**Решение заданий Всероссийской олимпиады школьников по химии**

**(муниципальный этап)**

**10 класс**

**2023-2024 учебный год**

**Задание 1.** Через две последовательно соединенные промывные склянки с растворами гидроксида бария и сульфита натрия пропускали хлороводород. В начальный период масса раствора в одном из сосудов увеличивалась, затем стала уменьшаться, но через некоторое время вновь стала увеличиваться. Какое из веществ находилось в этом сосуде? Напишите химические реакции и обоснование увеличения или уменьшения массы растворов.

Решение

1. В сосуде №1 с гидроксидом бария протекала реакция

Ba(OH)2 + 2HCl → BaCl2 + 2H2O,

2. Масса сосуда постоянно увеличивалась, т.к. даже после окончания реакции шло поглощение хлороводорода раствором.

3. В растворе с сульфитом натрия (сосуд №2) сначала шла реакция

HCl + Na2SO3 → NaHSO3 + NaCl,

4. Масса раствора увеличивалась.

5. Затем начала протекать реакция

NaHSO3 + HCl → NaCl + Н2О + SO2↑.

6. Масса раствора начала уменьшаться, т. к. масса поглощающегося газа (HCl) была меньше массы уходящего из сосуда газа (SO2).

7. После окончания реакции шло поглощение хлороводорода раствором, и масса раствора вновь стала увеличиваться.

8. Следовательно, условию задачи соответствует сульфит натрия (сосуд №2).

Система оценивания:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1 | Реакция в сосуде №1 Ba(OH)2 + 2HCl → BaCl2 + 2H2O | 3 |
| 2 | Утверждение, что масса сосуда №1 постоянно увеличивалась | 2 |
| 3 | 1-я реакция в сосуде №2  HCl + Na2SO3 → NaHSO3 + NaCl | 3 |
| 4 | Утверждение, что масса сосуда №2 сначала увеличивалась до начала реакции 2 | 2 |
| 5 | 2-я реакция в сосуде №2  NaHSO3 + HCl → NaCl + Н2О + SO2↑. | 3 |
| 6 | Масса раствора №2 начала уменьшаться, т. к. масса поглощающегося газа (HCl) была меньше массы уходящего из сосуда газа (SO2). | 2 |
| 7 | Утверждение, что после окончания реакции 2 шло поглощение HCl, и масса раствора вновь стала увеличиваться | 2 |
| 8 | Утверждение, что в сосуде №2 сульфит натрия | 3 |
| **Итого** | | 20 баллов |

**Задача 2.** Какой объем водорода (н.у.) получится при взаимодействии 2 моль металлического натрия с 96%-ным (по массе) раствором этанола в воде (*V* = 100 мл, плотность *ρ* = 0,8 г/мл).

**Решение.**

1. В условии задачи даны количества обоих реагентов - это верный признак того, что какой-нибудь из них находится в избытке.

2. Найдем массу этанола, введенного в реакцию:

m(раствора) = V × ρ= 100 мл × 0,8 г/мл = 80 г

m(C2H5OH) = {m(раствора) × ω%} : 100% = 80 г × 0,96 = 76,8 г

3. Реакция спирта с металлическим натрием:

2C2H5OH + 2Na = 2C2H5ONa + H2 (1)

на 2 моль этанола -- 2 моль натрия -- 1 моль водорода

4. Найдем заданное количество этанола в моль:

n(C2H5OH) = m(C2H5OH) / M(C2H5OH) = 76,84 г : 46 г/моль = 1,67 моль

5. Поскольку заданное количество натрия составляло 2 моль, натрий в нашей задаче присутствует в избытке. Поэтому объем выделенного водорода будет определяться количеством этанола.

6. Объем выделенного водорода после реакции (1) с этанолом:

n1(H2) = 1/2 n(C2H5OH) = 1/2 × 1,67 моль = 0,835 моль

V1(H2) = n1(H2) × VM = 0,835 моль × 22,4 л/моль = 18,7 л

7. Вода, содержащаяся в растворе спирта, тоже реагирует с натрием с выделением водорода. Найдем массу воды:

m(H2O) = {m(раствора) × ω %} : 100% = 80 г × 0,04 = 3,2 г

n(H2O) = m(H2O)/M(H2O) = 3,2 г : 18 г/моль = = 0,178 моль

8. Реакция воды с металлическим натрием:

2H2O + 2Na = 2NaOH + H2 (2)

на 2 моль воды → 2 моль натрия → 1 моль водорода

9. Количество натрия, оставшееся неизрасходованным после реакции с этанолом, составит:

n(Na, остаток) = 2 моль - 1,67 моль = 0,33 моль

10. Таким образом, и по сравнению с заданным количеством воды (0,178 моль) натрий все равно оказывается в избытке.

11. Найдем количество и объем водорода, выделившегося по реакции (2):

n2(H2) = ½ n(H2O) = 1/2 × 0,178 моль = 0,089 моль

V2(H2) = n2(H2) × Vm = 0,089 моль × 22,4 л/моль = 1,99 л

12. Общий объем водорода:

V(H2) = V1(H2) + V2(H2) = 18,7 л+ 1,99 л = 20,69 л

Система оценивания:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1 | Утверждение, что какой-нибудь из реагентов находится в избытке. | 1 |
| 2 | Определение массы этанола, введенного в реакцию: | 3 |
| 3 | Реакция спирта с металлическим натрием | 2 |
| 4 | Определение заданного количество этанола в молях. | 2 |
| 5 | Утверждение, что натрий в задаче присутствует в избытке. Поэтому объем выделенного водорода будет определяться количеством этанола. | 1 |
| 6 | Определение объема выделенного водорода после реакции (1) с этанолом. | 2 |
| 7 | Определение массы воды | 2 |
| 8 | Написание реакции воды с металлическим натрием: | 1 |
| 9 | Определение количества натрия, оставшееся неизрасходованным после реакции с этанолом | 2 |
| 10 | Расчет, что натрий все равно оказывается в избытке. | 1 |
| 11 | Определение количества и объема водорода, выделившегося по реакции (2). | 2 |
| 12 | Определение общего объема водорода | 1 |
| **Итого** | | 20 баллов |

**Задача 3.** На экспериментальной установке из 300 л метана (н.у.) получили 100 г бензола. Найдите практический выход бензола.

**Решение.**

1. Реакция получения ацетилена из метана

2СН4 (1500 оС) = C2H2 + Н2

2. Определение полученного объема ацетилена

Из двух молей СН4 получается 1 моль C2H2 или *V*(C2H2) =300:2 = 150 л.

3. Реакция получения бензола из ацетилена:

3C2H2 (650 оС, активированный уголь) = C6H6

4. Определение полученного количества ацетилена

n(C2H2) =V(C2H2)/ VM = 150 л : 22,4 л/моль = 6,70 моль

5. Определение теоретического количества бензола

n(C6H6)теор = 1/3 × n(C2H2) = 1/3×6,70 моль = 2,23 моль

6. Определение практического количества бензола

n(C6H6)практ = m(C6H6)/ M(C6H6) = 100 г : 78 г/моль = 1,28 моль

7. Выход = (nпракт : nтеор) × 100% = (1,28 : 2,23) × 100% = 57,4%

Система оценивания:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1 | Реакция получения ацетилена из метана | 3 |
| 2 | Определение полученного объема ацетилена | 2 |
| 3 | Реакция получения бензола из ацетилена | 3 |
| 4 | Определение полученного количества ацетилена | 2 |
| 5 | Определение теоретического количества бензола | 3 |
| 6 | Определение практического количества бензола | 3 |
| 7 | Определение выхода | 4 |
| **Итого** | | 20 баллов |

**Задача 4.** 448 мл (н. у.) газообразного предельного нециклического углеводорода сожгли, и продукты реакции пропустили через избыток известковой воды, при этом образовалось 8 г осадка. Какой углеводород был взят?

Решение.

1. Общая формула газообразного предельного нециклического углеводорода (алкана) — CnH2n+2

2. Общая схема реакции сгорания:

CnH2n+2 + О2→ *n*CO2+ H2O

3. Нетрудно заметить, что при сгорании 1 моль алкана выделится *n* моль углекислого газа.

4. Количество вещества алкана находим по его объёму:

ν(CnH2n+2) = 0,488 / 22,4 = 0,02 моль.

5. При пропускании углекислого газа через известковую воду Са(ОН)2 выпадает осадок карбоната кальция:

СО2 + Са(ОН)2 = СаСО3 + Н2О

6. Масса осадка карбоната кальция — 8 г, молярная масса карбоната кальция 100 г/моль. Значит, количество карбоната кальция

ν(СаСО3) = 8 / 100 = 0,08 моль.

7. Количество вещества углекислого газа равно количеству карбоната кальция 0,08 моль.

8. Количество углекислого газа в 4 раза больше (n=0,08 моль/0,02 моль), чем алкана, значит формула алкана С4Н10.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1 | Общая формула алканов | 1 |
| 2 | Общая схема реакции сгорания алкана | 3 |
| 3 | Утверждение, что при сгорании 1 моль алкана выделится *n* моль углекислого газа | 2 |
| 4 | Определение количество вещества алкана по его объёму | 3 |
| 5 | Формула СО2 + Са(ОН)2 = СаСО3 + Н2О | 3 |
| 6 | Определение количества вещества карбоната кальция | 3 |
| 7 | Определение количества вещества углекислого газа | 3 |
| 8 | Формула алкана С4Н10 | 2 |
| **Итого** | | 20 баллов |

**Задача 5.** Железную пластинку опустили в 50 г раствора азотнокислого свинца. Через некоторое время пластинку вынули из раствора, просушили и определили ее массу, которая увеличилась на 2,160 г. При осаждении в сильнокислой среде сульфида свинца из 1,000 г полученного раствора выделилось осадка в 1,5 раза меньше, чем из 1,000 г исходного раствора Pb(NO3)2. Вычислите массовую долю Pb(NO3)2 в исходном растворе.

Решение:

1. Примем *ω* как массовую долю Pb(NO3)2 в исходном растворе.

Тогда m1(Pb(NO3)2) = 50 г× *ω.*

2. Записываем уравнение реакции: Pb(NO3)2 +Fe = Fe(NO3)2 + Pb.

3. Определение массы прореагировавшего Pb(NO3)2

Если бы на пластинке выделился 1 моль свинца, то увеличение масс пластинки составило бы Δm = М(Pb) - М(Fe).

Составим пропорцию: 1моль Pb ----- Δm (207,19-55,85)=151,34 г

х моль ---------- Δm=2,160 г,

х = 0,01427 моль

Следовательно, прореагировало 1,427 10-3 моль Pb(NO3)2 или

207,19×1,427 10-3 = 4,726 г.

4. Тогда масса Pb(NO3)2 в полученном растворе составила:

m2(Pb(NO3)2 =50 × *ω*– 4,726

5. Определение массы полученного раствора

Общая масса раствора уменьшилась на 2,160 г, тогда масса полученного раствора m2(р-ра)= 50 - 2,160 = 47,84 г.

6. Общее уравнение для расчета массовой доли Pb(NO3)2 в исходном растворе

*ω2*(Pb(NO3)2=(50 × *ω*– 4,726)/ m2(р-ра).

7. Расчет массовой доли Pb(NO3)2 в исходном растворе

По условию *ω=* 1,5×*ω2*=1,5×(50 × *ω*– 4,726)/ 47,84.

*ω=* 1,568×*ω -.1482,* ***ω = 0,26.***

Система оценивания:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1 | Принятие *ω* как массовую долю Pb(NO3)2 в исходном р-ре | 1 |
| 2 | Уравнение реакции нитрата свинца с железом | 2 |
| 3 | Определение массы прореагировавшего Pb(NO3)2 | 4 |
| 4 | Определение массы Pb(NO3)2 в полученном растворе | 2 |
| 5 | Определение массы полученного раствора | 2 |
| 6 | Общее уравнение для расчета массовой доли Pb(NO3)2 в исходном растворе | 4 |
| 7 | Расчет массовой доли Pb(NO3)2 в исходном растворе | 5 |
| **Итого** | | 20 баллов |