

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 (11 класс) муниципального этапа всероссийской
олимпиады школьников по химии
2021-2022 учебный год

По теоретическому туру максимальная оценка результатов участника возрастной группы (11 классы) определяется арифметической суммой всех баллов, полученных за выполнение заданий и не должна превышать 50 баллов.

ЗАДАНИЕ 11.1. (Источник – муниципальный этап олимпиады 2019-20 учебного года Архангельской области)

Смесь сложного эфира и циклогексена общей массой 5,90 г может вступить во взаимодействие с 200 г 5,60%-ного раствора брома в тетрахлориде углерода или с 25,0 мл раствора гидроксида натрия с концентрацией 1,60 моль/л. Установите формулу сложного эфира, если известно, что он образован непредельным одноатомным спиртом и насыщенной монокарбоновой кислотой и при его щелочном гидролизе образуются соль и спирт.

РЕШЕНИЕ:

Формулу сложного эфира представим таким образом:

$$\text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\text{X}-\text{CH}=\text{CH}_2$$
, где R — алкильный радикал, а X — одна или несколько метиленовых групп — CH₂ —.

В реакцию с гидроксидом натрия вступает только сложный эфир. Запишем уравнение реакции гидролиза:

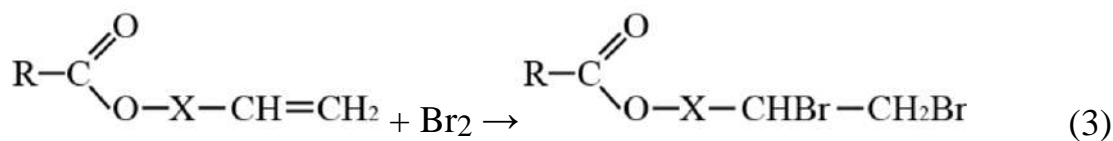
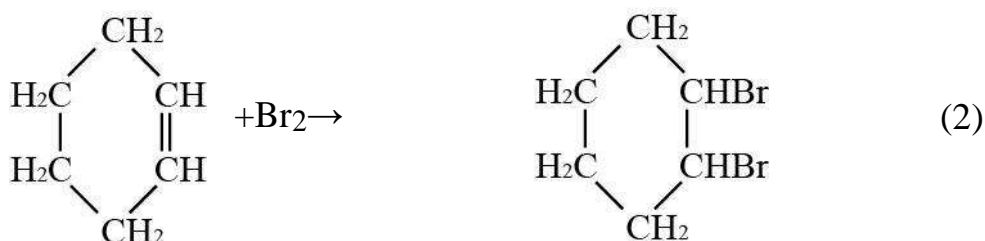


Рассчитаем количество вещества щелочи и узнаем количество вещества эфира:

$$v(\text{NaOH}) = 1,6 \cdot 0,025 = 0,04 \text{ моль};$$

$$v(\text{эфир}) = v(\text{NaOH}) = 0,04 \text{ моль}.$$

В реакцию с бромом вступают оба вещества:



Найдем количество вещества брома, вступившее в реакции (2) и (3) по формуле $v \text{ Br}_2 = 200 \text{ г} \cdot 0,4 / 160 \text{ г/моль} = 0,07 \text{ моль}$.

В реакцию (3) вступило брома 0,04 моль, следовательно, в реакцию с циклогексеном вступит $0,07 - 0,04 = 0,03$ моль;

это значит, что $\nu(\text{циклогексен}) = 0,03$ моль и $m(\text{циклогексен}) = 82 \cdot 0,03 = 2,46$ г.

Найдем массу сложного эфира, находящегося в смеси, и затем — его молярную массу:

$$m(\text{эфир}) = m(\text{смесь}) - m(\text{циклогексен}) = 5,9 - 2,46 = 3,44 \text{ г};$$

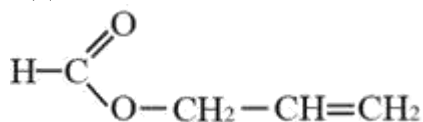
$$M(\text{эфир}) = 3,44 : 0,04 = 86 \text{ г/моль}.$$

Молекулярная формула эфира, отвечающего условию задачи, $C_nH_{2n-2}O_2$.

Составим уравнение: $14n + 30 = 86$; $n = 4$.

Искомый сложный эфир не мог быть образован виниловым спиртом, так как при гидролизе образовался бы не спирт, а ацетальдегид.

Единственно возможная структура — аллилформиат



Оценка задания.

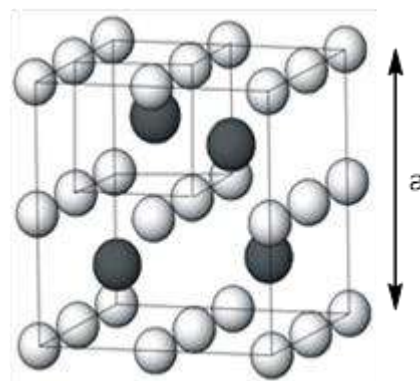
1.	Представлена формула сложного эфира в общем виде	1 балл
2.	Записано уравнение реакции гидролиза	1 балл
3.	Рассчитано количество вещества щелочи и количество вещества эфира (по 0,5 балла)	1 балл
4.	Записаны уравнения реакций бромирования	2 балла
5.	Определена масса и количество вещества циклогексена	1 балл
6.	Найдена масса и молярная масса сложного эфира сложного эфира	1 балл
7.	Установлена структурная формула сложного эфира в соответствии с условием задачи	3 балла
Итого:		10 баллов

Максимальная оценка за правильно выполненное задание — 10 баллов.

ЗАДАНИЕ 11.2. (Источник - Задания 85-ой Санкт-Петербургской олимпиады школьников по химии)

Соединение **X** состоит из элементов **A** и **B** и кристаллизуется в кубической сингонии с параметром элементарной ячейки $a = 5,4626 \text{ \AA}$ (см. рисунок, ионы элемента **A** изображены черным цветом и полностью находятся внутри ячейки).

- 1) Определите стехиометрический состав соединения **X** (мольное соотношение **A** и **B**).
- 2) Сколько формульных единиц (молекул) соединения **X** входит в состав элементарной



ячейки? Вычислите молярную массу соединения **X**, если известно, что его плотность составляет 3.18 г/см³.

- 3) Соединению **X** соответствует природный минерал, при действии на который концентрированной серной кислоты выделяется газ с относительной плотностью по воздуху 0.69. Приведите формулу и название этого минерала. Запишите уравнение реакции.
- 4) Сравните радиусы ионов элементов **A** и **B**. Ответ обоснуйте.

РЕШЕНИЕ:

1) Рассчитаем количества атомов каждого из элементов **A** и **B** в элементарной ячейке с учётом их пространственного расположения:

$$N(\mathbf{A}) = 4$$

$$N(\mathbf{B}) = \frac{1}{8} \cdot 8 + \frac{1}{4} \cdot 12 + \frac{1}{2} \cdot 6 + 1 = 8$$

Тогда молярное соотношение $N(\mathbf{A}) : N(\mathbf{B}) = 4 : 8 = 1 : 2$. Стехиометрический состав **X**: AB_2 .

2) Для элементарной ячейки число формульных единиц $N(\text{AB}_2) = 4$. Масса элементарной ячейки может быть выражена через число частиц, входящих в ее состав:

$$m = v \cdot M = \frac{N}{N_A} M$$

Объём элементарной ячейки может быть рассчитан исходя из её формы (из рисунка ясно, что она кубическая):

$$V = a^3$$

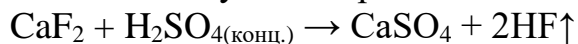
Подставив эти выражения в определение плотности, получим:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{N \cdot M}{N_A \cdot a^3}$$

Из этого выражения можно найти $M(\mathbf{X})$:

$$M(\mathbf{X}) = \frac{a^3 \cdot N_A \cdot \rho}{N} = \frac{(5.4626 \cdot 10^{-8})^3 \cdot 6.02 \cdot 10^{23} \cdot 3.18}{4} = 78 \text{ г/моль}$$

3) При действии на минерал того же состава концентрированной серной кислоты выделяется газ с молярной массой $0,69 \cdot 29 = 20$ г/моль – фтороводород HF. Значит, исходный минерал – это фторид, тогда $M(\mathbf{A}) = 78 - 19 \cdot 2 = 40$ г/моль, что соответствует молярной массе кальция:



X – CaF₂, флюорит (плавиковый шпат).

Оценка задания.

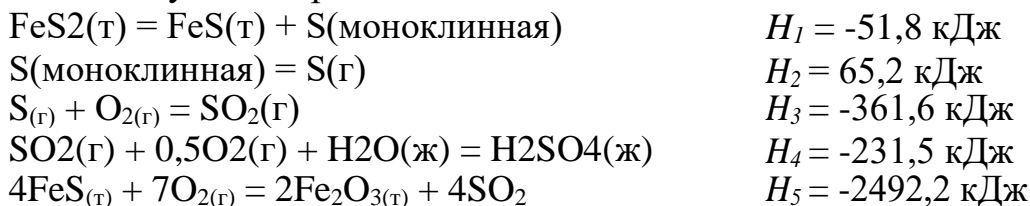
1.	Найдены количества атомов A и B в элементарной ячейке – по 1 баллу	2 балла
2.	Рассчитан стехиометрический состав	0.5 балла
3.	Указано число формульных единиц X в элементарной ячейке	0.5 балла
4.	Вычислена молярная масса X	3 балла
5.	Определено, что при действии H ₂ SO ₄ (конц.) на X выделяется HF	0.5 балла

6.	Написано уравнение реакции H_2SO_4 (конц.) и X	1.5 балла
7.	Указано название минерала X	1 балл
8.	Обосновано сравнение радиусов ионов, составляющих X	1 балл
Итого:		10 баллов

Максимальная оценка за правильно выполненное задание – 10 баллов.

ЗАДАНИЕ 11.3. (Источник – муниципальный этап олимпиады 2019-20 учебного года Липецкой области)

Серную кислоту в промышленности до середины 20 века в основном получали из серы, реже из сероводорода и совсем редко из пирита. На основе тепловых эффектов следующих процессов:



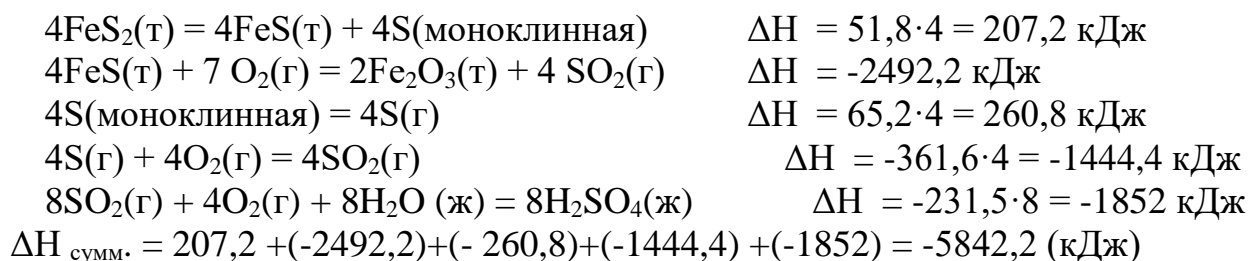
Составьте суммарное уравнение образования серной кислоты из пирита. Вычислите энтальпию образования 1 моль серной кислоты из пирита. Объясните, почему в последние годы серную кислоту из пирита практически не производят.

РЕШЕНИЕ:

Суммарное уравнение образования серной кислоты из пирита



может быть представлено как сумма следующих процессов:



В последние годы серную кислоту практически не производят из пирита, поскольку он, как правило, содержит значительные примеси мышьяка, загрязняющего окружающую среду. Кроме того, при обжиге пирита образуется значительное количество твердых отходов (пиритных огарков).

Оценка задания.

1.	За составление суммарного уравнения образования серной кислоты	4 балла
2.	За расчет теплового эффекта	3 балла
3.	За объяснение исключения пирита из возможного сырья	3 балла
Итого:		10 баллов

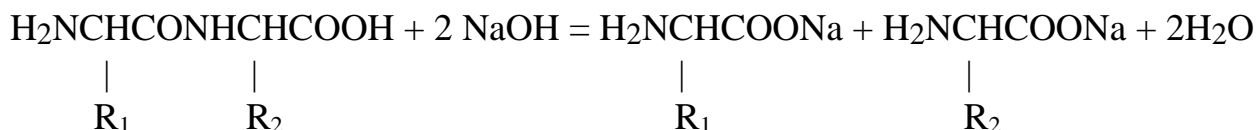
Максимальная оценка за правильно выполненное задание – 10 баллов.

ЗАДАНИЕ 11.4. (Источник – муниципальный этап олимпиады 2019-20 учебного года республика Крым)

При полном гидролизе 14,6 г природного дипептида раствором гидроксида натрия ($\omega(\text{NaOH}) = 12\%$, $\rho = 1,2$ г/мл) из раствора выделено 11,1 г соли, в которой $\omega(\text{Na}) = 20,72\%$. Установите возможную(ые) структурную(ые) формулу(ы) исходного дипептида, назовите его и вычислите объем раствора щелочи, вступившей в реакцию.

РЕШЕНИЕ:

Уравнение гидролиза в общем виде:



Молярная масса одной из солей рассчитывается по массовой доле натрия:
 $M = (\text{Na}) : M(\text{Na}) = 0,2072 : 23 = 111$ г/моль.

Количество вещества этой соли: $n = m : M = 1,11 : 111 = 0,1$ моль.

Молекулярная масса радикала, входящего в ее состав:

$$M(\text{R}) = 111 - M(\text{NH}_2) - M(\text{CH}) - M(\text{COONa}) = 111 - 16 - 13 - 67 = 15.$$

Этот радикал $\text{R}_1 - \text{CH}_3$.

Определим второй радикал.

$$M(\text{дипептида}) = m : n = 14,6 : 0,1 = 146 \text{ г/моль.}$$

$$\begin{aligned} M(\text{R}_2) &= M(\text{дипептида}) - M(\text{NH}_2) - M(\text{CHR}_1) - M(\text{CONH}) - M(\text{CH}) - \\ &M(\text{COOH}) = 146 - 16 - 28 - 43 - 13 - 45 = 1 \end{aligned}$$

Этот радикал $\text{R}_2 - \text{H}$.

Таким образом, в результате реакции образовались аминокпропионовая и аминоксусная кислоты.

Для такого сочетания возможно существование двух пептидов:

- 1) $\text{H}_2\text{N} - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{CO} - \text{NH} - \text{CH}_2 - \text{COOH}$ аланилглицин;
- 2) $\text{H}_2\text{N} - \text{CH}_2 - \text{CO} - \text{NH} - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{COOH}$ глицилаланин.

Рассчитаем объем раствора щелочи, вступившей в реакцию.

$$n(\text{NaOH}) = 2n(\text{дипептида}) = 0,2 \text{ моль.}$$

$$m(\text{NaOH}) = 0,2 \text{ моль} \cdot 40 \text{ г/моль} = 8 \text{ г.}$$

$$m_{\text{р-ра}} = m(\text{NaOH}) : (\text{NaOH}) = 8 : 0,12 = 66,7 \text{ г.}$$

$$V = m_{\text{р-ра}} \cdot \rho = 66,7 \text{ г} / 1,2 \text{ г/мл} = 55,6 \text{ мл}$$

Оценка задания.

1.	За уравнение гидролиза а общем виде	1	балл
2.	За установление состава радикалов R ₁ и R ₂ по 2 балла	4	балла
3.	За установление возможных формул дипептидов и названия по 2 балла	4	балла
4.	За расчет объема раствора щелочи	1	балл
Итого:		10	баллов

Максимальная оценка за правильно выполненное задание – 10 баллов.

ЗАДАНИЕ 11.5. (Источник – муниципальный этап олимпиады 2019-20 учебного года Ульяновской области)

В пронумерованных пробирках находятся жидкие вещества: алкан, хлоралкан, уксусная кислота, глицерин, этанол (часть веществ в виде растворов). В качестве реактивов: медь (проволока), вода, растворы гидроксида натрия и сульфата меди. По физическим и химическим свойствам распознайте предложенные вещества. В ответе приведите план определения, опишите наблюдения, составьте уравнения предлагаемых реакций.

РЕШЕНИЕ:

Оценка задания.

1.	Проанализирован внешний вид указанных веществ - все вещества и их растворы бесцветны	0,5	балла
2.	Описана растворимость веществ в воде. Растворяются в воде уксусная кислота, глицерин, этанол. Не растворяются алкан и хлоралкан (по 0,1 баллу).	0,5	балла
3.	<p>Определен спирт с помощью оксида меди (II). Записано уравнение реакции $2\text{Cu} + \text{O}_2 = 2\text{CuO}$.</p> <p>Записаны наблюдения:</p> <p>Медную проволоку внести в пламя спиртовки, образуется оксид меди (II) черного цвета. Затем почерневшую проволоку необходимо опустить в спирт. Оксид меди взаимодействует со спиртом, черный налет на проволоке исчезает, восстанавливается медь в чистом виде, появляется запах уксусного альдегида</p> $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{OH} + \text{CuO} \rightarrow \text{CH}_3\text{-CHO} + \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$ <p>(по 1 баллу за уравнение и по 0,5 балла за наблюдения)</p>	3	балла
4.	<p>Черный налет на проволоке оксида меди исчезает и при погружении проволоки в раствор уксусной кислоты</p> $2\text{CH}_3\text{-COOH} + \text{CuO} \rightarrow (\text{CH}_3\text{-COO})_2\text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$ <p>При этом образуется раствор голубого цвета</p> <p>(по 1 баллу за уравнение и по 0,5 балла за наблюдения)</p>	1,5	балла
5.	<p>Получим гидроксид меди (II)</p> $\text{CuSO}_4 + 2\text{NaOH} = \text{Cu(OH)}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4$ <p>Образуется голубой осадок</p> <p>(по 1 баллу за уравнение и по 0,5 балла за наблюдения)</p>	1,5	балла

6.	При добавлении в растворы уксусной кислоты и глицерина свежеприготовленного голубого осадка гидроксида меди (II) можно наблюдать: в пробирке с раствором уксусной кислоты – растворение голубого осадка и образование светло-голубого раствора $2\text{CH}_3\text{-COOH} + \text{Cu(OH)}_2 \rightarrow (\text{CH}_3\text{-COO})_2\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{O}$	1,5 балла
7.	в пробирке с раствором глицерина – растворение синего осадка и образование ярко-синего раствора	0,5 балла
8.	Для определения двух нерастворимых в воде веществ (алкана и хлоралкана) можно воспользоваться петлей из медной проволоки, которую предварительно прокалили в пламени спиртовки до исчезновения посторонней окраски пламени. Смоченную органическим веществом петлю необходимо внести в пламя спиртовки. Галогеналкан окрашивает пламя спиртовки в зеленовато-голубой цвет.	1 балл
Итого:		10 баллов

Максимальная оценка за правильно выполненное задание – 10 баллов.

