

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 классы) муниципального этапа
всероссийской олимпиады школьников по химии**

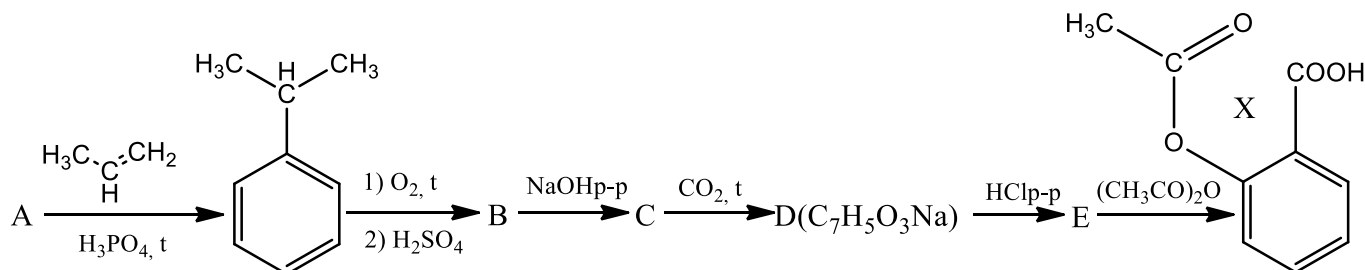
2025-2026 учебный год

По теоретическому туру максимальная оценка результатов участника возрастной группы (11 классы) определяется арифметической суммой всех баллов, полученных за выполнение заданий и не должна превышать 100 баллов.

ЗАДАНИЕ 1. (Автор Серяков С.А.)

Химическая математика скорости

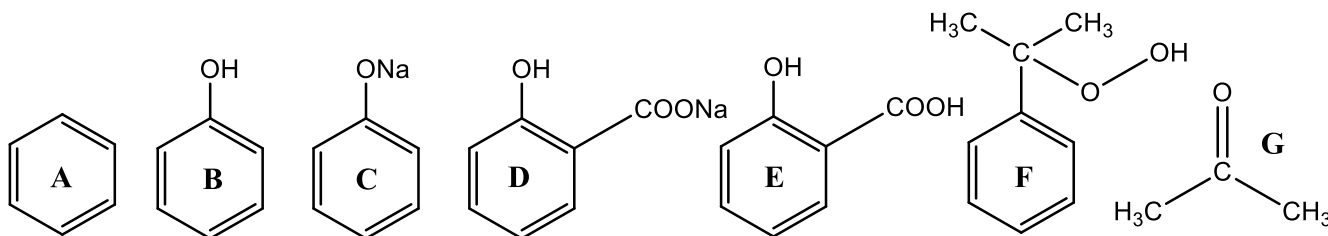
Активное вещество **X** одного из популярных медицинских препаратов, выпускаемых в виде быстрорастворимых таблеток, получают согласно схеме:



1. Определите вещества **A**, **B**, **C**, **D** и **E**. В качестве ответа изобразите их структурные формулы.
2. На второй стадии схемы, реакция присоединения O_2 к исходному веществу приводит к веществу **F**, а после его обработки H_2SO_4 наряду с **B** образуется второй продукт **G**. Изобразите структурные формулы веществ **F** и **G**.
3. Шипучая таблетка содержит кроме **X**, $NaHCO_3$ и твердую органическую кислоту. Объясните на словах почему выделение газа наблюдается только при добавлении таблетки в воду? Компоненты таблетки тщательно перемешаны.

РЕШЕНИЕ:

1-2. Первая стадия схемы - присоединение пропена к арено (содержащему на три атома углерода меньше, чем продукт реакции) с образованием кумола, таким ареном является бензол (**A**). Далее целесообразно расшифровывать схему «с конца». Судя по тому, в каком месте находится « CH_3CO- » фрагмент в молекуле (**X**), на последней стадии происходит ацилирование фенольной OH -группы уксусным ангидридом, таким образом (**E**) – салициловая (2-гидроксibenзойная) кислота. Она имеет молекулярную формулу $C_7H_6O_3$, следовательно вещество на предыдущей стадии (**D**) представляет собой соль салициловой кислоты, в которой замещен протон карбоксильной группы на Na^+ . На предпоследней стадии происходит вытеснение слабой салициловой кислоты сильной минеральной. При получении (**D**), CO_2 выступает в качестве реагента, то есть (**C**) должно содержать натрий (судя по получению из (**B**)), ароматическое кольцо, а также хотя бы на один атом углерода меньше по сравнению с (**D**). Единственный подходящий вариант (**C**) – фенолят натрия, (**B**) – фенол. Описанная реакция взаимодействия безводного фенолята натрия с CO_2 носит имя Кольбе-Шмидта, является ключевой в промышленном синтезе салициловой кислоты и её производных, в том числе аспирина (**X**). Поскольку (**F**) – продукт присоединения O_2 к кумолу (C_9H_{12}), молекулярная формула (**F**) будет $C_9H_{12}O_2$, если из неё «вычесть» формулу фенола (C_6H_6O), то получим C_3H_6O – это формула ацетона (**G**). Последовательность окисления кумола кислородом и обработки серной кислотой называют кумольным способом получения ацетона. Кислород к молекуле кумола присоединяется по радикальному механизму к третичному атому углерода, образуя наиболее устойчивый радикал, стабилизированный ароматическим кольцом и двумя метильными группами. Структурные формулы веществ:



3. Гидрокарбонат-ион, находясь в кристалле стабилизирован водородными связями с соседними анионами, точно также, как твердая органическая кислота не может передать свой H^+ из-за его вовлеченности в водородные связи. Растворение в воде **обеспечивает перенос H^+** в форме H_3O^+ на гидрокарбонат и гидратацию анионов.

Система оценивания

1. Вещество **A** 2 балла, вещества **B,C,D,E** по 3 балла
2. Вещества **F** и **G** по 2 балла
3. Указание на перенос H^+ при участии воды

14 баллов

4 балла

2 балла

Итого 20 баллов

ЗАДАНИЕ 2. (Автор – Серяков С.А.)

Белые кристаллы вещества **Y** можно встретить в аптечке или ванной комнате. Состав **Y**: 51.06 % O, 12.77% C (масс), водород и азот; также **Y** можно представить как соединение с невалентным типом связи двух веществ молекулярного строения **A** и **B**. Актуальным для лабораторной практики способом получения **A** служит растворение в воде пероксида бария (*р-ция 1*) с последующим пропусканием в образовавшийся раствор газа **B** до прекращения выпадения осадка (*р-ция 2*). Вещество **B** получают при взаимодействии **B** с аммиаком (*р-ция 3*), либо по *р-ции 4*, имеющей историческое значение для органической химии, из соли **G** путем нагревания. Плотность **B** при н.у. составляет 1.96 г/л.

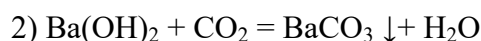
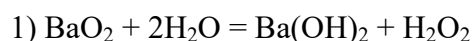
Известно, что **A** взаимодействует с озоном (*р-ция 5*), $KMnO_4$ в присутствии H_2SO_4 (*р-ция 6*), а **B** разлагается при нагревании с выделением газа с резким запахом (*р-ция 7*) и реагирует с $NaOCl$ (*р-ция 8*) в соотношении 1 : 1. Смешение растворов **A** и **B** приводит к **Y** (*р-ция 9*).

1. Составьте уравнения реакций 1-9, аргументируйте выбор веществ, участвующих в них.
2. Что имел ввиду автор шутки про **A**, вынесенной в эпиграф? Поясните на словах.

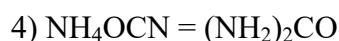
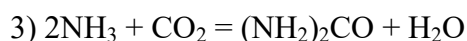
РЕШЕНИЕ:

1. Определим молярную массу газа **B**, исходя из его плотности при н.у. $M = 1.96 \cdot 22.4 \approx 44$ г/моль. Поскольку в составе **Y** содержится углерод, так или иначе его источником может быть лишь газ **B**. Вещества с молярной массой 44 г/моль, содержащие углерод: CO_2 , C_3H_8 , C_2H_4O . Вряд ли последние два будут реагировать с гидроксидом бария, приводя к осадку, поэтому **B** = CO_2 .

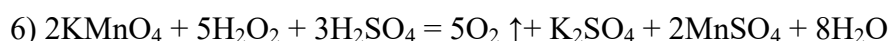
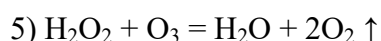
Составим уравнения проведенных реакций. При растворении BaO_2 в воде образуются перекись водорода и гидроксид бария, последний отделяют от раствора перекиси **A** = H_2O_2 действием CO_2 :



Реакция $NH_3 + CO_2$ используется в промышленности для получения мочевины **B** = $(NH_2)_2CO$, на неё также указывает реакция Вёлера:



В некоторых реакциях H_2O_2 выступает в роли восстановителя, в частности с озоном и $KMnO_4$:



Мочевина отщепляет аммиак – газ с резким запахом, превращаясь в биурет, либо его более тяжелые аналоги, а с участием гипохлорита натрия протекает реакция Гофмана, приводящая к гидразину:



Поскольку **Y** это соединение **A** и **B**, а углерод входит лишь во второе из этих веществ, определим $m : n$ в формуле $(\text{H}_2\text{O}_2)_m \cdot ((\text{NH}_2)_2\text{CO})_n$ через массовую долю углерода. $w\text{C} = n \cdot M(\text{C}) \cdot 100\% / (m \cdot M(\text{H}_2\text{O}_2) + n \cdot M((\text{NH}_2)_2\text{CO}))$, то есть $0.1277 = 12n / (34m + 60n)$, откуда $m/n = (12/0.1277 - 60)/34 \approx 1$. Соединение **Y** = $(\text{NH}_2)_2\text{CO} \cdot \text{H}_2\text{O}_2$ построено по принципу гость-хозяин, молекулы одного молекулярного вещества встраиваются в кристаллическую структуру другого. 9) $(\text{NH}_2)_2\text{CO} + \text{H}_2\text{O}_2 = (\text{NH}_2)_2\text{CO} \cdot \text{H}_2\text{O}_2 \downarrow$

2. Гидроперит $(\text{NH}_2)_2\text{CO} \cdot \text{H}_2\text{O}_2$ удобен тем, что устойчив к разложению, а растворив его в воде легко получить раствор перекиси водорода для медицинских и хозяйственных нужд. В частности, женщины в СССР его **использовали в качестве окислителя при окраске волос**.

Система оценивания

1. Реакции 1-9 по 2 балла	18 баллов
2. Указано что использовали при окраске волос	2 балла
Итого 20 баллов	

ЗАДАНИЕ 3. (Серяков С.А.)

Соли **A**, **B** и **C** состоят из элементов Na, **X** и **Y**, их состав (в масс %) представлен в таблице. При взаимодействии каждой из этих солей по-отдельности с разбавленной серной кислотой наблюдается выделение газа **E**, а после завершения реакции, в растворе в каждом случае обнаружена лишь соль **D**, состоящая из тех же элементов Na, **X** и **Y**.

1. Определите элементы **X** и **Y**, а также молекулярные формулы **A**, **B**, **C**, **D** и **E**. Ответ аргументируйте.
2. Составьте уравнения реакций взаимодействия каждой из солей **A**, **B** и **C** с серной кислотой (3 реакции).

РЕШЕНИЕ:

1. Из условия следует что анионом для иона натрия в продуктах реакции скорее всего будет выступать сульфат-ион, поскольку обработка каждой из солей проводилась разбавленной серной кислотой, и в каждом случае в растворе осталась одна и та же соль. То есть **D** = Na_2SO_4 , осталось выяснить, какой из зашифрованных элементов является серой, а какой кислородом. Определим формулу соли **A**, предположив, что **X** = S, **Y** = O.

$\text{Na} : \text{S} : \text{O} = 36.5/23 : 38.1/32 : 25.4/16 = 1.59 : 1.19 : 1.59 \approx 1.334 : 1 : 1.334 \approx 4:3:4$, формула $\text{Na}_4\text{S}_3\text{O}_4$.

Весьма странный результат, поэтому следует рассмотреть второй вариант, предположив, что **X** = O, **Y** = S:

$\text{Na} : \text{S} : \text{O} = 36.5/23 : 25.4/32 : 38.1/16 = 1.59 : 0.79 : 2.38 \approx 2:1:3$, откуда **A** = Na_2SO_3 . Вывод **X** = O, **Y** = S.

Определим формулы солей **B** и **C**, соответственно:

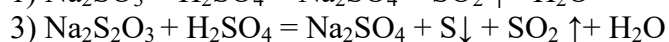
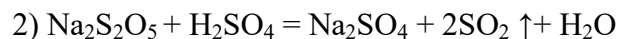
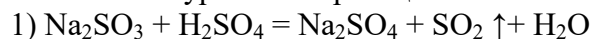
$\text{Na} : \text{S} : \text{O} = 24.21/23 : 33.68/32 : 42.11/16 = 1.05 : 1.05 : 2.63 \approx 1:1:2.5 = 2:2:5$, откуда **B** = $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$.

$\text{Na} : \text{S} : \text{O} = 29.11/23 : 40.51/32 : 30.38/16 = 1.27 : 1.27 : 1.9 \approx 1:1:1.5 = 2:2:3$, откуда **C** = $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.

Газ, выделяющийся при обработке сульфита натрия **E** = SO_2 , сильная серная кислота вытесняет слабую сернистую, последняя по причине неустойчивости распадается на сернистый газ и воду.

X	Y	A	B	C	D	E
O	S	Na_2SO_3	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	Na_2SO_4	SO_2

2. Составим уравнения реакций:



В бисульфите натрия $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ степень окисления серы +4, такая же как в сульфите, поэтому следует ожидать выделения SO_2 . В тиосульфате $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ средняя степень окисления серы +2, то есть занимает промежуточное положение между устойчивыми в кислой среде степенями окисления 0 (в Владимирская область

составе S) и +4 (в составе SO₂), по этой причине происходит диспропорционирование до указанных устойчивых продуктов.

Система оценивания

1. Определение элементов X и Y, формулы A, B, C, D и E по 2 балла 14 баллов

Если вывод о каком-то из элементов либо веществ не обоснован, выставять 1 балл за него.

2. Уравнения реакций по 2 балла 3 балла

Итого 20 баллов

ЗАДАНИЕ 4. (Автор – Серяков С.А.)

Аммиак в промышленности получают из простых веществ (*р-ция 1*). Водород для этого получают из метана в процессе его взаимодействия с водяным паром (*р-ция 2*), один из продуктов этой реакции вновь подвергается действию пара, давая дополнительное количество водорода и углекислый газ (*р-ция 3*). Сжигание метана (*р-ция 4*) служит источником энергии для этих процессов.

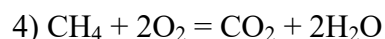
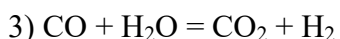
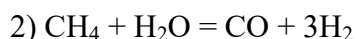
1. Составьте уравнения реакций 1-4. Какой объём V₁ метана (н.у.) необходим для получения водорода, используемого при синтезе аммиака массой 1.7 т? Выходы всех реакций количественные.

2. Определите объём V₂ метана (н.у.), который потребуется сжечь для получения водорода при этом. В справочной таблице используются неизвестные единицы измерения энтальпий образования веществ.

РЕШЕНИЕ:

1. Синтез аммиака: 1) N₂ + 3H₂ = 2NH₃

Конверсия метана водяным паром на первой стадии приводит к CO, который вновь реагирует с H₂O:



Суммарный процесс, отвечающий реакциям 2 и 3: CH₄ + 2H₂O = CO₂ + 4H₂, пусть в этой реакции участвует x моль CH₄, тогда водорода выделится 4x моль, согласно приведенному уравнению. Обратимся к уравнению 1) и составим материальный баланс, обозначив y моль количество образовавшегося аммиака. $v(\text{H}_2)/3 = v(\text{NH}_3)/2$, откуда $4x/3 = y/2$ или $x = 3y/8$, определим $y = m(\text{NH}_3)/M(\text{NH}_3) = 1.7 \cdot 10^6 \text{ г} / 17 \text{ г/моль} = 10^5 \text{ моль}$, значит $x = 3 \cdot 10^5 / 8 = 3.75 \cdot 10^4 \text{ моль}$. $V_1 = V_m \cdot x = 22.4 \cdot 3.75 \cdot 10^4 = 84 \cdot 10^4 \text{ л} = 840 \text{ м}^3$.

2. Определим энтальпии процесса полного сгорания метана ΔH₄ и суммарного процесса 2-3, ΔH₂₃:

$$\Delta H_4 = \Delta H_f(\text{CO}_2) + 2 \cdot \Delta H_f(\text{H}_2\text{O}) - \Delta H_f(\text{CH}_4) = -94 + 2 \cdot (-58) - (-18) = -192 \text{ у.е.,}$$

$$\Delta H_{23} = \Delta H_f(\text{CO}_2) - 2 \cdot \Delta H_f(\text{H}_2\text{O}) - \Delta H_f(\text{CH}_4) = -94 - 2 \cdot (-58) - (-18) = +40 \text{ у.е.,}$$

Учитывали при проведении вычислений, что энтальпии образования простых веществ равны 0. Пусть для конверсии в водород $x = 3.75 \cdot 10^4$ моль CH₄ было сожжено z моль CH₄, уравнение теплового баланса:

$$z \cdot \Delta H_4 + x \cdot \Delta H_{23} = 0 \quad -192z + 40x = 0 \quad z = 5x/24 = 5 \cdot 3.75 \cdot 10^4 / 24 = 7812.5 \text{ моль.}$$

$$\text{Объём сожжённого метана } V_2 = V_m \cdot z = 22.4 \cdot 7812.5 = 175 \cdot 10^3 \text{ л} = 175 \text{ м}^3.$$

Система оценивания

1. Уравнения 1-4 по 2 балла 8 баллов

Верная связь между количеством метана и количеством аммиака + ответ 2+2 балла

2. Верно определены теплоты процессов потребления и выделения энергии 2+2 балла

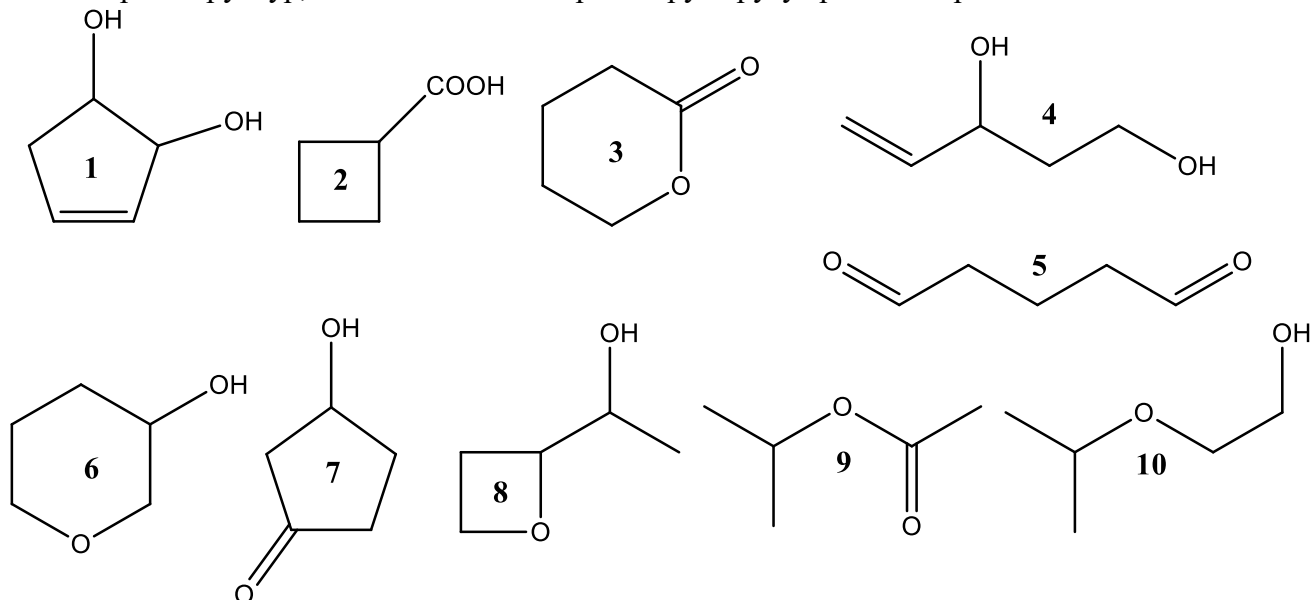
Составлено уравнение теплового баланса + получен верный ответ 2+2 балла

Итого 20 баллов

ЗАДАНИЕ 5. (Автор – Серяков С.А.)

В органической химии часто прибегают к изображению углеродного скелета молекул с имеющимися функциональными группами, в то время как атомы водорода связей С-Н не дорисовывают. Каждый изгиб или конец изображенного скелета отвечает атому углерода.

1. Если не посчитать правильно атомы водорода, то все пронумерованные ниже структуры могут показаться изомерными. Приведите последовательность чисел максимальной длины, отвечающих номерам структур, являющихся изомерами друг другу среди изображенных ниже:

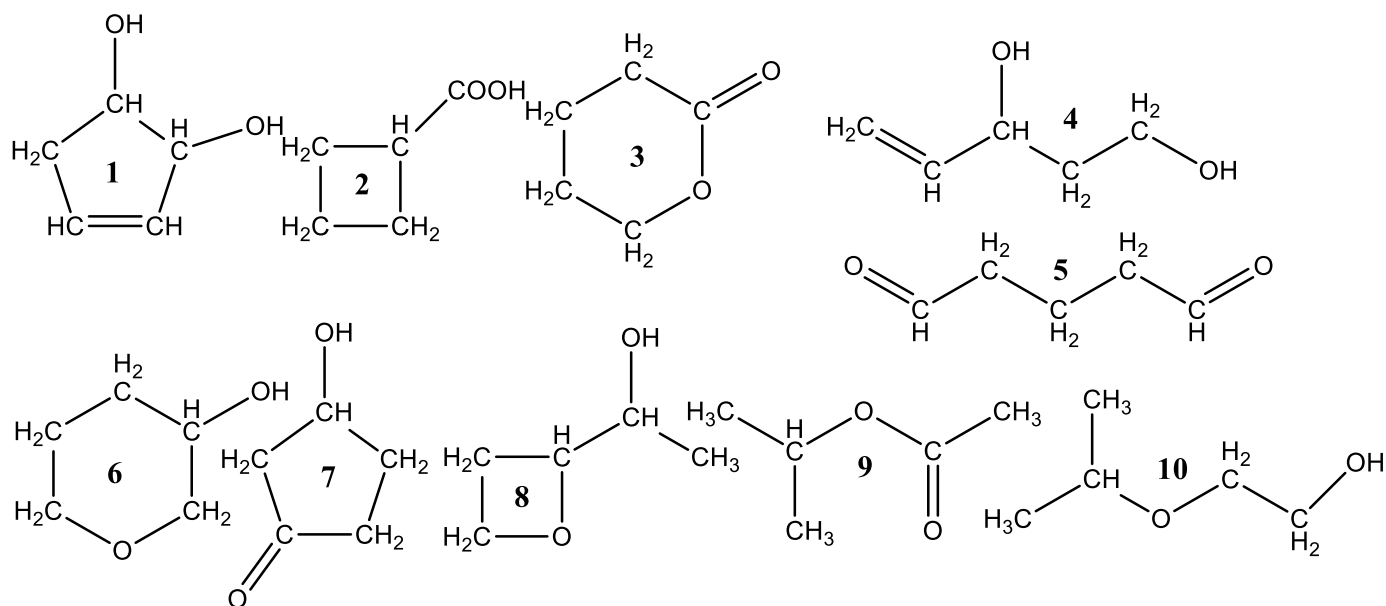


2. С помощью качественных реакций можно идентифицировать содержащиеся в веществе функциональные группы. Для каждого из представленных реагентов укажите номера структур, функциональную группу которых он позволяет идентифицировать, а также опишите какие изменения при этом будут наблюдаться.

А) $\text{Br}_2 / \text{CCl}_4$ Б) NaHCO_3 В) $\text{Cu}(\text{OH})_2$.

РЕШЕНИЕ:

1. Дорисуем атомы Н углеродного скелета:



Составим молекулярные формулы веществ:

Владимирская область

$C_5H_8O_2 = 1, 2, 3, 5 \text{ и } 7$ $C_5H_{10}O_2 = 4, 6, 8 \text{ и } 9$ $C_5H_{12}O_2 = 10$.

Ответ: Максимальному числу взаимных изомеров отвечает ряд структур **1, 2, 3, 5 и 7**.

2. А) Br_2 / CCl_4 качественная реакция на кратную связь, сигналом, свидетельствующим о её наличии в молекуле, является **обесцвечивание** красновато-бурого **раствора**. Среди представленных структур положительную пробу дадут **1 и 4**.

Б) $NaHCO_3$ используется для обнаружения карбоксильной группы, о её наличии судят по **выделению** пузырьков бесцветного **газа** в результате прибавления реагента к исследуемой пробе. Среди указанных веществ положительную пробу даст вещество **2**.

В) $Cu(OH)_2$ в зависимости от условий его использования позволяет обнаружить:

вицинальный спирт (**синее окрашивание раствора** в слабо-щелочной среде), вещество **1**,

кислоту (растворение осадка $Cu(OH)_2$ с появлением **голубой окраски раствора**), вещество **2**,

альдегид (при нагревании: вначале желтеет, а затем **появление красного осадка**), вещество **5**.

Система оценивания

1. За каждый верный изомер ряда по 2 балла, независимо от порядка их записи 10 баллов
за каждое лишнее вещество снимать по 1 баллу (минимальная оценка за этот вопрос не ниже 0)

2. Для А и Б: изменения + вещество(вещества) оценивать 1 + 1 4 балла

Для В каждый из трех случаев: изменения + вещество оценивать 1 + 1 6 баллов

Итого 20 баллов