

# 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  $\text{ClF}_3$ ?

### 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  $\text{ClF}_3$  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  $90^\circ$  (а),  $120^\circ$  (б) и  $180^\circ$  (в). В соответствии с дополнением Найхольма, из нескольких возможных структур наиболее энергетически выгодной является та, которая содержит наименьшее число взаимодействий под углом  $90^\circ$  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  $\text{ClF}_3$ , соответствующая структуре «б» — T-образная.

## Задание № 2

---

### Условие:

Какое ядро получается в результате последовательного ядерного распада урана-238 с образованием трех  $\alpha$ -частиц и двух  $\beta^-$ -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  $\alpha$ -частицы (ядро  ${}^4\text{He}$ ) массовое число ядра уменьшается на 4 единицы, а заряд — на две. При образовании  $\beta^-$ -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:  $2\text{Mg} + \text{SiO}_2 = 2\text{MgO} + \text{Si}$  ( $\text{Mg}_2\text{Si}$ );

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:

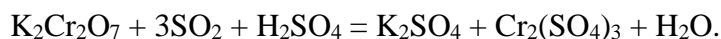
Если через подкисленный серной кислотой горячий раствор дихромата калия пропустить ток сернистого газа, а потом медленно концентрировать полученный раствор, то образуются фиолетовые кристаллы кристаллогидрата двойной соли X с массовой долей хрома 10.42%. Сколько молекул воды приходится на один атом хрома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

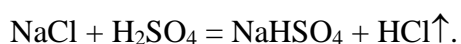
Навеску эквимольной смеси хлорида натрия и вещества Z, общей массой 22.4 г, разделили на две равные части. К одной части прилили избыток концентрированной серной кислоты. При этом образовался газ X, которым заполнили стеклянный сосуд объёмом 1 л до давления 1 атм (часть газа не вошла в сосуд). Вторую 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 (С) 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 CO<sub>2</sub> 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/см<sup>3</sup> = 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:

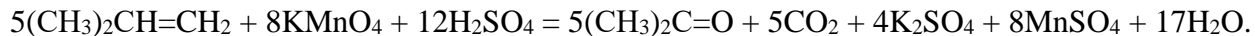
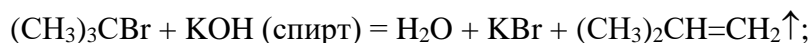
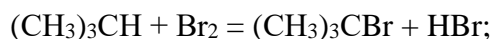
Порцию изобутана объёмом 44.8 л (при н.у.) обработали бромом на свету. На полученное с выходом 97% вещество подействовали спиртовым раствором щёлочи, в результате чего выделился газ (выход газа 88%). Весь полученный газ пропустили через подкисленный раствор перманганата калия, после чего из этого раствора 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. Br<sub>2</sub>, t;
4. C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>ONa, C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH;
5. KMnO<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>O ?

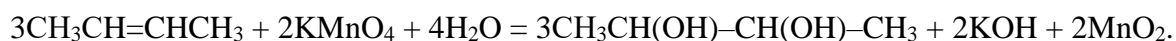
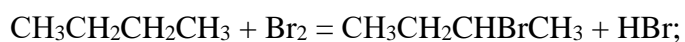
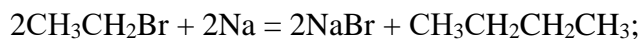
В ответе приведите относительную молекулярную массу конечного продукта синтеза, округлённую до целого числа.

### 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  $\text{KMnO}_4$ .

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  $\text{KMnO}_4$  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.