

# Разбор заданий школьного этапа ВсОШ по химии для 10 класса

(группа № 2)

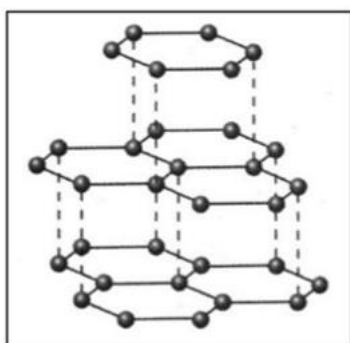
2021/22 учебный год

Максимальное количество баллов — 50

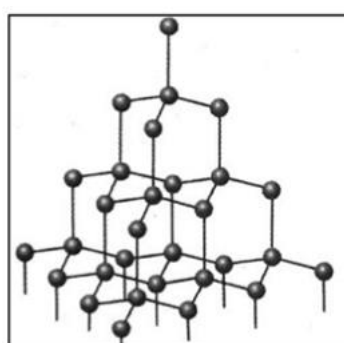
## Задание № 1

### Условие:

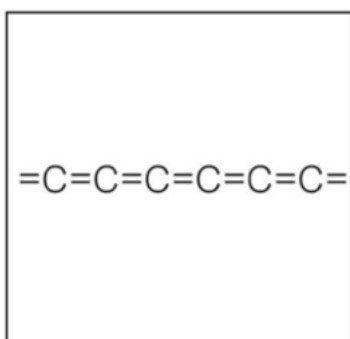
Сопоставьте аллотропные модификации углерода и тип гибридизации атомных орбиталей углерода в них.



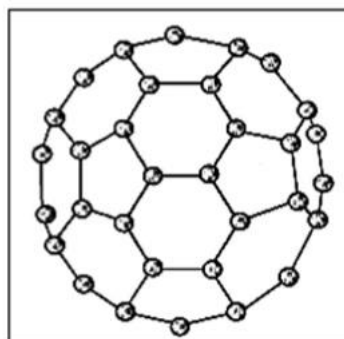
Графит



Алмаз



$\beta$ -карбин



Фуллерен

### Варианты для соотнесения:

$sp$

$sp^2$

$s^2p$

$sp^3$

$sp^3d$

$sp^4$

$sp^3d^2$

Графит

Алмаз

$\beta$ -карбин

Фуллерен

**Ответ:**

Графит –  $sp^2$

Алмаз –  $sp^3$

Карбин (кумулярованный углерод) –  $sp$

Фуллерен -  $sp^2$

Каждое правильное соответствие — 1 балл

**Максимальный балл за задание — 4**

*Решение.*

Как известно, в представленных соединениях гибридные орбитали образуют между атомами углерода  $\sigma$ -связи, а негибридные  $p$ -орбитали —  $\pi$ -связи. Рассмотрим представленные соединения:

Графит – образует 3  $\sigma$ -связи -  $sp^2$ -гибридизация

Алмаз - образует 4  $\sigma$ -связи –  $sp^3$ -гибридизация

$\beta$ -карбин – образует 2  $\sigma$ -связи -  $sp$ -гибридизация

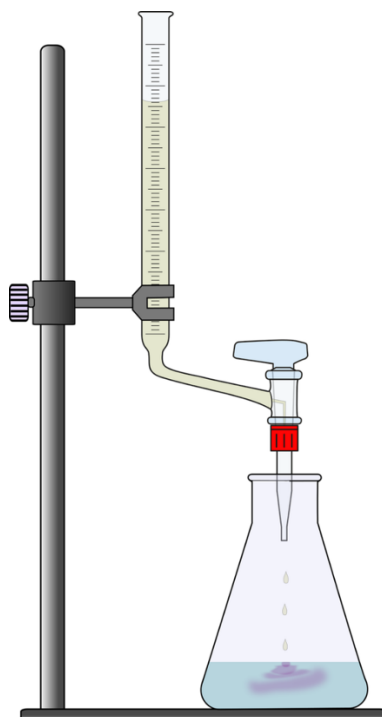
фуллерен – образует 3  $\sigma$ -связи -  $sp^2$ -гибридизация

Следует заметить, что  $s^2p$ - и  $sp^4$ -гибридизации быть не может.

## Задание № 2.1

### Условие:

Для нейтрализации раствора, содержащего 0,320 г двухосновной кислоты, потребовалось 15,6 мл 0,5 М раствора гидроксида натрия. Установите с точностью до целых молярную массу кислоты в г/моль, если известно, что образовалась двузамещенная соль.

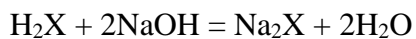


**Ответ:** 82

**Точное совпадение ответа — 4 балла**

*Решение.*

Запишем уравнение реакции в общем виде:



где X – кислотный остаток.

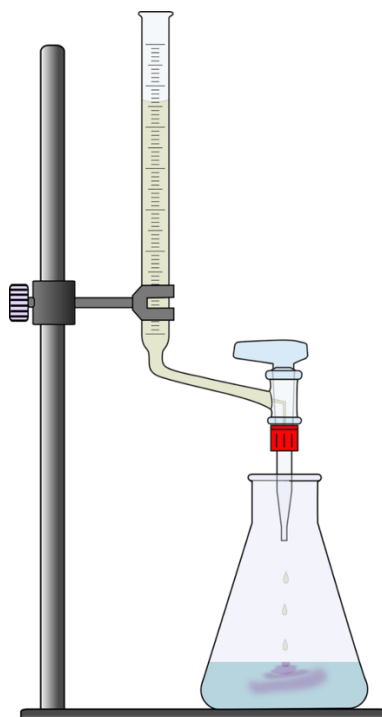
Количество вещества щёлочи составит:  $n(\text{NaOH}) = 15,6 \cdot 0,5 / 1000 = 0,0078$  моль.

Согласно уравнению реакции, количество вещества кислоты в 2 раза меньше, то есть 0,0039 моль. Тогда молярная масса кислоты будет равна  $0,320 \text{ г} / 0,0039 \text{ моль} = \mathbf{82}$  г/моль.

## Задание № 2.2

### Условие:

Для нейтрализации раствора, содержащего 0,450 г двухосновной кислоты, потребовалось 20,0 мл 0,5 М раствора гидроксида натрия. Установите с точностью до целых молярную массу кислоты в г/моль, если известно, что образовалась двузамещенная соль.

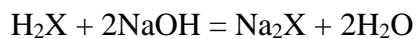


**Ответ:** 90

**Точное совпадение ответа — 4 балла**

*Решение.*

Запишем уравнение реакции в общем виде:



где X – кислотный остаток.

Количество вещества щёлочи составит:  $n(\text{NaOH}) = 20,0 \cdot 0,5 / 1000 = 0,01$  моль.

Согласно уравнению реакции, количество вещества кислоты в 2 раза меньше, то есть 0,005 моль. Тогда молярная масса кислоты будет равна  $0,450 \text{ г} / 0,005 \text{ моль} = \mathbf{90}$  г/моль.

### Задание № 3

---

#### Общее условие:

Для определения массовых долей элементов в органических веществах эти вещества сжигают в избытке кислорода, а затем анализируют состав полученной смеси газов. Раньше для анализа часто использовались колонки с поглотителями, через которые последовательно пропускали смесь образовавшихся газов.

#### Условие:

При сжигании органического вещества образовалась смесь  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$  и  $\text{N}_2$ . Укажите последовательность колонок с поглотителями, через которые эта смесь должна быть пропущена, чтобы по значениям изменений массы колонок можно было определить брутто-формулу сожженного вещества.

Склянка 1 – твердый КОН, склянка 2 – раскаленные магниевые стружки, склянка 3 –  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

*Ответ запишите без пробелов, например, 123.*

**Ответ:** 312

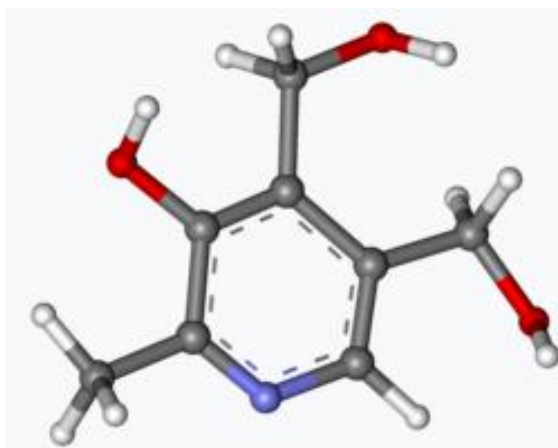
**Точное совпадение ответа — 3 балла**

#### *Решение.*

При расположении поглотителей важно, чтобы в каждом из них полностью поглощался только один из продуктов сгорания исследуемого вещества, в противном случае изменение массы одного из поглотителей будет связано с массой двух или более продуктов сжигания. В данном случае КОН способен поглощать как воду, так и  $\text{CO}_2$ , а Mg реагировать при нагревании не только с азотом, но и с  $\text{CO}_2$  и водой. Поэтому первым поглотителем необходимо разместить  $\text{P}_2\text{O}_5$ , извлекающий из смеси пары воды, затем КОН, не реагирующий с азотом, но извлекающий из оставшейся смеси  $\text{CO}_2$  и последним разместить металлический магний, реакции которого с азотом ничто теперь не мешает.

#### Условие:

Составьте уравнение реакции сгорания (с наименьшими возможными целочисленными коэффициентами) в избытке кислорода соединения, структурная формула которого изображена на рисунке (в состав соединения входят атомы С, Н, N, О, каждому элементу соответствует определенный цвет). В ответе укажите коэффициент при кислороде в этом уравнении.



**Ответ:** 37

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

*Решение.*

Выведем формулу вещества по структурной модели:  $C_8H_{11}NO_3$ . Составим уравнение его сжигания:  $4C_8H_{11}NO_3 + 37O_2 = 2N_2 + 32CO_2 + 22H_2O$

#### Задание № 4

---

**Условие:**

На картинке представлена окраска некоторого индикатора в водном растворе некоторой соли (индикатор приобрел малиновый цвет). Укажите, какие пары индикатор – соль приведут к возникновению такой окраски.



**Варианты для соотнесения:**

Лакмус

Метилоранж (метиловый оранжевый)

Фенолфталеин

Хлорид натрия

Карбонат калия

Сульфит натрия

Нитрат алюминия

Хлорид галлия

Ортофосфат натрия

Хлорид аммония

Сульфид цезия

**Ответ:**

Фенолфталеин — Карбонат калия

Фенолфталеин — Сульфит натрия

Фенолфталеин — Ортофосфат натрия

Фенолфталеин — Сульфид цезия

Каждое правильное соответствие — 0.5 балла, штраф за неверное соответствие — 0.5 балла

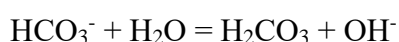
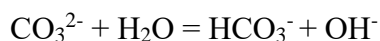
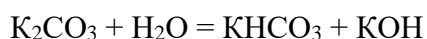
**Максимальный балл за задание — 2**

*Решение.*

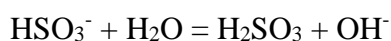
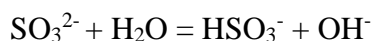
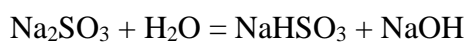
Среди перечисленных индикаторов малиновую окраску принимает только **фенолфталеин** в щелочной среде. Рассмотрим, растворы каких из перечисленных солей имеют щелочную реакцию среды.

1) Хлорид натрия – образован сильным основанием и сильной кислотой. Среда нейтральная

2) Карбонат калия – образован сильным основанием и слабой кислотой. Гидролизуется по аниону, среда щелочная:



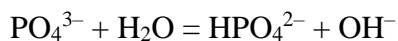
3) Сульфит натрия – образован сильным основанием и слабой кислотой. Гидролизуется по аниону, среда щелочная:



4) Нитрат алюминия – образован слабым основанием и сильной кислотой. Гидролизуется по катиону, среда кислая.

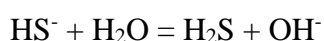
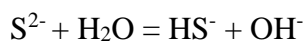
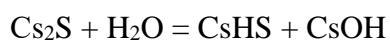
5) Хлорид галлия – образован хлороводородом (сильная кислота) и гидроксидом галлия. Галлий не является ни щелочным, ни щелочноземельным металлом, расположен в одной группе с алюминием, следовательно, образуемый им гидроксид сильным основанием не является. Хлорид галлия гидролизуется по катиону, среда кислая.

6) Ортофосфат натрия – образован сильным основанием (гидроксидом натрия). Фосфорная кислота – слабая кислота, ее формула не относится ни к одному из трех типов сильных кислородсодержащих кислот ( $\text{HXO}_3$ ,  $\text{HXO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{XO}_4$ ). Следовательно, соль гидролизуется по аниону, среда щелочная.



7) Хлорид аммония – образован сильной кислотой и слабым основанием. Гидролизуется по катиону, среда кислая.

8) Сульфид цезия. Сероводородная кислота – слабая. Цезий – щелочной металл, следовательно, образуемый им гидроксид является сильным основанием. Гидролиз протекает по аниону, среда щелочная.





### Задание № 5.1

---

**Условие:**

Кремний способен образовывать с водородом соединения, структурно подобные алканам. В некотором таком соединении массовая доля водорода равна 8.2%. Установите формулу этого соединения. В ответ запишите число атомов кремния в его молекуле.

**Ответ:** 4

**Точное совпадение ответа — 3 балла**

*Решение.*

Общая формула силанов может быть записана как  $\text{Si}_n\text{H}_{(2n+2)}$ , то есть на каждые  $n$  атомов кремния приходится  $2n+2$  атомов водорода.

Выразим массовую долю водорода в молекуле через  $n$ :  $w(\text{H}) = (2n+2)/(28n+2n+2) = 0.0823$ .

Преобразуем:  $(2n+2)/(28n+2n+2) = (2n+2)/(30n+2) = (n+1)/(15n+1) = 0.0823$ .

$$12.15n + 12.15 = 15n + 1$$

$$11.15 = 2.85n$$

$$n = 3.9 \approx 4$$

Молекула содержит 4 атома кремния и имеет формулу  $\text{Si}_4\text{H}_{10}$ .

## Задание № 5.2

---

### Условие:

Кремний способен образовывать с водородом соединения, структурно подобные алканам. В некотором таком соединении массовая доля водорода равна 8.7%. Установите формулу этого соединения. В ответ запишите число атомов кремния в его молекуле.

**Ответ:** 3

**Точное совпадение ответа — 3 балла**

*Решение.*

Общая формула силанов может быть записана как  $\text{Si}_n\text{H}_{(2n+2)}$ , то есть на каждые  $n$  атомов кремния приходится  $2n+2$  атомов водорода.

Выразим массовую долю водорода в молекуле через  $n$ :  $w(\text{H}) = (2n+2)/(28n+2n+2) = 0.0873$ .

Преобразуем:  $(2n+2)/(28n+2n+2) = (2n+2)/(30n+2) = (n+1)/(15n+1) = 0.0873$ .

$$11.45n + 11.45 = 15n + 1$$

$$10.45 = 3.55n$$

$$n = 3$$

Молекула содержит 3 атома кремния и имеет формулу  $\text{Si}_3\text{H}_8$ .

## Задание № 6

---

### Условие:

Установите соответствие между брутто-формулой органического соединения и числом его изомеров (включая геометрические).

### Варианты для соотнесения:

$C_3H_6$	1
$C_2H_6O$	2
$C_3H_9N$	3
$C_4H_8$	4
$C_3H_7Cl$	5
$C_2H_2Cl_2$	6

### Ответ:

$C_3H_6$  — 2

$C_2H_6O$  — 2

$C_3H_9N$  — 4

$C_4H_8$  — 6

$C_3H_7Cl$  — 2

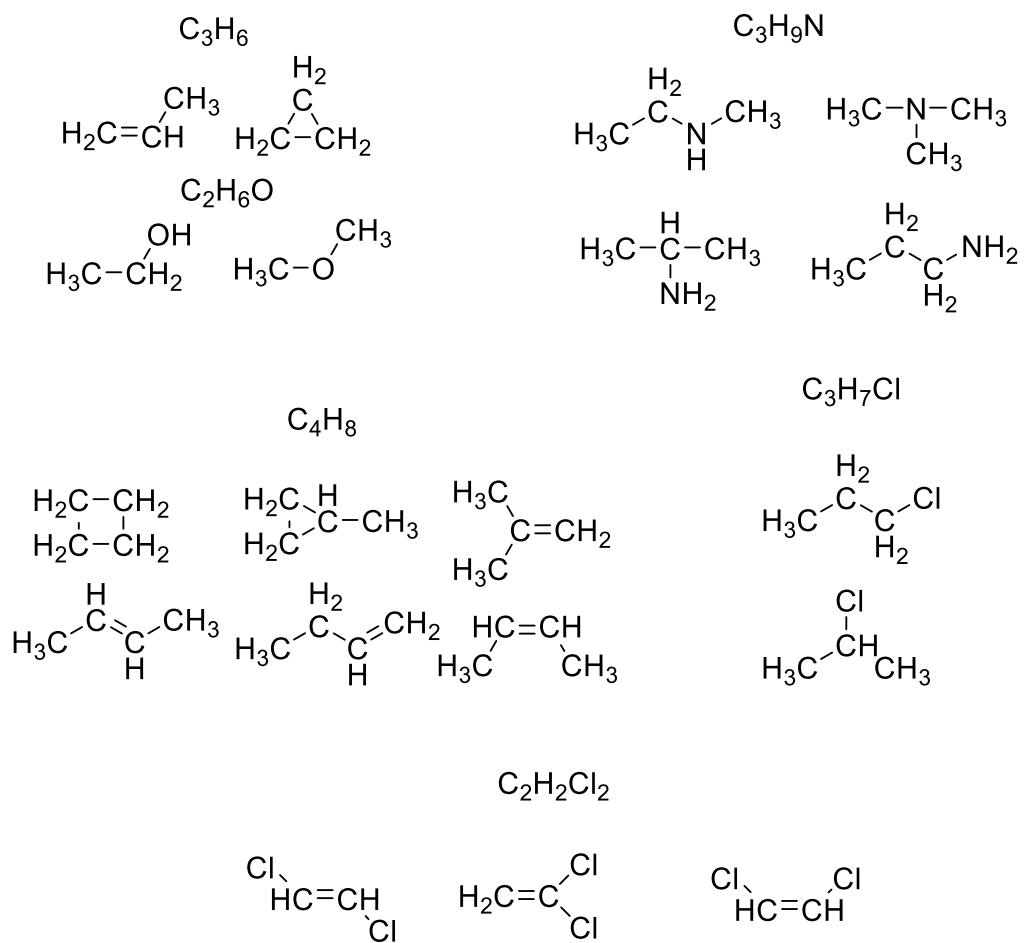
$C_2H_2Cl_2$  — 3

Каждое правильное соответствие — 0.75 балла

**Максимальный балл за задание — 4.5**

*Решение.*

Запишем все возможные стабильные изомеры указанных соединений:



При выполнении задания необходимо помнить про возможность образования циклов и геометрическую изомерию.

## Задание № 7

---

### Общее условие:

Международным сообществом поставлена задача максимально снизить выбросы углекислого газа в атмосферу в ближайшие десятилетия. Однако для целого ряда химических производств избежать выбросов не удастся. На эти случаи разработан регламент компенсации выбросов высадкой пропорционального количества деревьев.

Известно, что взрослая сосна содержит в среднем 620 кг различных полисахаридов, простейшую формулу которых можно записать как  $C_6H_{10}O_5$ .



### Условие:

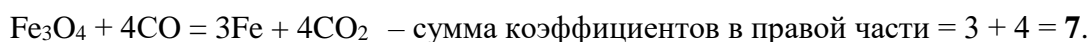
Запишите уравнение реакции полного восстановления  $Fe_3O_4$  оксидом углерода (II) в доменной печи. В ответе укажите сумму коэффициентов в правой части уравнения этой реакции.

**Ответ:** 7

**Точное совпадение ответа — 1 балл**

*Решение.*

Уравнение восстановления  $Fe_3O_4$  угарным газом в доменной печи:



### Условие:

Деревья поглощают углекислый газ в процессе фотосинтеза. Запишите суммарное уравнение образования  $C_6H_{10}O_5$  в ходе фотосинтеза. В ответе укажите формулу второго продукта этого процесса.

**Ответ:** O<sub>2</sub>

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

*Решение.*

Уравнение фотосинтеза:  $6\text{CO}_2 + 5\text{H}_2\text{O} = \text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5 + 6\text{O}_2$

**Условие:**

Рассчитайте, получение какой массы железа в кг по реакции из пункта 1 может быть скомпенсировано выращиванием одной сосны.

**Ответ:** принимается значение в интервале [950; 970]

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

*Решение.*

Количество (моль) полисахаридов в составе 1 сосны:

$$n = m/M(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5) = 620\,000 \text{ г} / 162 \text{ г/моль} = 3827 \text{ моль.}$$

По уравнению реакции фотосинтеза,  $n(\text{CO}_2) = 6 \cdot n(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)$ , а по уравнению реакции восстановления железа,  $n(\text{Fe}) = 3 \cdot n(\text{CO}_2)/4 = 4,5 \cdot n(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5) = 4,5 \cdot 3827 \text{ моль} = 17\,222 \text{ моль.}$

Вычислим массу образующегося железа:

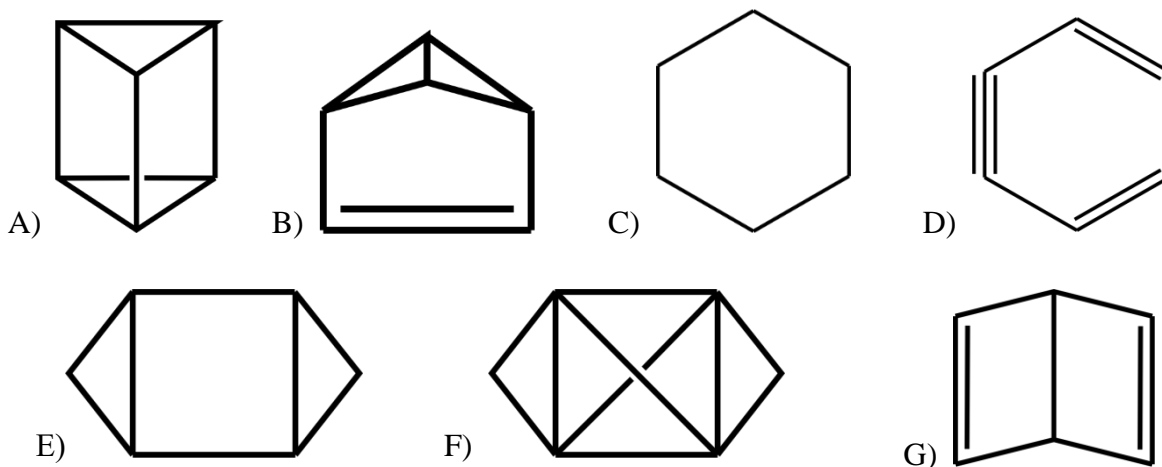
$$m(\text{Fe}) = 56 \text{ г/моль} \cdot 17\,222 \text{ моль} = \mathbf{964 \text{ кг.}}$$

### Задание № 8

#### Условие:

Во второй половине XIX века велись споры о структурной формуле бензола  $C_6H_6$ , выделенного в 1825 году. Помимо общепризнанной сейчас формулы были предложены и другие. Из приведённых ниже структурных формул веществ выберите те, которые изомерны бензолу. Имейте в виду, что каждая вершина соответствует атому углерода, а атомы водорода не показаны.

#### Варианты ответов:



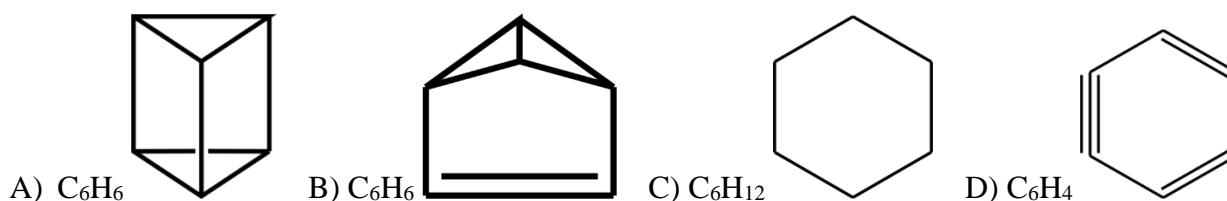
Ответ: ABG

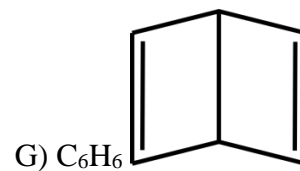
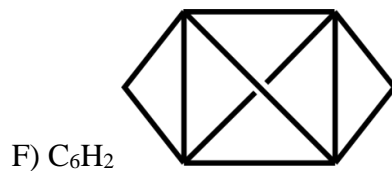
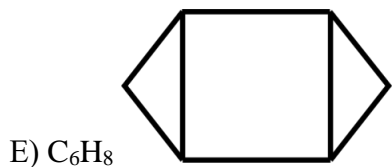
Каждое правильное соответствие — 1.5 балла, штраф за неправильный ответ — 1.5 балла

Максимальный балл за задание — 4.5

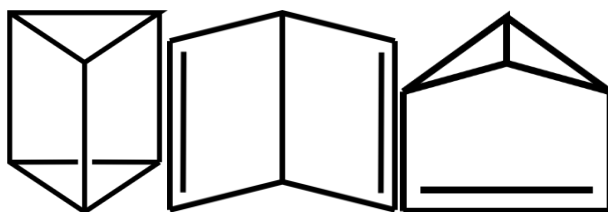
#### Решение.

Каждой структурной формуле сопоставим брутт-формулу исходя из того, что линии обозначают связи C–C, а вершины, в которых эти линии пересекаются, — четырёхвалентные атомы углерода.





Изомерными будут те вещества, которые имеют ту же формулу, что и бензол ( $C_6H_6$ ), то есть:





## Задание № 9

---

### Общее условие:

Бинарное соединение **X**, массовая доля металла в котором равна 48,28%, является одним из важнейших компонентов солнечных батарей. Оно растворяется в соляной кислоте с выделением газа **A** (молярная масса 78 г/моль). Молекула газа **A** отличается от молекулы аммиака только одним атомом. При небольшом нагревании газ **A** разлагается с образованием газа **B** (молярная масса 2 г/моль). Запишите формулы зашифрованных веществ.

### Условие:

Вещество **X**:

**Ответ:** GaAs или AsGa

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

### Условие:

Вещество **A**:

**Ответ:** AsH<sub>3</sub> или H<sub>3</sub>As

**Точное совпадение ответа — 1 балл**

### Условие:

Вещество **B**:

**Ответ:** H<sub>2</sub>

**Точное совпадение ответа — 1 балл**

### Решение.

Из газообразных веществ молярную массу 2 г/моль имеют гелий и водород. Однако гелий не может получиться в результате разложения какого-либо вещества, так как он не образует сложных веществ, следовательно, вещество **B** – водород (H<sub>2</sub>).

Молекула **A** отличается от молекулы аммиака одним атомом. Этим атомом может быть азот или водород. Предположим, что молекула **A** отличается от молекулы аммиака ( $\text{NH}_3$ ) одним атомом водорода, то есть имеет формулу  $\text{NH}_2\text{Э}$ . Тогда, раз  $M(\text{A}) = 78$  г/моль, то  $M(\text{Э}) = M(\text{A}) - M(\text{NH}_2) = 78 - 16 = 62$  г/моль, что не соответствует ни одному элементу, значит, предположение неверно.

Остаётся вариант, когда молекула **A** отличается от молекулы аммиака заменой азота ( $\text{ЭH}_3$ ). Молярная масса **A** составляет 78 г/моль, откуда  $M(\text{A}) = M(\text{ЭH}_3) - 3 \cdot M(\text{H}) = 78 - 3 = 75$  г/моль, что соответствует относительной атомной массе мышьяка, поэтому **A** =  $\text{AsH}_3$  (или  $\text{H}_3\text{As}$ ).

Мышьяк в газе **A**, как в продукте реакции **X** и соляной кислоты, мог появиться только из **X**. **X** – бинарное соединение, состоящее из неметалла мышьяка и какого-то металла (обозначим его  $\text{Me}$ ). Формулу **X** можно записать так:  $\text{Me}_n\text{As}_m$ .

$$\omega(\text{As}) = 1 - \omega(\text{Me}) = 1 - 0,4828 = 0,5172$$

$$\omega(\text{As}) = \frac{m \cdot M(\text{As})}{m \cdot M(\text{As}) + n \cdot M(\text{Me})} = 0,5172$$

Откуда:

$$M(\text{Me}) = 0,933 \cdot M(\text{As}) \cdot (m/n) = 70 (m/n), \text{ где } m \text{ и } n \text{ – натуральные числа.}$$

При  $m = n = 1$   $M(\text{Me}) = 70$  г/моль, что соответствует Ga, тогда **X** =  $\text{GaAs}$ , что хорошо согласуется с представлениями о валентности – галлий как аналог алюминия, а мышьяк как аналог азота проявляют валентности, равные трём, и соединяются в соотношении 1:1.

## Задание № 10

---

### Общее условие:

Органическое вещество **A** не имеет кратных связей, но присоединяет водород с образованием н-бутана в качестве единственного продукта. Вещество **B** является изомером **A** и в результате присоединения водорода даёт два продукта: н-бутан и **C**. Назовите вещества **A**, **B**, **C** по номенклатуре ИЮПАК.

### Условие:

Вещество **A**:

**Ответ:** циклобутан

**Точное совпадение ответа — 1 балл**

### Условие:

Вещество **B**:

**Ответ:** метилциклопропан или 1-метилциклопропан

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

### Условие:

Вещество **C**:

**Ответ:** 2-метилпропан или изобутан

**Точное совпадение ответа — 1 балл**

### Решение.

По условию вещества не содержат кратных связей. Как известно, присоединение  $H_2$  наряду с ненасыщенными соединениями, характерно для углеводородов, содержащих циклы из 3 или 4 атомов углерода. Оно происходит с раскрытием цикла. Образование бутана в качестве единственного продукта присоединения  $H_2$  возможно только в том случае, если вещество **A** = циклобутан.

Два продукта присоединения  $H_2$  к веществу **B** состава  $C_4H_8$  возможно в том случае, если связи С-С в малом цикле неравноценны (в отличие от циклобутана). Таким изомером **A** является метилциклопропан: присоединение  $H_2$  по связи между вторичным и третичным атомами углерода приведёт к н-бутану, а присоединение по связи между вторичными атомами углерода приведёт к 2-метилпропану (вещество **C**).

## Задание № 11

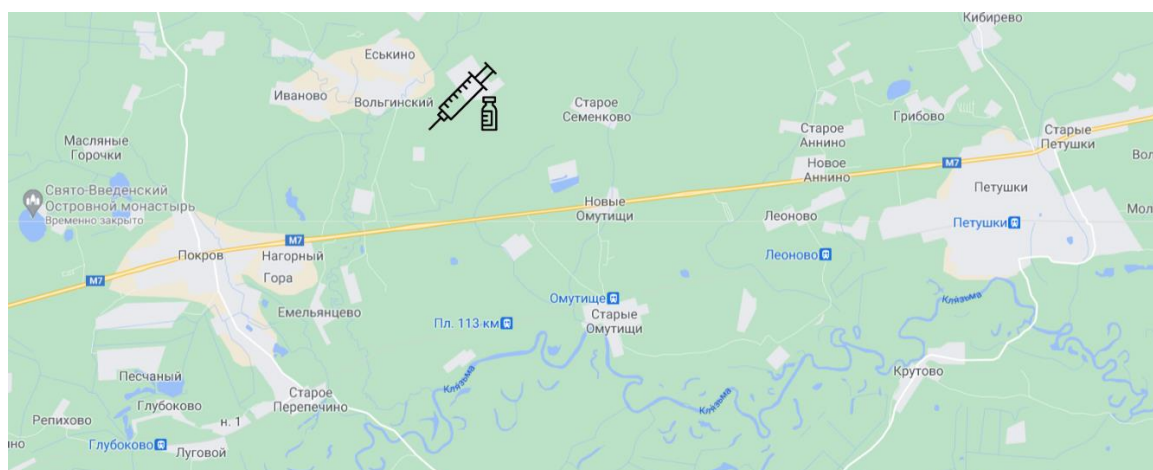
### Общее условие:

Вакцину «Спутник V» производят в России на шести заводах: в Москве, Зеленограде, Стрельне, Уфе и поселке Вольгинский Владимирской области, в котором находятся сразу два завода. Вся производимая вакцина развозится по регионам в авторефрижераторах, где она находится при температуре ниже  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Считается, что при такой температуре срок хранения вакцины составляет 12 месяцев. В обычном же холодильнике при  $+2\text{ }^{\circ}\text{C}$  срок хранения снижается до 2 месяцев.

Срок хранения лекарственных препаратов и пищевых продуктов иногда оценивают по знакомой вам формуле Вант-Гоффа:

$$\tau_1/\tau_2 = \gamma^{(t_2 - t_1)/10}$$

где  $\tau_1$  и  $\tau_2$  – времена хранения при температурах  $t_1$  и  $t_2$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) соответственно.



### Условие:

Рассчитайте с точностью до десятых значение температурного коэффициента  $\gamma$  в уравнении Вант-Гоффа для срока хранения вакцины.

**Ответ:** принимается значение в интервале [2,4;2,5]

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

### Решение.

Подставим в формулу Вант-Гоффа данные о сроках хранения при  $+2\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ , указанные в условии:

$$12 \text{ мес.} / 2 \text{ мес.} = \gamma^{(2 - (-18))/10}, \text{ откуда } 6 = \gamma^2, \gamma = \sqrt{6} \approx \mathbf{2,45}.$$

**Условие:**

Оцените, сколько времени в сутках может храниться вакцина при 25 °С.

**Ответ:** принимается значение в интервале [7;9]

**Точное совпадение ответа — 3 балла**

*Решение.*

Пусть T (мес.) – время хранения вакцины при 25 °С, подставим в уравнение:

$$2 \text{ мес.}/T = 2.45^{(25-2)/10} = 2.45^{2.3} \approx 7.85, \text{ откуда } T = 2 \text{ мес.}/7.85 = 0.2546 \text{ мес.} \cdot (365.25 \text{ дней}/12 \text{ мес}) =$$

**7,75 суток.**

## Задание № 12

---

### Условие:

Гептил (1,1-диметилгидразин,  $(\text{CH}_3)_2\text{N}_2\text{H}_2$ ) является компонентом ракетного топлива. В качестве окислителя гептила используют тетраоксид азота ( $\text{N}_2\text{O}_4$ ). Вычислите стандартную энтальпию сгорания одного моля гептила в тетраоксиде азота в кДж/моль с точностью до десятых.

*Справочные данные по стандартным энтальпиям образования соединений:*

$$\Delta_f H^0_{298}(\text{CO}_2) = -393,5 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta_f H^0_{298}(\text{H}_2\text{O}_{\text{газ}}) = -241,8 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta_f H^0_{298}(\text{N}_2\text{O}_4) = 9,6 \text{ кДж/моль}$$

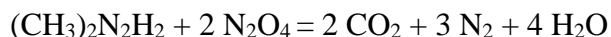
$$\Delta_f H^0_{298}((\text{CH}_3)_2\text{N}_2\text{H}_2) = 46,3 \text{ кДж/моль}$$

**Ответ:** принимается значение в интервале  $[-1820; -1819]$

**Точное совпадение ответа — 5 баллов**

*Решение.*

Запишем уравнение сгорания гептила в тетраоксиде азота исходя из того, что при действии сильных окислителей на органические соединения углерод переходит в углекислый газ, водород – в воду, а азот – в молекулярный азот:



Стандартная энтальпия реакции равна разности между стандартной энтальпией образования продуктов и стандартной энтальпией образования реагентов, то есть:

$$\Delta_r H^0_{298} = 2 \cdot \Delta_f H^0_{298}(\text{CO}_2) + 3 \cdot \Delta_f H^0_{298}(\text{N}_2) + 4 \cdot \Delta_f H^0_{298}(\text{H}_2\text{O}_{\text{газ}}) - 2 \cdot \Delta_f H^0_{298}(\text{N}_2\text{O}_4) - \Delta_f H^0_{298}((\text{CH}_3)_2\text{N}_2\text{H}_2) = 2 \cdot (-393,5) + 3 \cdot (0) + 4 \cdot (-241,8) - 2 \cdot 9,6 - 46,3 = -1819,7 \text{ кДж/моль}$$

Не забудьте, что стандартная энтальпия образования простых веществ (в том числе и азота) по соглашению выбрана равной нулю.