

Разбор заданий школьного этапа ВсОШ по химии для 10 класса

(группа № 2)

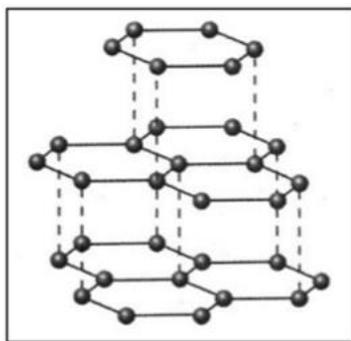
2021/22 учебный год

Максимальное количество баллов — 50

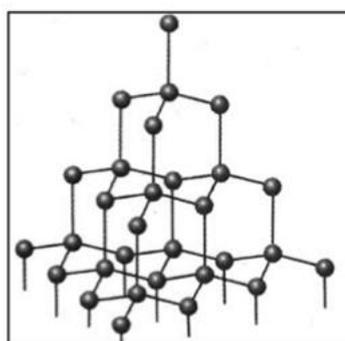
Задание № 1

Условие:

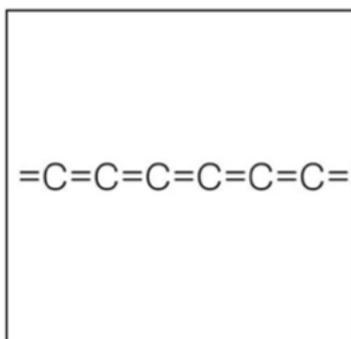
Сопоставьте аллотропные модификации углерода и тип гибридизации атомных орбиталей углерода в них.



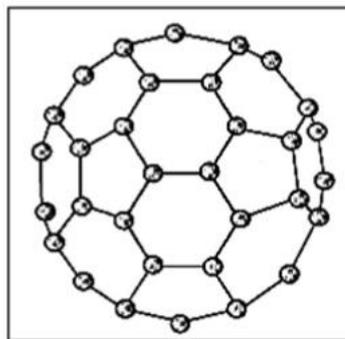
Графит



Алмаз



β -карбин



Фуллерен

Варианты для соотнесения:

sp

sp^2

s^2p

sp^3

sp^3d

sp^4

sp^3d^2

Графит

Алмаз

β -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 σ -связи, а негибридные p -орбитали — π -связи. Рассмотрим представленные соединения:

Графит – образует 3 σ -связи - sp^2 -гибридизация

Алмаз - образует 4 σ -связи – sp^3 -гибридизация

β -карбин – образует 2 σ -связи - sp -гибридизация

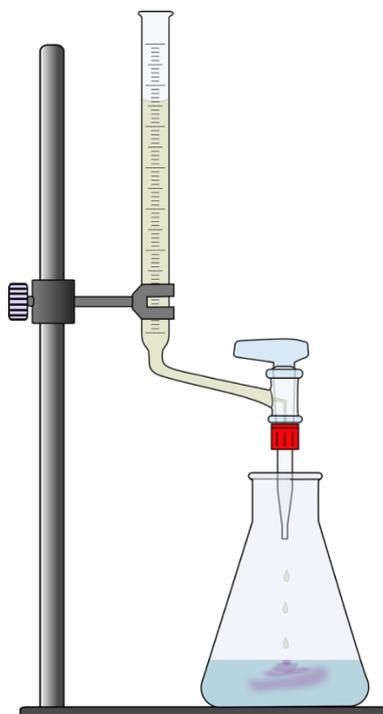
фуллерен – образует 3 σ -связи - sp^2 -гибридизация

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.

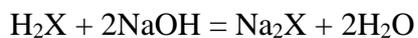


Ответ: 82

Точное совпадение ответа — 4 балла

Решение.

Запишем уравнение реакции в общем виде:



где X – кислотный остаток.

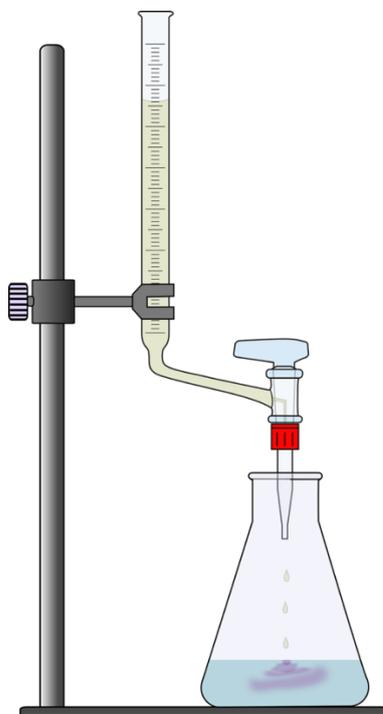
Количество вещества щёлочи составит: $n(\text{NaOH}) = 15,6 \cdot 0,5 / 1000 = 0,0078$ моль.

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.

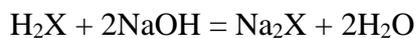


Ответ: 90

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 H_2O , CO_2 и 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 – P_2O_5 .

Ответ запишите без пробелов, например, 123.

Ответ: 312

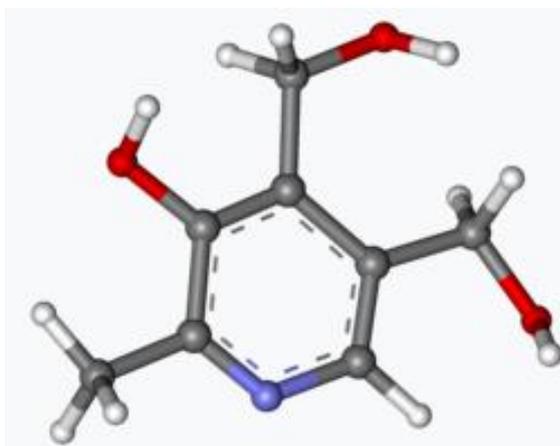
Точное совпадение ответа — 3 балла

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 CO_2 , а Mg реагировать при нагревании не только с азотом, но и с CO_2 и водой. Поэтому первым поглотителем необходимо разместить P_2O_5 , извлекающий из смеси пары воды, затем КОН, не реагирующий с азотом, но извлекающий из оставшейся смеси 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

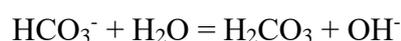
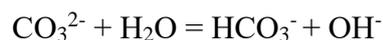
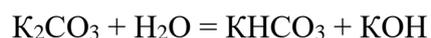
Максимальный балл за задание — 2

Решение.

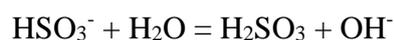
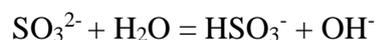
Среди перечисленных индикаторов малиновую окраску принимает только **фенолфталеин** в щелочной среде. Рассмотрим, растворы каких из перечисленных солей имеют щелочную реакцию среды.

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

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



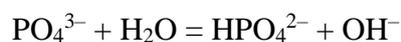
3) Сульфит натрия – образован сильным основанием и слабой кислотой. Гидролизуетя по аниону, среда щелочная:



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

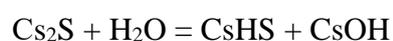
5) Хлорид галлия – образован хлороводородом (сильная кислота) и гидроксидом галлия. Галлий не является ни щелочным, ни щелочноземельным металлом, расположен в одной группе с алюминием, следовательно, образуемый им гидроксид сильным основанием не является. Хлорид галлия гидролизуетя по катиону, среда 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 (HXO_3 , HXO_4 , H_2XO_4). Следовательно, соль гидролизуетя по аниону, среда щелочная.



7) Хлорид аммония – образован сильной кислотой и слабым основанием. Гидролизуетя 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 Si_4H_{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 Si_3H_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

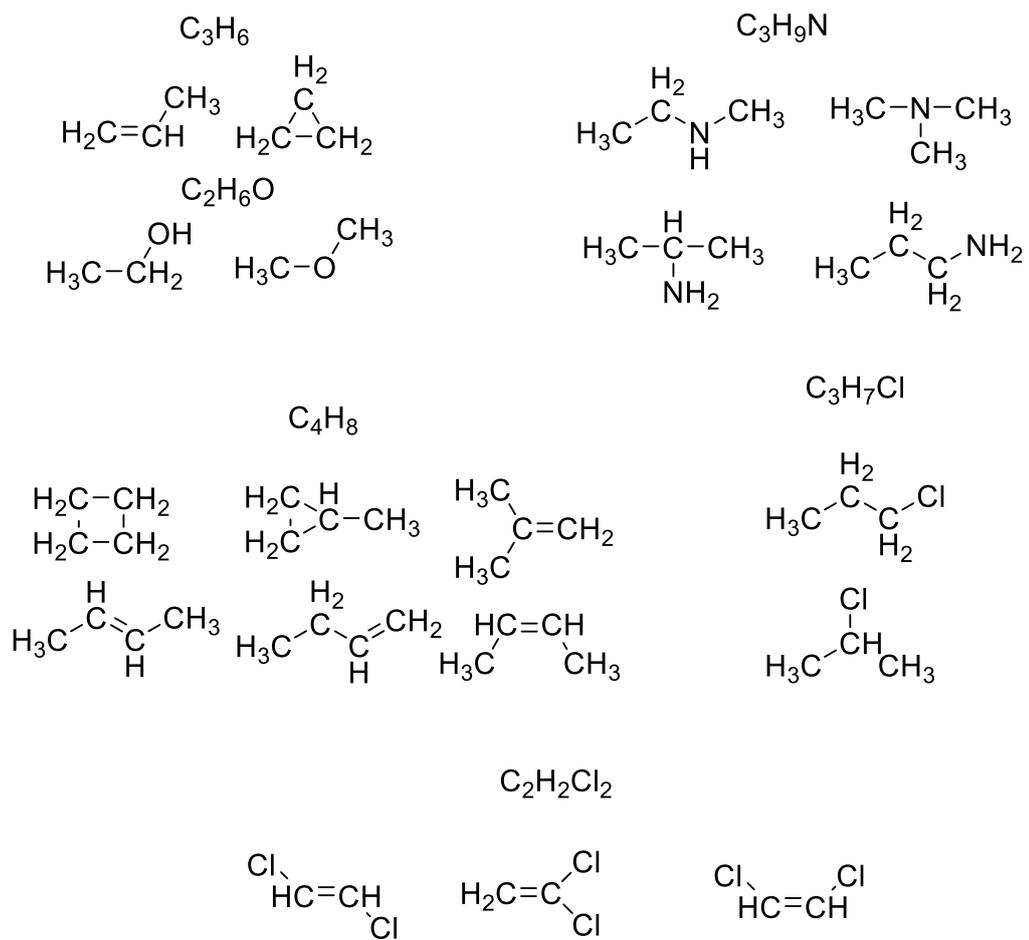
$C_2H_2Cl_2$ — 3

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:

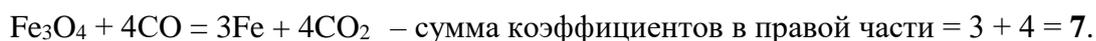
Запишите уравнение реакции полного восстановления Fe_3O_4 оксидом углерода (II) в доменной печи. В ответе укажите сумму коэффициентов в правой части уравнения этой реакции.

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: O₂

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:

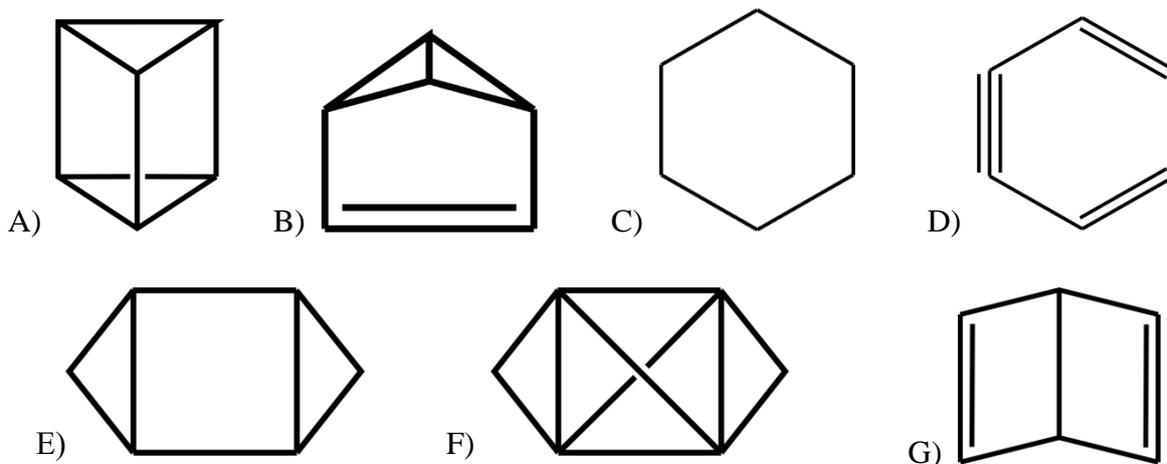
$$m(\text{Fe}) = 56 \text{ г/моль} \cdot 17\,222 \text{ моль} = \mathbf{964 \text{ кг.}}$$

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:



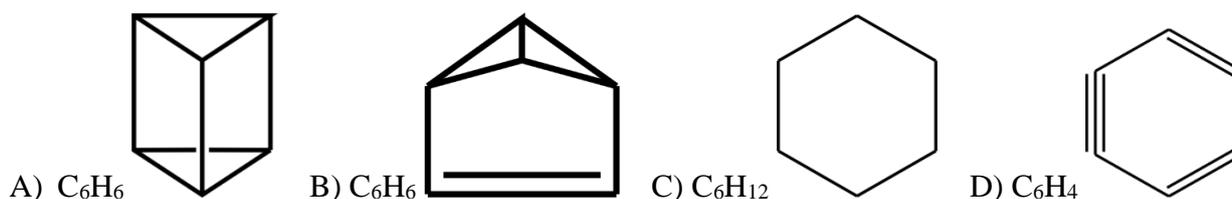
Ответ: ABG

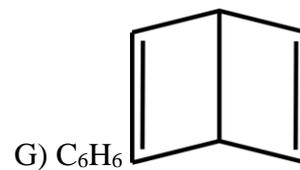
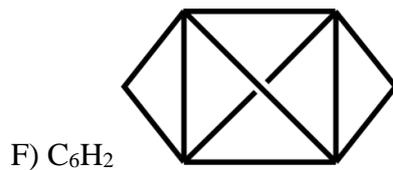
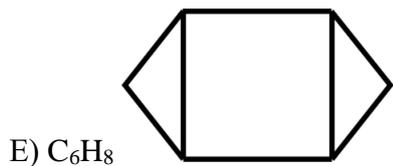
Каждое правильное соответствие — 1.5 балла, штраф за неправильный ответ — 1.5 балла

Максимальный балл за задание — 4.5

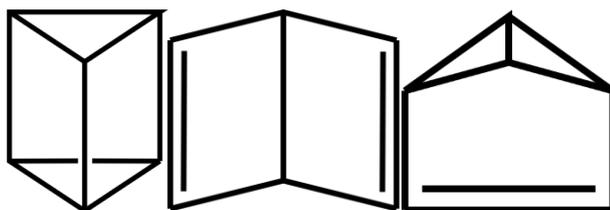
Решение.

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: AsH₃ или H₃As

Точное совпадение ответа — 1 балл

Условие:

Вещество **B**:

Ответ: H₂

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 (H₂).

Молекула **A** отличается от молекулы аммиака одним атомом. Этим атомом может быть азот или водород. Предположим, что молекула **A** отличается от молекулы аммиака (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 (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** = AsH_3 (или H_3As).

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 Me). Формулу **X** можно записать так: Me_nAs_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** = 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

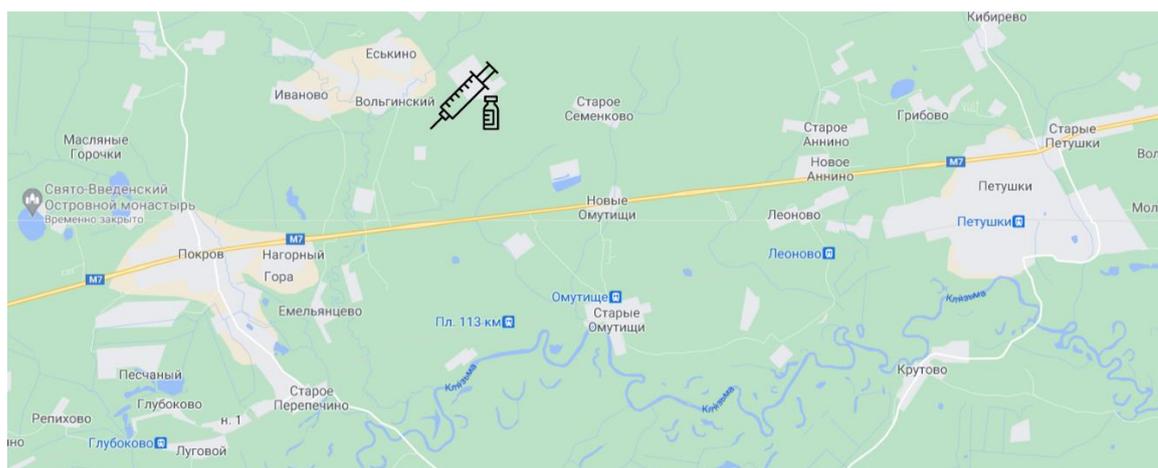
Общее условие:

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 τ_1 и τ_2 – времена хранения при температурах t_1 и t_2 ($^{\circ}\text{C}$) соответственно.



Условие:

Рассчитайте с точностью до десятых значение температурного коэффициента γ 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 (N_2O_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:

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

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

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

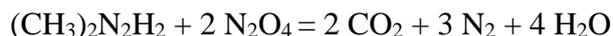
$$\Delta_f H^0_{298}((\text{CH}_3)_2\text{N}_2\text{H}_2) = 46,3 \text{ кДж/моль}$$

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.