

**Критерии и методика оценивания выполненных олимпиадных заданий**

**ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ**

**РЕГИОНАЛЬНАЯ ПРЕДМЕТНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ**

---

**КРИТЕРИИ И МЕТОДИКА**

**ОЦЕНИВАНИЯ ВЫПОЛНЕННЫХ ОЛИМПИАДНЫХ ЗАДАНИЙ**

**ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ТУРА**

**возрастной группы (10 класс) муниципального этапа  
всероссийской олимпиады школьников по химии**

**2024-2025 учебный год**

По теоретическому туру максимальная оценка результатов участника возрастной группы (10 классы) определяется арифметической суммой всех баллов, полученных за выполнение заданий и не должна превышать 50 баллов.

**Задача 10-1 (Автор: Кузнецов П.Д.)**

Химику А. подарили сплав, состоящий из лития и цинка. После взвешивания сплава его масса оказалась равной 20г. Ему стало интересно определить процентное содержание каждого из металлов в подарке. Он отломил кусок от сплава и сжег его в токе кислорода (*реакция 1, 2*), получив 9.817г твердого вещества. Но осознав, что этих данных ему недостаточно он отломил еще один кусок такой же массы и пропустил через него газообразный хлор (*реакция 3, 4*), получив 25.832г твердого вещества.

1. Определите процентное содержание лития и цинка в сплаве. Ответ подтвердите расчетом.
2. Напишите уравнения реакций 1-4.

Оставшиеся 10г сплава химик растворил в 100мл воды без нагревания и наблюдал выделение газа (*реакция 5*).

3. Напишите уравнение реакции 5.
4. Рассчитайте объем выделившегося газа (*при н.у.*), концентрацию образовавшейся щелочи.
5. Почему один из компонентов сплава не взаимодействует с водой без нагревания.

**РЕШЕНИЕ:**

Оба металла в токе кислорода сгорают до оксида(литий единственный щелочной металл, сгорающий до оксида):



Для того, чтобы определить процентный состав сплава, нам нужно составить систему уравнений, поэтому после обжига химик А и понял, что ему недостаточно данных

Пусть в 5г сплава  $n(\text{Li}) = x$  моль,  $n(\text{Zn}) = y$  моль, следовательно  $n(\text{Li}_2\text{O}) = 0,5x$  моль и  $n(\text{ZnO}) = y$  моль.

Тогда  $9,817\text{г} = M(\text{Li}_2\text{O}) \cdot 0,5x + M(\text{ZnO}) \cdot y$

$$15x + 81y = 9,817$$

При пропускании хлора оба металла реагируют с галогеном с образованием хлоридов:



Так как сплав все тот же, процентный состав во всех его частях одинаковый, снова  $n(\text{Li}) = x$  моль и  $n(\text{Zn}) = y$  моль. Следовательно  $n(\text{LiCl}) = x$  моль и  $n(\text{ZnCl}_2) = y$  моль.

Владимирская область

Тогда  $25,832\text{г} = M(\text{LiCl}) \cdot x + M(\text{ZnCl}_2) \cdot y$

$$42,5x + 136y = 25,832$$

Решаем эту систему и получаем, что  $x = 0,54$  моль =  $n(\text{Li})$  и  $y = 0,0212$  моль =  $n(\text{Zn})$ . Опять же, так как во всем сплаве соотношение компонентов одно и то же, нам неважно, какого размер кусок мы взяли, важно соотношение лития и цинка.

Определим массовое(не мольное) процентное соотношение лития и цинка в сплаве.

$$\omega(\text{Li}) = M(\text{Li}) \cdot x / (M(\text{Li}) \cdot x + M(\text{Zn}) \cdot y) =$$

$$7\text{г/моль} \cdot 0,54\text{моль} / (7\text{г/моль} \cdot 0,54\text{моль} + 65\text{г/моль} \cdot 0,0212\text{моль}) = 0,7328 \text{ или } 73,28\%$$

$$\omega(\text{Zn}) = M(\text{Zn}) \cdot y / (M(\text{Li}) \cdot x + M(\text{Zn}) \cdot y) =$$

$$65\text{г/моль} \cdot 0,0212\text{моль} / (7\text{г/моль} \cdot 0,54\text{моль} + 65\text{г/моль} \cdot 0,0212\text{моль}) = 0,2672 \text{ или } 26,72\%$$



4. В 10г сплава содержится  $m(\text{Li}) = 10 \cdot 0,7328 = 7,328\text{г}$ . По стехиометрии реакции  $n(\text{H}_2) = 0,5 \cdot n(\text{Li}) = 0,5 \cdot (m(\text{Li}) / M(\text{Li})) = 0,5 \cdot 7,328\text{г} / 7\text{г/моль} = 0,523$  моль. Так как мы считаем, что реакция протекает при нормальных условиях, молярный объем  $V_m = 22,4\text{л/моль}$ .

$$V(\text{H}_2) = n \cdot V_m = 0,523\text{моль} \cdot 22,4\text{л/моль} = 11,715\text{л}$$

$$n(\text{LiOH}) = n(\text{Li}) = 0,523 \cdot 2 = 1,046 \text{ моль}$$

$$c = n/V = 1,046\text{моль} : 11,715\text{л} = 0,0892\text{моль/л}$$

5. Потому что на воздухе поверхность цинка окисляется, и образуется оксидная пленка, препятствующая дальнейшей реакции металла с каким-либо веществом, и чтобы металл прореагировал с водой, нужны более жесткие условия, в данном случае это повышенная температура.

### ОЦЕНИВАНИЕ:

№	Содержание критерия	Баллы
1	Массовые доли (по 3 балла за каждую)	6
2	Уравнения реакций 1-5 (по 1 баллу за реакцию)	5
3	Расчет объема, расчет концентрации (по 4 балла за каждый расчет)	8
4	Пояснение причины отсутствия реакции цинка с водой	1
ИТОГО		20

### Задача 10-2 (Автор: Кузнецов П.Д.)

Элемент **A** один из самых используемых металлов наше время. При сжигание 10г этого металла в кислороде образуется 13.81г его смешанного оксида **B** (реакция 1). При пропускании водорода через **B** можно получить металл **A** в чистом виде (реакция 2). При дальнейшем растворении **A** в  $\text{HNO}_3$  средней Владимирская область

концентрации образуется соль **C** (реакция 3). Соль **C** при взаимодействии с раствором  $\text{NaI}$  дает бурю окраску раствору, с образованием простого вещества **D** и соли **E** (реакция 4). Смешав **C** с  $\text{NaOH}$  получаем осадок вещества **F** (реакция 5), которое при дальнейшем со смесью  $\text{Br}_2$  и  $\text{NaOH}$  образует вещество **G** с массовой долей **A**-33.7% и массовой долей **Na**-27.7% (реакция 6).

1. Определите вещества **A-G**, если это возможно ответ подтвердите расчетом.
2. Напишите уравнения реакций 1-6.

### РЕШЕНИЕ:

Один из самых известных металлов, образующих смешанные оксиды это железо и  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . Проверим данное предположение  $((10/56)/3) \cdot (56 \cdot 3 + 16 \cdot 4) = 13,8$  отсюда следует, что **A**-Fe, **B**- $\text{Fe}_3\text{O}_4$

При растворении железа в азотной кислоте мы получим  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ . Понять, что получается именно железо +3 можно из дальнейшего факта о том, что железо окисляет йод **C**- $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ . **D**- $\text{I}_2$ , **E**- $\text{FeI}_2$ . **F**- $\text{Fe}(\text{OH})_3$ .

Последнее вещество является менее очевидным и его мы можем рассчитать из приведенных массовых долей.

$M_r(\text{G}) = 56 / 0,337 = 166 \text{ г/моль}$ . Рассчитаем сколько занимает натрия в данной молекуле-  $166 \cdot 0,277 = 46$ . Значит  $N(\text{Na}) = 46 / 23 = 2$ . И найдем процентное содержание последнего элемента.  $100 - 27,7 - 33,7 = 38,6$ . Далее рассчитаем сколько приходится г/моль на данный элемент.  $166 \cdot 0,386 = 64 \text{ г/моль}$ . Исходя из того что последним элементом может быть либо бром, либо кислород, то более вероятным исходя из значения молярной массы это кислород

**G**- $\text{Na}_2\text{FeO}_4$

1.  $3\text{Fe} + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4$
2.  $\text{Fe}_3\text{O}_4 + 4\text{H}_2 \rightarrow 3\text{Fe} + 4\text{H}_2\text{O}$
3.  $\text{Fe} + 6\text{HNO}_3 \rightarrow \text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + 3\text{NO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$  (засчитывать любой оксид азота)
4.  $2\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + 6\text{KI} \rightarrow 2\text{FeI}_2 + \text{I}_2 + 6\text{KNO}_3$
5.  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + 3\text{NaOH} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{NaNO}_3$
6.  $2\text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{Br}_2 + 10\text{NaOH} \rightarrow 2\text{Na}_2\text{FeO}_4 + 6\text{NaBr} + 8\text{H}_2\text{O}$

### ОЦЕНИВАНИЕ:

№	Содержание критерия	Баллы
1	Вещества А-F (по 1 баллу за вещество)	5
2	Вещество G	3
3	Реакция 1-6 (по 2 балла за реакцию)	12
ИТОГО		20

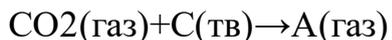
#### Задача 10-4 (Автор: Кузнецов П.Д.)

В химии понятие равновесия играет ключевую роль в понимании реакций, происходящих в различных системах. Химическое равновесие — это состояние, при котором скорость прямой реакции равна скорости обратной реакции, что приводит к стабильному соотношению концентраций реагентов и продуктов. Это состояние не является статичным; оно динамично и может изменяться под воздействием различных факторов, таких как температура, давление и концентрация веществ. В данной задаче мы рассмотрим основные принципы, управляющие химическим равновесием, и проанализируем, как различные условия могут влиять на положение равновесия в системе. Понимание этих принципов не только углубляет знания о химических процессах, но и имеет важное значение для практических приложений в химической промышленности. Величина характеризующая равновесие  $K$ , которая называется константа равновесия. Пример записи константы для реакции  $nA + xB \rightarrow yC + zD$   $K = \frac{[C]^y [D]^z}{[A]^n [B]^x}$ , соответственно можно сделать вывод, константа из себя представляет произведение продуктов реакции в степенях равных коэффициентам деленное на произведение концентраций реагентов в соответствующих степенях.

1. Запишите константу равновесия для следующей реакции. Не забудьте уравнивать реакцию.



1. Определите вещество А в следующей реакции, рассчитайте константу равновесия, если  $[CO] = 0.05$   $[A] = 0.02$



Константа равновесия зависит от температуры:  $\ln(K_2/K_1) = \Delta H/R * (1/T_1 - 1/T_2)$ , где  $K_1$  значение константы при  $T_1$ , где  $K_2$  значение константы при  $T_2$ , температура в Кельвинах.

Константа диссоциации воды при 298К 10-14,  $\Delta H = 55800$  кДж/моль,  $R = 8,314$ .

1. Запишите уравнение диссоциации воды
2. Рассчитайте константу равновесия при 350К
3. Определите рН воды при 350К

#### РЕШЕНИЕ:

1. Запишите константу равновесия для реакции:

Для реакции  $2SO_2 + O_2 \rightarrow 2SO_3$  сначала уравниваем реакцию.

Запись константы равновесия  $K$  будет выглядеть так:

$$K = \frac{[SO_3]^2}{([SO_2]^2 * [O_2])}$$

2. Определите вещество А и рассчитайте константу равновесия:

В данной реакции  $CO_2(\text{газ}) + C(\text{тв}) \rightarrow A(\text{газ})$ , вещество А — это угарный газ CO.

Теперь запишем константу равновесия:

$$K = \frac{[CO]}{[CO_2]}$$

Подставим известные значения:

$$[CO] = 0.05$$

$$[CO_2] = 0.02$$

Теперь рассчитаем  $K$  :

$$K = 0.05 / 0.02 = 2.5$$

Владимирская область

3. Запишите уравнение диссоциации воды:

Диссоциация воды записывается следующим образом:



4. Рассчитайте константу равновесия при 350К:

Константа диссоциации воды при 298К составляет  $K = 10^{-14}$ . Теперь воспользуемся формулой для вычисления константы при другой температуре:

$$\ln((K_2 / K_1)) = \Delta H / R ((1 / T_1 - 1 / T_2))$$

Теперь подставим значения в формулу:

$$\ln((K_2 / 10^{-14})) = 55800 / 8.314 ((1 / 298 - 1 / 350))$$

$$K_2 = \approx 2,839 \times 10^{-13}$$

5. Определите pH воды при 350К:

$$\text{Константа диссоциации воды } K = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 1.02 \times 10^{-13}$$

При равновесии  $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-]$ , следовательно:

$$[\text{H}^+]^2 = K$$

$$[\text{H}^+] = \sqrt{K} = \sqrt{(2,839 \times 10^{-13})} \approx 5,33 \times 10^{-7}$$

Теперь найдем pH:

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+] = -\log(5,33 \times 10^{-7}) \approx 6.27$$

**ОЦЕНИВАНИЕ:**

№	Содержание критерия	Баллы
1	Уравнение константы	2
2	Определение вещества А	3
3	Расчет константы	4
4	Уравнение диссоциации	2
5	Расчет константы	5
6	Расчет pH	4
ИТОГО		20

**Задача 10-4** (Автор: Кузнецов П.Д.)

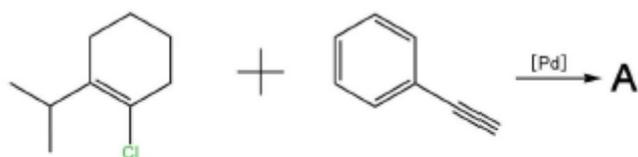
В современной органической химии абсолютно невозможно провести ни один синтез без реакций кросс-сочетания, катализируемых металлами платиновой группы, ведь неспроста множество ученых получили за это Нобелевские премии. Существует множество вариаций данного типа реакций, но все они имеют одну цель-формирование нового углеродного скелета.

Одна из самых популярных реакций-реакция Соногаширы



Рис. Схема реакции Соногаширы, где Hal-любой галоген.

1. Напишите структуры соединений **A**, **B**, образующихся в процессе следующих реакций, основываясь на схеме, приведенной выше.



Но однажды американский химик-органик Ричард Хек задумался о том, что есть одна проблема всех реакций кросс-сочетания - необходимость алкина и был разработан новый тип реакции

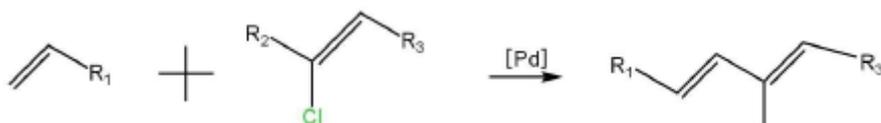
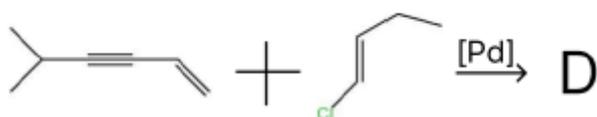
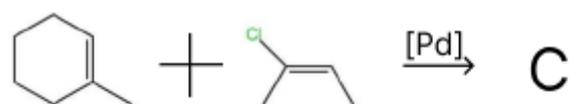


Рис. Схема реакции Хека



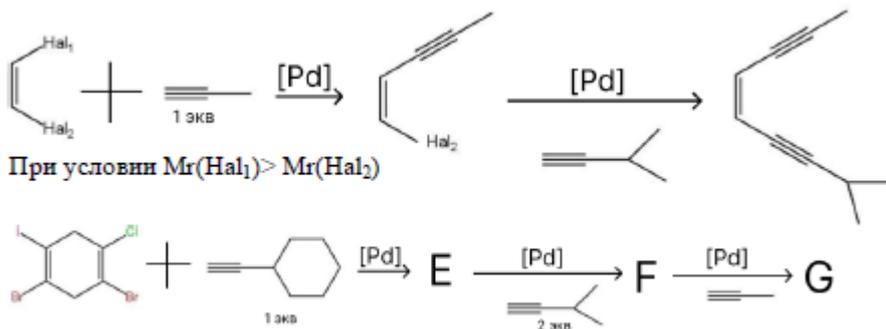
2. Напишите структуры соединений **C**, **D**, образующихся в процессе следующих реакций, основываясь на схеме, приведенной выше

3. Изменяется ли степень окисления углеродов, непосредственно участвующих в реакции кросс-сочетания? Верный ответ подчеркнуть. Да/Нет/Не всегда

При детальном рассмотрении реакции кросс-сочетания было сделано открытие, показывающие тот факт, что в большинстве случаев при наличии в молекуле с галогеном двух различных галогенов, первым будет реагировать

Владимирская область

более тяжелый галоген.

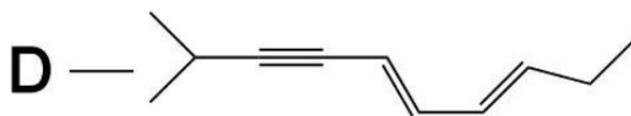
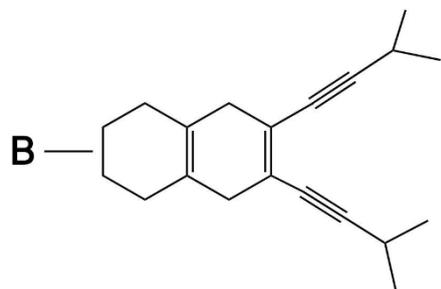
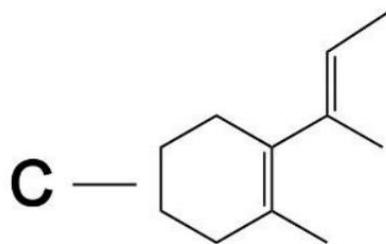
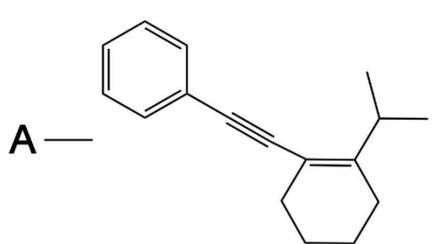


4. Напишите структуры соединений **E**, **F**, **G**, образующихся в процессе следующих реакций, основываясь на схеме, приведенной выше.

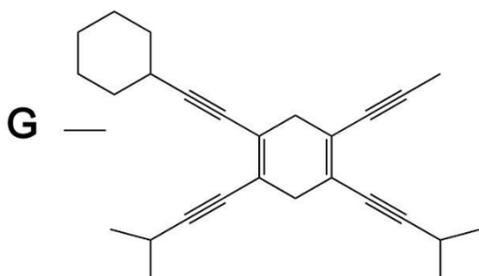
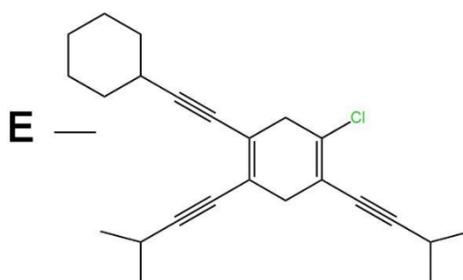
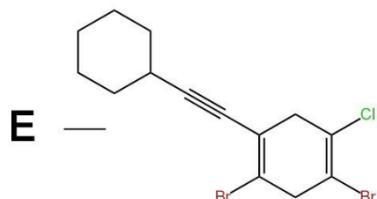
Массовая доля углерода в **E** 44,39%

Количество атомов углерода в **G** равно численно количеству электрону в ионе меди  $2+$  ( $Cu^{2+}$ )

**РЕШЕНИЕ:**



3 Да



**ОЦЕНИВАНИЕ:**

№	Содержание	Баллы
1	Вещества А, В	5
2	Вещества С, D	4
3	Да	2
4	Вещества Е, F, G	9
ИТОГО		20

**Задача 10-5** (Автор: Кузнецов П.Д.)

Титрование — это аналитический метод, используемый для концентрации вещества в растворе. В процессе титрования один раствор (титрант) добавляется к другому раствору (анализируемому) до достижения точки эквивалентности, когда реакция между реагентами завершена. Точка эквивалентности определяется с помощью индикатора, который изменяет цвет при достижении определенного рН, позволяя визуально определить момент, когда количество добавленного титранта соответствует количеству анализируемого вещества. Вы работаете в школьной лаборатории и получили задание определить концентрацию соляной кислоты (HCl) в образце 100мл, используя раствор NaOH с концентрацией 0.15 моль/л. Вам необходимо провести кислотно-основное титрование и использовать фенолфталеин в качестве индикатора. Для титрования вы взяли из 100мл HCl только 10мл. На титрование ушло 13мл NaOH.

1. Определите какое вещество является титрантом в нашем случае, а какое анализируемым раствором.
2. При титровании мы взяли раствор HCl, добавили туда индикатор и стали добавлять NaOH, в один момент весь HCl прореагировал(точка эквивалентности) и после добавления еще одной капли щелочи раствор изменил цвет. Определите цвет раствора.
3. Напишите уравнение реакции, протекающей в процессе титрования
4. Определите количество вещества NaOH, которое потребовалось для титрования, зная концентрацию и объем, ушедший в результате титрования.
5. Определите количество вещества HCl, которое было в выданном растворе.
6. Определите концентрацию HCl в выданном растворе

**РЕШЕНИЕ:**

1. Определите титрант и анализируемый раствор.

Титрант: раствор NaOH (щелочь), который мы добавляем в процессе титрования.  
Анализируемый раствор: раствор HCl (соляная кислота), концентрацию которого мы хотим определить.

2. Определите цвет раствора в точке эквивалентности.

При достижении точки эквивалентности в процессе титрования HCl и NaOH с использованием фенолфталеина, цвет раствора изменится на розовый. Фенолфталеин меняет цвет на фиолетовый при pH выше 8.2, что происходит после полного нейтрализования кислоты.

3. Напишите уравнение реакции, протекающей в процессе титрования.

Уравнение реакции между соляной кислотой и гидроксидом натрия:



4. Определите количество вещества NaOH, которое потребовалось для титрования.

$$V(\text{NaOH}) = 13 \text{ мл} = 0.013 \text{ л}$$

Теперь можем рассчитать количество вещества NaOH:

$$n(\text{NaOH}) = C(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH}) = 0.15 \text{ моль/л} \cdot 0.013 \text{ л} = 0.00195 \text{ моль}$$

5. Определите количество вещества HCl, которое было в выданном растворе.

Согласно уравнению реакции, соотношение между HCl и NaOH равно 1:1. Таким образом, количество вещества HCl будет равно количеству вещества NaOH:

$$n(\text{HCl}) = n(\text{NaOH}) = 0.00195 \text{ моль}$$

6. Определите концентрацию HCl в выданном растворе.

Теперь можем рассчитать концентрацию HCl в исходном растворе, который составляет 100 мл (или 0.1 л):

$$C(\text{HCl}) = n(\text{HCl}) / V(\text{HCl}) = 0.00195 \text{ моль} / 0.01 \text{ л} = 0.195 \text{ моль/л}$$

#### Оценивание:

№	Содержание критерия	Баллы
1	Определение титранта и анализируемого раствора	2
2	Определение цвета	2
3	Уравнение реакции	2
4	Расчет количества вещества	5
5	Расчет количества вещества	2
6	Расчет концентрации	7
ИТОГО		20