вводят газообразный хлороводород. Давление в реакторе уменьшается вдвое. Дальнейший ввод хлороводорода приводит к повышению давления до начального. Ввод хлороводорода прекращают. В этот момент плотность газовой смеси в реакторе равна $\rho = 1,440$ г/л.

Далее в реактор через отводную трубку постепенно вводят газ А. Давление в реакторе уменьшается вдвое. Дальнейший ввод газа А приводит к повышению давления до начального. Ввод газа А прекращают. В этот момент плотность газовой смеси в реакторе равна $\rho = 1,004$ г/л.

Все реакции проводились при температуре 0°С.

Задание:

1. Определите газы А и Б. Подтвердите определение расчётами.
2. Определите массу кристаллов, полученных в реакторе.
3. Рассчитайте давление в реакторе после всех проведённых реакций, если температуру в реакторе повысить до 400°С. $R=8,314$ Дж/К·моль.

Решение

Общее количество газов А и Б равно 0,5 моль: $11,2/22,4 = 0,5$

Понижение давления в реакторе при введении HCl указывает на взаимодействие HCl с газом А, в результате образуется твёрдое вещество С.



Так как давление уменьшилось вдвое, то количество нереагирующего газа Б равно 0,25 моль. Начальное количество газа А равно 0,25 моль.

Состав газа после завершения ввода HCl в реактор будет 0,25 моль Б и 0,25 моль HCl. Средняя молекулярная масса $M=1,440$ г/л \times 22,4 л/моль = 32,256 г/моль.

$M_{\text{cp}}=(36,5 \times 0,25 + M_{\text{Б}} \times 0,25) : 0,5 = 32,256$. Решая уравнение, находим, что $M_{\text{Б}} = 28$ г/моль. Этими газами могут быть N₂ или CO. Так как газ Б – нетоксичный, то это N₂.

Понижение давления в реакторе при введении газа А указывает на взаимодействие HCl с газом А, в результате образуется твёрдое вещество С.



Так как давление уменьшилось вдвое, то количество нереагирующего газа Б равно 0,25 моль. Начальное количество газа HCl равно 0,25 моль.

Дальнейший ввод А повышает давление до начального. Состав газовой смеси 0,25 моль N₂ и 0,25 моль А. Средняя молекулярная масса газовой смеси $M_{\text{cp}} = 1,004 \text{ г/л} \times 22,4 = 22,49 \text{ г/моль}$.

$$M_{\text{cp}} = (28 \times 0,25 + M_{\text{A}} \times 0,25) : 0,5 = 22,49 \text{ г/моль. } M_{\text{A}} = 17 \text{ г/моль - это аммиак: NH}_3$$

Так как продукт С образуется в реакциях 1 и 2, газ А это NH₃

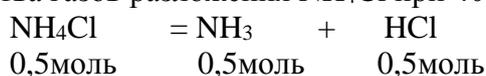
Состав исходной газовой смеси 0,25 моль NH₃ и 0,25 моль N₂.

Реакция получения хлорида аммония:



Расчёт давления в реакторе при 400 °С.

Количество газов в реакторе складывается из 0,25 моль N₂, 0,25 моль NH₃ и количества газов разложения NH₄Cl при 400°С:



Суммарное количество газов 1,5 моль.

Давление в реакторе:

$$P = nRT/V; P = 1,5 \times 8,314 \times 673 / 0,0112 = 749374 \text{ Па} = 7,5 \times 10^5 \text{ Па}$$

Система оценивания:

- | | |
|---|-----------|
| 1. За определение общего количества газов с исходной смеси | 0,5 балла |
| 2. За определение начальных количеств веществ А и Б | 0,5 балла |
| 3. За определение того, что газ Б это N ₂ | 2 балла |
| 4. За определение того, что газ А это NH ₃ | 2 балла |
| 5. За определение массы кристаллов хлорида аммония | 2 балла |
| 6. За определение суммарного количества газов в реакторе после разложения хлорида аммония | 1 балл |
| 7. За расчет давления в реакторе при температуре 400 ⁰ С | 2 балла |

Всего 10 баллов.

Задача 4

Органическое вещество Х является продуктом крупнотоннажного производства. Его молекула представляет собой сопряжённую π-электронную систему.

Навеску данного вещества массой 0,885 г сожгли в кислороде. Все продукты сгорания массой 2,485 г нейтрализовали избытком раствора гидроксида бария. При этом выпал белый осадок массой 7,892 г, который был отделён фильтрованием.

К раствору после фильтрования прилили избыток раствора нитрата серебра. В результате образовался белый творожистый осадок массой 1,435 г, нерастворимый в азотной кислоте.

Реакция 1 моль Х с 1 моль хлороводорода в присутствии CuCl при 20°С приводит к образованию вещества Y, при гидролизе которого в щелочной среде образуется вещество С.

Вещество С при пропускании его паров над Al₂O₃ при 250 °С приводит к образованию вещества N.

Реакция 1 моль Х с 1 моль бромноватистой кислоты приводит к образованию вещества К.

Задание:

1. Определите вещества Х, Y, С, N, К. Напишите их структурные формулы, дайте их названия по номенклатуре ИЮПАК. Приведите тривиальное название вещества Х.

2. Напишите уравнения всех химических реакций.
 3. Как называется крупнотоннажный продукт, получаемый из вещества X в промышленности? Как называется реакция получения этого продукта?

Решение

Выпадение осадка из раствора $\text{Ba}(\text{OH})_2$ указывает на получение CO_2 .

Выпадение осадка AgCl указывает на присутствие Cl в X.



Масса BaCO_3 7,892 г. Количество 0,04 моль. Количество C 0,04 моль

Масса C 0,48 г.

Масса AgCl 1,435 г. Количество 0,01 моль. Количество Cl 0,01 моль.

Масса Cl 0,355 г.

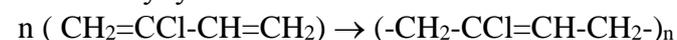
Масса H $0,885 - 0,48 - 0,355 = 0,05$ г. Количество 0,05 моль.

C : H : Cl = 0,04 : 0,05 : 0,01 = 4 : 5 : 1. $\text{C}_4\text{H}_5\text{Cl}$

$\text{CH}_2=\text{CCl}-\text{CH}=\text{CH}_2$ название: **2-хлорбута-1,3-диен**; принимаются названия

2-хлорбутадиен, 2-хлор-1,3-бутадиен, 2-хлорбутадиен-1,3

Тривиальное название: **хлоропрен**. Реакцией полимеризации получают хлоропреновый каучук.

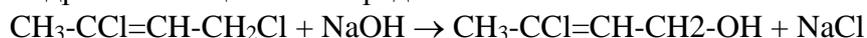


Реакция гидрохлорирования X в присутствии CuCl при 20°C :



Y = **$\text{CH}_3-\text{CCl}=\text{CH}-\text{CH}_2\text{Cl}$** ; название: название: 1,3-дихлорбут-2-ен, принимается название 1,3-дихлорбутен-2

Гидролиз Y в щелочной среде:



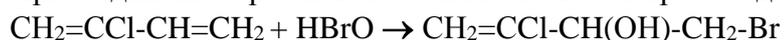
C = **$\text{CH}_3-\text{CCl}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{OH}$** ; название: 3-хлор-бут-2-ен-1-ол

Пропускание C над оксидом алюминия при 250°C приводит к образованию простого эфира:



N = **$\text{CH}_3-\text{CCl}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CCl}-\text{CH}_3$** , название 1,1'-оксибис(3-хлорбут-2-ен) или бис(3-хлорбут-2-ен-1-ил)овый эфир

Присоединение бромноватистой кислоты к X происходит в положения 3,4:



K = **$\text{CH}_2=\text{CCl}-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_2-\text{Br}$** ; название: 1-бром-3-хлорбут-3-ен-1-ол

Система оценивания:

- | | |
|---|---------|
| 1. За вывод формулы X | 3 балла |
| 2. За названия X, Y, C, K по номенклатуре ИЮПАК и структурные формулы по | 2 балла |
| 0,5 балла | |
| 3. За хлоропреновый каучук и реакцию полимеризации | 1 балл |
| 4. За уравнения реакций гидрохлорирования, щелочного гидролиза, образования простого эфира, присоединения бромноватистой кислоты по 1 баллу | 4 балла |

Всего 10 баллов

Задача 5

Органические вещества A и B являются изомерами. Среди продуктов сгорания вещества A, массой 0,65 г обнаружены только 1008 мл (н.у.) CO_2 и 0,27 г H_2O .

При взаимодействии вещества A массой 1,30 г с избытком аммиачного раствора оксида серебра образовался осадок X массой 2,37 г. Этот осадок вступает в реакцию с соляной кислотой, при этом масса осадка уменьшается до 1,435 г.

При взаимодействии вещества Б массой 1,30 г с избытком аммиачного раствора оксида серебра выпадает осадок Y массой 2,16 г. Этот осадок не вступает во взаимодействие с соляной кислотой.

Окисление как вещества А, так и вещества Б горячим водным раствором перманганата калия в кислой среде приводит к образованию углекислого газа и органической кислоты Z, используемой в качестве консерванта в продуктах питания и напитках.

При сплавлении вещества Z массой 1,22 г с гидроксидом натрия массой 0,8 г помимо неорганических веществ образуется жидкое органическое вещество W.

Задание:

1. Определите вещества А, Б, X, Y, Z, W напишите их структурные формулы.
2. Вещества А и Б назовите по номенклатуре ИЮПАК.
3. Определите массу образующегося вещества W
4. Напишите уравнения всех протекающих реакций.

Решение

1. Определение брутто формулы изомеров.

$V(\text{CO}_2) = 1008$ мл; $n(\text{CO}_2) = 1,008/22,4$ л = 0,045 моль. Масса углерода, соответствующая этому количеству вещества углекислого газа: $0,045 \times 12 = 0,54$ г.

$m(\text{H}_2\text{O}) = 0,27$ г; $n(\text{H}_2\text{O}) = 0,015$ моль. Так как в молекуле воды два атома водорода, то $n(\text{H}) = 0,03$ моль. Масса водорода 0,03 г.

Так как сумма массы водорода и углерода не равна массе навески сгоревшего вещества, а среди продуктов сгорания есть только вещества, содержащие атомы С, Н и О, значит в состав молекулы исходного вещества входил кислород

Масса кислорода в образце $0,650 - 0,57 = 0,08$ г. $n(\text{O}) = 0,005$ моль.

В этом случае соотношение масс углерода, водорода и кислорода соответствует соотношению: $\text{C} : \text{H} : \text{O} = 0,045 : 0,03 : 0,005 = 9 : 6 : 1$. Тогда брутто-формула вещества А и изомерного ему вещества Б $\text{C}_9\text{H}_6\text{O}$, $M = 130$ г/моль.

Так как вещества реагируют с аммиачным раствором оксида серебра, то эти вещества могут быть альдегидами или алкинами. С учетом этого, брутто-формулам соответствуют структурные формулы:

А: $\text{C}_6\text{H}_5\text{-C(O)-C}\equiv\text{CH}$ название: 1-фенилпроп-2-ин-1-он

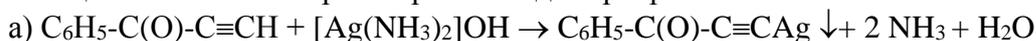
Принимается название: фенилпропион

Б: $\text{C}_6\text{H}_5\text{-C}\equiv\text{C-CHO}$ название: 3-фенилпроп-2-иналь

Принимаются названия: фенилпропиналь

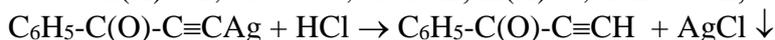
Примечание: вещество $\text{HC}\equiv\text{C-C}_6\text{H}_5\text{-CHO}$ не удовлетворяет условию, так как при его взаимодействии с аммиачным раствором оксида серебра образуется осадок серебра, не вступающий в реакцию с соляной кислотой.

Реакции с аммиачным раствором оксида серебра:



X = $\text{C}_6\text{H}_5\text{-C(O)-C}\equiv\text{CAg}$

$n(\text{X}) = 1,3/130 = 0,01$ моль; $m(\text{X}) = 0,01 \times 237 = 2,37$ г



$m(\text{AgCl}) = 0,01 \times 143,5 = 1,435$ г

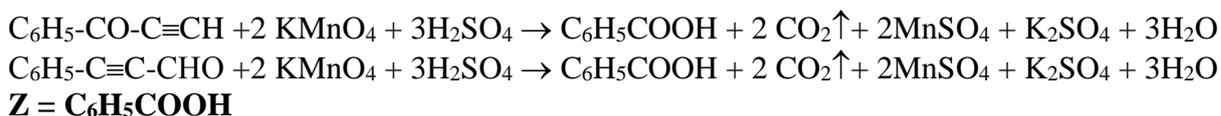
Принимается уравнение реакции, где, помимо осаждения хлорида серебра к 1-фенилпроп-2-ин-1-ону присоединяется одна или две молекулы HCl.



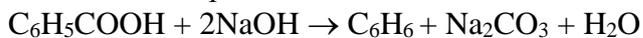
Y = Ag

$m(\text{Ag}) = 0,01 \times 2 \times 108 = 2,16$ г.

Окисление перманганатом калия в кислой среде.



Сплавление карбоновых кислот со щелочами приводит к декарбоксилированию



Масса образовавшегося бензола: $1,22/122 = 0,01$ моль, $m(\text{C}_6\text{H}_6) = 0,01 \times 78 = 0,78$ г.

Система оценивания:

- | | |
|--|---------|
| 1. За определение структурных формул А и Б по 1,5 балла | 3 балла |
| 2. За написание названий А и Б по номенклатуре ИЮПАК по 0,5 балла | 1 балл |
| 3. За написание реакции вещества А и Б с аммиачным раствором оксида серебра по 1 баллу | 2 балла |
| 4. За написание реакций окисления веществ А и Б по 1 баллу | 2 балла |
| 5. За написание реакции щелочного плавления бензойной кислоты | 1 балл |
| 6. За определение массы вещества W | 1 балл |

Всего 10 баллов

11 класс
Вариант 2

Задача 1

Газообразные вещества X и Y являются диоксидами. Молекулы их содержат по одному неспаренному электрону, поэтому представляют собой радикалы и могут существовать в виде димеров. Суммарный заряд всех электронов в молекуле X равен $\Sigma q_e = 36,8 \cdot 10^{-19}$ Кл, в молекуле Y $\Sigma q_e = 52,8 \cdot 10^{-19}$ Кл.

Газ X массой 4,600 г прореагировал при 30⁰С с газом Y массой 1,6875 г. В результате взаимодействия образовалось газообразное простое вещество С желто-зелёного цвета массой 0,8875 г и бесцветные кристаллы вещества Д. Массовая доля кислорода в Д равна 74,07 %.

При пропускании газа С через 20,0 г холодного раствора 7 % раствора КОН получен раствор двух солей Е и Ж.

Твёрдое вещество Д растворили в 50 г водного раствора газа М, в котором массовая доля М составляет 3,4 %. В результате взаимодействия Д и М образовалось вещество И. Полученный после реакции раствор выпарили и твердый остаток прокалили, после чего кристаллов И не осталось, но образовались газ К и пары жидкости Л.

Задание:

1. Определите формулы веществ X, Y, С, Д, Е, Ж, И, К, Л, М. Определение подтвердите расчётами.

2. Напишите уравнения всех реакций.

3. Рассчитайте массовую долю бинарной соли Е в образовавшемся растворе.

4. Определите объём (л, н.у.) газа К.

Решение

Определение соединений X, Y, С, Д.

$$X. n_e = 36,8 \cdot 10^{-19} / 1,6 \cdot 10^{-19} = 23$$

X: NO₂

$$Y. n_e = 52,8 \cdot 10^{-19} / 1,6 \cdot 10^{-19} = 33$$

Y: ClO₂

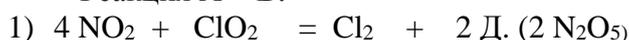
С простое вещество

С: Cl₂

$$D. \omega(O) = 74,07 \%$$

D: N₂O₅

Реакция А + В.



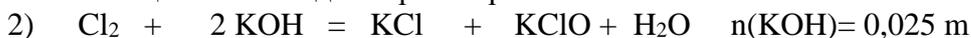
$$4,6 \text{ г} \quad 1,6875 \text{ г} \quad 0,8875 \text{ г} \quad 5,4 \text{ г}$$

$$0,1 \text{ м} \quad 0,025 \text{ м} \quad 0,0125 \text{ м} \quad 0,05 \text{ м}$$

Брутто формула Д определяется по материальному балансу.

Простейшая формула N₂O₅. $\omega(O) = 74,07 \%$.

Реакция С с холодным раствором КОН.



$$0,0125 \text{ м} \quad 0,0250 \text{ м} \quad 0,0125$$

Е: KCl

$$0,931 \text{ г}$$

Ж: KClO

Масса раствора(1) 20+0,8875=20,8875г. $\omega(\text{KCl}) = 0,0446=4,5\%$

Реакция вещества Д с водным раствором газа М.

Газ М - аммиак. Только соли аммония при разложении не дают твёрдого остатка.

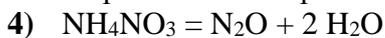


$$0,05 \text{ м} \quad 0,1 \text{ м} \quad 0,1 \text{ м}$$

М: NH₃

Прокаливание кристаллов И:

И: NH₄NO₃



$$0,1 \text{ м} \quad 0,1 \text{ м} \quad 0,2 \text{ м}$$

К: N₂O

$$2,24 \text{ л} \quad 3,6 \text{ г}$$

Л: H₂O

Система оценивания:

За определение формул X, Y, С, Д, Е, Ж, И, К, Л, М по 0,5 балла – 5 баллов

За уравнение 1) и 2) по 1 баллу

2 бала

За уравнения 3) и 4) по 0.5 балла

1 балл

За расчет массовой доли E в растворе и объема газа K по 1 баллу – 2 балла

Всего 10 баллов

Задача 2

Металлы M и N - соседи по периоду. Оба в свободном виде встречаются в природе. Находиться рядом с открытым металлом N опасно, а металл M - желанный подарок.

Металл M в своих соединениях проявляет две валентности. Например, при взаимодействии с хлором образуются два продукта A и B, в которых массовая доля хлора составляет 15,28% и 34,92% соответственно.

Металл M способен к комплексообразованию, проявляя различное координационное число в зависимости от его степени окисления. Так, соединения A и B реагируют с раствором цианида натрия, образуя комплексы C и D, в которых массовая доля натрия составляет 8,46% и 7,10% соответственно.

К атмосферным воздействиям данный металл устойчив и сохраняется без изменений даже в морской воде. В природе M в основном находится в виде простого вещества, часто в мелкодисперсном состоянии в кварцевых песках. Извлечение его осуществляется промыванием песков раствором цианида натрия в присутствии воздуха. В результате металл переходит в раствор в виде комплекса C. Для извлечения его из комплекса используют порошок цинка.

Термическое разложение комплексов C и D приводит к получению M, цианида натрия и газа E, имеющего плотность по водороду $D_{H_2}=26$.

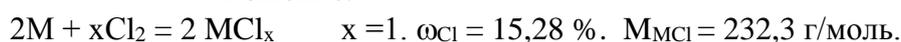
Пропускание газа E через раствор $Zn + H_2SO_4$ приводит к образованию слабой кислоты K с запахом горького миндаля.

Пропускание смеси газов E и водорода при нагревании над никелевым катализатором приводит к синтезу органического соединения L с массовой долей азота 46,47 %.

Задание:

Напишите уравнения всех перечисленных процессов, а также уравнение нейтрализации вещества K раствором едкого натра. Определите формулы веществ N, M, A, B, C, D, E, K, L

Решение.



Молярная масса металла M $A_M = 232,2 - 35,5 = 196,8 \text{ г/моль. Au.}$

Соединение A - хлорид золота $AuCl$.

Соединение B. $\omega_{Au} = 65,02 \%. \quad M_B = 302,5 \text{ г/моль. } AuCl_3.$

Реакции с NaCN.

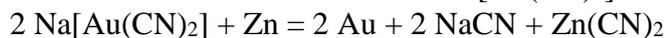
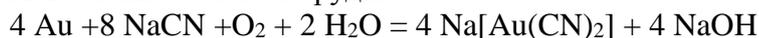


C



D

Извлечение золота из руды.



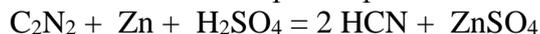
Прокаливание комплексов C и D.



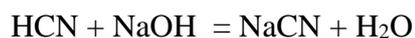
E



Реакция дициана с раствором $Zn + H_2SO_4$.



K



Реакция E с H_2 .



Л $\omega_{\text{N}} = 46,47\%$

A – AuCl , B – AuCl_3 , C – $\text{Na}[\text{Au}(\text{CN})_2]$, Д – $\text{Na}[\text{Au}(\text{CN})_4]$, E – C_2N_2 , К – HCN , Л – $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$

Металлы: М – Au, N – Hg

Система оценивания:

За определение металла М, формулы вещества Л – по 1 баллу	2 балла
За определение формул веществ N, A, B, C, Д, E, К по 0,5 балла.	3,5 балла
За правильное написание каждого уравнения по 0,5 балла	4,5 балла.

Всего 10 баллов

Задача 3

В реакторе объёмом 22,4 л при общем давлении $1,013 \cdot 10^5$ Па и температуре 0°C находятся два газа: токсичный А и нетоксичный Б.

Через отводную трубку в реактор постепенно вводят аммиак. Давление в реакторе уменьшается вдвое. Дальнейший ввод аммиака приводит к повышению давления до начального. Ввод аммиака прекращают. В этот момент плотность газовой смеси в реакторе равна $\rho = 1,004$ г/л.

Далее в реактор через отводную трубку постепенно вводят газ А. Давление в реакторе уменьшается вдвое. Дальнейший ввод газа А приводит к повышению давления до начального. Ввод газа А прекращают. В этот момент плотность газовой смеси в реакторе равна $\rho = 1,440$ г/л.

Все реакции проводились при температуре 0°C .

Задание:

1. Определите газы А и Б. Подтвердите определение расчётами.
2. Определите массу кристаллов, полученных в реакторе.
3. Рассчитайте давление в реакторе после всех проведённых реакций, если температуру в реакторе повысить до 600°C . $R=8,314$ Дж/К·моль.

Решение

Общее количество газов А и Б равно 1 моль: $22,4/22,4 = 1$

Понижение давления в реакторе при введении аммиака указывает на взаимодействие аммиака с газом А, в результате образуется твёрдое вещество С.



Так как давление уменьшилось вдвое, то количество нереагирующего газа Б равно 0,5 моль. Начальное количество газа А равно 0,5 моль.

Состав газа после завершения ввода аммиака в реактор будет 0,5 моль Б и 0,5 моль аммиака. Средняя молекулярная масса $M=1,004$ г/л \times 22,4 л/моль = 22,49 г/моль.

$M_{\text{cp}} = (17 \times 0,5 + M_{\text{B}} \times 0,5) : 1 = 22,49$. Решая уравнение, находим, что $M_{\text{B}} = 28$ г/моль. Этими газами могут быть N_2 или CO . Так как газ Б – нетоксичный, то это N_2 .

Понижение давления в реакторе при введении газа А указывает на взаимодействие аммиака с газом А, в результате образуется твёрдое вещество С.



Так как давление уменьшилось вдвое, то количество нереагирующего газа Б равно 0,5 моль. Начальное количество аммиака равно 0,5 моль.

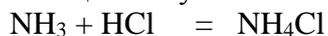
Дальнейший ввод А повышает давление до начального. Состав газовой смеси 0,5 моль N₂ и 0,5 моль А. Средняя молекулярная масса газовой смеси $M_{cp} = 1,440 \text{ г/л} \times 22,4 = 32,26 \text{ г/моль}$.

$M_{cp} = (28 \times 0,5 + M_A \times 0,5) : 1 = 32,26 \text{ г/моль}$. $M_A = 36,5 \text{ г/моль}$ - это HCl

Так как продукт С образуется в реакциях 1 и 2, газ А это HCl

Состав исходной газовой смеси 0,5 моль HCl и 0,5 моль N₂.

Реакция получения хлорида аммония:



$0,5 \times 2 = 1 \text{ моль}$. Масса NH₄Cl = 53,5 г.

Расчёт давления в реакторе при 600 °С.

Количество газов в реакторе складывается из 0,5 моль N₂, 0,5 моль NH₃ и количества газов разложения NH₄Cl при 600°С:



1 моль 1 моль 1 моль

Суммарное количество газов 3 моль.

Давление в реакторе:

$P = nRT/V$; $P = 3 \times 8,314 \times 873 / 0,0224 = 972069 \text{ Па} = 9,72 \times 10^5 \text{ Па}$

Система оценивания:

- | | |
|---|-----------|
| 1. За определение общего количества газов с исходной смеси | 0,5 балла |
| 2. За определение начальных количеств веществ А и Б | 0,5 балла |
| 3. За определение того, что газ Б это N ₂ | 2 балла |
| 4. За определение того, что газ А это HCl | 2 балла |
| 5. За определение массы кристаллов хлорида аммония | 2 балла |
| 6. За определение суммарного количества газов в реакторе после разложения хлорида аммония | 1 балл |
| 7. За расчет давления в реакторе при температуре 600° С | 2 балла |

Всего 10 баллов

Задача 4

Органическое вещество Х является продуктом крупнотоннажного производства. Его молекула представляет собой единую сопряжённую π-электронную систему.

Вещество Х получают двухстадийным синтезом. На первой стадии проводят димеризацию углеводорода, имеющего плотность по водороду $D_{H_2} = 13$, а на второй стадии проводят гидрохлорирование этого димера с получением Х, массовая доля хлора в Х равна 40,11%.

Реакция 1 моль Х с 1 моль бромоводородной кислоты приводит к образованию вещества Y, при гидролизе которого в щелочной среде образуется вещество С.

Вещество С при пропускании его паров над Al₂O₃ при 250 °С приводит к образованию вещества N.

Реакция 1 моль Х с 1 моль брома приводит к образованию вещества К.

Задание:

1. Определите вещества Х, Y, С, N, К. Напишите их структурные формулы, дайте их названия по номенклатуре ИЮПАК. Приведите тривиальное название вещества Х.
2. Напишите уравнения всех химических реакций.
3. Как называется крупнотоннажный продукт, получаемый из вещества Х в промышленности? Как называется реакция получения этого продукта?

Решение

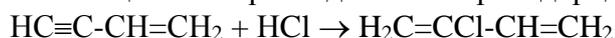
Определение вещества Х.

Вещество, плотность по водороду которого равна 13 имеет $M=26$ г/моль., это ацетилен C_2H_2 .

Ацетилен в присутствии $CuCl$, NH_4Cl димеризуется в винилацетилен:

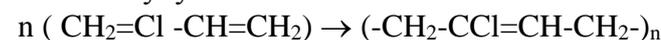


Винилацетилен присоединяет хлороводород с образованием вещества X:



X = $CH_2 = CCl - CH = CH_2$ название: **2-хлорбута-1,3-диен**; принимаются названия 2-хлорбутадиен, 2-хлор-1,3-бутадиен, 2-хлорбутадиен-1,3

Тривиальное название: **хлоропрен**. Реакцией полимеризации получают хлоропреновый каучук.

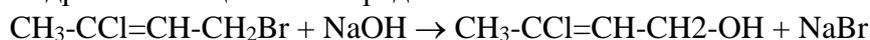


Реакция гидробромирования:



Y = $CH_3 - CCl = CH - CH_2Br$; название: **1-бром-3-хлорбут-2-ен**, принимается название 1-бром-3-хлорбутен-2

Гидролиз Y в щелочной среде:



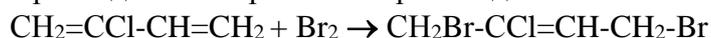
C = $CH_3 - CCl = CH - CH_2 - OH$; название: **3-хлор-бут-2-ен-1-ол**

Пропускание C над оксидом алюминия при $250^\circ C$ приводит к образованию простого эфира:



N = $CH_3 - CCl = CH - CH_2 - O - CH_2 - CH = CCl - CH_3$, название **1,1'-оксибис(3-хлорбут-2-ен)** или **бис(3-хлорбут-2-ен-1-ил)овый эфир**

Присоединение брома к X происходит в положения 1,4:



K = $CH_2Br - CCl = CH - CH_2 - Br$; название: **1,4-дибром-2-хлорбут-2-ен**, принимается название **1,4-дибром-2-хлорбутен-2**

Система оценивания:

- | | |
|--|---------|
| 1. За вывод формулы X | 3 балла |
| 2. За названия X, Y, C, K по номенклатуре ИЮПАК и структурные формулы по | 2 балла |
| 0,5 балла | |
| 3. За хлоропреновый каучук и реакцию полимеризации | 1 балл |
| 4. За уравнения реакций гидробромирования, щелочного гидролиза, образования простого эфира, присоединения брома по 1 баллу | 4 балла |

Всего 10 баллов

Задача 5

Органические вещества А и Б относятся к классу карбонильных соединений и являются изомерами. Массовая доля кислорода в каждом из изомеров равна $\omega_O = 12,31\%$.

При взаимодействии вещества А массой 2,60 г с избытком аммиачного раствора оксида серебра образовался осадок X массой 4,74 г. Этот осадок вступает в реакцию с бромоводородом, при этом масса осадка уменьшается до 3,76 г.

При взаимодействии вещества Б массой 2,60 г с избытком аммиачного раствора оксида серебра выпадает осадок Y массой 4,32 г. Этот осадок не вступает во взаимодействие с бромоводородом.

Окисление как вещества А, так и вещества Б горячим водным раствором перманганата калия в кислой среде приводит к образованию углекислого газа и органической кислоты Z, используемой в качестве консерванта в продуктах питания и напитках.

При нагревании вещества Z массой 2,52 г с фосфорным ангидридом вещество Z полностью превращается в жидкое вещество W, которое способно реагировать с аминами, спиртами.

Задание:

1. Определите вещества А, Б, X, Y, Z, W напишите их структурные формулы.
2. Вещества А и Б назовите по номенклатуре ИЮПАК.
3. Определите массу образующегося вещества W
4. Напишите уравнения всех протекающих реакций.

Решение

1. Определение брутто формулы изомеров.

Молекулярная масса соединений $M = 16/0,1231 = 129,98 = 130$ г/моль.

Брутто формула RO. $M_R = 130 \times 0,877 = 114$ г/моль, тогда $R = C_9H_6$

Брутто-формула: C_9H_6O

Так как вещества реагируют с аммиачным раствором оксида серебра, то эти вещества могут быть альдегидами или алкинами. С учетом этого, брутто-формулам соответствуют структурные формулы:

A: $C_6H_5-C(O)-C \equiv CH$ название: 1-фенилпроп-2-ин-1-он

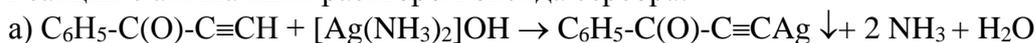
Принимается название: фенилпропион

Б: $C_6H_5-C \equiv C-CHO$ название: 3-фенилпроп-2-иналь

Принимаются названия: фенилпропиналь

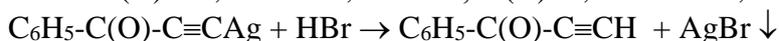
Примечание: вещество $HC \equiv C-C_6H_5-CHO$ не удовлетворяет условию, так как при его взаимодействии с аммиачным раствором оксида серебра образуется осадок серебра, не вступающий в реакцию с бромоводородной кислотой.

Реакции с аммиачным раствором оксида серебра:



X = $C_6H_5-C(O)-C \equiv CAg$

$n(X) = 2,6/130 = 0,02$ моль; $m(X) = 0,02 \times 237 = 4,74$ г



$m(AgBr) = 0,02 \times 188 = 3,76$ г

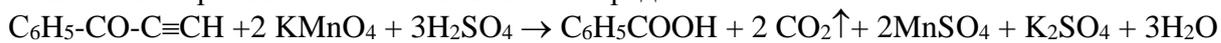
Принимается уравнение реакции, где, помимо осаждения хлорида серебра к 1-фенилпроп-2-ин-1-ону присоединяется одна или две молекулы HBr.



Y = Ag

$m(Ag) = 0,02 \times 2 \times 108 = 4,32$ г.

Окисление перманганатом калия в кислой среде.



Z = C_6H_5COOH

Нагревание бензойной кислоты с оксидом фосфора приведет к образованию бензойного ангидрида:



W = $C_6H_5C(O)-O-(O)CC_6H_5$

Масса образовавшегося бензойного ангидрида: $2,52/122 = 0,02$ моль,
 $m(\text{C}_6\text{H}_5\text{C}(\text{O})-\text{O}-(\text{O})\text{C}_6\text{H}_5) = 0,02/2 \times 226 = 2,26$ г.

Система оценивания:

- | | |
|--|---------|
| 1. За определение структурных формул А и Б по 1,5 балла | 3 балла |
| 2. За написание названий А и Б по номенклатуре ИЮПАК по 0,5 балла | 1 балл |
| 3. За написание реакции вещества А и Б с аммиачным раствором оксида серебра по 1 баллу | 2 балла |
| 4. За написание реакций окисления веществ А и Б по 1 баллу | 2 балла |
| 5. За написание реакции образования бензойного ангидрида | 1 балл |
| 6. За определение массы вещества W | 1 балл |

Всего 10 баллов