

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
2020-2021 учебный год
10 класс

Время выполнения заданий - 5 часов

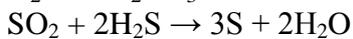
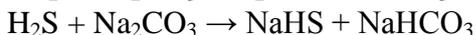
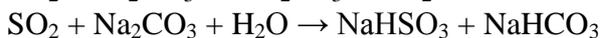
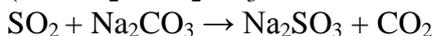
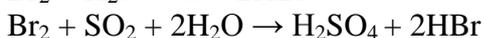
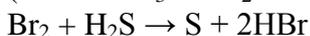
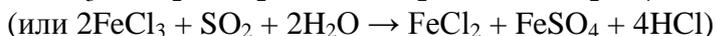
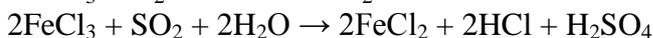
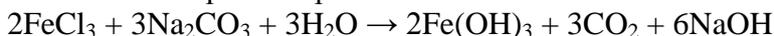
Задача 10-1.

Даны водные растворы веществ: FeCl₃, Br₂, Na₂CO₃, H₂S, SO₂. Составьте уравнения возможных реакций между этими растворами, взятыми попарно. В каждой паре допускается не более одного уравнения.

(10 баллов)

Решение Задачи 10-1.

Возможные варианты решения:



Система оценивания:

1. За каждое уравнение по 1 баллу - $1 \times 10 = 10$ баллов.

ВСЕГО: 10 баллов

Задача 10-2.

Слово «*квасцы*» является уменьшительно-ласкательным от слова «*квасы*» - кислоты, закваска. Как химический термин, слово «*квасцы*» является неологизмом великого русского ученого М.В. Ломоносова (Шанский Н.М., Боброва Т.А. Школьный этимологический словарь русского языка. Происхождение слов. 2004). Однако известно, что люди применяли квасцы начиная с 5 - 6 веков до н.э. для дубления и крашения шерсти и кожи. Тогда же было установлено, что древесина, вымоченная в квасцовом растворе, становится огнеупорной.

Квасцы **Ф** представляет собой темно-фиолетовые октаэдрические кристаллы, которые при растворении в воде образуют фиолетовый раствор. При добавлении к этому раствору избытка раствора гидроксида калия образуется раствор зеленого цвета (вещество **З**) (реакция 1). Если к полученному раствору добавить пероксид водорода, то раствор станет желтым (вещество **Ж**) (реакция 2). При подкислении раствора вещества **Ж** раствором серной кислоты раствор становится оранжевым (вещество **О**) (реакция 3). Прибавление к оранжевому раствору вещества **О** пероксида водорода и диэтилового эфира приводит к образованию соединения **С**, которое окрашивает слой эфира в синий цвет (реакция 4). При добавлении к подкисленному серной кислотой оранжевому раствору вещества **О** избытка металлического цинка цвет раствора меняется на интенсивно голубой (вещество **Г**) (реакция 5). При добавлении к насыщенному оранжевому раствору вещества **О** концентрированной (90%) серной кислоты и последующем охлаждении выпадает осадок красного цвета (вещество **К**) (реакция 6).

1. Приведите название и формулу квасцов (соединение **Ф**), если содержание воды в них 43,4%.

2. Приведите молекулярные соединений **З, Ж, О, С, Г, К**.

3. Напишите уравнения реакций образования веществ 1-6.

(10 баллов)

Решение Задачи 10-2.

1. Квасцы – двойные сульфаты металлов в степенях окисления +1 и +3 с общей формулой $Me^{+1}Me^{+3}(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ (или $Me_2SO_4 \cdot Me_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$). Если содержание воды составляет 43,3%, то молекулярная масса квасцов равна:

$$M = \frac{n \cdot M(H_2O)}{\omega(H_2O)} = \frac{12 \cdot 18}{0,433} = 499 \text{ г/моль.}$$

Сумма молярных масс металлов в составе квасцов составляет:

$$M(Me^{+1}) + M(Me^{+3}) = 499 - 12 \cdot 18 - 2 \cdot 96 = 91 \text{ г/моль.}$$

Фиолетовая окраска кристаллов и раствора квасцов позволяет предположить, что Me^{+3} – это катион хрома(III), следовательно $M(Me^{+1}) = 91 - M(Cr) = 91 - 52 = 39$ г/моль, следовательно, Me^{+1} – это катион калия, а соединение **Ф** – хромовокалиевые квасцы состава $KCr(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ с фиолетовой окраской.

2. Молекулярные формулы соединений:

Зеленое соединение **З** – $K[Cr(OH)_4(H_2O)_2]$

Желтое соединение **Ж** – K_2CrO_4

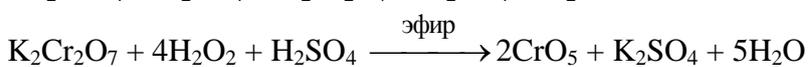
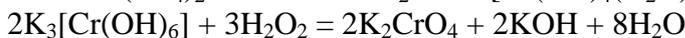
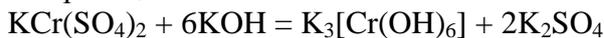
Оранжевое соединение **О** – $K_2Cr_2O_7$

Синее соединение **С** – CrO_5

Голубое соединение **Г** – $CrSO_4$

Красное соединение **К** – CrO_3

3. Уравнения реакций:



Система оценивания:

1. За определение формулы соединений **Ф** – **1 балл**.

2. За определение молекулярных формул соединений **З, Ж, О, С, Г, К** по 1 баллу – $1 \times 6 = 6$ **баллов**.

3. За уравнения реакций по 0,5 балла – $0,5 \times 6 = 3$ **балла**.

ВСЕГО: 10 баллов

Задача 10-3.

Название этой группы элементов было предложено в 1841 году шведским химиком Й. Берцелиусом. Первоначально это название, произошедшее от двух греческих слов «соль» и «рождение, происхождение», было использовано в 1811 году немецким учёным И. Швейггером в качестве обозначения одного из элементов этой группы. Относительные атомные массы элементов этой группы соотносятся так:

$$A_r(\mathbf{A}) : A_r(\mathbf{B}) : A_r(\mathbf{B}) : A_r(\mathbf{Г}) : A_r(\mathbf{Д}) : A_r(\mathbf{Е}) = 1 : 1,866 : 4,206 : 6,680 : 11,540 : 15,473$$

О каких элементах идет речь?

Реакция простого вещества элемента **А** с водой протекает со скоростью 40,0 моль/л·с при 298 К, а скорость реакции простого вещества элемента **Б** с водой при той же температуре равна 16,9 моль/л·с. Температурные коэффициенты равны: 2,6 для реакции с участием вещества элемента **А** и 4 – с участием вещества элемента **Б**. Напишите уравнения реакций простых веществ элементов **А** и **Б** с водой при температуре 298 К. Рассчитайте, при какой температуре скорости обеих реакций будут одинаковыми.

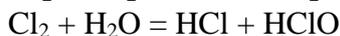
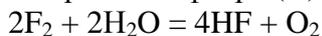
(10 баллов)

Решение Задачи 10-3.

1. Рождающие соли – *галогены*, что подтверждает расчет относительных атомных масс элементов:

$$\frac{A_r(\text{F})}{A_r(\text{F})} = \frac{A_r(\text{Cl})}{A_r(\text{F})} = \frac{A_r(\text{Br})}{A_r(\text{F})} = \frac{A_r(\text{I})}{A_r(\text{F})} = \frac{A_r(\text{At})}{A_r(\text{F})} = \frac{A_r(\text{Ts})}{A_r(\text{F})} = 1:1,866:4,206:6,680:11,540:15,473$$

2. Уравнения реакций фтора (**A**) и хлора (**B**) с водой при температуре 25 °С:



3. Согласно правилу Вант-Гоффа:

$$v_2(\text{A}) = v_1(\text{A}) \cdot \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}} = 40 \cdot 2,6^{\frac{t_2 - 25}{10}} \quad \text{и} \quad v_2(\text{B}) = v_1(\text{B}) \cdot \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}} = 16,9 \cdot 4^{\frac{t_2 - 25}{10}}$$

По условию задачи $v_2(\text{A}) = v_2(\text{B})$ следовательно:

$$40 \cdot 2,6^{\frac{t_2 - 25}{10}} = 16,9 \cdot 4^{\frac{t_2 - 25}{10}},$$
$$\text{тогда} \quad \frac{40}{16,9} = \frac{4^{\frac{t_2 - 25}{10}}}{2,6^{\frac{t_2 - 25}{10}}} = \left(\frac{4}{2,6}\right)^{\frac{t_2 - 25}{10}} \quad \text{или} \quad 2,3668 = 1,5385^{\frac{t_2 - 25}{10}}$$

Поскольку $2,3668 = (1,5385)^2$, то $t_2 = 45$ °С.

Система оценивания:

1. За определение элементов и подтверждение расчетом – **2 балла**.
2. За уравнения реакций по 1 баллу – $1 \times 2 = 2$ балла.
3. За расчет температуры – **6 баллов**.

ВСЕГО: 10 баллов

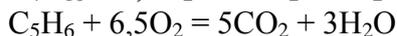
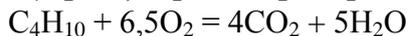
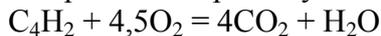
Задача 10-4.

Для полного сгорания смеси бутадиена-1,3, бутана и циклопентадиена требуется объем кислорода в 5,5 раз превышающий объем исходной смеси. Для полного гидрирования той же смеси углеводородов требуется объем водорода в 3,2 раз больший, чем объем реагирующих с водородом веществ. Вычислите объемную долю углеводородов в смеси при условии, что объемы всех газов измерены в одинаковых условиях.

(10 баллов)

Решение Задачи 10-4.

1. Уравнения реакций горения углеводородов:



2. Обозначим объемы бутадиена-1,3, бутана и циклопентадиена в смеси через x , y , z .

Тогда объем смеси углеводородов и объем кислорода соотносятся:

$$5,5(x + y + z) = 4,5x + 6,5y + 6,5z$$

При упрощении уравнения получается соотношение: $x = y + z$, следовательно, в смеси 50 % бутадиена-1,3.

3. Уравнения реакций гидрирования углеводородов:



4. В этом случае сумма объемов бутадиена-1,3 и циклопентадиена и объем водорода соотносятся:

Соединение **В** в силу того, что π -связи в алленовой системе расположены во взаимно перпендикулярных плоскостях, существует в виде двух пространственных изомеров (*оптические изомеры*):



Таким образом, в углеводородах C₆H₈ существует *изомерия углеродного скелета, положения кратных связей, геометрическая и оптическая изомерия*.

3. В общем виде уравнение окисления изомеров состава может быть записано следующим образом:



Система оценивания:

1. За структурные формулы веществ по 0,5 балла – 0,5×5 = **2,5 балла**.
2. За систематические названия веществ по 0,5 балла – 0,5×5 = **2,5 балла**.
3. За определение каждого вида изомерии по 1 баллу – 1×4 = **4 балла**.
4. За уравнение реакции – 1 **балл**.

ВСЕГО: 10 баллов