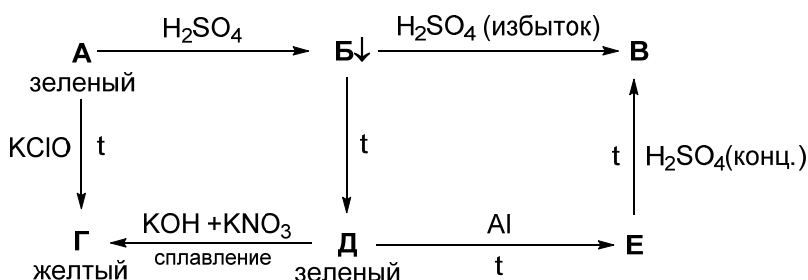


ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ПО ХИМИИ. 2017–2018 уч. г.
ШКОЛЬНЫЙ ЭТАП. 11 КЛАСС

Задания, ответы и критерии оценивания

Задача 1. Элемент-хамелеон

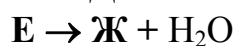
На приведённой ниже схеме представлены превращения соединений одного химического элемента:



Вещества Б, Д и Е нерастворимы в воде, а раствор вещества Г под действием серной кислоты меняет окраску. Определите вещества А–Е и напишите уравнения реакций, представленных на схеме.

Задача 2. Свойства гомологов

Ниже приведены схемы термического разложения трёх органических веществ А, Г и Е, являющихся ближайшими гомологами:



Определите неизвестные вещества, если известно, что водные растворы соединений А, Б, Г, Д и Е окрашивают лакмус в красный цвет. Приведите тривиальные и систематические названия веществ А–Е. Напишите уравнение реакции соединения Ж с бензолом в присутствии хлорида алюминия.

Задача 3. Синтез ванадата

В муфельной печи при температуре 820°C и давлении 101,3 кПа прокалили 8,260 г стехиометрической смеси оксида ванадия(V) и карбоната натрия. Образовалась соль, и выделился газ объёмом 3,14 л (при условиях эксперимента).

1) Рассчитайте состав смеси в массовых долях.

2) Определите формулу полученной соли. Напишите уравнение реакции.

3) Полученная соль принадлежит гомологическому ряду солей, в котором гомологическая разность – NaVO_3 . Установите формулу родоначальника этого ряда.

4) Приведите примеры формул двух солей этого гомологического ряда.

Задача 4. Гидратация углеводов

При гидратации двух нециклических углеводов с неразветвлённой углеродной цепью, содержащих одинаковое число атомов углерода, образуются предельный одноатомный вторичный спирт и кетон в молярном соотношении 1 : 2. При сгорании исходной смеси углеводов массой 15,45 г образуются продукты реакции общей массой 67,05 г. Известно, что при пропускании исходной смеси углеводов через аммиачный раствор оксида серебра осадок не образуется.

- 1) Определите молекулярные формулы углеводов. Приведите необходимые расчёты и рассуждения.
- 2) Установите возможное строение углеводов.
- 3) Приведите уравнения реакций гидратации искоемых углеводов с указанием условий их проведения.

Задача 5. Идентификация кислородсодержащего соединения

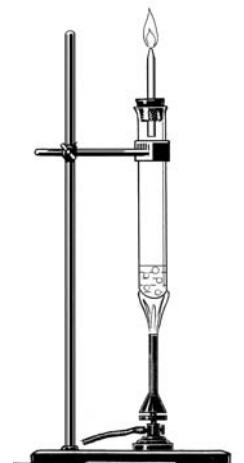
В молекуле органического вещества имеются бензольное кольцо, карбонильная и гидроксильная группы. Все остальные связи углерод–углерод одинарные, других циклов и функциональных групп нет. В 0,25 моль этого вещества содержится $1,204 \cdot 10^{24}$ атомов водорода.

- 1) Определите молекулярную формулу органического вещества. Приведите соответствующие расчёты.
- 2) Установите строение и дайте название органического соединения, если известно, что оно не даёт осадка с бромной водой, вступает в реакцию серебряного зеркала, а при окислении перманганатом калия в кислой среде образует терефталевую (1,4-бензолдикарбоновую) кислоту.
- 3) Приведите уравнения реакций взаимодействия искомого соединения с аммиачным раствором оксида серебра и перманганатом калия в кислой среде.

Задача 6. Получение и свойства неизвестной жидкости

Вещество **X** – бесцветная прозрачная жидкость с характерным резким запахом, смешивается с водой в любых отношениях. В водном растворе **X** лакмус принимает красную окраску. Во второй половине XVII века это вещество было выделено из рыжих лесных муравьёв. С веществом **X** провели несколько опытов.

Опыт 1. В пробирку налили немного вещества **X** и добавили концентрированную серную кислоту. Пробирку закрыли пробкой с газоотводной трубкой (см. рисунок). При небольшом нагревании наблюдали выделение газа **Y** без цвета и запаха. Газ **Y** подожгли, наблюдали пламя красивого голубого цвета. При горении **Y** образуется газ **Z**.



Опыт 2. В пробирку с раствором дихромата калия, подкисленным серной кислотой, налили небольшое количество вещества **X** и нагрели. Окраска раствора изменилась, из реакционной смеси выделялся газ **Z**.

Опыт 3. К веществу **X** добавили каталитическое количество порошкообразного иридия и нагрели. В результате реакции **X** разложилось на два газообразных вещества, одним из которых является **Z**.

Опыт 4. Измерили относительную плотность паров вещества **X** по воздуху. Полученное значение оказалось заметно больше отношения молярной массы **X** к средней молярной массе воздуха.

- 1) О каких веществах **X**, **Y** и **Z** идёт речь в условии задачи? Напишите уравнения реакций превращения **X** в **Y** и **Y** в **Z**.
- 2) Какие правила безопасности и почему следует соблюдать при проведении опыта 1?
- 3) Как и почему изменяется окраска раствора в опыте 2? Ответ проиллюстрируйте уравнением химической реакции.
- 4) Напишите уравнение реакции каталитического разложения **X** в присутствии иридия (опыт 3).
- 5) Объясните результаты опыта 4.

Решения и система оценивания

В итоговую оценку из 6 задач засчитываются 5 решений, за которые участник набрал наибольшие баллы, то есть одна из задач с наименьшим баллом не учитывается.

Задача 1. Элемент-хамелеон

Решение:

А – $K_3[Cr(OH)_6]$ (или $K[Cr(OH)_4]$)

Б – $Cr(OH)_3$ (или $Cr_2O_3 \cdot xH_2O$)

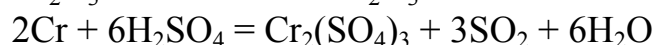
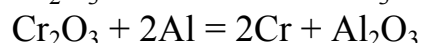
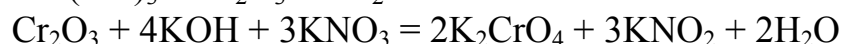
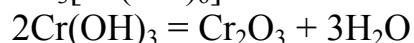
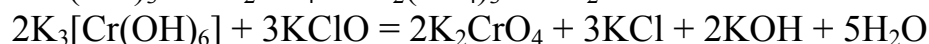
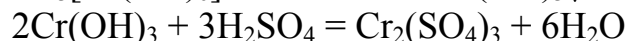
В – $Cr_2(SO_4)_3$

Г – K_2CrO_4

Д – Cr_2O_3

Е – Cr

Уравнения реакций:



Критерии оценивания:

Формулы веществ А–Е –

по 0,5 балла (всего 3 балла)

Уравнения реакций –

по 1 баллу (всего 7 баллов)

(за неуровненные реакции ставить по 0,5 балла)

Итого 10 баллов

Задача 2. Свойства гомологов

Решение:

А – щавелевая (этандиовая) кислота $HOOC-COOH$

Б – муравьиная (метановая) кислота $HCOOH$

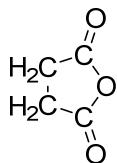
В – углекислый газ (оксид углерода (IV)) CO_2

Г – малоновая (пропандиовая) кислота $HOOC-CH_2-COOH$

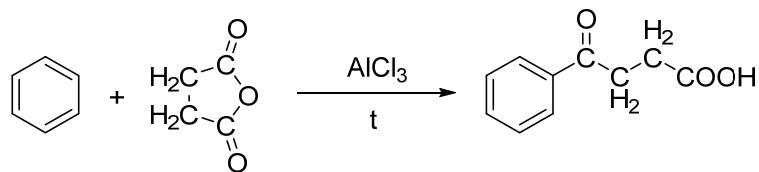
Д – уксусная (этановая) кислота CH_3COOH

Е – янтарная (бутандиовая) кислота $HOOC-CH_2-CH_2-COOH$

Ж – янтарный ангидрид



Уравнение реакции:



Критерии оценивания:

Формулы веществ А–Ж –	по 0,5 балла (всего 3,5 балла)
Тривиальные названия веществ А–Е –	по 0,25 балла (всего 1,5 балла)
Систематические названия веществ А–Е –	по 0,25 балла (всего 1,5 балла)
Уравнение реакции вещества Ж с бензолом –	3,5 балла
	Итого 10 баллов

Задача 3. Синтез ванадата

Решение:

1) Количество вещества и массу карбоната натрия можно найти через объём выделившегося углекислого газа:

$$v(\text{Na}_2\text{CO}_3) = v(\text{CO}_2) = PV / RT = 101,3 \cdot 3,14 / (8,314 \cdot 1093) = 0,035 \text{ моль.}$$

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = vM = 0,035 \cdot 106 = 3,71 \text{ г.}$$

Состав смеси:

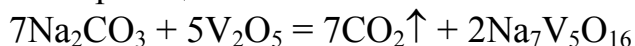
$$\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 3,71 / 8,26 = 0,449 = 44,9 \%; \quad \omega(\text{V}_2\text{O}_5) = 0,551 = 55,1\%$$

2) Формулу ванадата определим из молярного соотношения реагентов:

$$v(\text{V}_2\text{O}_5) = m / M = (8,260 - 3,71) / 182 = 0,025 \text{ моль.}$$

$$v(\text{Na}_2\text{CO}_3) : v(\text{V}_2\text{O}_5) = 0,035 : 0,025 = 3,5 : 2,5 = 7 : 5.$$

Уравнение реакции:



Формула ванадата – $\text{Na}_7\text{V}_5\text{O}_{16}$.

(Принимается любая формула вида $(\text{Na}_7\text{V}_5\text{O}_{16})_n$)

3) В первом члене гомологического ряда должен быть один атом ванадия. Чтобы найти соответствующую формулу, надо из формулы $\text{Na}_7\text{V}_5\text{O}_{16}$ вычесть 4 гомологические разности:



4) Ближайшие гомологи первого члена ряда – $\text{Na}_4\text{V}_2\text{O}_7$ и $\text{Na}_5\text{V}_3\text{O}_{10}$.

Критерии оценивания:

Количество вещества CO_2 –	1 балл
Масса карбоната натрия –	1 балл
Состав смеси –	1 балл
Формула соли –	3 балла
Уравнение реакции –	1 балл
Формула первого члена ряда –	2 балла
Формулы двух гомологов –	1 балл (по 0,5 балла за каждую формулу)
	Итого 10 баллов

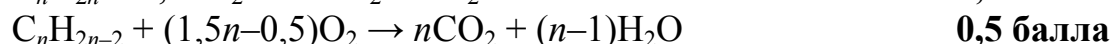
Задача 4. Гидратация углеводородов

Решение:

1. Если при гидратации углеводорода образуется одноатомный насыщенный спирт, то исходным соединением в этой реакции является алкен C_nH_{2n} . Кетон образуется при гидратации алкина C_nH_{2n-2} .



Уравнения реакций горения алкена и алкина:



Согласно условию молярное соотношение спирта и кетона равно 1 : 2, следовательно, в таком же соотношении взяты алкен и алкин. Пусть количество вещества алкена равно x моль, тогда количество вещества алкина равно $2x$ моль. Используя эти обозначения, можно выразить количества вещества продуктов реакции горения:

$$v(CO_2)_{III} = nx + 2nx = 3nx \text{ моль,}$$

$$v(H_2O) = nx + 2x(n-1) = (3n-2)x \text{ моль.}$$

Молярные массы: $M(C_nH_{2n}) = 14n$ г/моль, $M(C_nH_{2n-2}) = (14n-2)$ г/моль.

Запишем выражения для массы исходной смеси и массы продуктов сгорания:

$$14n \cdot x + (14n-2) \cdot 2x = 15,45$$

$$44 \cdot 3nx + 18 \cdot (3n-2)x = 67,05$$

Решение этой системы уравнений:

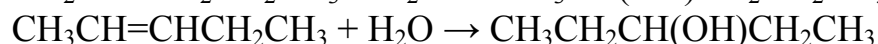
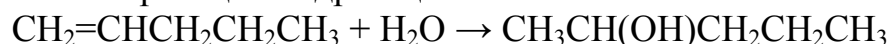
$$x = 0,075, n = 5.$$

Следовательно, исходные углеводороды имеют молекулярные формулы:
алкен – C_5H_{10} , алкин – C_5H_8 . **4 балла**

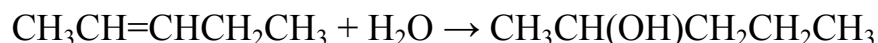
2) Гидратация двух алкенов состава C_5H_{10} с неразветвлённой углеродной цепью приводит к образованию вторичных спиртов. Этими алкенами являются пентен-1 и пентен-2. **1 балл**

Существует только один алкин состава C_5H_8 , который не имеет терминального расположения тройной связи и не реагирует по этой причине с аммиачным раствором оксида серебра, это пентин-2. **1 балл**

3) Уравнения реакций гидратации пентена-1 и пентена-2:

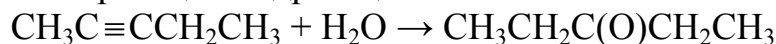


и

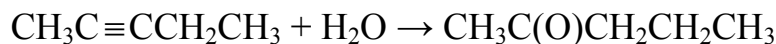


Реакции присоединения воды к алкенам происходят в присутствии кислотных катализаторов, например серной или фосфорной кислот. **1 балл**

Уравнение реакции гидратации алкина:



и



Присоединение воды к алкинам происходит в присутствии солей ртути(II) и сильных кислот. **1 балл**

Итого 10 баллов

Задача 5. Идентификация кислородсодержащего соединения

Решение:

1) Общая формула соединений, имеющих бензольное кольцо, карбонильную и гидроксильную группы – $\text{C}_n\text{H}_{2n-8}\text{O}_2$.

Количество вещества водорода в 0,25 моль данного органического вещества равно:

$$\nu(\text{H}) = 1,204 \cdot 10^{24} / 6,02 \cdot 10^{23} = 2 \text{ моль.}$$

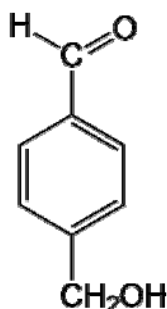
1 моль данного соединения содержит 8 моль водорода: $\nu(\text{H}) = 2 / 0,25 = 8$ моль.

Используя эти данные можно определить число атомов углерода в искомом соединении и, соответственно, его молекулярную формулу:

$$2n - 8 = 8; n = 8; \text{ молекулярная формула соединения} - \text{C}_8\text{H}_8\text{O}_2.$$

4 балла

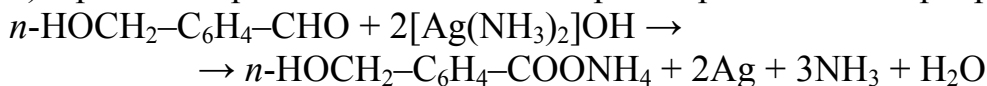
2) Соединение реагирует с аммиачным раствором оксида серебра с выделением металлического серебра (реакция серебряного зеркала), следовательно, карбонильная группа в нём – альдегидная. С водным раствором брома данное соединение не даёт осадка, следовательно, гидроксильная группа – не фенольная, т. е. не связана непосредственно с бензольным кольцом. В результате окисления образуется 1,4-бензолдикарбоновая кислота, следовательно, альдегидная и гидроксиметильная группы расположены в *пара*-положении по отношению друг к другу:



4-гидроксиметилбензальдегид

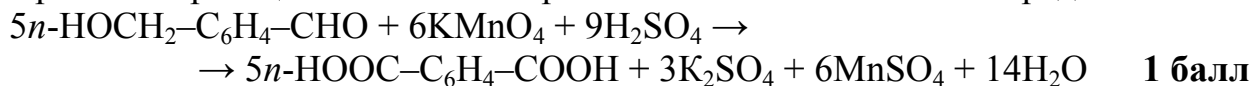
4 балла

3) Уравнение реакции с аммиачным раствором оксида серебра:



1 балл

Уравнение реакции окисления перманганатом калия в кислой среде:



Итого 10 баллов

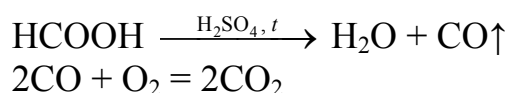
Задача 6. Получение и свойства неизвестной жидкости

Решение:

1) **X** — муравьиная кислота, **Y** — угарный газ, **Z** — углекислый газ.

3 балла

(по 1 баллу за каждое верное вещество)



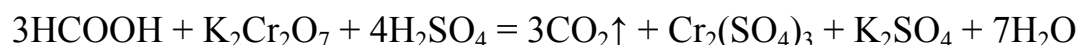
1 балл

(по 0,5 балла за каждое верное уравнение)

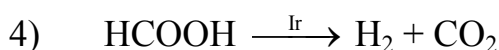
2) Угарный газ — ядовитое вещество. При работе с ним следует соблюдать осторожность, работать под тягой, не допуская попадания газа в рабочую зону. Также следует соблюдать осторожность при работе с концентрированными серной и муравьиной кислотами. Это едкие вещества, которые могут вызвать сильные ожоги. Нельзя допускать попадание этих веществ на кожу, особенно следует беречь глаза.

1 балл

3) Дихромат-ионы $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, имеющие яркую оранжевую окраску, восстанавливаются муравьиной кислотой до катионов хрома Cr^{3+} , окраска которых зелёная:

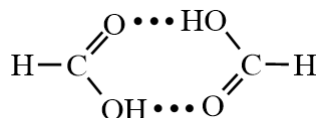


2 балла



1 балл

5) Между молекулами муравьиной кислоты образуются водородные связи, благодаря которым даже в газообразном состоянии существуют довольно устойчивые димеры:



По этой причине плотность паров муравьиной кислоты оказывается больше того значения, которое можно рассчитать из условия, что все молекулы в газовой фазе одиночные.

2 балла

Итого 10 баллов