

«БУДУЩИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ – БУДУЩЕЕ НАУКИ» - Химия
ОЧНЫЙ ОТБОРОЧНЫЙ ТУР. Продолжительность - 90 минут
(6 ноября 2020 года)

11 класс

Задача 11-1

При взаимодействии 1.5 г некоторого простого вещества с раствором щелочи выделилось 923 мл водорода, измеренного при температуре 27°C и давлении 101.3 кПа. Определите, какое это вещество. Приведите необходимые расчеты и пояснения. Напишите уравнение реакции.

Решение

Прежде всего? по уравнению Менделеева-Клапейрона найдем количество H_2 :

$$n = PV/RT = 101.3 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot 923 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 / [300 \text{ К} \cdot 8.314 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К}] = 0.0375 \text{ моль.}$$

Из уравнений реакций известно, что 1 моль любого элемента может вытеснить из кислоты, щелочи или воды $b/2$ моль H_2 , где b – валентность элемента в образующемся соединении.

Пусть относительная атомная масса неизвестного элемента равна x . Составим пропорцию:

$$1.5 \text{ г элемента вытесняют } 0.0375 \text{ моль } H_2$$

$$x \text{ г элемента вытесняют } b/2 \text{ моль } H_2.$$

Получаем $x=20b$. Условию задачи удовлетворяет кальций Ca ($x=40$, $b=2$). Кальций не реагирует со щелочью, зато реагирует с водой, содержащейся в растворе щелочи:



Разбалловка:

За установление природы простого вещества

(расчеты + правильный ответ)

$$10+10 = 20 \text{ б}$$

За написание уравнения реакции

$$5 \text{ б}$$

Итого 25 баллов

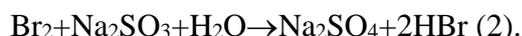
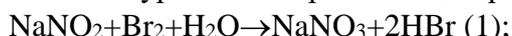
Задача 11-2

Концентрация нитрит-ионов в растворе равна 0.1 моль/л. К некоторому объему этого раствора добавили 50 мл раствора брома с концентрацией 20 г/л. Затем к полученному раствору добавляли по каплям 10%-ный раствор сульфита натрия до исчезновения желтой окраски, присущей бром. Всего добавили 5.15 мл раствора (пл. 1.09 г/мл). Вычислите объем исходного раствора, содержащего нитрит-ионы. Напишите уравнения протекающих реакций. Приведите расчеты и все необходимые пояснения.

Приведите расчеты и все необходимые пояснения.

Решение

Запишем уравнения протекающих реакций:



Обозначим объем исходного раствора через V л, тогда количество нитрит-ионов в этом растворе равно $0.1V$ моль. К этому раствору прибавили

$$20 \text{ г/л} \cdot 0.05 \text{ л} / 160 \text{ г/моль} = 0.00625 \text{ моль брома.}$$

Избыток брома прореагировал с $\omega \cdot V \cdot \rho / M = (0.1 \cdot 5.15 \text{ мл} \cdot 1.09 \text{ г/мл}) / 126 \text{ г/моль} = 0.004455$ моль сульфита натрия. По разности найдем, что в реакцию (1) вступило

$$0.00625 - 0.004455 = 0.001795 \text{ моль брома.}$$

С этим количеством брома прореагировало столько же нитритов:

$$0.1V = 0.001795 \text{ моль. Отсюда: } V = 0.01795 \text{ л} = 17.95 \text{ мл.}$$

Разбалловка:

За вычисление объема (расчеты + правильный ответ)

$$5+10=15 \text{ б}$$

За уравнения реакций

$$5+5=10 \text{ б}$$

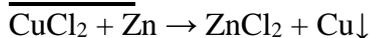
Итого 25 баллов

Задача 11-3

В литровую колбу засыпали 102.6 г дигидрата хлорида меди (II), 26.0 г цинковой пыли, долили 968.4 мл воды, колбу закрыли пробкой и смесь перемешивали при нагревании до

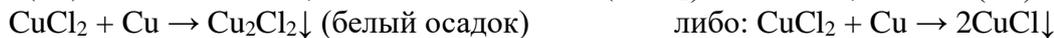
прекращения изменения окраски раствора. Вычислите количества всех веществ и растворителя в полученном растворе и в осадке, учитывая, что все реакции протекают количественно. Запишите уравнения химических реакций. Приведите все необходимые расчеты и комментарии. При вычислениях атомные массы металлов округляйте до целых значений.

Решение



$$n(\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 102.6/171 = 0.6 \text{ моль.} \quad m(\text{воды кристаллизационной}) = 18 \cdot 2 \cdot 0.6 = 21.6 \text{ г.}$$

$$n(\text{Zn}) = 26/65 = 0.4 \text{ моль, Zn в недостатке.} \quad n(\text{ZnCl}_2) = 0.4 \text{ моль,} \quad n(\text{Cu}) = 0.4 \text{ моль.}$$



$$\text{CuCl}_2 \text{ в недостатке.} \quad n(\text{Cu}_2\text{Cl}_2) = n(\text{CuCl}_2) = 0.2 \text{ моль.} \quad n(\text{Cu оставш.}) = 0.2 \text{ моль.}$$

$$\text{Итого в осадке: } n(\text{Cu}) = 0.2 \text{ моль, } n(\text{Cu}_2\text{Cl}_2) = 0.2 \text{ моль (либо } 0.4 \text{ моль CuCl).}$$

$$\text{Итого в растворе: } n(\text{ZnCl}_2) = 0.4 \text{ моль,}$$

$$m(\text{воды}) = 968.4 + 21.6 = 990 \text{ г, } n(\text{H}_2\text{O}) = 990/18 = 55 \text{ моль.}$$

Разбалловка:

За расчет $n(\text{Cu})$, $n(\text{Cu}_2\text{Cl}_2)$, $n(\text{ZnCl}_2)$, $n(\text{H}_2\text{O})$ по 4 б. 16 б

За уравнение образования ZnCl_2 4 б

За уравнение образования Cu_2Cl_2 5 б

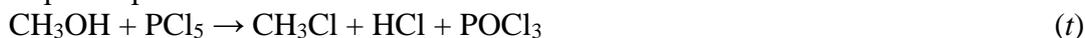
Итого 25 баллов

Задача 11-4

Предложите схему синтеза органического соединения $\text{CH}_3\text{-C(O)-O-CH}_2\text{-CH}_2\text{-O-C(O)-CH}_3$ из метанола и неорганических веществ. Запишите полные уравнения, укажите условия реакций. Назовите все промежуточные органические продукты. Какой объем займут 73 г паров продукта $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_4$ при давлении 10 мм рт. ст. и температуре 200°C ?

Решение

Вариант решения:



Можно зачесть уравнение $\text{CH}_3\text{OH} + \text{HCl}_{\text{газ}} \leftrightarrow \text{CH}_3\text{Cl} + \text{H}_2\text{O}$. Уравнения реакций этилена и спирта с KMnO_4 можно зачесть в виде краткой схемы без перечисления неорганических продуктов и расставления коэффициентов.

Промежуточные продукты: хлорметан, этан, этен, этандиол, этанол, уксусная кислота, диацетат этиленгликоля.

$$\text{Определим количество } n(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_4) = 73/146 = 0.5 \text{ моль.}$$

$$\text{Переведем } 10 \text{ мм рт. ст. в систему СИ. } P = 10 \text{ мм} \cdot 101300 \text{ Па}/760 \text{ мм} = 1333 \text{ Па.}$$

$$\text{Определим объем паров } V(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_4) = n \cdot R \cdot T/P = 0.5 \cdot 8.314 \cdot 473/1333 = 1.475 \text{ куб. м.}$$

Разбалловка:

За 7 уравнений, названия органических продуктов и условия реакций по 3 б. 21 б

За расчет объема паров 4 б

Итого 25 баллов

«БУДУЩИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ – БУДУЩЕЕ НАУКИ» - Химия
ОЧНЫЙ ОТБОРОЧНЫЙ ТУР. Продолжительность – 90 минут
(7 ноября 2020 года)

11 класс

Задача 11-1

Смесь бромида бария и иодида бария обработали избытком хлорной воды, полученный раствор выпарили. Масса сухого остатка оказалась в 1.729 раза меньше массы исходной смеси. Во сколько раз масса осадка, полученного после обработки той же смеси избытком разбавленного раствора серной кислоты, будет меньше массы исходной смеси? Напишите уравнения протекающих реакций. Приведите все необходимые расчеты и пояснения.

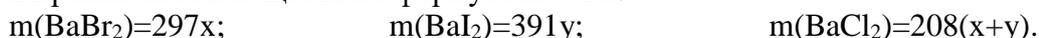
Решение

Хлорная вода окисляет бромид и иодид бария по уравнениям:



Примем, что $n(\text{BaBr}_2) = x$ моль; $n(\text{BaI}_2) = y$ моль. Из уравнений (1) и (2) видно, что количество вещества BaCl_2 , образующегося в этих реакциях, равно сумме количеств веществ BaBr_2 и BaI_2 .

Выразим массы веществ по формуле $m = M \cdot n$:

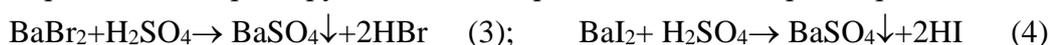


По условию задачи:

$$[m(\text{BaBr}_2) + m(\text{BaI}_2)] / m(\text{BaCl}_2) = 1.729; \quad [297x + 391y] / [208(x+y)] = 1.729.$$

Преобразуя это выражение, получаем: $x = 0.5y$.

Серная кислота реагирует с солями бария, осаждая малорастворимый BaSO_4 :



Суммарное количество вещества BaSO_4 , образующегося в реакциях (3) и (4) равно суммарному количеству солей бария в исходной смеси, т.е. $(x+y)$, или, с учетом ранее полученного, $0.5y + y = 1.5y$. Выразив массы BaBr_2 и BaSO_4 через y , находим ответ задачи:

$[m(\text{BaBr}_2) + m(\text{BaI}_2)] / m(\text{BaSO}_4) = [297 \cdot 0.5y + 391 \cdot y] / [233 \cdot 1.5y] = 1.54$. Таким образом, масса осадка будет в 1.54 раза меньше массы исходной смеси.

Разбалловка:

За расчет и правильный ответ

7+10 = 17 б

За написание уравнения реакции

8 б

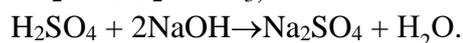
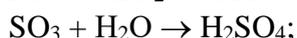
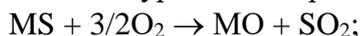
Итого 25 баллов

Задача 11-2

48.5 г сульфида двухвалентного металла подвергли обжигу; образовавшийся оксид серы (IV) полностью окислили сильным окислителем. Продукт окисления растворили в воде и полученный раствор нейтрализовали раствором гидроксида натрия с массовой долей 0.09. Установите молярную массу и формулу сульфида, если известно, что для нейтрализации потребовалось 0.404 л раствора щелочи с плотностью 1.1 г/см³. Напишите уравнения протекающих реакций. Приведите расчеты и необходимые пояснения.

Решение

Запишем уравнения протекающих реакций:



Находим массу NaOH : $404 \text{ мл} \cdot 1.1 \text{ г/мл} \cdot 0.09 = 40 \text{ г}$, т.е. 1 моль. Из уравнений реакций следует, что в первой реакции участвовало 0.5 моль MS , что составляет 48.5 г, откуда $M(\text{MeS}) = 48.5 / 0.5 = 97 \text{ г/моль}$, $M_r = 97$, $M_r(\text{MS}) = A_r(\text{M}) + A_r(\text{S})$, следовательно, $A_r(\text{M}) = 97 - 32 = 65$, что соответствует цинку.

Разбалловка:

За уравнения реакций по 2 б

8 б

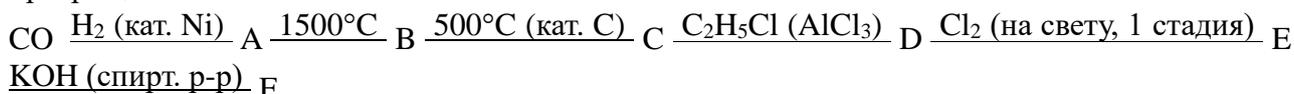
За установление природы металла, включая расчеты

7+10 = 17 б

Итого 25 баллов

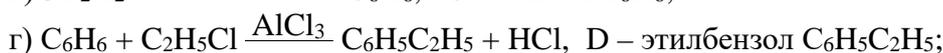
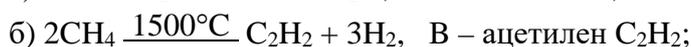
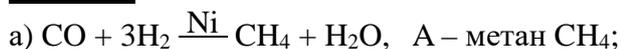
Задача 11-3

Приведите структурные формулы и названия веществ А, В, С, D, Е и F в следующей цепочке превращений:



Напишите уравнения протекающих реакций.

Решение



Разбалловка:

За структурные формулы и названия веществ по 2 б.

12 б

За уравнение реакций а)-д) по 2 б

10 б

За уравнение реакций е)

3 б

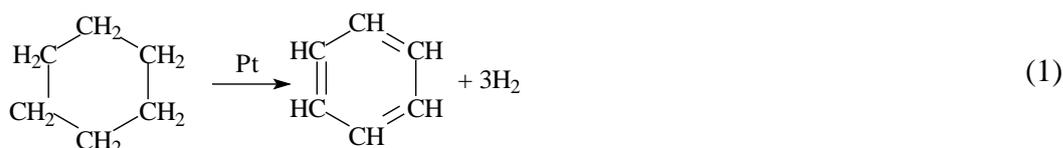
Итого 25 баллов

Задача 11-4

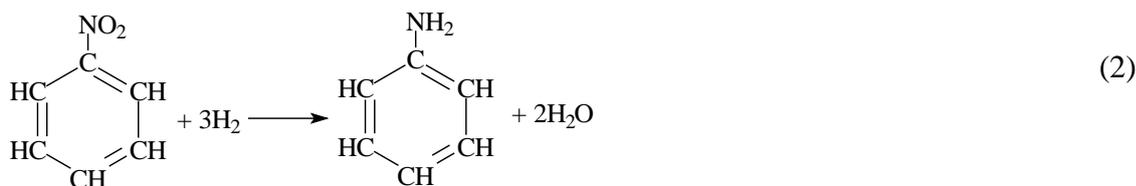
Смесь бензола и циклогексана дегидрировали над платиновым катализатором, при этом выделилось такое количество водорода, которое может восстановить 12.3 г нитробензола в анилин. Смесь после дегидрирования обработали бромом в присутствии железа (III). Выделившийся при этом газ нейтрализовали 160 г раствора гидроксида натрия с массовой долей растворенного вещества 0.1. Найдите количества бензола и циклогексана в смеси. Напишите уравнения протекающих реакций. Напишите уравнения протекающих реакция, приведите расчеты и необходимые пояснения.

Решение

При пропускании смеси бензола и циклогексана через слой платинового катализатора циклогексан превращается в бензол:



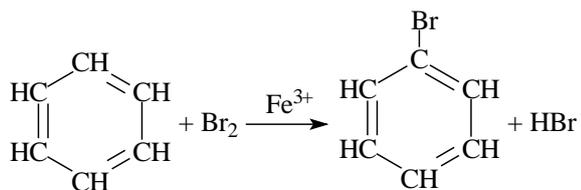
Выделившийся в результате этой реакции водород может восстановить 12.3г или $12.3/123=0.1$ моль нитробензола:



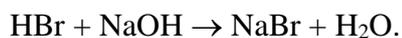
Из уравнений реакций видно, что в исходной смеси находилось 0,1 моль циклогексана:

$$n(\text{H}_2) = 3 \cdot n(\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2); n(\text{C}_6\text{H}_{12}) = n(\text{H}_2)/3 = n(\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2).$$

Бензол, присутствующий в исходной смеси, и, образовавшийся в результате дегидрирования, обработали бромом в присутствии железа:



При этом выделился бромоводород, на нейтрализацию которого потребовалось $160 \text{ г} \cdot 0.1 = 16 \text{ г}$ или $16/40 = 0.4$ моль NaOH:



Следовательно, в результате бромирования выделилось 0.4 моль бромоводорода и такое же количество бензола вступило в реакцию. Из 0.4 моль бензола 0.1 моль образовалось при дегидрировании и 0.3 моль присутствовало в смеси первоначально. Следовательно, в исходной смеси находилось 0.3 моль бензола и 0.1 моль циклогексана.

Разбалловка:

За уравнения реакций по 3 б.

9 б

За расчет количества бензола и циклогексана

16 б

Итого 25 баллов

ионы которой разряжаются, и поэтому увеличивается концентрация растворенной соли. Сначала определим количество разложившейся воды, а затем пересчитаем концентрацию раствора.

Используя уравнение Менделеева-Клапейрона найдем количество вещества кислорода, выделившегося на аноде:

$$n(\text{O}_2) = PV/RT = 80.11 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot 61 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 / (8.314 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К}) \cdot 294 \text{ К} = 2 \text{ моль.}$$

Следовательно, электролитическому разложению подвергается 4 моль воды, т.е. $4 \cdot 18 = 72 \text{ г H}_2\text{O}$.

По определению массовой доли находим, что исходный раствор содержал $0.0917 \cdot 872 = 80 \text{ г KNO}_3$. После электролиза массовая доля KNO_3 составляет: $\omega(\text{KNO}_3) = 80 / (872 - 72) = 0.10$ или 10%.

Разбалловка

За расчет массовой доли (расчеты + правильный ответ)

10+10= 10б

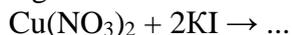
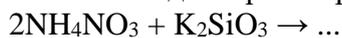
За написание уравнения реакции электролиза

5б

Итого 25 баллов

Задача 11-3

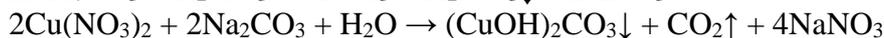
Воспользуйтесь выданной таблицей растворимости и объясните, почему некоторые вещества можно, а некоторые невозможно синтезировать ожидаемыми реакциями простого ионного обмена в водном растворе. Составьте уравнения протекающих реакций.



Решение

В таблицах растворимости для некоторых продуктов реакций ионного обмена поставлены прочерки или вопросительные знаки с примечанием «не существуют или разлагаются водой».

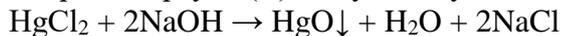
Промежуточные продукты реакций 1 и 2 подвергаются гидролизу по катиону и аниону с образованием слабого основания и слабой кислоты:



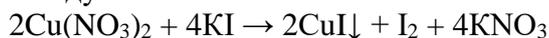
Неустойчивый в растворе гидросульфат бария диспропорционирует до нерастворимого BaSO_4 и H_2SO_4 :



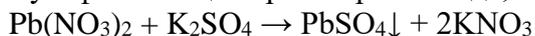
Гидроксид ртути (II) не существует, так как разлагается до оксида и воды:



Йодид меди (II) не может быть получен из-за окислительно-восстановительной реакции между катионами Cu^{2+} и анионами I^- :



Сульфат свинца нерастворим в воде, и реакция ионного обмена идет до конца:



Разбалловка:

За уравнение образования CuI

5б

За другие 5 уравнений по 4б.

20б

Задача 11-4

Некоторое вещество А содержит 15.4% углерода, 3.2% водорода, 81.4% элемента, у которого относительная атомная масса превышает порядковый номер на 74 ед. Определите вещество. Предложите кратчайший путь синтеза вещества А из этана, а также кратчайший путь синтеза этилбензола из вещества А. Можно использовать только неорганические реагенты. Составьте уравнения реакций, укажите условия их протекания. Установите, какой объем займут 109.2 г паров вещества А при 100°C и давлении 0.9 атм.

Решение

Элемент — йод ^{127}I с порядковым номером 53. Вещество может иметь формулу $\text{C}_x\text{H}_y\text{I}_z$.

$x : y : z = 15.4/12 : 3.2/1 : 81.4/126.9 = 1.3 : 3.2 : 0.64 = 2 : 5 : 1$. Простейшая формула $\text{C}_2\text{H}_5\text{I}$.

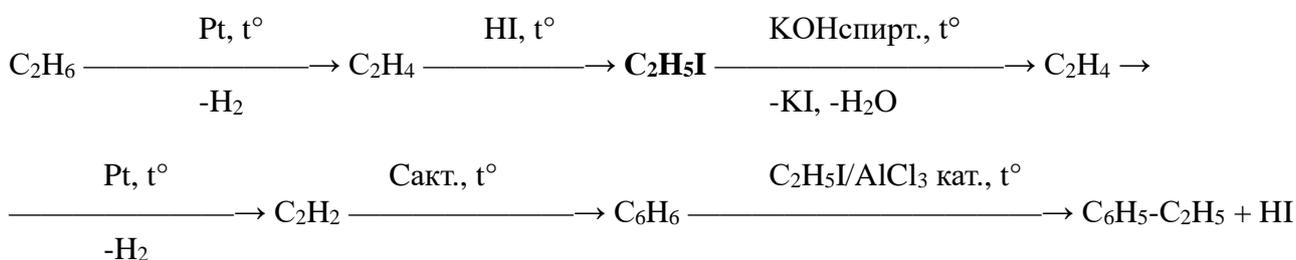
Она является единственно верной, так как $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{I}_2$ не может существовать.

Найдем объем паров $\text{C}_2\text{H}_5\text{I}$ по уравнению Менделеева-Клапейрона:

$PV = nRT$. $M(\text{C}_2\text{H}_5\text{I}) = 156 \text{ г/моль}$. $n(\text{C}_2\text{H}_5\text{I}) = 109.2/156 = 0.7 \text{ моль}$.

$V = nRT/P = (0.7 \cdot 8.314 \cdot 373)/(0.9 \cdot 101300) = 0.0238 \text{ м}^3$ или **23.8 л**.

Вариант схемы органического синтеза:



Предположение синтеза йодэтана по реакции этана с йодом считать ошибкой, так как йод в отличие от других галогенов не галоидирует алканы.

Разбалловка:

За определение йодэтана	4 б
За определение объема паров йодэтана	3 б
За 6 уравнений реакций по 3 б.	18 б