

БИБН 2015-16
«БУДУЩИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ – БУДУЩЕЕ НАУКИ»
ОЧНЫЙ ОТБОРОЧНЫЙ ТУР

1 вариант

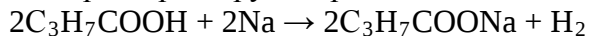
11 класс

Задача 11-1

Этиловый эфир уксусной кислоты смешали с бутановой кислотой. Некоторое количество этой смеси обработали избытком натрия, при этом образовалось 0.672 л (н.у.) газа. Такую же массу смеси нагрели с минимально необходимым количеством 40% водного раствора гидроксида натрия до прекращения реакции образования солей, затем к продуктам добавили избыток концентрированной серной кислоты и нагрели до полного превращения спирта в газообразный алкен (0.448 л при н.у.). Вычислите массовые доли веществ в исходной смеси. Запишите уравнения реакций с образованием натриевых солей кислот и алкена.

Решение

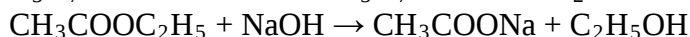
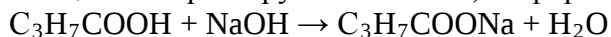
С натрием реагирует карбоновая кислота:



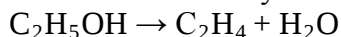
$$n(\text{H}_2) = 0.672/22.4 = 0.03 \text{ моль}$$

$$n(\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH}) = 2n(\text{H}_2) = 0.06 \text{ моль}$$

Со щелочью реагируют и кислота, и эфир:



Этилен получается из спирта при нагревании с конц. H_2SO_4 :



$$n(\text{C}_2\text{H}_4) = 0.448/22.4 = 0.02 \text{ моль.}$$

Суммарное количество исходных веществ $0.02 + 0.06 = 0.08$ моль.

Исходные кислота и эфир — изометы, поэтому массовые доли равны мольным долям.

$$\omega(\text{эфира}) = 0.02/0.08 = 0.25 \text{ или } 25\%,$$

$$\omega(\text{кислоты}) = 1 - 0.25 = 0.75 \text{ или } 75\%.$$

Задача 11-2

Вычислите количество теплоты, выделяющееся при сливании 600 мл 0.8% раствора гидроксида натрия (плотность 1.02 г/мл) и 420 мл 0.556-молярного раствора бромоводородной кислоты (плотность 1.05 г/мл), по известному термохимическому уравнению реакции:



Какую окраску приобретет индикатор метиловый оранжевый? Каков будет pH раствора?

Решение

$$\text{Найдем } n(\text{NaOH}) = 600 \text{ мл} \cdot (1.02 \text{ г/мл}) \cdot 0.008 / (40 \text{ г/моль}) = 0.1224 \text{ моль.}$$

$$n(\text{HBr}) = 0.420 \text{ кг} \cdot (0.556 \text{ моль/л}) / (1.05 \text{ кг/л}) = 0.2224 \text{ моль.}$$

Следовательно, HBr в избытке, NaOH в недостатке.

Найдем количество теплоты по NaOH с учетом данного по условиям задачи тепловыделения 55.6 кДж на моль реагирующих щелочи и кислоты.

$$Q = (55.6 \text{ кДж/моль}) \cdot 0.1224 \text{ моль} = 6.805 \text{ кДж.}$$

Найдем количество непрореагировавшей HBr, определяющей кислотность среды.

$$n(\text{HBr непрореагировавшей}) = 0.2224 - 0.1224 = 0.1 \text{ моль.}$$

Это сильный электролит, полностью диссоциирует. Объем полученного раствора равен:

$$V = 0.6 \text{ л} + (0.420/1.05) = 1 \text{ л.}$$

$$\text{Найдем } [\text{H}^+] = 0.1 \text{ моль/л.}$$

$$\text{Значение } \text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = 1.$$

Индикатор метиловый оранжевый приобретет в кислой среде красную окраску.

Задача 11-3

Соли железа находят применения во многих сферах. Хлорид железа (III) используется для обработки воды, металлов и закрепления красок. Вещество применяется в промышленном органическом синтезе как катализатор и окислитель. Особенно ценятся коагулирующие свойства иона Fe^{3+} в очистке коммунальных и производственных стоков. Под действием хлорида железа мелкие нерастворимые частички примесей слипаются и осаждаются. Также происходит связывание части растворимых загрязнений, которые удаляют на очистных сооружениях. Кристаллогидрат и безводная соль FeCl_3 применяются в процессах травления металлических печатных форм. Добавляют вещество в бетон для укрепления его прочности.

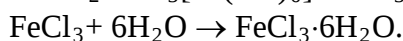
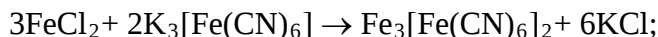
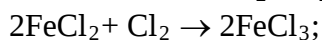
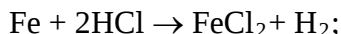
Кристаллы $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ могут быть получены по следующей методике. Металлическое железо растворяют в 25% растворе соляной кислоты. Растворенное вещество окисляют путем барботирования газообразного хлора до отрицательной реакции с $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. Полученный раствор выпаривают при 95°C до тех пор, пока его плотность не станет равной 1.695 г/см^3 и затем охлаждают до 4°C . Образовавшийся осадок отделяют от раствора фильтрованием и помещают в плотно закрытую посуду.

1. Напишите уравнения реакций, протекающих при получении $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.
2. Какую массу железа и объем соляной кислоты с массовой долей 36% и плотностью 1.18 г/см^3 необходимо взять для приготовления 1.00 кг соединения? В расчетах учтите, что выход продукта составляет 65%.

Необходимые для расчета атомные массы элементов учитывайте с точностью до сотых.

Решение

1. Реакции:



- 2.

Найдем количество вещества $n(\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O})$: $1000/270.2=3.7$ моль.

Для получения такого количества $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ требуется $3.7 \cdot 55.85/0.65 = 317.9 \text{ г Fe}$

и $3.7 \cdot 2 \cdot 36.45/(0.36 \cdot 0.65 \cdot 1.18) = 976.9 \text{ мл соляной кислоты}$.

Задача 11-4

Соединения хрома (VI), в частности гидроксиды, являются сильными окислителями. В химической лаборатории их окислительные свойства используются для очистки газов, загрязненных сероводородом. Когда углекислый газ, содержащий сероводород, барботируют через водный раствор дихромата калия $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ в присутствии серной кислоты, образуется нерастворимый желтый осадок, а раствор изменяет цвет и становится зеленым.

1. Напишите химические формулы всех известных вам гидроксидов хрома (VI).
2. Напишите химические уравнения реакций, лежащих в основе процесса очистки.
3. Можно ли использовать этот же окислитель для углекислого газа, содержащего примесь диоксида серы? Ответ поясните.

Решение

1. $\text{CrO}_2(\text{OH})_2$ (или H_2CrO_4), $\text{Cr}_2\text{O}_5(\text{OH})_2$ (или $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$), а также другие гидроксиды с общей формулой $n\text{CrO}_3 \cdot \text{CrO}_2(\text{OH})_2$.
2. $3\text{H}_2\text{S} + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 4\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{S} + 7\text{H}_2\text{O}$.
3. Да, будет протекать следующая реакция:
 $3\text{SO}_2 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{O}$.

БИБН 2015-16
«БУДУЩИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ – БУДУЩЕЕ НАУКИ»
ОЧНЫЙ ОТБОРОЧНЫЙ ТУР

1 вариант

10 класс

Задача 10-1

При взаимодействии ациклического углеводорода с бромом в мольном соотношении 1:1 образуется только одно дибромпроизводное в виде 2 геометрических изомеров симметричного строения. Определите строение и назовите исходный углеводород, если известно, что при полном сгорании 0.2 моль его выделяются 10.8 мл воды и 17.92 л (н.у.) оксида углерода(IV). Запишите уравнения всех указанных реакций.

Решение

Уравнение сгорания углеводорода: $C_xH_y + (x+0.25y)O_2 \rightarrow xCO_2 + 0.5yH_2O$

$n(H_2O)=10.8/18=0.6$ моль,

$n(CO_2)=17.92/22.4=0.8$ моль.

При сжигании 0.2 моль углеводорода получается 0.6 моль H_2O и 0.8 моль CO_2 , т.е. $x=4$, $y=6$. Следовательно, формула углеводорода C_4H_6 .

Такой формуле удовлетворяют 4 ациклических соединения:

$HC\equiv C-CH_2CH_3$, $CH_3C\equiv C-CH_3$, $CH_2=CH-CH=CH_2$, $CH_2=C=CH-CH_3$.

Только при действии 1 моля брома на бутин-2 может получиться одно дибромпроизводное симметричного строения 2,3-дибромбутен-2 в виде цис- изомера (имеет плоскость симметрии) и транс-изомера (имеет оси симметрии 2 порядка):

$CH_3C\equiv C-CH_3 + Br_2 \rightarrow CH_3CBr=CB r-CH_3$ цис-изомер будет превалировать.

$2C_4H_6 + 11O_2 \rightarrow 8CO_2 + 6H_2O$

Бутадиен-1,3 кроме симметричного продукта 1,4-присоединения в цис- и транс- формах (1,4-дибромбутен-2) будет давать также несимметричный продукт 1,2-присоединения (3,4-дибромбутен-1):

$CH_2=CH-CH=CH_2 + Br_2 \rightarrow BrCH_2-CH=CH-CH_2Br$

$CH_2=CH-CH=CH_2 + \text{бутин-2} \rightarrow CH_2=CH-CHBr-CH_2Br$

Задача 10-2

При растворении медной проволоки в некоторой кислоте за 1 мин выделилось 20 мл сернистого газа (25°C, 1 атм). Такую же проволоку растворили в другой кислоте, и в течение 2 мин выделилось 0.2 г оксида азота(IV). Определите кислоты, запишите уравнения. Вычислите для обоих опытов скорость растворения меди (моль в секунду) и найдите, в каком случае скорость выше.

Решение

Концентрированные серная и азотная кислоты растворяют медь.

$Cu + 2H_2SO_4 \rightarrow CuSO_4 + SO_2 + 2H_2O$

$Cu + 4HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O$

Для опыта 1 найдем $n(SO_2)=PV/RT=(101300\text{Па})\cdot(20\cdot10^{-6}\text{м}^3)/[(8.314\text{ Дж/мольК})\cdot298\text{К}]=0.000818$ моль.

Найдем $n_1(Cu)=n(SO_2)=0.000818$ моль (за 1 мин).

Для опыта 2 найдем $n(NO_2)=0.2\text{г}/46\text{г/моль}=0.00434$ моль.

Отсюда $n_2(Cu)=0.5n(NO_2)=0.00217$ моль.

Найдем скорости растворения меди:

Для случая 1 с серной кислотой: $0.000818\text{моль}/60\text{с}=1.36\cdot10^{-5}\text{моль/с}$.

Для случая 2 с азотной кислотой: $0.00217\text{моль}/120\text{с}=1.81\cdot10^{-5}\text{моль/с}$.

Скорость выше во второй реакции.

Задача 10-3

Два стакана одинаковой массы, в одном из которых находится 100 г 18.25%-ной соляной кислоты, а в другом – 100 г 16%-ного раствора сульфата меди, поместили на две чаши весов. К раствору соляной кислоты добавили 2.32 г карбоната железа (II). Вычислите массу марганца, которую необходимо добавить в другой стакан, чтобы уравновесить весы.

Решение

В первом стакане протекает реакция: $\text{FeCO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{FeCl}_2 + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$.

Для расчета массы стакана после реакции найдем количество карбоната железа и соляной кислоты:

$$n(\text{FeCO}_3) = 2.32 \text{ г} / (116 \text{ г/моль}) = 0.02 \text{ моль};$$

$$n(\text{HCl}) = 18.25 \text{ г} / (36.5 \text{ г/моль}) = 0.5 \text{ моль}.$$

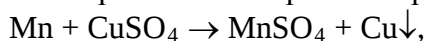
Таким образом, FeCO_3 был взят в недостатке и полностью прореагировал.

Из раствора выделилось 0.02 моль CO_2

и масса стакана после реакции стала равной:

$$100 \text{ г (раствора)} + 2.32 \text{ г (FeCO}_3) - m(\text{CO}_2) = 102.32 - 0.02 \text{ моль} \cdot 44 \text{ (г/моль)} = 102.32 - 0.88 = 101.44 \text{ г}.$$

Во втором стакане протекает реакция:



в результате которой масса стакана увеличивается лишь на массу добавленного марганца.

Следовательно, для уравнивания весов необходимо добавить 1.44 г марганца.

Задача 10-4

Смесь нитрата серебра и нитрата меди массой 5.46 г растворили в 50 г воды. В полученном растворе выдержали до окончания реакции цинковую пластинку массой 3.9 г. Какую массу воды следует выпарить из образовавшегося раствора, чтобы получить $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, если известно, что количество нитрата меди в исходной смеси в 2 раза больше, чем нитрата серебра.

Решение

В первую очередь определим количество каждого вещества в исходной смеси. Для этого обозначим количество нитрата серебра в исходной смеси через x , тогда количество нитрата меди $2 \cdot x$. Масса смеси равна сумме масс каждого компонента:

$$m(\text{смеси}) = m(\text{AgNO}_3) + m(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = n(\text{AgNO}_3) \cdot M(\text{AgNO}_3) + n(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) \cdot M(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = \\ = x \cdot 170 + 2 \cdot x \cdot 188 = 546 \cdot x = 5.46 \text{ г}. \text{ Отсюда } x = 0.01.$$

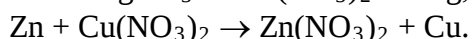
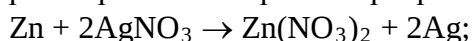
Таким образом, в исходной смеси находилось

0.01 моль AgNO_3

и 0.02 моль $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$.

Количество вещества цинка равно: $3.9 / 65 = 0.06$ моль.

Запишем уравнения реакций, которые протекают, когда опускают цинковую пластинку в раствор смеси нитратов серебра и меди:



На реакцию с 0.01 моль AgNO_3 потребовалось $0.01/2 = 0.005$ моль Zn и образовалось такое же количество $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$.

На реакцию с 0.02 моль $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ потребовалось 0.02 моль Zn и образовалось такое же количество $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$.

Всего в результате реакций израсходовалось 0.025 моль Zn и образовалось 0.025 моль $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$.

Для выделения 0.025 моль гексагидрата нитрата цинка $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ требуется $0.025 \cdot 6 = 0.15$ моль H_2O массой $0.15 \cdot 18 = 2.7$ г.

Остальные $50 - 2.7 = 47.3$ г необходимо выпарить.

БИБН 2015-16
«БУДУЩИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ – БУДУЩЕЕ НАУКИ»
ОЧНЫЙ ОТБОРОЧНЫЙ ТУР

1 вариант

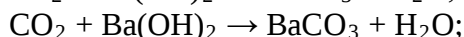
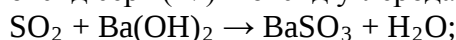
9 класс

Задача 9-1

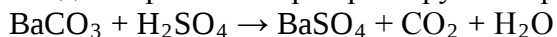
Смесь оксида серы(IV) и оксида углерода(IV) пропустили через избыток раствора гидроксида бария. Объем газовой смеси сократился при этом в два раза. Полученный осадок массой 30.6г обработали раствором перманганата калия в 10%-ной серной кислоте, при этом произошло обесцвечивание 0.02моль KMnO_4 и выделение газа. Вычислите количества вещества компонентов исходной газовой смеси. Запишите уравнения всех протекающих реакций.

Решение

При пропускании исходной смеси газов через раствор гидроксида бария поглощается оксид серы(IV) и оксид углерода(IV):



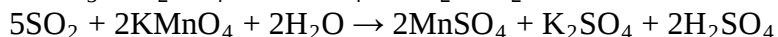
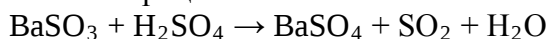
Осадок карбоната бария реагирует с серной кислотой с выделением газа CO_2 .



Осадок сульфата бария реагирует с перманганатом калия и серной кислотой:



Этот же процесс можно записать также в виде 2 уравнений:



Поскольку по условию задачи на реакцию потребовалось 0.02моль KMnO_4 , то $n(\text{BaSO}_3)=0.02 \cdot 5/2=0.05$ моль.

$$m(\text{BaSO}_3)=0.05 \cdot 217=10.85\text{г. } m(\text{BaCO}_3)=30.6-10.85=19.75\text{г.}$$

$$n(\text{BaCO}_3)=19.75/197=0.1\text{моль. Таким образом:}$$

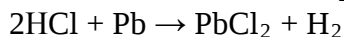
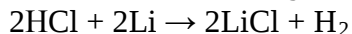
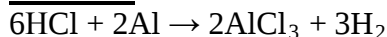
$$n(\text{SO}_2)=0.05\text{моль;}$$

$$n(\text{CO}_2)=0.1\text{моль;}$$

Задача 9-2

Рассмотрите возможные варианты получения водорода в аппарате Киппа действием соляной кислоты на стружки металлов, таких как алюминий, литий, медь, свинец, напишите уравнения реакций. Опишите принцип действия аппарата Киппа. Рассчитайте массу каждого металла, необходимую для получения 1г водорода. Какой металл предпочтительнее выбрать? Вычислите объем 1г водорода при 273°C и давлении 760 мм рт. ст.

Решение



Медь не реагирует с соляной кислотой.

Найдем количество вещества водорода в 1г: $n(\text{H}_2)=1/2=0.5$ моль.

Найдем массы металлов:

$$m(\text{Al})=0.667 \cdot 0.5 \cdot 27=9.0\text{г.}$$

$$m(\text{Li})=2 \cdot 0.5 \cdot 7=7\text{г.}$$

$$m(\text{Pb})=1 \cdot 0.5 \cdot 208=104\text{г.}$$

Аппарат Киппа содержит емкость с HCl , пористую фарфоровую полочку для стружек (гранул) металла. Если кран выпуска водорода открыт, то кислота касается металла и идет реакция. Если кран закрыть, то водород выдавливает кислоту, отделяя от металла, и реакция прекращается.

Литий наиболее экономичен по относительной массе, но был бы пожароопасен из-за очень высокой активности щелочного металла. Наиболее удобен из взятых металлов алюминий, он экономичен, активен.

Молярный объем газа при давлении 1 атмосфера и 546К будет в 2 раза больше, чем при н.у. (1 атмосфера и 273К) и равен $22.4 \cdot 2 = 44.8$ л/моль. В таких условиях 1г водорода займет объем $V(H_2) = 0.5 \cdot 44.8 = 22.4$ л.

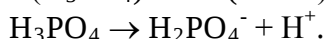
Задача 9-3

600 мл раствора содержит 5.88 г ортофосфорной кислоты. Степень диссоциации кислоты по первой ступени составляет 20%. Напишите уравнение реакции диссоциации. Вычислите количество ионов H^+ в растворе, пренебрегая диссоциацией кислоты по другим ступеням.

Решение

Найдем молярную концентрацию фосфорной кислоты:

$$C(H_3PO_4) = 5.88 / (98 \cdot 0.6) = 0.1 \text{ моль/л.}$$



$$C(H^+) = 0.1 \cdot 0.2 = 0.02 \text{ моль/л.}$$

$$n(H^+) = 0.02 \cdot 0.6 = 0.012 \text{ моль.}$$

Задача 9-4

Всегда ли справедливо в отношении химических реактивов известное из курса математики утверждение о том, что при перемене мест слагаемых их сумма не меняется? Ответ обоснуйте, приведите известные вам примеры.

Решение

В химии последовательность смешивания реактивов часто влияет на результат эксперимента.

Пример 1.

Взаимодействие соли металла, гидроксид которого проявляет амфотерные свойства, со щелочью:

- к раствору соли добавляют раствор щелочи — выпадает осадок гидроксида с амфотерными свойствами, который растворяется при добавлении избытка раствора щелочи;
- если к раствору щелочи добавить раствор этой же соли, то осадок сразу не образуется, потому что щелочь в избытке; а когда он выпадет, то растворяться без добавления щелочи уже не будет.

Пример 2. Взаимодействие углекислого газа с раствором щелочи — образование средних и кислых солей.

БИБН 2015-16
«БУДУЩИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ – БУДУЩЕЕ НАУКИ»
ОЧНЫЙ ОТБОРОЧНЫЙ ТУР

1 вариант

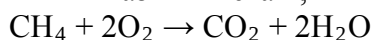
8 класс

Задача 8-1

Горелка стеклодува имеет сложную конструкцию и позволяет комбинировать подаваемые по трубопроводам сжатые газы (воздух, метан, кислород). Во время пайки молибденового стекла, имеющего температуру размягчения 500-600°C, стеклодув подает в горелку смесь газов А+Б, а при работе с кварцевым стеклом с температурой выше 1500°C использует смесь А+В. Дайте обоснованный ответ, какие газы зашифрованы символами А, Б, В. Приведите формулу или состав воздуха, кислорода, метана. Напишите уравнение реакции, протекающей в пламени горелки.

Решение

Газ А – метан, Б – воздух, В – кислород.

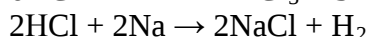
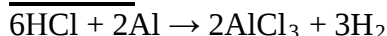


Смесь метана и кислорода дает более высокую температуру, при замене кислорода на воздух температура снижается, так как воздух кроме кислорода (21% по объему) содержит не реагирующие с метаном азот (78%) и аргон (0.9%), а также CO_2 , H_2O и другие газы (0.1%).

Задача 8-2

Рассмотрите возможные варианты получения водорода в лаборатории действием соляной кислоты на стружки металлов, таких как алюминий, натрий, серебро, напишите уравнения реакций. Рассчитайте массу каждого металла, необходимую для получения 1г водорода. Вычислите объем 1г водорода при 0°C и давлении 760 мм рт. ст.

Решение



Серебро не реагирует с соляной кислотой.

Найдем $n(\text{H}_2) = 1/2 = 0.5$ моль.

Найдем количества вещества и массы металлов:

$$m(\text{Al}) = 0.667 \cdot 0.5 \cdot 27 = 9.0 \text{ г.}$$

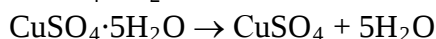
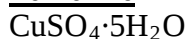
$$m(\text{Na}) = 2 \cdot 0.5 \cdot 23 = 23 \text{ г.}$$

Наиболее удобен алюминий, он экономичен, активен. $V(\text{H}_2) = 0.5 \cdot 22.4 = 11.2 \text{ л.}$

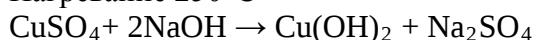
Задача 8-3

Среди набора реактивов, находящихся в школьном химическом кабинете, в наличии есть медный купорос, гидроксид натрия и соляная кислота. Используя имеющиеся реактивы, получите как можно больше новых веществ, содержащих медь. Составьте молекулярные уравнения соответствующих реакций, укажите условия их протекания и способ выделения.

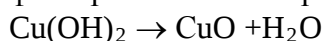
Решение



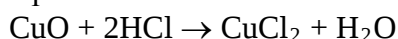
Нагревание 250°C



фильтрование и выпаривание фильтрата



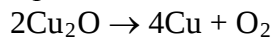
Прокаливание 200°C



фильтрование и выпаривание фильтрата.



Прокаливание 1000 – 1100°C



Прокаливание 1800°C

Задача 8-4

На весах уравновешена колба вместимостью 0.5л, после чего воздух из нее вытеснен углекислым газом. Какой груз и на какую чашку весов нужно положить, чтобы восстановить равновесие? Расчет вести для нормальных условий.

Решение

Найдем количество газа, которое содержится в колбе объемом 0.5л при нормальных условиях: $n = 0.5\text{л} / (22.4\text{л/моль}) = 0.022\text{моль}$.

Масса этого количества воздуха составляет $m(\text{возд}) = 0.022\text{моль} \cdot 29\text{г/моль} = 0.638\text{г}$,

а углекислого газа – $m(\text{CO}_2) = 0.022\text{моль} \cdot 44\text{г/моль} = 0.968\text{г}$.

Для того чтобы восстановить равновесие нужно добавить груз массой $0.968\text{г} - 0.638\text{г} = 0.33\text{г}$ на чашку с разновесами.

БИБН 2015-16
«БУДУЩИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ – БУДУЩЕЕ НАУКИ»
ОЧНЫЙ ОТБОРОЧНЫЙ ТУР

2 вариант

11 класс

Задача 11-1

Предложите цепочку превращений с минимальным числом стадий, чтобы на основе ацетата натрия получить бензойную кислоту без использования других органических веществ. Назовите промежуточные продукты, укажите условия реакций.

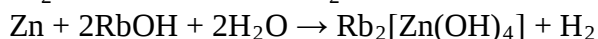
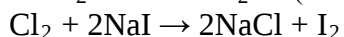
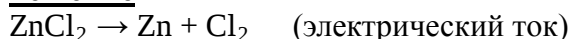
Решение

1. $\text{CH}_3\text{COONa} + \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CH}_4$ (метан; прокаливание)
2. $2\text{CH}_4 \rightarrow 3\text{H}_2 + \text{C}_2\text{H}_2$ (ацетилен; 1500°C)
3. $3\text{C}_2\text{H}_2 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_6$ (бензол; 500°C на активированном угле)
4. $\text{CH}_4 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{HCl} + \text{CH}_3\text{Cl}$ (хлорметан; облучение светом)
5. $\text{C}_6\text{H}_6 + \text{CH}_3\text{Cl} \rightarrow \text{HCl} + \text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$ (толуол, AlCl_3 катализатор)
6. $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$ (бензойная кислота, нагревание с раствором перманганата калия)

Задача 11-2

Электролиз расплава 1.36 г хлорида цинка на платиновых электродах провели до степени превращения 50%. Выделившийся на аноде газ поглотили пропуская через 1 л 0.1-молярного водного раствора NaI, после чего концентрация последнего уменьшилась до x моль/л. Катод вынули из расплава, промыли водой и опустили в раствор гидроксида рубидия. Выделившийся при этом газ занял объем y мл при 0°C и давлении 202.6 кПа. Определите неизвестные x и y , составьте уравнения протекающих реакций.

Решение



$n(\text{ZnCl}_2 \text{ исходного}) = 1.36/136 = 0.01$ моль. Так как выход реакции 50%,

$n(\text{ZnCl}_2 \text{ прореагировавшего}) = 0.005$ моль. Выделилось: $n(\text{Zn}) = n(\text{Cl}_2) = 0.005$ моль.

Значит $n(\text{NaI прореагировавшего}) = 2n(\text{Cl}_2) = 0.01$ моль.

$n(\text{NaI оставшегося}) = 0.1 - 0.01 = 0.09$ моль.

$C(\text{NaI оставшегося}) = 0.09$ моль/л. $x = 0.09$.

В реакции со щелочью выделилось: $n(\text{H}_2) = 0.005$ моль.

$V(\text{H}_2) = 0.005 \cdot 8.314 \cdot 273 / 202.3 = 0.056$ л, т. е. 56 мл. $y = 56$.

Задача 11-3

Навеску металлического кальция массой 1.824 г полностью растворили в 150 г 0.840% (масс) водного раствора соляной кислоты. После охлаждения реакционной смеси до -5°C в системе выделилось 1.824 г твердого осадка, а фильтрат стал прозрачным. Весь эксперимент проводили в отсутствие CO_2 .

1. Напишите уравнения химических реакций, протекающих в данном эксперименте.
2. Каков количественный состав фильтрата?
3. Что будет наблюдаться при нагревании фильтрата? Ответ поясните.

Решение

1. $\text{Ca} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2 \uparrow$;
 $\text{Ca} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}_2 \uparrow$.

2. Найдем количество кальция в образце: $n(\text{Ca}) = 1.824/40 = 0.0456$ моль.

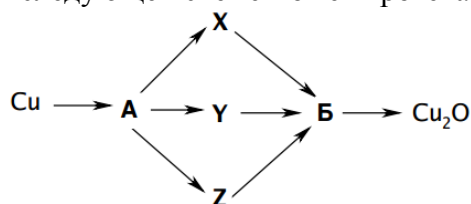
Исходный раствор содержал $150 \cdot 0.00840/36.5 = 0.0345$ моль HCl , которая прореагировала с $0.0345/2 = 0.01725$ моль кальция с образованием $0.01725 \cdot 111 = 1.915$ г CaCl_2 . Оставшийся кальций в количестве $0.0456 - 0.01725 = 0.02835$ моль прореагировал с водой с образованием $0.02835 \cdot 74 = 2.098$ г $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

CaCl_2 легко растворим в воде, в то время как $\text{Ca}(\text{OH})_2$ лишь частично растворим. Таким образом, фильтрат содержит 1.915 г CaCl_2 и $2.098 - 1.824 = 0.274$ г $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Масса воды равна $150 - 150 \cdot 0.0084 - 0.02825 \cdot 2 \cdot 18 = 147.723$ г.

3. Раствор будет мутнеть из-за дополнительного осаждения $\text{Ca}(\text{OH})_2$, поскольку растворимость $\text{Ca}(\text{OH})_2$ уменьшается с увеличением температуры.

Задача 11-4

Каждая химическая реакция в следующей схеме может протекать в одну стадию:



1. Установите химические формулы соединений.
2. Напишите химические уравнения, описывающие вышеуказанные превращения, и укажите условия их протекания.

Решение

1. Задача может иметь несколько решений, одно из них следующее:

$\text{A} = \text{CuO}$;

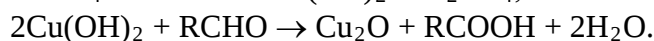
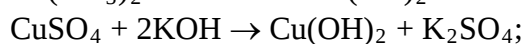
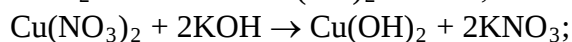
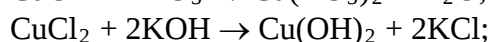
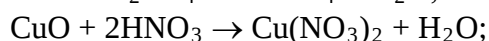
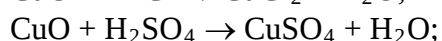
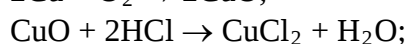
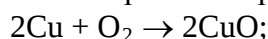
$\text{B} = \text{Cu}(\text{OH})_2$;

$\text{X} = \text{CuCl}_2$;

$\text{Y} = \text{CuSO}_4$;

$\text{Z} = \text{Cu}(\text{NO}_3)_2$.

2. Уравнения реакций, соответствующие схеме:



Первая реакция протекает при высокой температуре; следующие три реакции протекают с горячей кислотой; реакции с KOH происходят в растворе; последняя реакция - гидроксида меди с альдегидом – протекает при нагревании в присутствии винной кислоты или аммиачного раствора

БИБН 2015-16
«БУДУЩИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ – БУДУЩЕЕ НАУКИ»
ОЧНЫЙ ОТБОРОЧНЫЙ ТУР

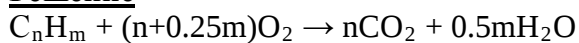
2 вариант

10 класс

Задача 10-1

Пары ненасыщенного углеводорода с прямой незамкнутой углеродной цепочкой объемом 22.4л (н.у.) сгорают на воздухе с выделением 72г воды. Таким же количеством углеводорода можно обесцветить при комнатной температуре 500мл раствора хлора в инертном растворителе CCl_4 с концентрацией 2 моль/л, при этом образуется органическое вещество, молекула которого несимметричная (не имеет плоскости или оси симметрии). Длительное нагревание углеводорода в атмосфере хлора при 300°C дает перхлоралкан C_nCl_m . Определите строение и назовите все указанные органические вещества, напишите уравнения реакций. Вычислите плотность паров по водороду у перхлоралкана.

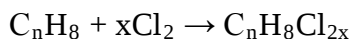
Решение



Количество углеводорода $n(\text{C}_n\text{H}_m)=1$ моль.

Найдем количество H_2O : $72/18=4$ моль. $0.5m=4$, $m=8$, формула углеводорода C_nH_8 .

Хлорироваться при комнатной температуре ациклические углеводороды способны только по кратным связям (алкены, диены, алкины).



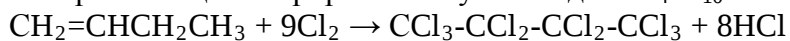
Найдем $n(\text{Cl}_2)=0.5\text{л}\cdot 2 \text{ моль/л}=1$ моль.

Следовательно, углеводород — алкен, формула его C_nH_{2n} , т. е. C_4H_8 .

Из возможных неразветвленных изомеров (бутен-1, бутен-2) подходит лишь бутен-1, который дает 1,2-дихлорбутан несимметричного строения.



Исчерпывающее хлорирование бутена-1 дает C_4Cl_{10} :



(1,1,1,2,2,3,3,4,4-декалорбутан)

Плотность паров $D_{\text{водород}}(\text{C}_4\text{Cl}_{10})=403/2=201.5$.

Задача 10-2

Для проведения реакции получения аммиака смешали азот с водородом в замкнутом сосуде и нагрели над катализатором до наступления равновесия $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \leftrightarrow 2\text{NH}_3$. В этих условиях равновесные концентрации водорода и аммиака оказались одинаковыми и равными 0.4 моль/л. Вычислите равновесную концентрацию азота и начальную концентрацию водорода, если начальная концентрация азота была 1 моль/л. Какое вещество взято в избытке? Каков выход аммиака? Каково значение константы равновесия данной обратимой реакции?

Решение

Поскольку была дана равновесная концентрация аммиака 0.4 моль/л, а в исходной смеси не было аммиака вовсе, то на его образование должно было израсходоваться 0.2 моль/л азота и 0.6 моль/л водорода. Пусть исходная концентрация водорода будет обозначена как y , а равновесная концентрация азота как x . Составим таблицу баланса:

	N_2	+	3H_2	$\leftrightarrow$	2NH_3
Было:	1		y		0
Прореагировало:	0.2		0.6		0

Выделилось:	0	0	0.4
Стало:	x	0.4	0.4

Отсюда найдем неизвестные:

$$x = 1 - 0.2 = 0.8 \text{ моль/л.}$$

$$y = 0.4 + 0.6 = 1.0 \text{ моль/л.}$$

Для расчета выхода аммиака учтем, что водород в недостатке и из 1 моль/л водорода теоретически можно получить 0.67 моль/л аммиака. Выход продукта равен $0.4/0.67 = 0.597$, т. е. 59.7%.

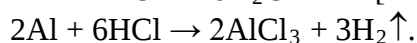
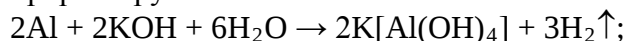
Вычислим значение K_c , связывающей равновесные концентрации реагирующих веществ и продуктов: $K_c = [\text{NH}_3]^2 / ([\text{N}_2][\text{H}_2]^3) = [0.4]^2 / ([0.8][0.4]^3) = 3.125$

Задача 10-3

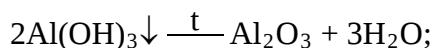
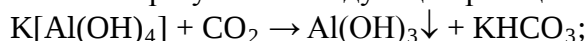
Как химическим путем из смеси, содержащей Au, Al и Cu, выделить эти металлы в чистом виде? Приведите уравнения реакций и условия их протекания.

Решение

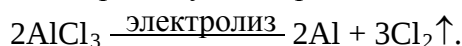
1) Поместим смесь в раствор щелочи или соляную кислоту. И в том, и в другом случае прореагирует только алюминий:



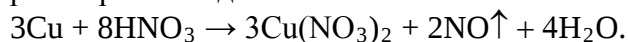
В первом случае алюминий можно выделить из раствора после отделения нерастворившихся Cu и Au в результате следующих реакций:



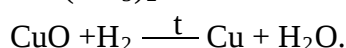
Во втором случае из расплава хлорида алюминия металл можно выделить электролизом:



2) Оставшуюся смесь золота и меди обработаем азотной кислотой, в результате чего растворится медь:



Золото отделяем, медь выделяем из соли:

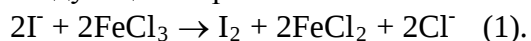


Задача 10-4

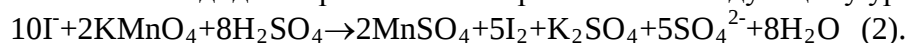
Для окисления иодида металла, имеющего в соединениях постоянную степень окисления, израсходовали 25г насыщенного раствора хлорида железа (III) (растворимость 92г на 100г воды). Какая масса 5%-ного раствора перманганата калия требуется для окисления той же массы той же соли в подкисленном растворе?

Решение

Окисление иодидов сопровождается выделением йода: $2\text{I}^- - 2\text{e}^- \rightarrow \text{I}_2$; при этом железо(III) восстанавливается до железа(II): $\text{Fe}^{3+} + \text{e}^- \rightarrow \text{Fe}^{2+}$. Природа и степень окисления металла, входящего в состав соли не имеет значения и суммарное уравнение реакции можно записать следующим образом:



Окисление иодидов перманганатом протекает по следующему уравнению реакции:



С помощью реакции (1) найдем количество йодидов в исходном образце, а затем вычислим количество вещества перманганата калия, требуемого для окисления йодидов. Для этого

воспользуемся следующим условием. На окисление йодида требуется 25г насыщенного раствора хлорида железа(III). Известно, что 192г насыщенного раствора содержат 92г FeCl_3 , тогда 25 г содержат x г FeCl_3 .

$192/25=92/x$. Из пропорции находим: $x=11.98\text{г}$. Т.е. для окисления йодида требуется 11.98г или $11.98/162.5=0.07372\text{моль}$ хлорида железа(III). Из уравнения реакции (1) видно, что в исходном образце содержится такое же количество вещества йодида металла $n(\text{I})=0.07372\text{моль}$.

В соответствии с уравнением (2) на окисление иодидов требуется в пять раз меньше перманганата калия, т.е. $0.07372/5=0.01474\text{моль}$ KMnO_4 массой $0.01474 \cdot 158=2.3289\text{г}$. Массу 5%-ного раствора рассчитаем по формуле:

$$m(\text{р-ра}) = m(\text{KMnO}_4) \cdot 100\% / \omega\% = 2.3289 \cdot 100 / 5 = 46.578\text{г}.$$

БИБН 2015-16
«БУДУЩИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ – БУДУЩЕЕ НАУКИ»
ОЧНЫЙ ОТБОРОЧНЫЙ ТУР

2 вариант

9 класс

Задача 9-1

Какие реакции могут протекать при нагревании в атмосфере водорода по отдельности простых веществ: кальция, азота, углерода, йода? Если продукты реакций залить водой и добавить индикатор метилоранж, то какую окраску он приобретет и какую кислотность покажет? Назовите продукты реакций.

Решение

Образуются гидрид кальция, аммиак, метан, йодоводород.

$\text{Ca} + \text{H}_2 \rightarrow \text{CaH}_2$	$\text{CaH}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2 + 2\text{H}_2$	Щелочная	Желтый
$\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3$	$\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{NH}_4\text{OH}$	Щелочная	Желтый
$\text{C} + 2\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4$	$\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ нет реакции	Нейтральная	Оранжевый
$\text{I}_2 + \text{H}_2 \rightarrow 2\text{HI}$	$\text{HI} \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{I}^-$	Кислая	Красный

Задача 9-2

Сульфид цинка используется в промышленности для изготовления стекол инфракрасной оптики. Для его синтеза нагревали смесь 9.75г цинка и 4г серы в атмосфере аргона до прекращения экзотермической реакции. Полученный порошок растворили в водном растворе серной кислоты, при этом выделился газ. Каков объем газа при нормальных условиях? Почему проведение синтеза сульфида цинка в атмосфере воздуха сильно снизит выход целевого продукта? Запишите уравнения всех реакций.

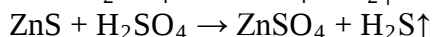
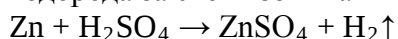
Решение



Вычислим $n(\text{S}) = 4/32 = 0.125$ моль, $n(\text{Zn исходн}) = 9.75/65 = 0.15$ моль, значит цинк взят в избытке. Найдем $n(\text{ZnS}) = n(\text{S}) = 0.125$ моль.

Найдем $n(\text{Zn непрореагир}) = 0.15 - 0.125 = 0.025$ моль.

При действии раствора серной кислоты выделится смесь сероводорода за счет ZnS и водорода за счет избытка Zn.

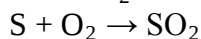
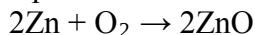


$n(\text{H}_2\text{S}) = n(\text{ZnS}) = 0.125$ моль. $n(\text{H}_2) = n(\text{Zn непрореагир}) = 0.025$ моль.

Суммарное количество газообразных сероводорода и водорода $V = 0.125 + 0.025 = 0.15$ моль.

Суммарный объем газов $V = 0.15 \cdot 22.4 = 3.36$ л.

При высокой температуре кроме синтеза ZnS будет идти окисление цинка и серы:

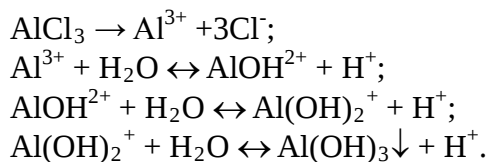


Задача 9-3

Раствор какой из перечисленных солей имеет кислую среду: а) сульфат калия; б) нитрат бария; в) ацетат натрия; г) сульфид калия; д) хлорид алюминия. Ответ поясните. Запишите уравнения необходимых реакций.

Решение

Из всех перечисленных солей только водный раствор хлорида алюминия имеет кислую среду. Эта соль образована остатком сильной кислоты и слабого основания. В водном растворе этой соли протекает гидролиз по катиону.

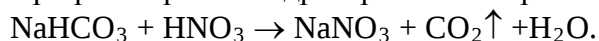


Задача 9-4

8.4г гидрокарбоната натрия растворили в 0.2л раствора HNO_3 с концентрацией 1моль/л. Полученный раствор упарили до 0.1л. Вычислите молярные концентрации всех ионов в растворе после упаривания. Напишите уравнение протекающей реакции.

Решение

При растворении гидрокарбоната натрия в азотной кислоте протекает реакция:



Рассчитаем количества взятых веществ и установим какое из них было в недостатке:

$$n(\text{HNO}_3) = C \cdot V = 1 \text{ моль/л} \cdot 0.2 \text{ л} = 0.2 \text{ моль};$$

$$n(\text{NaHCO}_3) = m/M = 8.4/84 = 0.1 \text{ моль}.$$

Таким образом, гидрокарбонат натрия был в недостатке и в ходе реакции полностью израсходовался.

В результате реакции образовалось 0.1моль NaNO_3 . На реакцию потребовалось 0.1моль HNO_3 и осталось $0.2 - 0.1 = 0.1$ моль HNO_3 . Следовательно, после реакции в растворе присутствовало: 0.1моль Na^+ , 0.1моль H^+ 0.2моль NO_3^- .

Концентрации этих ионов в растворе следующие:

$$C(\text{Na}^+) = C(\text{H}^+) = n/V = 0.1 \text{ моль} / 0.1 \text{ л} = 1 \text{ моль/л};$$

$$C(\text{NO}_3^-) = 0.2 \text{ моль} / 0.1 \text{ л} = 2 \text{ моль/л}.$$

БИБН 2015-16
«БУДУЩИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ – БУДУЩЕЕ НАУКИ»
ОЧНЫЙ ОТБОРОЧНЫЙ ТУР

2 вариант

8 класс

Задача 8-1

Какие реакции могут протекать при нагревании в атмосфере водорода по отдельности простых веществ: азота, углерода, йода? Если продукты реакций залить водой и добавить фиолетовый лакмус, то какие реакции будут протекать и какую окраску лакмус приобретет и какую кислотность покажет? Назовите продукты реакций.

Решение

Образуются аммиак, метан, йодоводород.



Щелочная

Нейтральная

Кислая

Синий

Фиолетовый

Красный

Задача 8-2

Сульфид цинка ZnS используется в промышленности для изготовления стекол инфракрасной оптики. Для его синтеза нагревали смесь 9.75г цинка и 4г серы в атмосфере аргона до прекращения экзотермической реакции. Определите, цинк или сера взяты в избытке? Полученный порошок растворили в водном растворе серной кислоты, при этом выделились два газообразных вещества. Каковы их количества вещества (моль)? Запишите уравнения всех реакций.

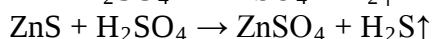
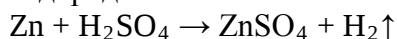
Решение



Вычислим $n(\text{S исходной}) = 4/32 = 0.125$ моль, $n(\text{Zn исходного}) = 9.75/65 = 0.15$ моль, значит цинк взят в избытке. Найдем $n(\text{ZnS}) = n(\text{S}) = 0.125$ моль.

Найдем $n(\text{Zn непрореагир}) = 0.15 - 0.125 = 0.025$ моль.

При действии раствора серной кислоты выделится смесь сероводорода за счет ZnS и водорода за счет избытка Zn.



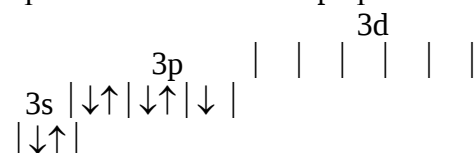
$n(\text{H}_2\text{S}) = n(\text{ZnS}) = 0.125$ моль. $n(\text{H}_2) = n(\text{Zn непрореагир}) = 0.025$ моль.

Задача 8-3

Запишите электронную конфигурацию атома хлора и установите, какие степени окисления может проявлять данный элемент. Ответ поясните. Приведите примеры.

Решение

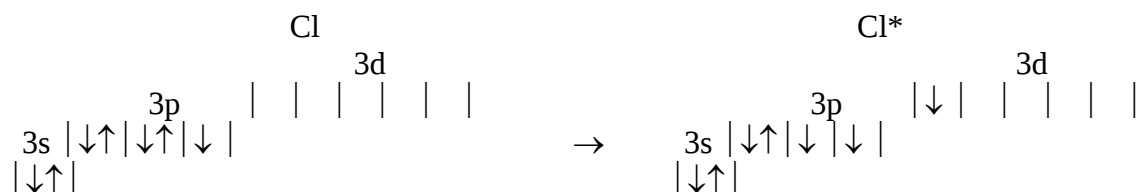
Хлор находится в седьмой группе периодической системы и имеет электронную конфигурацию: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$. Для того, чтобы выяснить валентные возможности хлора, подробнее рассмотрим конфигурацию внешнего энергетического уровня. На внешнем энергетическом уровне атома хлора находится семь электронов: два из которых на 3s орбитали и пять – на 3p орбиталях:



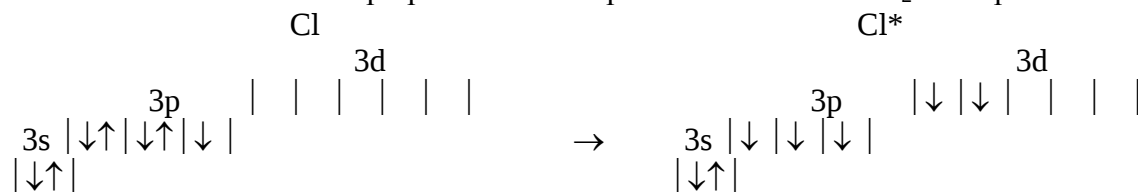
До устойчивого состояния атомов, характерного для благородных газов (октета), не хватает

одного электрона, поэтому в большинстве соединений хлор проявляет степень окисления -1, например, как в хлороводородной кислоте HCl и ее солях – хлоридах NaCl, или +1, как в хлорноватистой кислоте HClO и гипохлоритах NaClO.

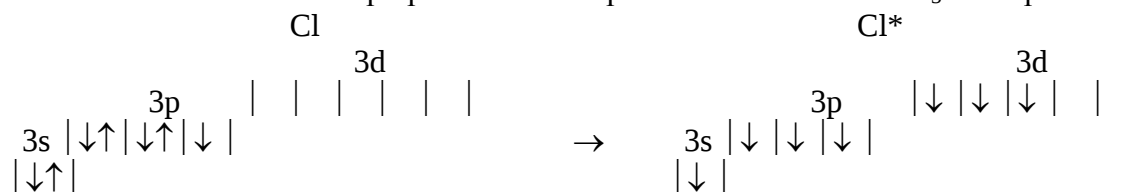
У элементов, располагающихся в третьем периоде периодической системы, есть также 3d-орбитали, которые у атомов хлора не заняты электронами. Электроны с 3s и 3p орбиталей могут переходить на 3d орбитали и, по этой причине хлор может проявлять степень окисления +3; +5, +7.



Степень окисления +3 хлор проявляет в хлористой кислоте HClO₂ и хлоритах NaClO₂.



Степень окисления +5 хлор проявляет в хлорноватой кислоте HClO₃ и хлоратах NaClO₃.



Степень окисления +7 хлор проявляет в хлорной кислоте HClO₄ и перхлоратах NaClO₄.

Задача 8-4

Напишите уравнения химических реакций образования воды в результате: а) горения водорода; б) нагревания гидроксида меди(II); в) взаимодействия серной кислоты с гидроксидом бария? Укажите, к какому типу химических реакций они относятся.

Решение

а) реакция соединения: $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$,

б) реакция разложения: $\text{Cu}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CuO} + \text{H}_2\text{O}$,

в) реакция обмена: $\text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{BaSO}_4\downarrow + \text{H}_2\text{O}$.