**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников**

**по химии**

**2019/2020учебного года**

**Комплект заданий для учащихся 10 класса**

**КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ**

**Задача 1.** Для защиты поверхности некоторых металлов от внешних повреждений и коррозии, а также для декоративных целей (придание блеска) часто используют покрытие их поверхности никелем. Один из способов никелирования металлов – химический. Для химического никелирования используются растворы фосфорноватистой кислоты H3PO2 и сульфата никеля (II). Металлическую деталь опускают в горячий раствор, содержащий два эти вещества, и спустя некоторое время на ее поверхности образуется ровный блестящий слой никеля.

1. Напишите уравнение реакции, протекающей в процессе химического никелирования, если известно, что после полного взаимодействия исходных веществ в растворе обнаруживаются ионы, дающие желтый осадок с ионами серебра. Определите тип реакции, протекающей при никелировании. Какую функцию в ней выполняет фосфорноватистая кислота? Дайте пояснения.
2. Определите, какой объем 1%-ого раствора фосфорноватистой кислоты (плотность раствора 1,05 г/мл) и 3%-ого раствора сульфата никеля (плотность раствора 1,1 г/мл) необходим для нанесения никелевого покрытия толщиной 10 мкм на железную пластину площадью 1 м2, если известно, что плотность никеля 8,9 г/см3
3. Составьте структурную формулу фосфорноватистой кислоты, если известно, что фосфор в ней пятивалентен, предскажите ее основность. Ответ поясните.

***20 баллов***

**Решение:**

1. H3PO2 + 2NiSO4 + 2H2O = 2Ni + H3PO4 + 2H2SO4  (1)

P+ - 4e → P+5 |1

Ni+2 +2e → Ni |2

PO43-+ 3Ag+ = Ag3PO4↓ (желтый)

Доказательством того, что P+  окисляется до P+5  является образование желтого осадка при добавлении соли серебра в полученный раствор.

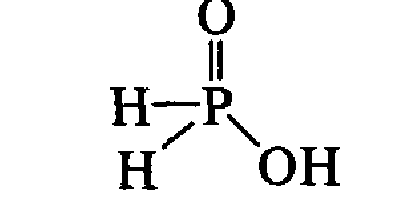
Реакция (1) – окислительно-восстановительная, фосфорноватистая кислота – восстановитель.

1. Рассчитаем объем слоя никеля: V = S∙ℓ, где S – площадь, ℓ - толщина слоя. V = 104(см2) ∙ 10-3(см) = 10 см3. Масса покрытия: m = ρ∙V = 8,9 г/см3∙10 см3 = 89 г.

Для получения 89 г никеля требуемое количество исходных веществ вычислим по уравнению реакции (1): n(Ni) = 89/59 = 1,5 моль; n(NiSO4) = n(Ni) = 1,5 моль; m(NiSO4) = 1,5∙155 = 232,5 г; масса раствора сульфата никеля mр(NiSO4) = m/ω = 232,5/0,03 = 7750 г; Vр = m/ρ = 7750/1,1 = 7045 мл = 7,045 л. n(H3PO2) = ½ n(Ni) = 0,75 моль; m(H3PO2) = 0,75 ∙66 = 49,5 г; масса раствора кислоты mр(H3PO2) = m/ω = 49,5 /0,01 = 4950 г; Vр = m/ρ = 4950/1,05 = 4714 мл = 4,714 л.

**Ответ:** 7,045 л раствора NiSO4, 4,714 л раствора H3PO2.

1. Структурная формула фосфорноватистой кислоты:



Кислота одноосновная, т.к. имеется всего одна полярная связь O-H, подверженная диссоциации в растворе. Связи Р-Н малополярны и в растворе не диссоциируют.

**Критерии оценивания.**

1. За уравнение (1) – 3 балла, за обоснование, что окисление идет до фосфорной кислоты (образование желтого осадка Ag3PO4) – 1 балл, за тип реакции – ОВР -1 балл, за функцию H3PO2 в ней (восстановитель) – 1 балл, всего **6 баллов**.
2. За расчет объемов растворов H3PO2 и NiSO4 – по 5 баллов, всего **10 баллов**. Если рассчитана только масса покрытия – 2 балла. Если рассчитаны массы веществ H3PO2 и NiSO4 (без расчета масс и объемов растворов) – по 2 балла за массу каждого вещества.
3. За структурную формулу фосфорноватистой кислоты – 2 балла. За основность (одноосновна, с обоснованием) – 2 балла. Всего **4 балла**. **Итого 20 баллов**

**Задача 2.** Лаборатория по анализу объектов окружающей среды получила заказ проанализировать газы, выбрасываемые предприятием в атмосферу, на содержание угарного газа. Датчиком на угарный газ является оксид иода (V), который в настоящий момент в лаборатории отсутствовал. В лаборатории имеется необходимая химическая посуда, водяная баня, электроплитка, электролизер.

Предложите наиболее простой способ получения оксида иода (V), используя следующие реактивы, имеющиеся в лаборатории: иодид калия, хлорид натрия, концентрированная азотная кислота, дистиллированная вода. Приведите уравнения реакций, укажите их условия и необходимое оборудование (если требуется).

Приведите уравнение реакции взаимодействия оксида иода (V) с угарным газом. Какие видимые изменения, имеющие место при протекании этой реакции, позволяют использовать оксид иода в качестве датчика на угарный газ? Приведите структурную формулу оксида иода (V). ***20 баллов***

**Решение:**

Сначала необходимо получить иод (используем электролизер):

1. 2NaCl + 2H2О 2NaOH + Cl2 + H2

или 2NaCl (расплав) 2Na + Cl2

1. 2КI + Cl2 = I2 + 2KCl

(или вместо реакций (1) и (2) допускается реакция:

2KI + 2H2О 2KOH + I2 + H2

Далее иод окисляют концентрированной азотной кислотой при нагревании на водяной бане:

1. 3I2 + 10HNO3  6HIO3 + 10NO + 2H2O

Или

I2 + 10HNO3  2HIO3 + 10NO2 + 4H2O

Затем разлагают при нагревании на электроплитке иодноватую кислоту и получают оксид иода (V):

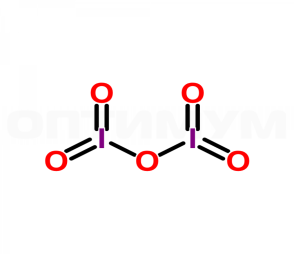
1. 2HIO3 I2O5 + H2O

Угарный газ реагирует с оксидом иода (V) при комнатной температуре по уравнению:

1. I2O5 + 5CO = I2 + 5CO2

При наличии в атмосфере угарного газа белоснежный оксид иода (V) темнеет, т.к. образуется иод черного-бурого цвета.

Структурная формула оксида иода (V):



**Критерии оценивания:**

За уравнения реакций (1) – (5) – по 2 балла, всего **10 баллов**.

Если вместо реакций 1 и 2 написана реакция электролиза иодида калия – засчитать за нее 4 балла.

За указание условий протекания реакций: (1) – электролиз, (3), (4) – нагревание – по 1 баллу, всего **3 балла**.

За видимые изменения в реакции (5) – **2 балла**.

За указание оборудования, необходимого для реакций: (1) – электролизер, (3) – водяная баня (допускается электроплитка), (4) - электроплитка – по 1 баллу, всего **3 балла**.

За структурную формулу оксида иода (V) – **2 балла**. **Итого 20 баллов**

**Задача 3**. При взаимодействии некоторой массы гидрида одновалентного металла с водой массой 200 г получился раствор с массовой долей вещества 5,4%. Масса конечного раствора оказалась на 0,4 г меньше суммы масс воды и гидрида металла. Определите, гидрид какого металла был использован. Приведите уравнение реакции взаимодействия гидрида с водой, укажите тип реакции. ***17 баллов***

**Решение:**

1. Уравнение реакции в общем виде:

MeH + H2O = MeOH + H2  (1)

Растворенное вещество – щелочьMeOH

1. Пусть M(Me) = x, тогда M(MeH) = x + 1, M(MeOH) = x + 17.

Cогласно уравнению реакции n(MeH) = n(MeОH) = n(H2).

1. Согласно закону сохранения массы, разница масс конечного раствора и исходных веществ – это масса водорода: n(H2) = m/M = 0,4/2 = 0,2 моль**.**

Следовательно, n(MeH) = n(MeОH) = 0,2 моль;

m(MeОH) = n∙M = 0,2∙(x + 17); m(MeH) = n∙M = 0,2∙(x + 1).

1. Масса образовавшегося раствора m(раствора) = m(MeH) + m(H2O) – 0,4 = 0,2∙(x + 1) + 200 – 0,4 = 0,2x + 199,8.
2. Тогда можно выразить массовую долю гидроксида металла через x:

0,054 = =. (2)

Решая уравнение, находим x = 39, что соответствует молярной массе калия.

Уравнение реакции: KH + H2O = KOH + H2;(3)

реакция окислительно-восстановительная (конпропорционирования).

**Критерии оценивания:**

За уравнение реакции (1 или 3) – **2 балла**, за тип реакции (принимается любой вариант (ОВР или конпропорционирование) – **1 балл**.

За вывод о том, что уменьшение массы в ходе реакции равно массе водорода – **2** **балла**.

За расчет молярной массы металла (калия) – всего **12** **баллов**, в том числе:

За расчет массы и количества водорода – по 1 баллу, всего 2 балла, за выражение массы образовавшегося раствора щелочи через массы гидрида металла, воды и водорода – 2 балла, за выражение (2) и нахождение молярной массы металла – 8 баллов.

Вычисление молярной массы металла может быть сделано другим способом; если оно корректно, присуждается 10 баллов. За определение металла (калия) подбором – 2 балла.

**Итого 17 баллов**

**Задача 4**. Углеводород массой 17,2 г сожгли. При полном поглощении продуктов сгорания этого углеводорода раствором гидроксида натрия образовался раствор объемом 2 л плотностью 1,15 г/мл, содержащий карбонат натрия и гидрокарбонат натрия. Химический анализ показал, что содержание карбоната натрия в растворе 1,84%, а гидрокарбоната – 2,92% по массе.

Напишите уравнения реакций образования указанных солей в растворе.

Установите молекулярную и структурную формулу углеводорода, назовите его, если известно, что он содержит четвертичный атом углерода. ***23 балла***

**Решение:**

При сжигании углеводорода образуются углекислый газ и вода (схема процесса):

CxHy + O2 → CO2 + H2O (1)

При поглощении углекислого газа раствором щелочи происходят реакции:

NaOH + CO2 → NaHCO3 (2)

2NaOH + CO2 → Na2CO3 + H2O (3)

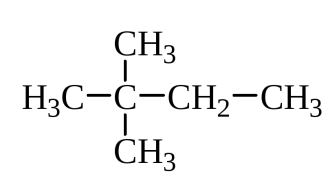
Масса раствора m = ρ∙V = 1,15 г/мл ∙ 2000 мл = 2300 г. Масса карбоната натрия: m(Na2CO3) = ω∙m = 0,0184∙2300 = 42,32 г; n(Na2CO3) = m/M = 42,32/106 = 0,4 моль. Масса гидрокарбоната натрия: m(NaHCO3) = ω∙m = 0,0292∙2300 = 67,16 г; n(NaHCO3) = m/M = 67,16/84 = 0,8 моль.

Количество углерода в углеводороде равно количеству углекислого газа и равно суммарному количеству карбоната и гидрокарбоната: n(C) = n(Na2CO3) + n(NaHCO3) = 0,4 + 0,8 = 1,2 моль. Масса углерода m(C) = n∙M = 1,2∙12 = 14,4 г.

Тогда масса водорода в углеводороде m(H) = m(CxHy) - m(C) = 17,2 – 14,4 = 2,8 г, количество водорода n(H) = m/M = 2,8 моль.

Соотношение количеств углерода и водорода в углеводороде: x : y = 1,2 : 2,8 = 12 : 28 = 6:14. Простейшая формула С6H14, она же молекулярная, т. к. соответствует формуле алкана – насыщенного углеводорода с открытой цепью.

Формулу С6H14 имеют несколько изомерных гексанов, но только один из них содержит четвертичный атом углерода – 2,2- диметилбутан:



**Критерии оценивания:**

За схему реакции (1) или упоминание, что при сгорании углеводорода образуется углекислый газ и вода – 1 балл, за уравнения реакций (2), (3) – по 2 балла, всего **5 баллов.**

За расчет масс раствора, карбоната и гидрокарбоната натрия – по 1 баллу, всего **3 балла**.

За расчет количеств карбоната и гидрокарбоната натрия – по 1 баллу, за нахождение количества углерода в углеводороде – 2 балла, за нахождение массы углерода в углеводороде – 2 балла, за нахождение массы и количества водорода в углеводороде – по 1 баллу, всего **8 баллов.**

За установление молекулярной формулы – 2 балла. За установление структурной формулы – 3 балла. За название – 2 балла, всего **7 баллов**. **Итого 23 балла**

**Задача 5**. Органическое вещество **X** вступает в следующие реакции, схемы которых приведены ниже. В результате образуются органические продукты **А, Б, В**. Определите вещества **X, А, Б, В**, (дайте пояснения), назовите их, приведите их структурные формулы и напишите все уравнения реакций.

1) **X** + HBr → **A**

2) **X** + H2O  **Б**

3) **X** + H2 **В**

4) **А** + Na → CH3−CH−CH−CH3  + ....

⏐ ⏐

CH3 CH3

5) **А** + NaOH(спирт) → **X** + …. ***20 баллов***

**Решение:**

Т.к. вещество **X** вступает в реакции присоединения, оно ненасыщенное либо малый цикл. Т.к. продукт присоединения бромоводорода – бромпроизводное **А**, вступая в реакцию Вюрца (4), дает 2,3-диметилбутан, то веществом **А** может быть только 2-бромпропан.Следовательно, вещество **X** – пропен.

Уравнения протекающих реакций:

1. CH2=CH−CH3  + HBr → CH3−CH−CH3

⏐

Br

1. CH2=CH−CH3  + H2O  CH3−CH−CH3

⏐

OH

1. CH2=CH−CH3  + H2  CH3−CH2−CH3
2. 2CH3−CH−CH3 + 2Na → CH3−CH−CH−CH3  + 2NaBr

⏐ ⏐ ⏐

Br CH3 CH3

1. CH3−CH−CH3  + NaOH(спирт.) → CH2=CH−CH3  + NaBr + H2O

⏐

Br

Итак, **X** – пропен, **А** – 2-бромпропан, **Б** – пропанол-2, **В** – пропан.

**Критерии оценивания:**

За вывод о том, что **X** – ненасыщенное вещество – **2 балла**.

За определение веществ **X, А, Б, В** с обоснованием (рассуждения) – по 1 баллу, всего **4 балла**, за их названия – по 1 баллу, всего **4 балла**.

За уравнения (1) – (5) – по 2 балла, всего **10 баллов** (должны быть написаны структурные формулы веществ либо в уравнениях, либо отдельно), если написаны молекулярные формулы – по 1 баллу за реакцию, всего 5 баллов.

**Итого 20 баллов**