

## Разбор заданий пригласительного этапа ВсОШ по химии

для 10 класса

2022/23 учебный год

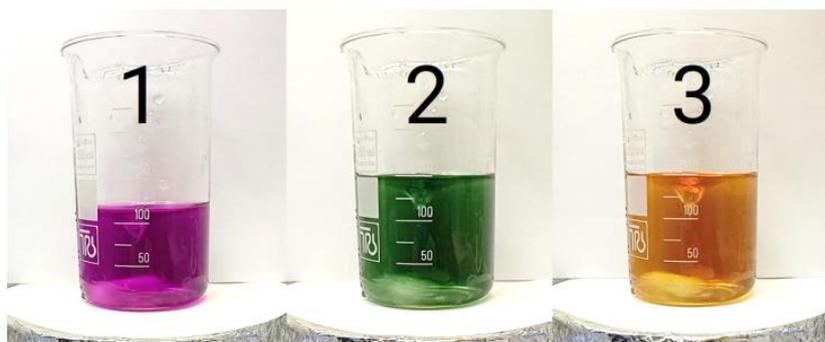
Максимальное количество баллов — 50

### Задание № 1

---

#### Условие:

К розовому раствору вещества А (1) прибавили бесцветный раствор Б, при этом получили раствор зелёного цвета (2). Через несколько минут содержимое стакана приобрело жёлто-бурую окраску (3).



#### Условие:

Образованием какого вещества обусловлена конечная окраска? Запишите молярную массу этого вещества. Ответ выразите в г/моль, округлите до десятых.

**Ответ:** 86.9

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

Определите степень окисления элемента-окислителя в составе вещества А.

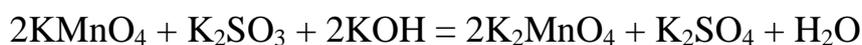
**Ответ:** +7

**Точное совпадение ответа — 1 балл**

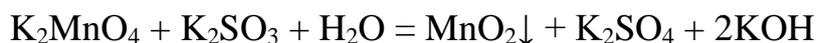
**Максимальный балл за задание — 3 балла**

*Решение.*

Изменение окраски розовая → зелёная характерно для восстановления перманганат-иона в щёлочной среде до манганат-иона, например:



Далее манганат-ион восстанавливается до диоксида марганца (бурый осадок):



Параллельно может протекать диспропорционирование манганат-иона, в ходе которого также образуется диоксид марганца:



Молярная масса диоксида марганца — 86.9 г/моль.

Степень окисления марганца в перманганат-ионе — +7.

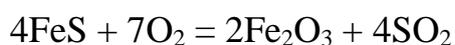
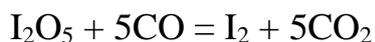
## Задание № 2.1

---

### Условие:

Восстановите левые части уравнений следующих реакций.

### Ответ:



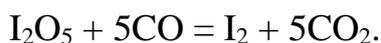
**По 1.5 балла за каждый верный ответ**

**Максимальный балл за задание — 6 баллов**

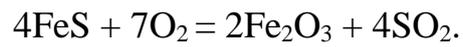
### Решение.

А) В первую реакцию, скорее всего, вступают вода и бинарное соединение калия с кислородом. Молекул воды, очевидно, две (проверяем по количеству атомов водорода в правой части), тогда в составе соединения калия присутствует  $(2 + 2 + 2 - 2)/2 = 2$  атома кислорода. Искомое соединение —  $\text{KO}_2$ , реакция:  $2\text{KO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{KOH} + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{O}_2$

Б) Углекислый газ может образоваться либо из углерода — простого вещества, либо из угарного газа. Скорее всего, речь идет о восстановлении оксида иода угарным газом (при восстановлении углеродом последний берет в большом избытке, тогда продуктом был бы угарный газ). Тогда уравнение реакции:



В) По-видимому, рассматривается реакция окисления кислородом бинарного соединения железа с серой. Возможно два варианта:  $\text{FeS} + \text{O}_2$  или  $\text{FeS}_2 + \text{O}_2$ . Коэффициенты в правой части указывают на реакцию:



Г) Судя по правой части уравнения реакции, рассматривается взаимодействие хлорида аммония либо с оксидом, либо с гидроксидом кальция. Анализируя два варианта, получаем:



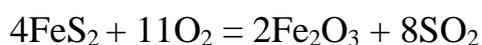
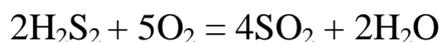
## Задание № 2.2

---

### Условие:

Восстановите левые части уравнений следующих реакций.

### Ответ:



**По 1.5 балла за каждый верный ответ**

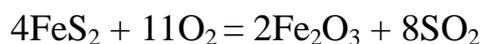
**Максимальный балл за задание — 6 баллов**

### Решение.

А) В первой реакции зашифровано горение в кислороде бинарного соединения серы с водородом. Молекул кислорода, очевидно, пять (проверяем по количеству атомов кислорода в правой части), тогда в составе соединения серы присутствует по 2 атома серы и водорода. Искомое соединение — дисульфид,  $\text{H}_2\text{S}_2$  (пирит,  $\text{FeS}_2$  — соль именно этой кислоты). Реакция:  $2\text{H}_2\text{S}_2 + 5\text{O}_2 = 4\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

Б) Решение по аналогии с заданием № 2.1

В) По-видимому, рассматривается реакция окисления кислородом бинарного соединения железа с серой. Возможно два варианта:  $\text{FeS} + \text{O}_2$  или  $\text{FeS}_2 + \text{O}_2$ . Коэффициенты в правой части указывают на реакцию:



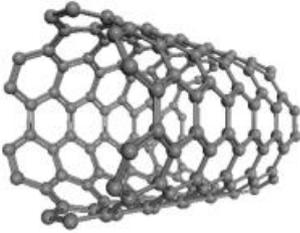
Г) Судя по правой части уравнения реакции, рассматривается взаимодействие нитрата аммония либо с оксидом, либо с гидроксидом бария. Анализируя два варианта, получаем:



### Задание № 3.1

#### Общее условие:

С помощью картинок зашифрована формула некоторого химического соединения. Рисунки соответствуют составляющим его элементам, а числа показывают процентное содержание (по массе) этих элементов в зашифрованном соединении. Известно, что это соединение содержится в воде из природных источников.

			
24.72 %	59.22 %	14.82 %	1.25 %

#### Условие:

Запишите название этого вещества.

**Ответ:** Гидрокарбонат кальция

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

#### Условие:

Какая характеристика воды из природных источников определяется содержанием данного вещества?

**Ответ:** Жёсткость / Временная жёсткость

**Точное совпадение ответа — 1 балл**

**Максимальный балл за задание — 3 балла**

*Решение.*

Если проанализировать качественный состав данного вещества, можно предположить наличие в его составе следующих элементов:

Зуб — кальций.

Коктейль с пузырьками газа — кислородный коктейль — кислород.

Нанотрубка — аллотропная модификация углерода — углерод.

Огненный шар — это звезда. Основной элемент, из которого состоит большинство звезд — это водород.

На последнее указывает и малая массовая доля этого элемента в соединении.

Пусть в состав формульной единицы искомого вещества входит 1 атом водорода. Тогда количество атомов углерода составит:  $14.82/(1.25 \cdot 12) = 1$ .

Количество атомов кислорода:  $59.22/(1.25 \cdot 16) = 3$ .

Масса ещё одного элемента, приходящаяся на один атом водорода, составит:  $24.72/1.25 = 20$ .

Поскольку неон, очевидно, не удовлетворяет условию, удвоим все величины. Тогда неизвестный элемент — кальций. Соединение —  $\text{CaH}_2\text{C}_2\text{O}_6$ , то есть  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ , гидрокарбонат кальция. Содержание этой соли является одним из факторов, определяющих временную жёсткость воды.

### Задание № 4.1

---

**Условие:**

Какую массу горькой (английской) соли  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  надо растворить в 100 мл воды, чтобы получить раствор с массовой долей кислорода 85.0 %? Ответ выразите в граммах, округлите до десятых. При проведении расчётов атомные массы элементов округляйте до десятых.

**Ответ:** [27.9; 29.3]

**Точное совпадение ответа — 3 балла**

*Решение.*

Обозначим количество вещества растворяемого кристаллогидрата (к/г) за  $x$ .

Тогда масса кристаллогидрата составит:  $m(\text{к/г}) = 246.5x$

$$m(\text{р-ра}) = 100 + 246.5x$$

$$m(\text{O}) = 100 \cdot 16/18 + 11x \cdot 16$$

$$w(\text{O}) = (88.9 + 176x)/(100 + 246.5x) = 0.85$$

$$x = 0.116 \text{ моль}; m(\text{к/г}) = 246.5x = 28.7 \text{ г.}$$

## Задание № 4.2

---

### Условие:

Какую массу железного купороса  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  надо растворить в 100 мл воды, чтобы получить раствор с массовой долей кислорода 83.0 %? Ответ выразите в граммах, округлите до десятых. При проведении расчётов атомные массы элементов округляйте до десятых.

**Ответ:** [29.5; 30.3]

**Точное совпадение ответа — 3 балла**

*Решение.*

Обозначим количество вещества растворяемого кристаллогидрата (к/г) за  $x$ .

Тогда масса кристаллогидрата составит:  $m(\text{к/г}) = 278.0x$

$$m(\text{р-ра}) = 100 + 278.0x$$

$$m(\text{O}) = 100 \cdot 16/18 + 11x \cdot 16$$

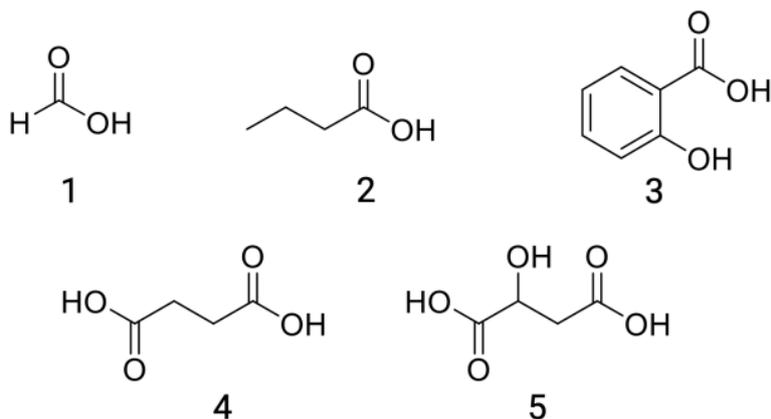
$$w(\text{O}) = (88.9 + 176x)/(100 + 278.0x) = 0.83$$

$$x = 0.108 \text{ моль; } m(\text{к/г}) = 278.0x = 30.0 \text{ г}$$

### Задание № 5.1

#### Условие:

Карбоновые кислоты широко представлены в природе. Установите соответствие между структурными формулами карбоновых кислот и объектами, от которых происходят их названия.



#### Ответ:

1	
2	
3	
4	
5	

По 1 баллу за каждую верную пару

**Условие:**

Выберите номер кислоты, которая может реагировать с аммиачным раствором оксида серебра с образованием серебряного зеркала:

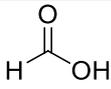
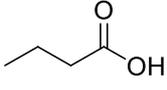
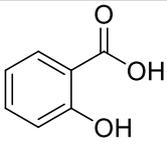
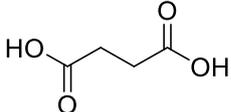
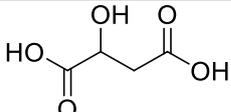
**Ответ:**

- 1  
 2  
 3  
 4  
 5

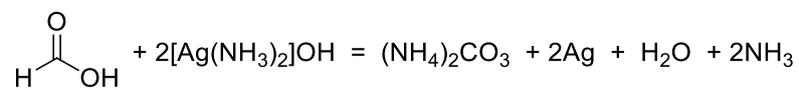
**Точное совпадение ответа — 1 балл**

**Максимальный балл за задание — 6 баллов**

*Решение.*

	Это муравьиная кислота (соли — формиаты). Она была выделена в XVII веке из муравьёв.
	Это масляная кислота (соли и эфиры — бутираты). Она входит в состав триглицеридов животных жиров и была выделена в XIX веке из сливочного масла.
	Это салициловая кислота (соли и эфиры – салицилаты). Название происходит от лат. <i>salix</i> — «ива», из коры которой она была впервые выделена в XIX веке.
	Это янтарная кислота (соли и эфиры — сукцинаты). Она была получена в XVII веке сухой перегонкой янтаря.
	Это яблочная кислота (соли и эфиры — малаты). Впервые выделена в XVIII веке из сока незрелых яблок.

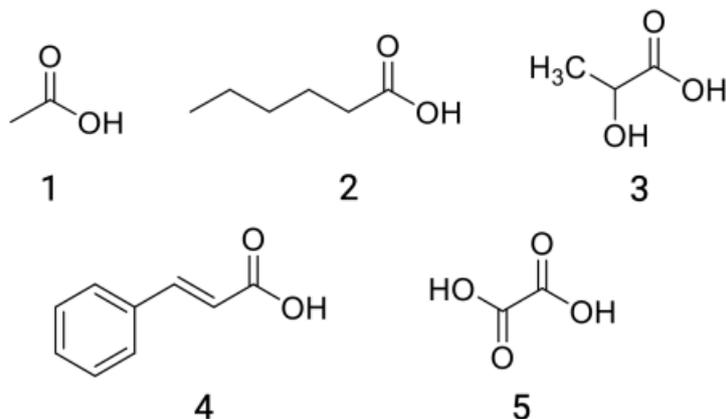
Из представленных кислот с аммиачным раствором оксида серебра с образованием серебряного зеркала будет реагировать муравьиная кислота, так как она содержит альдегидный фрагмент:



## Задание № 5.2

### Условие:

Карбоновые кислоты широко представлены в природе. Установите соответствие между структурными формулами карбоновых кислот и объектами, от которых происходят их названия.



### Ответ:

1	
2	
3	
4	
5	

По 1 баллу за каждую верную пару

**Условие:**

Выберите номер кислоты, которая может обесцвечивать бромную воду без нагревания.

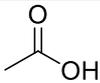
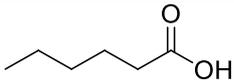
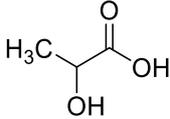
**Ответ:**

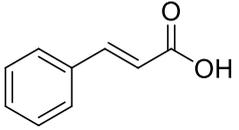
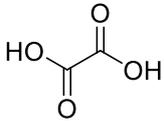
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

**Точное совпадение ответа — 1 балл**

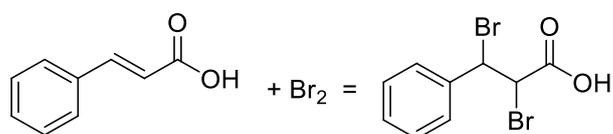
**Максимальный балл за задание — 6 баллов**

*Решение.*

	Это уксусная кислота (соли и эфиры — ацетаты). Название происходит от слова «уксус» (от греческого <i>оксос</i> — «кислый») — продукт брожения вина, который известен человеку с давних времен.
	Это капроновая кислота (соли и эфиры — капронаты). Название капроновой кислоты (а также каприловой $C_7H_{15}COOH$ и каприновой $C_9H_{19}COOH$ ) происходит от лат. <i>capra</i> — «коза». Они входят в состав триглицеридов козьего и коровьего молока и впервые были обнаружены в козьем молоке.
	Это молочная кислота (соли и эфиры — лактаты). Она образуется при молочнокислом брожении, впервые была выделена в XVIII веке из прокисшего молока.

	<p>Это коричная кислота (соли и эфиры — циннаматы). Она содержится в коре, листьях, стеблях и молодых ветках дерева корицы.</p>
	<p>Это щавелевая кислота (соли и эфиры — оксалаты). Она содержится в щавеле.</p>

Из представленных кислот с бромной водой без нагревания будет реагировать коричная кислота, бром присоединяется к двойной связи углерод-углерод:



## Задание № 6

---

### Условие:

Однажды Незнайка разбирал старые запасы химической лаборатории и отложил для себя набор склянок, на этикетках которых были записаны названия содержимого. Какие из обнаруженных веществ являются изомерами?

### Ответ:

- ✓ Бутилацетат
- ✓ Пропилпропаноат
- ✓ 4-метилпентановая кислота
- Бутиловый эфир муравьиной кислоты
- Бутилбутират
- ✓ 5-гидроксигексаналь
- Бутиловый эфир масляной кислоты

**За каждый верный ответ — 0.75 балла, штраф за неверно выбранный ответ — 0.75 балла.**

Помогите Незнайке понять, сколько различных веществ содержится в наборе.

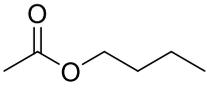
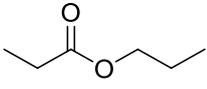
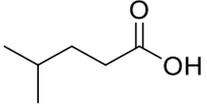
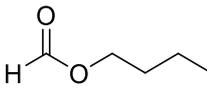
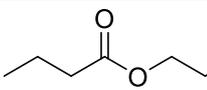
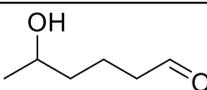
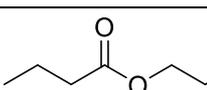
**Ответ: 6**

**Точное совпадение ответа — 1 балл**

**Максимальный балл за задание — 5 баллов**

*Решение.*

Изобразим структурные формулы соединений, соответствующие представленным названиям:

Название	Структурная формула
Бутилацетат	
Пропилпропаноат	
4-метилпентановая кислота	
Бутиловый эфир муравьиной кислоты	
Бутилбутират	
5-гидроксигексаналь	
Бутиловый эфир масляной кислоты	

Анализируя полученные структурные формулы, можно сделать вывод, что бутиловый эфир масляной кислоты и бутилбутират — это разные названия одного и того же вещества, поэтому в предложенном наборе содержится только 6 различных веществ. Среди них изомерами, то есть веществами с одинаковым составом, но различным строением, являются следующие соединения: бутилацетат, пропилпропаноат, 4-метилпентановая кислота и 5-гидроксигексаналь.

## Задание № 7

---

### Общее условие:

Органическое вещество А, в состав которого входят атомы углерода, водорода и кислорода, не обладает кислотными свойствами. Образец этого вещества массой 1.0 г растворили при нагревании в 100 мл воды, при этом образовался раствор единственного органического вещества В с рН меньше 7.

На нейтрализацию полученного раствора требуется 196 мл 0.1 М раствора NaOH.

### Условие:

Запишите название вещества А.

**Ответ:** уксусный ангидрид

**За каждый верный пункт — 1.5 балла**

### Условие:

Запишите название вещества В.

**Ответ:** уксусная кислота

**За каждый верный пункт — 1.5 балла**

### Условие:

Запишите молярную массу вещества А. Ответ выразите в г/моль, округлите до целых.

**Ответ:** 102

**За каждый верный пункт — 1.5 балла**

**Условие:**

Известно, что вещество А может реагировать с метанолом с образованием продуктов В и С. Запишите молярную массу вещества С. Ответ выразите в г/моль, округлите до целых.

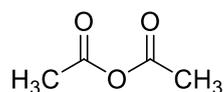
**Ответ:** 74**За каждый верный пункт — 1.5 балла****Максимальный балл за задание — 6 баллов***Решение.*

Из условия следует, что вещество А реагирует с водой с образованием вещества В, вероятно, карбоновой кислоты. Вещество А может принадлежать к классу ангидридов карбоновых кислот. Обозначим формулу ангидрида как  $RC(O)OC(O)R$ . Тогда протекали реакции:

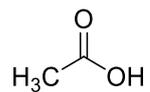


Рассчитаем количество гидроксида натрия, пошедшего на нейтрализацию:  $n(NaOH) = 0.196 \cdot 0.1 = 0.0196$  моль. Таким же было количество вещества кислоты В. По уравнению реакции, количество вещества ангидрида А в два раза меньше, чем кислоты В, т.е. 0.0098 моль. Тогда молярная масса вещества А:  $M(A) = 1/0.0098 = 102$  г/моль. На два радикала R приходится:  $102 - 24 - 48 = 30$  г/моль, т.е. на один радикал R приходится 15 г/моль — это метил ( $CH_3$ ).

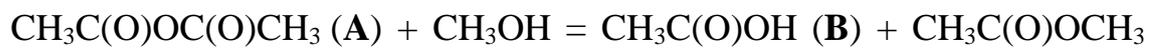
Вещество А:  $CH_3C(O)OC(O)CH_3$  — уксусный ангидрид (ангидрид уксусной кислоты).



Вещество В:  $CH_3C(O)OH$  — уксусная кислота (этановая кислота).

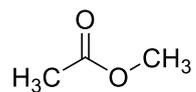


С метанолом протекает реакция:



(C)

Вещество C:  $\text{CH}_3\text{C}(\text{O})\text{OCH}_3$  — метилацетат. Его молярная масса 74 г/моль.



## Задание № 8

---

### Условие:

К смеси изомерных алкенов **А**, **Б** и **В** состава  $C_5H_{10}$  добавили бромоводород, при этом получили смесь алкилбромидов **Г** и **Д**. Дегидробромирование смеси веществ **Г** и **Д** с помощью этилата натрия привело к образованию единственного алкена **Б**.

Запишите названия исходных алкенов по номенклатуре ИЮПАК в любом порядке.

### Ответ:

2-метилбут-2-ен

2-метилбут-1-ен

3-метилбут-1-ен

**Точное совпадение ответа — 3 балла**

### Условие:

Какое из них соответствует алкену **Б**?

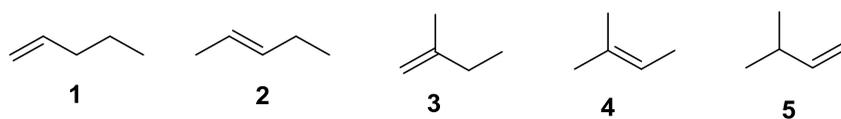
**Ответ:** 2-метилбут-2-ен

**Точное совпадение ответа — 1 балл**

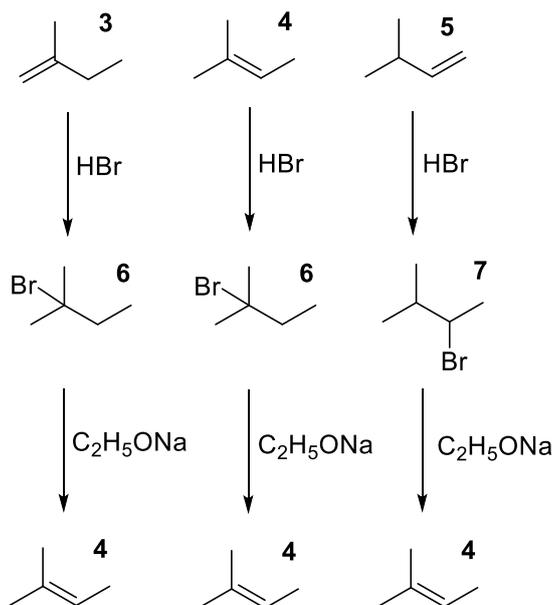
**Максимальный балл за задание — 4 балла**

### *Решение.*

Так как в ходе описанных превращений из смеси трёх изомерных алкенов был получен лишь один алкен, можно сделать вывод, что алкены **А**, **Б** и **В** имеют одинаковый углеродный скелет и являются изомерами положения кратной связи. Изобразим возможные изомеры алкенов состава  $C_5H_{10}$ :



Очевидно, изомеры **1** и **2**, пент-1-ен и пент-2-ен не подходят под условие задачи: третьего изомерного алкена  $C_5H_{10}$  с таким же углеродным скелетом нет. Проверим, удовлетворяют ли условиям задачи алкены **3–5**:



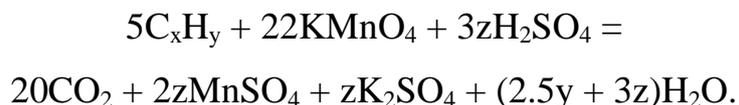
При добавлении бромоводорода к алкенам **3**, **4** и **5** происходит образование монобромалканов **6** и **7** в соответствии с правилом Марковникова. Элиминирование бромоводорода с использованием этилата натрия происходит согласно правилу Зайцева и приводит к образованию алкена **4** (2-метилбут-2-ена) во всех случаях, что согласуется с условием задачи. Становится ясно, что алкены **А**, **Б** и **В** — это 2-метилбут-1-ен, 2-метилбут-2-ен и 3-метилбут-1-ен, а алкен **Б** — это 2-метилбут-2-ен.

## Задание № 9

---

### Общее условие:

Углеводород **A**, используемый в качестве мономера для получения хорошо известного полимера, окисляется перманганатом калия по схеме:



### Условие:

Запишите название вещества **A** по номенклатуре ИЮПАК.

**Ответ:** 1,3-бутадиен

**Точное совпадение ответа — 1 балл**

### Условие:

Определите сумму коэффициентов в приведённом уравнении реакции.

**Ответ:** 161

**Точное совпадение ответа — 1 балл**

### Условие:

Запишите название полимера, получаемого из углеводорода **A**.

**Ответ:** бутадиеновый каучук

**Точное совпадение ответа — 1 балл**

**Максимальный балл за задание — 3 балла**

*Решение.*

Определим состав углеводорода **A**, для этого проанализируем коэффициенты в левой и правой частях уравнения.

Число атомов углерода  $x$  в углеводороде **A**:  $5x = 20$ ,  $x = 4$ .

По числу атомов марганца или калия, можно определить  $z = 11$ .

Число атомов водорода  $y$  в углеводороде **A** можно найти по числу атомов кислорода:  $88 + 12z = 40 + 15z + 2.5y$ , откуда  $y = (48 - 3z)/2.5 = 6$ .

Брутто-формула углеводорода **A** —  $C_4H_6$ .

Наиболее разумным вариантом, соответствующим этой формуле и условию задачи, является  $CH_2=CH-CH=CH_2$ . Варианты названия: 1,3-бутадиен, бутадиен-1,3, бута-1,3-диен, дивинил. Тогда название полимера — это бутадиеновый каучук (полибутадиен):  $(CH_2-CH=CH-CH_2)_n$ .

Окончательное уравнение реакции окисления:



Сумма коэффициентов в уравнении — 161.

## Задание № 10

### Условие:

Установите соответствие между парами веществ и реагентами, которые позволяют их различить.

### Ответ:

Стирол и фенилацетилен	Реактив Толленса
Пропанол и этиленгликоль	Свежеосаждённый гидроксид меди (II)
Циклогексен и этилбензол	Бромная вода
Пропанол и водный раствор фенола	Раствор хлорида железа (III)

### Возможный ответ:

Стирол и фенилацетилен	Реактив Толленса
Пропанол и этиленгликоль	Свежеосаждённый гидроксид меди (II)
Циклогексен и этилбензол	Бромная вода
Пропанол и водный раствор фенола	Бромная вода

**По 1 баллу за каждую верную пару**

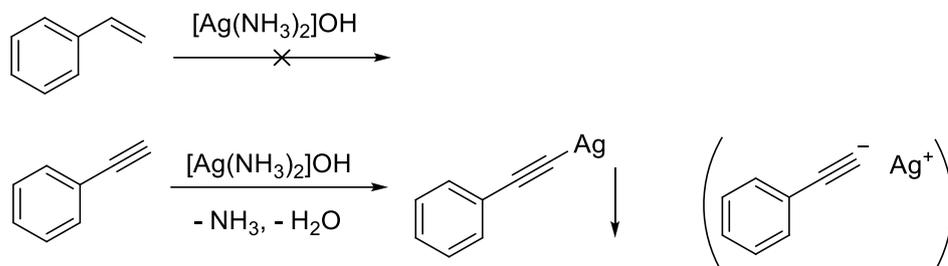
**Максимальный балл за задание — 4 балла**

*Решение.*

Чтобы реагент помог распознать вещества в паре, он должен либо реагировать с одним из веществ пары, либо давать разные наблюдаемые явления, которые можно было бы уверенно отнести к той или иной качественной реакции. Разберём предложенные пары веществ:

1. Стирол и фенилацетилен могут быть распознаны лишь с помощью реактива Толленса (аммиачного раствора оксида серебра): стиро́л с ним

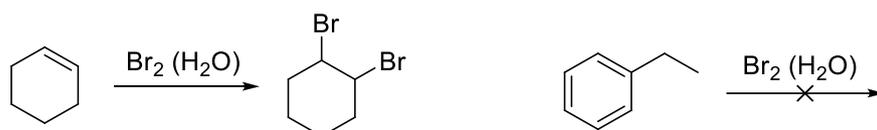
не реагирует, а фенилацетилен даст осадок белого цвета, фенилацетиленид серебра. Свежеосаждённый гидроксид меди (II) не действует на эти вещества, как и раствор хлорида железа (III). Бромная вода обесцветится при действии и на стирол, и на фенилацетилен.



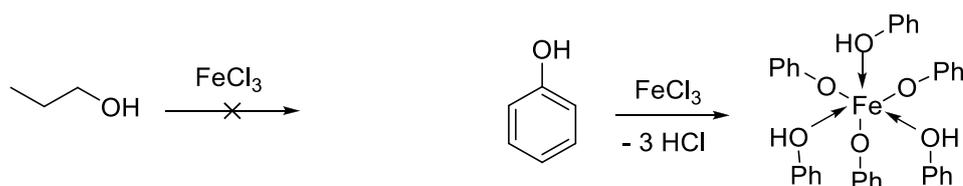
2. Пропанол и этиленгликоль можно отличить друг от друга с помощью свежеосаждённого гидроксида меди (II), который даст комплексное соединение синего цвета с этиленгликолем. Остальные реагенты не действуют на пропанол и этиленгликоль.



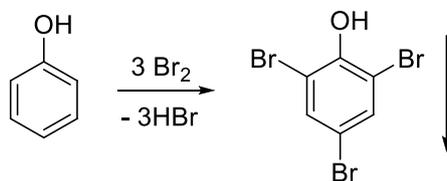
3. Бромная вода позволяет различить циклогексен и этилбензол. В случае циклогексена будет наблюдаться обесцвечивание бромной воды, а этилбензол не будет реагировать с бромной водой.



4. Наконец, пропанол можно отличить от водного раствора фенола с помощью качественной реакции с хлоридом железа (III) — в отличие от пропанола, фенол образует с ним комплексные соединения сине-фиолетового цвета. Пример такого комплекса изображен на схеме.



Возможно также различить пропанол и фенол с помощью бромной воды (в случае фенола образуется белый осадок 2,4,6-трибромфенола). Но при выборе этого варианта не удастся привести все четыре пары веществ в соответствие с реагентами.



## Задание № 11

### Условие:

Юные химики обнаружили в химической лаборатории четыре пронумерованные ампулы с жидкими веществами и записку, которая гласила:

— «...Определите содержимое ампул, не вскрывая их и используя следующую информацию. В каждой ампуле находится вещество состава  $C_6H_6$ .

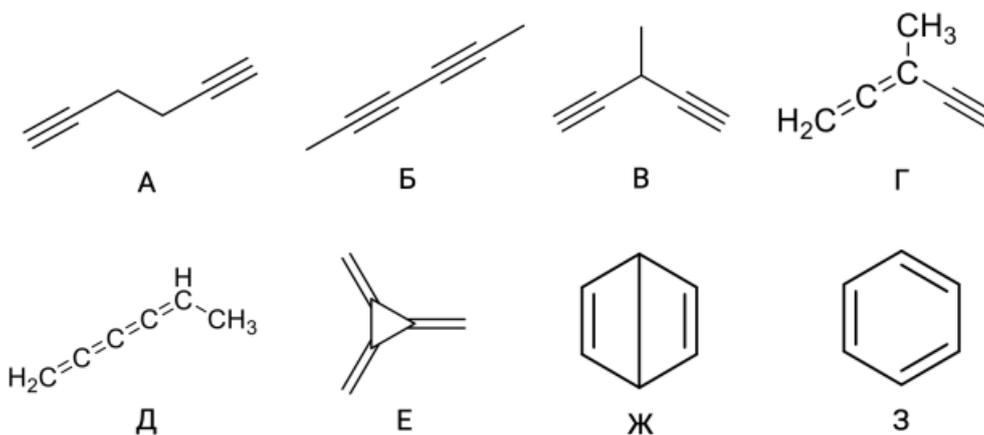
Вещество в **первой** ампуле не реагирует с натрием. В его молекуле содержатся только атомы углерода в  $sp$ - и  $sp^3$ -гибридном состоянии.

Вещество во **второй** ампуле реагирует с натрием, причём на один моль органического вещества расходуется 2 моль натрия. Молекула этого вещества имеет неразветвлённое строение.

Молекула вещества в **третьей** ампуле имеет разветвлённое строение и содержит один атом углерода в  $sp^3$ -гибридном состоянии и три атома углерода в  $sp$ -гибридном состоянии.

В **четвёртой** ампуле находится вещество, обесцвечивающее бромную воду. Его молекула имеет плоское строение, а все атомы водорода в ней эквивалентны».

Соотнесите номер ампулы с веществом, находящимся в ней.



**Ответ:**

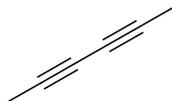
1	Б
2	А
3	Г
4	Е

**По 1 баллу за каждую верную пару**

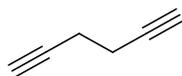
**Максимальный балл за задание — 4 балла**

*Решение.*

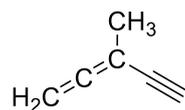
Вещество в первой ампуле не реагирует с натрием, следовательно, в нём нет концевых тройных связей. Возможные кандидаты — вещества Б, Д–З. Из них только вещество Б содержит  $sp$ - и  $sp^3$ -гибридные атомы углерода:



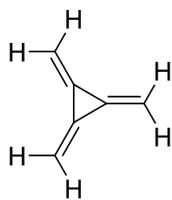
Вещество во второй ампуле реагирует с двумя эквивалентами натрия. Следовательно, в нем имеется две концевых тройных связи. Возможные кандидаты — вещества А и В. Из них линейное строение имеет только вещество А:



Молекула вещества в третьей ампуле содержит один  $sp^3$ -гибридный и три  $sp$ -гибридных атома углерода. Возможные кандидаты – вещества Г и Д. Из них разветвлённое строение имеет только вещество Г:



В четвёртой ампуле вещество, молекула которого имеет плоское строение, причём все атомы водорода в ней эквивалентны. Возможные кандидаты — вещества Е и З. Из них обесцвечивает бромную воду только вещество Е:



## Задание № 12

### Условие:

Группа друзей собралась в летний турпоход и решила посчитать, как много литров кипятка (с температурой  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) они смогут получить, используя для нагрева пламя сгорающего на воздухе горючего газа из одного полностью заряженного баллона. В одном таком баллоне содержится  $230$  граммов горючей смеси, состоящей на  $70\%$  (масс.) из бутана  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  и на  $30\%$  (масс.) — из пропана  $\text{C}_3\text{H}_8$ .



Теплота сгорания одного моля бутана равна  $2778$  кДж, а пропана —  $2147$  кДж. В середине лета средняя температура воды в открытых природных водоёмах равна  $15$  градусам Цельсия. Теплоёмкость воды равна  $4.184$  Дж/(г ·  $^{\circ}\text{C}$ ). В расчётах учтите, что только треть энергии топлива тратится непосредственно на нагрев воды, остальная же часть энергии рассеивается в окружающую среду с нагретыми продуктами сгорания. Определите объём воды, который удастся нагреть до  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Ответ выразите в литрах, округлите до целых.

**Ответ:** 10

**Точное совпадение ответа — 4 балла**

*Решение.*

Количество вещества бутана в баллоне:

$$n(\text{бутан}) = 230 \cdot 0.7/58 = 2.776 \text{ моль.}$$

Количество вещества пропана в баллоне:

$$n(\text{пропан}) = 230 \cdot 0.3/44 = 1.568 \text{ моль.}$$

Полное сгорание бутан-пропановой смеси из баллона даст количество теплоты:  $Q = 2.776 \cdot 2778 + 1.568 \cdot 2147 = 11078$  кДж.

Количество теплоты, которое используется для нагрева воды:  $Q_{\text{нагр}} = Q/3$ .

Найдём массу воды, которую можно нагреть от 15 до 100 градусов Цельсия количеством теплоты  $Q_{\text{нагр}}$ :

$$m(\text{вода}) = Q/(3 \cdot c \cdot \Delta t) = 11078 \cdot 1000/(3 \cdot 4.184 \cdot (100 - 15)) = 10383 \text{ г.}$$

Это количество соответствует 10.4 литрам кипятка. Округляем до ближайшего целого и получаем 10 литров.