

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников
по химии
2019/2020 учебного 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 H_3PO_2 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.

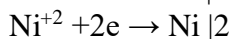
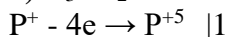
1) Напишите уравнение реакции, протекающей в процессе химического никелирования, если известно, что после полного взаимодействия исходных веществ в растворе обнаруживаются ионы, дающие желтый осадок с ионами серебра. Определите тип реакции, протекающей при никелировании. Какую функцию в ней выполняет 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:



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

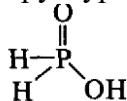
Реакция (1) – окислительно-восстановительная, фосфорноватистая кислота – восстановитель.

2) Рассчитаем объем слоя никеля: $V = S \cdot \ell$, где S – площадь, ℓ – толщина слоя. $V = 10^4(\text{см}^2) \cdot 10^{-3}(\text{см}) = 10 \text{ см}^3$. Масса покрытия: $m = \rho \cdot V = 8,9 \text{ г/см}^3 \cdot 10 \text{ см}^3 = 89 \text{ г}$.

Для получения 89 г никеля требуемое количество исходных веществ вычислим по уравнению реакции (1): $n(\text{Ni}) = 89/59 = 1,5$ моль; $n(\text{NiSO}_4) = n(\text{Ni}) = 1,5$ моль; $m(\text{NiSO}_4) = 1,5 \cdot 155 = 232,5 \text{ г}$; масса раствора сульфата никеля $m_p(\text{NiSO}_4) = m/\omega = 232,5/0,03 = 7750 \text{ г}$; $V_p = m/\rho = 7750/1,1 = 7045 \text{ мл} = 7,045 \text{ л}$. $n(\text{H}_3\text{PO}_2) = \frac{1}{2} n(\text{Ni}) = 0,75$ моль; $m(\text{H}_3\text{PO}_2) = 0,75 \cdot 66 = 49,5 \text{ г}$; масса раствора кислоты $m_p(\text{H}_3\text{PO}_2) = m/\omega = 49,5 / 0,01 = 4950 \text{ г}$; $V_p = m/\rho = 4950/1,05 = 4714 \text{ мл} = 4,714 \text{ л}$.

Ответ: 7,045 л раствора NiSO_4 , 4,714 л раствора H_3PO_2 .

3) Структурная формула фосфорноватистой кислоты:



Кислота одноосновная, т.к. имеется всего одна полярная связь О-Н, 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 Ag_3PO_4) – 1 балл, за тип реакции – ОВР -1 балл, за функцию H_3PO_2 в ней (восстановитель) – 1 балл, всего **6 баллов**.

2) За расчет объемов растворов H_3PO_2 и NiSO_4 – по 5 баллов, всего **10 баллов**. Если рассчитана только масса покрытия – 2 балла. Если рассчитаны массы веществ H_3PO_2 и NiSO_4 (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**

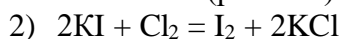
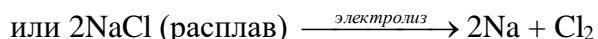
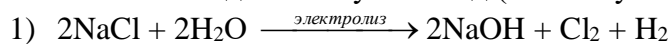
Задача 2. Лаборатория по анализу объектов окружающей среды получила заказ проанализировать газы, выбрасываемые предприятием в атмосферу, на содержание угарного газа. Датчиком на угарный газ является оксид иода (V), который в настоящий момент в лаборатории отсутствовал. В лаборатории имеется необходимая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

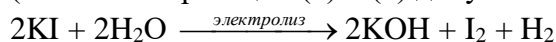
Приведите уравнение реакции взаимодействия оксида иода (V) с угарным газом. Какие видимые изменения, имеющие место при протекании этой реакции, позволяют использовать оксид иода в качестве датчика на угарный газ? Приведите структурную формулу оксида иода (V). **20 баллов**

Решение:

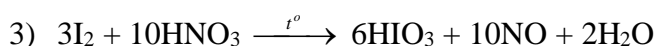
Сначала необходимо получить иод (используем электролизер):



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



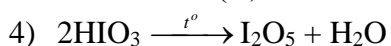
Далее иод окисляют концентрированной азотной кислотой при нагревании на водяной бане:



Или



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

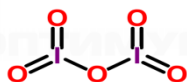


Угарный газ реагирует с оксидом иода (V) при комнатной температуре по уравнению:



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:



Растворенное вещество – щелочь MeOH

2) Пусть $M(\text{Me}) = x$, тогда $M(\text{MeH}) = x + 1$, $M(\text{MeOH}) = x + 17$.

Согласно уравнению реакции $n(\text{MeH}) = n(\text{MeOH}) = n(\text{H}_2)$.

3) Согласно закону сохранения массы, разница масс конечного раствора и исходных веществ – это масса водорода: $n(\text{H}_2) = m/M = 0,4/2 = 0,2$ моль.

Следовательно, $n(\text{MeH}) = n(\text{MeOH}) = 0,2$ моль;

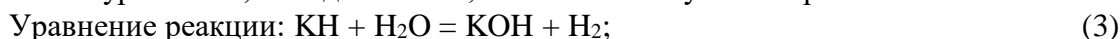
$m(\text{MeOH}) = n \cdot M = 0,2 \cdot (x + 17)$; $m(\text{MeH}) = n \cdot M = 0,2 \cdot (x + 1)$.

4) Масса образовавшегося раствора $m(\text{раствора}) = m(\text{MeH}) + m(\text{H}_2\text{O}) - 0,4 = 0,2 \cdot (x + 1) + 200 - 0,4 = 0,2x + 199,8$.

5) Тогда можно выразить массовую долю гидроксида металла через x :

$$0,054 = \frac{m(\text{MeOH})}{m(\text{раствора})} = \frac{0,2(x+17)}{0,2x+199,8} \quad (2)$$

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



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):



При поглощении углекислого газа раствором щелочи происходят реакции:



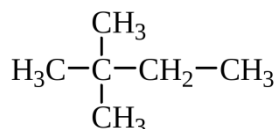
Масса раствора $m = \rho \cdot V = 1,15 \text{ г/мл} \cdot 2000 \text{ мл} = 2300 \text{ г}$. Масса карбоната натрия: $m(Na_2CO_3) = \omega \cdot m = 0,0184 \cdot 2300 = 42,32 \text{ г}$; $n(Na_2CO_3) = m/M = 42,32/106 = 0,4 \text{ моль}$. Масса гидрокарбоната натрия: $m(NaHCO_3) = \omega \cdot m = 0,0292 \cdot 2300 = 67,16 \text{ г}$; $n(NaHCO_3) = m/M = 67,16/84 = 0,8 \text{ моль}$.

Количество углерода в углеводороде равно количеству углекислого газа и равно суммарному количеству карбоната и гидрокарбоната: $n(C) = n(Na_2CO_3) + n(NaHCO_3) = 0,4 + 0,8 = 1,2 \text{ моль}$. Масса углерода $m(C) = n \cdot M = 1,2 \cdot 12 = 14,4 \text{ г}$.

Тогда масса водорода в углеводороде $m(H) = m(C_xH_y) - m(C) = 17,2 - 14,4 = 2,8 \text{ г}$, количество водорода $n(H) = m/M = 2,8 \text{ моль}$.

Соотношение количеств углерода и водорода в углеводороде: $x : y = 1,2 : 2,8 = 12 : 28 = 6 : 14$. Простейшая формула C_6H_{14} , она же молекулярная, т. к. соответствует формуле алкана – насыщенного углеводорода с открытой цепью.

Формулу C_6H_{14} имеют несколько изомерных гексанов, но только один из них содержит четвертичный атом углерода – 2,2- диметилбутан:

**Критерии оценивания:**

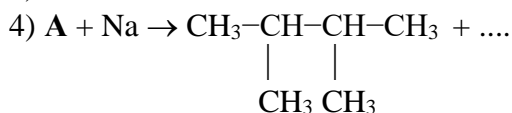
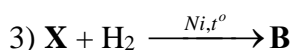
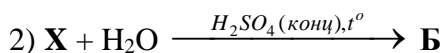
За схему реакции (1) или упоминание, что при сгорании углеводорода образуется углекислый газ и вода – 1 балл, за уравнения реакций (2), (3) – по 2 балла, всего **5 баллов**.

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 **A**, **B**, **B**. Определите вещества **X**, **A**, **B**, **B**, (дайте пояснения), назовите их, приведите их структурные формулы и напишите все уравнения реакций.

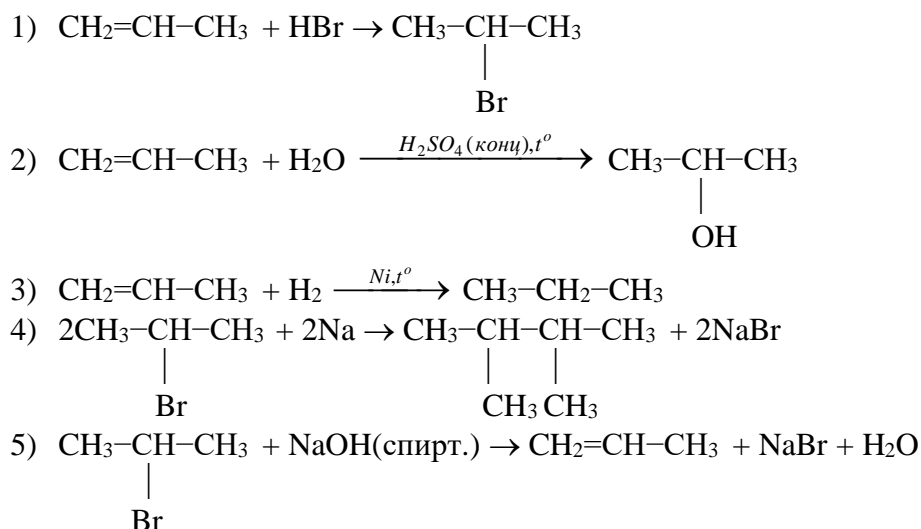


20 баллов

Решение:

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

Уравнения протекающих реакций:



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

Критерии оценивания:

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

За определение веществ **X**, **A**, **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