

Разбор заданий пригласительного этапа ВсОШ по химии для 10 класса

2020/21 учебный год

Максимальное количество баллов — 25

Задание № 1

Условие:

Какая геометрия соответствует молекуле ClF_3 ?

Варианты ответа:

тригональная бипирамида

треугольник

T-образная

треугольная пирамида

квадрат

Ответ:

T-образная

Максимальный балл за задание — 1

Решение. Валентная оболочка атома хлора в молекуле ClF_3 содержит три связывающие (СП) и две неподеленные (НП) электронные пары. Согласно теории отталкивания электронных пар валентной оболочки (ОЭПВО), эти 5 пар будут располагаться в вершинах тригональной бипирамиды. Возможно три варианта расположения неподеленных электронных пар друг относительно друга: под углом 90° (а), 120° (б) и 180° (в). В соответствии с дополнением Найхольма, из нескольких возможных структур наиболее энергетически выгодной является та, которая содержит наименьшее число взаимодействий под углом 90° в следующем порядке: НП-НП (а = 1, б = с = 0), НП-СП (б = 4, в = 6). Следовательно, наименее энергетически выгодной является структура «а», наиболее выгодной — структура «б». Геометрическая форма молекулы ClF_3 , соответствующая структуре «б» — T-образная.

Задание № 2

Условие:

Какое ядро получается в результате последовательного ядерного распада урана-238 с образованием трех α -частиц и двух β^- -частиц? В ответ запишите химический символ элемента и массовое число ядра.

Ответ:

Ra

226

Каждый правильный ответ — 0.5 балла

Максимальный балл за задание — 1

Решение. При образовании одной α -частицы (ядро ${}^4\text{He}$) массовое число ядра уменьшается на 4 единицы, а заряд — на две. При образовании β^- -частицы (электрон, образующийся за счет распада нейтрона на протон и электрон) заряд ядра увеличивается на единицу, а массовое число не изменяется. Следовательно, заряд нового ядра будет равен $92 - 2 \cdot 3 + 2 = 88$, что соответствует элементу радю (Ra), а его массовое число будет равно $238 - 4 \cdot 3 = 226$.

Задание № 3

Условие:

Какими веществами из предложенного ниже списка можно тушить загоревшиеся куски магния?

Варианты ответа:

вода

песок

жженая магнезия (оксид магния)

хлорид калия

гидрокарбонат натрия

«сухой лед» (твёрдый углекислый газ)

Ответы:

жженая магнезия (оксид магния), хлорид калия

Каждый правильный ответ — 0.5 балла, штраф за неправильный ответ — 0.5 балла

Максимальный балл за задание — 1

Решение. Всего два вещества из перечисленного списка не будут реагировать с горящим магнием: жженая магнезия (оксид магния) и хлорид калия. Ими и можно будет тушить загоревшиеся куски магния. Остальные вещества будут взаимодействовать с нагретым до высокой температуры магнием с выделением тепла, поэтому потушить магний с их помощью не получится:

Вода: $\text{Mg} + \text{H}_2\text{O} = \text{MgO} + \text{H}_2$;

Песок: $2\text{Mg} + \text{SiO}_2 = 2\text{MgO} + \text{Si}$ (Mg_2Si);

Гидрокарбонат калия натрия: $2\text{Mg} + 2\text{NaHCO}_3 = 2\text{MgO} + \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2 + \text{CO}$ (C);

«Сухой лёд» (твёрдый углекислый газ): $\text{Mg} + \text{CO}_2 = \text{MgO} + \text{CO}$ (C).

Задание № 4

Условие:

Сколько существует изомерных соединений состава $C_4H_8Cl_2$ без учёта оптических изомеров?

Сколько из них имеют разветвленный углеродный скелет?

Ответ:

9

3

Правильный ответ на первый вопрос — 1 балл, на второй — 0.5 балла

Максимальный балл за задание — 1

Решение. Возьмем неразветвленную цепь, н-бутан C_4H_{10} ($CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$). Поставив один атом хлора у первого атома углерода, второй атом хлора можно разместить в 4 разных положения: у 1-го, 2-го, 3-го и 4-го атомов углерода. Поставив один атом хлора у второго атома углерода, второй атом хлора можем разместить еще в 2 разных положения: у 2-го и 3-го атомов углерода (варианты 1, 2 и 2, 4 = 1, 3 уже встречались). Получилось 6 изомеров с неразветвленным углеродным скелетом.

Возьмем разветвленную цепь, метилпропан $(CH_3)_3CH$. Поставив атом хлора к первичному атому углерода, второй атом хлора можем разместить в 3 разных положения: у того же атома углерода, у любого другого первичного атома и у третичного атома углерода. Получилось 3 изомера с неразветвленным углеродным скелетом.

Итого получилось 9 изомерных соединений состава $C_4H_8Cl_2$ без учёта оптических изомеров, 3 из которых имеют разветвленный углеродный скелет.

Задание № 5

Условие:

Расположите соединения в порядке возрастания кислотных свойств:

1. Ацетилен;
2. Фенол;
3. Уксусная кислота;
4. Анилин;
5. Этанол.

В ответе приведите пятизначное число, соответствующее номерам соединений.

Например: 32451.

Ответ:

41523

Максимальный балл за задание — 2

Решение. В перечисленном списке только уксусная кислота и фенол являются кислотами в том смысле, что эти два соединения реагируют со щелочами с образованием солей. Уксусная кислота ($pK_a = 4.8$) является заметно более сильной кислотой, чем фенол ($pK_a = 10$). Далее расположится реагирующий со щелочными металлами этанол ($pK_a = 18$), относящийся к классу спиртов, которые являются более слабыми ОН-кислотами, чем фенолы. Очень слабой кислотой является ацетилен ($pK_a = 25$), способный к депротонированию СН-связи в аммиачной среде с образованием малорастворимых ацетиленидов. Наиболее слабой кислотой в представленном списке является анилин, для которого более известны основные свойства (потенциально очень слабая NH-кислота). В результате получаем следующий ряд возрастания кислотных свойств: анилин, ацетилен, этанол, фенол, уксусная кислота.

Задание № 6

Условие:

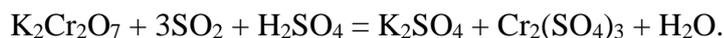
Если через подкисленный серной кислотой горячий раствор дихромата калия пропустить ток сернистого газа, а потом медленно концентрировать полученный раствор, то образуются фиолетовые кристаллы кристаллогидрата двойной соли X с массовой долей хрома 10.42%. Сколько молекул воды приходится на один атом хрома в составе этой соли?

Ответ:

12

Максимальный балл за задание — 2 балла

Решение. При взаимодействии подкисленного серной кислотой горячего раствора дихромата калия с сернистым газом образуется раствор, содержащий сульфаты калия и хрома:



Испарение такого раствора приведет к выделению в кристаллическую фазу кристаллогидрата двойной соли — хромовокалиевых квасцов состава $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$ или $\text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, в которых на каждый атом хрома приходится 12 молекул воды. Подтверждение состава расчетом: $52 / 499 = 0.1042$.

Задание № 7

Условие:

Раствор 3%-го столового уксуса разлили по трем стаканам. В первый стакан добавили равный объем воды, во второй добавили 2 г ацетата натрия, жидкость в третьем стакане нагрели до кипения. Как изменится значение рН в каждом из стаканов после проведенных операций (станет меньше, будет равно исходному, станет больше)? Каждому номеру поставьте в соответствии изменение рН.

Варианты для соотнесения:

- | | |
|------------------|--------------------------|
| 1) Первый стакан | А) Станет больше |
| 2) Второй стакан | Б) Будет равно исходному |
| 3) Третий стакан | В) Станет меньше |

Ответ:

1 — А, 2 — А, 3 — В

Каждое правильное соответствие — 0.5 балла

Максимальный балл за задание — 1.5

Решение. $\text{pH} = -\lg[\text{H}^+]$, из этого следует, что увеличение равновесной концентрации протонов в растворе $[\text{H}^+]$ приведет к уменьшению значения рН и наоборот. Столовый уксус — водный раствор уксусной кислоты. Запишем уравнение реакции диссоциации уксусной кислоты: $\text{CH}_3\text{COOH} = \text{H}^+ + \text{CH}_3\text{COO}^-$.

Первый стакан: разбавление раствора водой приведет к уменьшению концентрации кислоты и, как следствие, к уменьшению $[\text{H}^+]$, которое сопровождается увеличением значения рН.

Второй стакан: в соответствии с принципом Ле Шателье, добавление к равновесному раствору одного из продуктов реакции (ацетат-иона) приведет к смещению равновесия влево и, как следствие, к уменьшению $[\text{H}^+]$, которое сопровождается увеличением значения рН.

Третий стакан: диссоциация слабого электролита — процесс эндотермический. В соответствии с принципом Ле Шателье, увеличение температуры приведет к смещению равновесия вправо и, как следствие, к увеличению $[\text{H}^+]$, которое сопровождается уменьшением значения рН.

Задание № 8

Условие:

Навеску эквимолярной смеси хлорида натрия и вещества Z, общей массой 22.4 г, разделили на две равные части. К одной части прилили избыток концентрированной серной кислоты. При этом образовался газ X, которым заполнили стеклянный сосуд объёмом 1 л до давления 1 атм (часть газа не вошла в сосуд). Вторую часть смеси смешали с избытком гашеной извести и слегка нагрели. При этом образовался газ Y с плотностью по гелию 4.25, которым заполнили другой сосуд объёмом 1 л до давления 1 атм, и также не весь газ попал в сосуд. Давление в сосудах измеряли при температуре 25 °С. Затем сосуды с веществами X и Y соединили, в результате чего образовалось твердое вещество Z. Определите массу образовавшегося Z (в граммах, с точностью до десятых), если известно, что собранные газы прореагировали полностью.

Ответ:

Число из диапазона [2.1; 2.3]

Максимальный балл за задание — 2

Решение. При взаимодействии хлорида натрия и избытка концентрированной серной кислоты образуется хлороводород (газ X):



Тогда вещество Z либо не реагирует с серной кислотой, либо также представляет собой какой-то хлорид.

Газ Y, имеющий молекулярную массу $4,25 \cdot 4 = 17$ а. е. м. и образующийся в реакции с гашеной известью, скорее всего, аммиак. Тогда вещество Z — хлорид аммония, что полностью соответствует условию задания:



Молярный объём газа при $T = 298.15$ К и $p = 1$ атм составляет $V_m = 22.4 \cdot 298.15 / 273.15 = 24.45$ л/моль. В соответствии с уравнением реакции, количество образовавшегося хлорида аммония равно количеству взятых в стехиометрическом соотношении газов X и Y и составляет $1 / 24.45 = 4.09 \cdot 10^{-2}$ моля. Тогда масса образовавшегося вещества Z составит $4.09 \cdot 10^{-2} \cdot 53.5 = 2.188 \approx 2.2$ г.

Задание № 9

Условие:

Сколько граммов угля (C) необходимо сжечь, чтобы выделившейся энергии хватило на нагрев до температуры кипения и полное испарение 720 мл воды? Начальная температура воды равна 20 °С, теплоемкость воды 4.2 Дж/(г·К), при испарении 1 моль воды поглощается 44 кДж теплоты, при образовании 1 моль CO₂ из простых веществ выделяется 393.5 кДж теплоты.

Ответ округлите до целого числа.

Ответ:

Число из диапазона [60;62]

Максимальный балл за задание — 3

Решение. Масса 720 мл воды при 20 °С равна 720 г, т. к. плотность воды при этой температуре равна 1 г/см³ = 1 г/мл. Чтобы нагреть 720 г воды на 100 – 20 = 80 К, потребуется $720 \cdot 80 \cdot 4.2 = 241920$ Дж или $241.92 \approx 242$ кДж теплоты.

Количество воды $720 / 18 = 40$ моль. Чтобы испарить 40 моль воды, потребуется $40 \cdot 44 = 1760$ кДж теплоты. Общее количество теплоты, которое потребуется для нагревания и испарения 720 мл воды, составит $242 + 1760 = 2002$ кДж.

При сжигании 1 моль (12 г) угля выделяется 393.5 кДж теплоты, следовательно, 2002 кДж теплоты выделится при сжигании $12 \cdot 2002 / 393.5 = 61.05 \approx 61$ г угля.

Задание № 10

Условие:

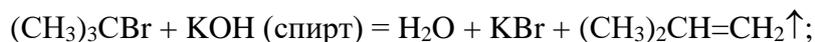
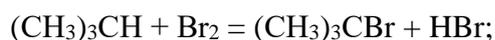
Порцию изобутана объёмом 44.8 л (при н.у.) обработали бромом на свету. На полученное с выходом 97% вещество подействовали спиртовым раствором щёлочи, в результате чего выделился газ (выход газа 88%). Весь полученный газ пропустили через подкисленный раствор перманганата калия, после чего из этого раствора удалось выделить органическое соединение X с выходом 94%. Рассчитайте массу вещества X в граммах. Ответ округлите до целого числа.

Ответ:

Число из диапазона [92;94]

Максимальный балл за задание — 3

Решение. Уравнения реакций:



Из $44.8 / 22.4 = 2$ молей изобутана по стехиометрии получается 2 моля или $2 \cdot 58 = 116$ г ацетона. С учетом выхода на каждой стадии получится $116 \cdot 0.97 \cdot 0.88 \cdot 0.94 = 93.08 \approx 93$ г.

Задание № 11

Условие:

Какое вещество получится, если на этилен последовательно подействовать следующими реагентами:

1. HBr;
2. Na;
3. Br₂, t;
4. C₂H₅ONa, C₂H₅OH;
5. KMnO₄, H₂O ?

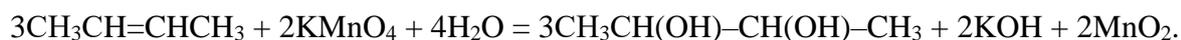
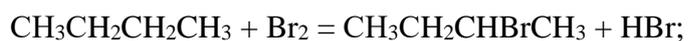
В ответе приведите относительную молекулярную массу конечного продукта синтеза, округлённую до целого числа.

Ответ:

90

Максимальный балл за задание — 3

Решение. Уравнения реакций:



Относительная молекулярная масса конечного продукта синтеза (бутандиола-2,3) составляет 90 а. е. м.

Задание № 12

Условие:

Навеску нитрита натрия неизвестной массы растворили в 20 мл воды. К полученному раствору прибавили 25 мл 0.01 М раствора перманганата калия и 20 мл 1 М раствора серной кислоты, после чего закрыли колбу пробкой и оставили ее стоять для завершения реакции в течение 10–15 мин. Затем к раствору прибавили 20 мл 0.025 М раствора щавелевой кислоты и нагрели содержимое колбы до 60 °С, в результате чего раствор обесцветился. Полученный раствор титровали 0.01 М раствором перманганата калия (добавляли по каплям до появления не исчезающей бледно-розовой окраски). Окраска появилась после добавления 13 мл 0.01 М раствора KMnO_4 .

Определите массу исходной навески нитрита натрия (в миллиграммах). Ответ округлите до целого числа.

Ответ:

Число из диапазона [30;32]

Максимальный балл за задание — 4

Решение. Уравнения реакций:



На титрование избытка щавелевой кислоты по реакции (3) израсходовано $13 \cdot 0.01 = 0.13$ ммоль перманганата калия, следовательно, в растворе оставалось $5 \cdot 0.13 / 2 = 0.325$ ммоль щавелевой кислоты.

К раствору добавляли $20 \cdot 0.025 = 0.5$ ммоль щавелевой кислоты, следовательно, на реакцию (2) с избытком перманганата калия оказалось потрачено $0.5 - 0.325 = 0.175$ ммоль щавелевой кислоты.

Тогда избыток KMnO_4 в реакции (1) составил $0.175 \cdot 2 / 5 = 0.07$ ммоль. Всего было прибавлено к раствору нитрита натрия $25 \cdot 0.01 = 0.25$ ммоль перманганата калия, следовательно, на реакцию (1) его оказалось потрачено $0.25 - 0.07 = 0.18$ ммоль.

Количество нитрита натрия, вступившее в реакцию (1), составило $5 \cdot 0.18 / 2 = 0.45$ ммоль, его масса $0.45 \cdot 69 = 31.05 \approx 31$ мг.