

### 10 класс I вариант

1. В распоряжении юного химика имеются: стиральная сода, медный купорос, железо. Предложите не менее 10 веществ, которые он мог бы синтезировать, не используя никаких других реактивов. Набор оборудования для проведения химических реакций считайте неограниченным.

#### Решение:

Задача имеет несколько возможных решений. Ниже приведено одно из них:

- 1)  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O} = \text{Na}_2\text{CO}_3$  (1) +  $10\text{H}_2\text{O}$  (2)
- 2)  $2\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_2$  (3) +  $\text{O}_2$  (4) (электролиз раствора  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )
- 3)  $\text{H}_2 + \text{O}_2 = \text{H}_2\text{O}_2$  (5)
- 4)  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} = \text{CuSO}_4$  (6) +  $5\text{H}_2\text{O}$
- 5)  $2\text{CuSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{Cu}$  (7) +  $\text{O}_2$  +  $2\text{H}_2\text{SO}_4$  (8) (электролиз)
- 6)  $2\text{CuSO}_4 + 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} = (\text{CuOH})_2\text{CO}_3$  (9) +  $2\text{Na}_2\text{SO}_4$  (10) +  $\text{CO}_2$  (11)
- 7)  $\text{CuSO}_4 + \text{Fe} = \text{FeSO}_4$  (12) +  $\text{Cu}$

#### Разбалловка:

По 0,5 балла за вещество. Если не указаны условия протекания реакции (при том, что это принципиально) – 0,25 балла.

#### Итого: 5 баллов

2. Одинаковые по массе образцы некоторого металла сожгли в закрытых сосудах, заполненных один – хлором, второй – парами иода. После того, как сосуды охладили, оказалось, что масса твердого вещества в одном сосуде в 1,8775 раза больше, чем в другом. Определите металл, если известно, что его валентность в обоих случаях одинакова. Для образуемых данным металлом простого вещества, оксида и гидроксида приведите по два уравнения реакций, как можно более полно характеризующих их химические свойства. *Примечание: при решении задачи округляйте атомные массы элементов до десятых*

#### Решение:

Рассмотрим металлы с валентностью 1. Для них будет справедливо соотношение:

$$(M + 126,9)/(M + 35,5) = 1,8775$$

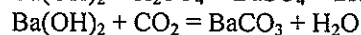
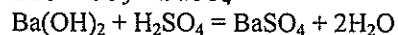
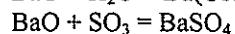
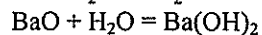
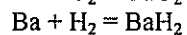
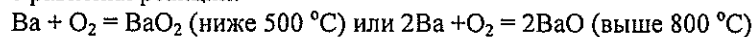
Тогда  $M = 68,7$  г/моль – таких металлов нет

Пусть валентность металла равна 2. Тогда справедливо:

$$(M + 126,9 \cdot 2)/(M + 35,5 \cdot 2) = 1,8775$$

$M = 137,4$  г/моль – эта атомная масса соответствует барию.

Уравнения реакций:



#### Разбалловка:

Определение металла – 2 балла

Характеристика химических свойств – 3 балла (по 0,5 балла за каждую реакцию; если тип реакции повторяется (например, дважды приведена реакция гидроксида бария с кислотой) баллы не начисляются)

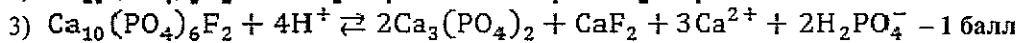
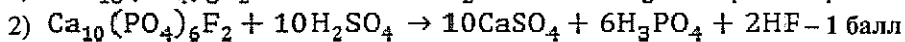
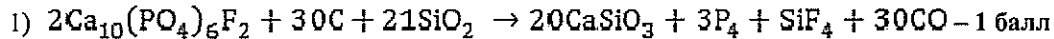
#### Итого: 5 баллов

3. Минерал  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$  является одним из самых распространенных фосфорсодержащих минералов в природе. При сплавлении с диоксидом кремния и углем в промышленности из него получают фосфор (1), при обработке концентрированной серной кислотой – ортофосфорную кислоту (2). Также этот минерал является основным компонентом зубной эмали. После приема пищи среда ротовой полости становится кислой и эмаль

разрушается (3). Для ее восстановления в зубную пасту добавляют фториды. Поясните механизм этого процесса.

- 1) Приведите название минерала;
- 2) Напишите уравнения реакций (1-3).

Решение:



4) При добавлении фторидов равновесие (3) смещается в сторону исходных веществ и зубная эмаль восстанавливается. – 1 балл

5) Минерал – фторапатит – 1 балл.

Итого: 5 баллов

4. Самыми дешевыми и доступными средствами индивидуального обогрева являются различные грелки (термопакеты) для рук и ног. Тепло выделяется в результате экзотермического процесса (химического или физического), происходящего внутри таких грелок.

Многоразовая солевая грелка представляет собой герметичную емкость, которая наполнена перенасыщенным жидким водным раствором сульфата натрия. Грелка приводится в действие сгибанием внутри грелки упругой металлической пластины («пускателя»), вызывающим кристаллизацию пересыщенного раствора с образованием  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  и выделением 252 кДж теплоты в расчете на килограмм кристаллогидрата.

В одноразовой химической грелке процесс выделения тепла запускают добавлением воды к изначально сухой смеси хлорида меди(II), древесных опилок и железного порошка.

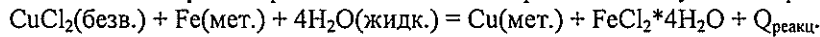
Запишите химическую реакцию, протекающую в химической грелке. Рассчитайте, какие массы реагентов надо смешать для получения химической грелки, дающей то же количество тепла, что и солевая грелка массой 500 г. Для чего в химическую грелку добавляют древесные опилки? В чем заключается роль воды?

Примечание: теплоты образования (в кДж/моль) жидкой воды, хлорида меди(II), тетрагидрата хлорида железа(II) равны 286, 216 и 1552, соответственно.

Решение:

При кристаллизации 500 граммов пересыщенного раствора сульфата натрия выделяется теплоты  $Q_{\text{сол.гр.}} = 252 \cdot 500 / 1000 = 126$  кДж.

В химической грелке при добавлении воды протекает следующая термохимическая реакция



Теплота реакции равна  $Q_{\text{реакц.}} = (1 \text{ моль}) \cdot Q_{\text{обр.}}(\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}) - (1 \text{ моль}) \cdot Q_{\text{обр.}}(\text{CuCl}_2) - (4 \text{ моль}) \cdot Q_{\text{обр.}}(\text{H}_2\text{O}) = 1552 - 216 - 4 \cdot 286 = 192$  кДж.

Для химической грелки с тем же самым выделением тепла, что и в солевой, надо взять:

$n(\text{CuCl}_2) = n(\text{Fe}) = (Q_{\text{сол.гр.}} / Q_{\text{реакц.}}) = 0.656$  моль, т.е.  $0.656 \cdot 134.5 = \mathbf{88.3}$  граммов хлорида меди(II) и  $0.656 \cdot 56 = \mathbf{36.7}$  граммов железа и воды не менее  $0.656 \cdot 4 \cdot 18 = \mathbf{47.3}$  граммов.

Древесные опилки в химической грелке используются как инертный разбавитель: в составах без опилок тепло выделяется интенсивней, что приводит к быстрому завершению работы грелки и сильному её разогреванию.

В сухой смеси хлорида меди и железных опилок реакция не идет по причине малой площади контакта реагентов. Добавление воды растворяет хлорид меди и это запускает химическую реакцию между растворенным хлоридом меди и металлическим железом.

Разбалловка:

Расчет количества теплоты, выделившейся при работе солевой грелки **0.5 балла**

Запись термохимического уравнения (если записано только химическое уравнение или не учтена в записи реакции вода, то давать только половину балла) **1 балл**

Расчет теплоты химической реакции **1 балл**

Расчет масс хлорида меди и железа **1 балл**

Роль древесных опилок **0.5 балла**

Ответ на вопрос о роли воды **1 балл**

Итого: 5 баллов

5. В лаборатории была найдена ампула с неизвестным углеводородом А. Содержимое ампулы разделили на две равные части. Первую обработали избытком аммиачного раствора оксида серебра, в результате чего образовался осадок Б массой 10.0 г. Другую половину – избытком брома, в результате чего образовался осадок В массой 21.27 г. Определите структуры соединений А – В, если известно, что углеводород А содержит пять типов (химически неэквивалентных) атомов углерода.

Решение:

Реакция углеводорода с  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$  с выпадением осадка – это качественная реакция на наличие в соединении концевой тройной связи, при этом осадком является ацетиленид серебра. Следовательно, А содержит концевую тройную связь и может присоединить 2 эквивалента брома (или более, если в А имеются ещё другие кратные связи).

Количество углеводорода А:  $n(\text{A}) = 10.0 / (M(\text{A}) - 1 + 108)$

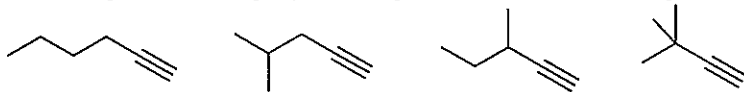
В то же время:  $n(\text{A}) = 21.27 / (M(\text{A}) + x \cdot 160)$ , где  $x$  – количество присоединённых эквивалентов брома. Приравнивая оба выражения, получаем:

$10.0 / (M(\text{A}) + 107) = 21.27 / (M(\text{A}) + x \cdot 160)$ , откуда  $M(\text{A}) = 142x - 202$ .

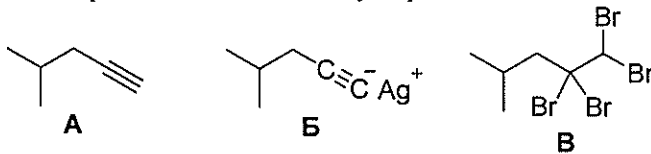
При  $x = 2$  получаем  $M = 82$ , это углеводород  $\text{C}_6\text{H}_{10}$ , что как раз соответствует алкину.

При  $x = 3$  получаем  $M = 224$ , однако углеводород  $C_{16}H_{32}$  может быть только алкеном или циклоалканом, и поэтому не может присоединить три эквивалента брома.

Таким образом, изомеры углеводорода  $C_6H_{10}$  с концевой тройной связью:



Из которых пять типов атомов углерода имеет только 4-метилпент-1-ин:



**Рекомендации к оцениванию:**

- 1) Выход на брутто-формулу
- 2) Структура А
- 3) Структуры Б и В

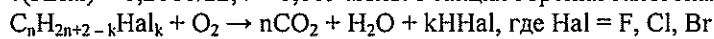
= 1 балл  
= 2 балла  
1\*2 = 2 балла  
**5 баллов**

**ИТОГО**

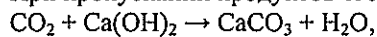
6. Пары галогеналкана объёмом 201,6 мл (н.у.) сожгли в кислороде. При пропускании продуктов сгорания через избыток раствора гидроксида кальция выпало 3,402 г белого осадка. Определите молекулярную формулу исходного соединения и изобразите все его возможные структурные изомеры. *Примечание: продукты сгорания не окрашены.*

**Решение:**

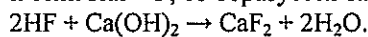
$\nu(RHal) = 0,2016/22,4 = 0,009$  моль. Реакция горения галогеналкана:



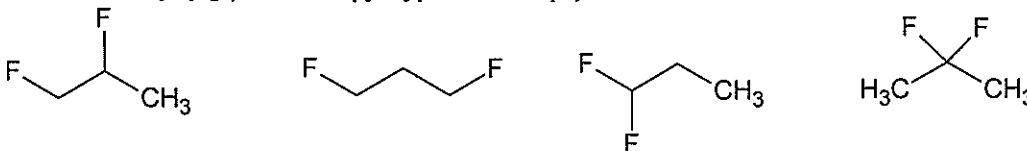
При пропускании продуктов сгорания через раствор гидроксида кальция выпадает осадок карбоната кальция:



и если  $Hal = F$ , то образуется также и фторид кальция:



Если  $Hal = Cl$  или  $Br$ , то  $\nu(RHal) = \nu(CaCO_3)/n$ , т.е.  $n = (3,402/100)/0,009 = 3,78$  – не подходит по химическому смыслу. Значит,  $Hal = F$  и масса осадка равна сумме масс  $CaCO_3$  и  $CaF_2$ .  $\nu(CaCO_3) = n \cdot \nu(RHal)$ ;  $\nu(CaF_2) = 0,5k \cdot \nu(RHal)$ . Тогда  $100 \cdot n \cdot 0,009 + 0,5k \cdot 0,009 \cdot 78 = 3,402$ . Откуда  $n = 3,78 - 0,39k$ . По химическому смыслу  $n > 0$ , т.е.  $k < 9,7$ . В натуральных числах уравнение имеет единственное решение:  $k = 2$ ,  $n = 3$ , т.е. исходное соединение  $C_3H_6F_2$  (имеет 4 структурных изомера):



**Рекомендации к оцениванию:**

- 1) Реакция горения или стехиометрическая схема
- 2) Уравнения по 1 баллу
- 3) Вывод, что  $Hal = F$
- 4) Молекулярная формула
- 5) Изомеры по 0,5 балла

= 0,5 балла  
 $0,5 \cdot 2 = 1$  балл  
0,5 балла  
1 балл  
 $0,5 \cdot 4 = 2$  балла  
**5 баллов**

**ИТОГО**

### 10 класс II вариант

1. В распоряжении юного химика имеются: нашатырь, магний, дигидрат хлорида меди(II). Предложите не менее 10 веществ, которые он мог бы синтезировать, не используя никаких других реактивов. Набор оборудования для проведения химических реакций считайте неограниченным.

**Решение:**

Задача имеет несколько возможных решений. Ниже приведено одно из них:

- 1)  $NH_4Cl = NH_3$  (1) +  $HCl$  (2) (нагрев)
- 2)  $CuCl_2 \cdot 2H_2O = CuCl_2$  (3) +  $2H_2O$
- 3)  $2H_2O = 2H_2$  (4) +  $O_2$  (5) (электролиз раствора  $NH_4Cl$ )
- 4)  $H_2 + O_2 = H_2O_2$  (6)
- 5)  $CuCl_2 = Cu$  (7) +  $Cl_2$  (8) (электролиз расплава)
- 6)  $CuCl_2 + Mg = MgCl_2$  (9) +  $Cu$
- 7)  $4NH_3 + 3O_2 = 2N_2$  (10) +  $6H_2O$
- 8)  $2Mg + O_2 = 2MgO$  (11)
- 9)  $3Mg + N_2 = Mg_3N_2$  (12)

**Разбалловка:**

По 0,5 балла за вещество. Если не указаны условия протекания реакции (при том, что это принципиально) – 0,25 балла.

**Итого: 5 баллов**

2. Одинаковые по массе образцы некоторого металла сожгли в закрытых сосудах, заполненных один – парами иода, второй – парами брома. После того, как сосуды охладили, оказалось, что масса твердого вещества в одном сосуде в 1,398 раза меньше, чем в другом. Определите металл, если известно, что его валентность в обоих случаях одинакова. Для образуемых данным металлом простого вещества, оксида и гидроксида приведите по два уравнения реакций, как можно более полно характеризующих их химические свойства.

*Примечание: при решении задачи округляйте атомные массы элементов до значений, кратных 1/2 а.е.м.*

**Решение:**

Рассмотрим металлы с валентностью 1. Для них будет справедливо соотношение:

$$(M + 126,9)/(M + 79,9) = 1.398$$

Тогда  $M = 38,0$  г/моль – таких металлов нет

Пусть валентность металла равна 2. Тогда справедливо:

$$(M + 126,9 \cdot 2)/(M + 79,9 \cdot 2) = 1.398$$

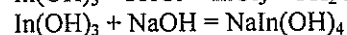
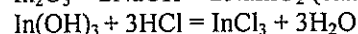
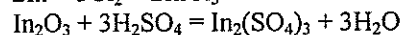
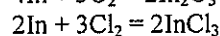
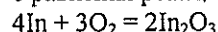
$M = 76,5$  г/моль – таких металлов нет

Пусть валентность металла равна 3. Тогда:

$$(M + 126,9 \cdot 3)/(M + 79,9 \cdot 3) = 1.398$$

$M = 114,5$  г/моль – данная масса соответствует индию

Уравнения реакций:



**Разбалловка:**

Определение металла – 2 балла

Характеристика химических свойств – 3 балла (по 0,5 балла за каждую реакцию; если тип реакции повторяется (например, дважды приведена реакция гидроксида бария с кислотой) баллы не начисляются)

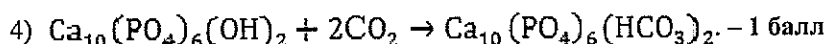
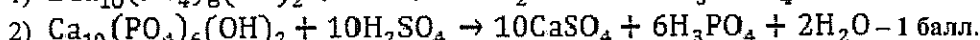
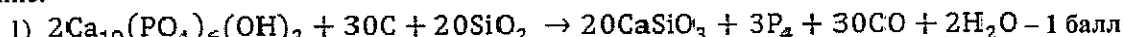
**Итого: 5 баллов**

3. Минерал  $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$  является одним из самых распространенных фосфорсодержащих минералов в природе. При сплавлении с диоксидом кремния и углем в промышленности из него получают фосфор (1), при обработке концентрированной серной кислотой – ортофосфорную кислоту (2). Также этот минерал является основным компонентом костной ткани. Каждые семь лет костная ткань полностью обновляется из-за равновесной реакции растворения фосфатов в кислой среде (3). Также известно, что костные ткани содержат около 5%  $CO_2$ . Предположите, в какое соединение может связываться углекислый газ (4).

1) Приведите название минерала;

2) Напишите уравнения реакций (1-4).

**Решение:**



Альтернативная форма записи:  $3Ca_3(PO_4)_2 \cdot CaCO_3 \cdot H_2O$

5) Минерал – гидроксипатит – 1 балл.

**Итого: 5 баллов**

4. Самыми дешевыми и доступными средствами индивидуального обогрева являются различные грелки (термопакеты) для рук и ног. Тепло вырабатывается в результате экзотермического процесса (химического или физического), происходящего внутри таких грелок.

Многоразовая солевая грелка представляет собой герметичную емкость, которая наполнена перенасыщенным жидким водным раствором ацетата натрия  $CH_3COONa$ . Грелка приводится в действие сгибанием внутри грелки упругой металлической пластины («пускателя»), вызывающим кристаллизацию пересыщенного раствора с образованием  $CH_3COONa \cdot 3H_2O$  и выделением 264 кДж теплоты в расчете на килограмм кристаллогидрата.

В одноразовой химической грелке процесс выделения тепла запускают добавлением воды к изначально сухой смеси хлорида меди(II), алюминиевых и древесных опилок.

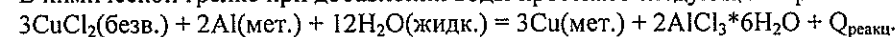
Запишите химическую реакцию, протекающую в химической грелке. Рассчитайте, какие массы реактивов надо смешать для получения химической грелки, дающей то же количество тепла, что и солевая грелка массой 400 граммов. Для чего в химическую грелку добавляют древесные опилки? В чем заключается роль воды?

*Примечание: теплоты образования (в кДж/моль) жидкой воды, хлорида меди(II), гексагидрата хлорида алюминия равны 286, 216 и 2693, соответственно.*

**Решение:**

При кристаллизации 400 граммов пересыщенного раствора ацетата натрия выделяется теплоты  $Q_{\text{сол.гр.}} = 264 \cdot 400 / 1000 = 105,6$  кДж.

В химической грелке при добавлении воды протекает следующая термохимическая реакция



Теплота реакции равна  $Q_{\text{реакц}} = (2 \text{ моль}) \cdot Q_{\text{обр}}(\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) - (3 \text{ моль}) \cdot Q_{\text{обр}}(\text{CuCl}_2) - (12 \text{ моль}) \cdot Q_{\text{обр}}(\text{H}_2\text{O}) = 2 \cdot 2693 - 3 \cdot 216 - 12 \cdot 286 = 1306 \text{ кДж}$ .

Для химической грелки с тем же самым выделением тепла, что и в солевой, надо взять:

$$r = (Q_{\text{сол.гр.}}/Q_{\text{реакц}}) = 0.081,$$

$$r \cdot 3 \cdot 134.5 = 32.6 \text{ граммов хлорида меди (II)} \text{ и } r \cdot 2 \cdot 56 = 9.1 \text{ граммов алюминия и воды не менее } r \cdot 12 \cdot 18 = 17.5 \text{ граммов.}$$

Древесные опилки в химической грелке используются как инертный разбавитель: в составах без опилок тепло выделяется интенсивней, что приводит к быстрому завершению работы грелки и сильному её разогреванию.

В сухой смеси хлорида меди и алюминиевых опилок реакция не идет по причине малой площади контакта реагентов. Добавление воды растворяет хлорид меди и это запускает химическую реакцию между растворенным хлоридом меди и металлическим алюминием.

**Разбалловка:**

Расчет количества теплоты, выделившейся при работе солевой грелки **0.5 балла**

Запись термохимического уравнения (если записано только химическое уравнение или не учтена в записи реакции вода, то давать только половину балла) **1 балл**

Расчет теплоты химической реакции **1 балл**

Расчет масс хлорида меди и алюминия **1 балл**

Роль древесных опилок **0.5 балла**

Ответ на вопрос о роли воды **1 балл**

**Итого: 5 баллов**

5. В лаборатории была найдена ампула с неизвестным углеводородом А. Содержимое ампулы разделили на две равные части. Первую обработали избытком аммиачного раствора оксида меди (I), в результате чего образовался осадок Б массой 10.0 г. Другую половину – избытком брома, в результате чего образовался осадок В массой 27.82 г. Определите структуры соединений А – В, если известно, что углеводород А содержит четыре типа (химически неэквивалентных) атомов углерода. *Примечание: для расчётов используйте относительную атомную массу меди 63.5.*

**Решение:**

Реакция углеводорода с  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$  с выпадением осадка – это качественная реакция на наличие в соединении концевой тройной связи, при этом осадком является ацетиленид меди(I). Следовательно, А содержит концевую тройную связь и может присоединить 2 эквивалента брома (или более, если в А имеются ещё другие кратные связи).

Количество углеводорода А:  $n(\text{A}) = 10.0 / (M(\text{A}) - 1 + 63.5)$

В то же время:  $n(\text{A}) = 27.82 / (M(\text{A}) + x \cdot 160)$ , где  $x$  – количество присоединённых эквивалентов брома.

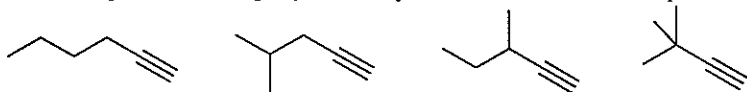
Приравняв оба выражения, получаем:

$$10.0 / (M(\text{A}) + 62.5) = 27.82 / (M(\text{A}) + x \cdot 160), \text{ откуда } M(\text{A}) = 89.8x - 97.6.$$

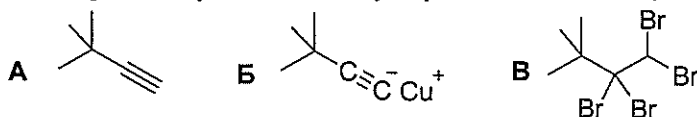
При  $x = 2$  получаем  $M = 82$ , это углеводород  $\text{C}_6\text{H}_{10}$ , что как раз соответствует алкину.

При  $x = 3$  и  $x = 4$  разумных формул для углеводорода А получить не удаётся.

Таким образом, изомеры углеводорода  $\text{C}_6\text{H}_{10}$  с концевой тройной связью:



Из которых четыре типа атомов углерода имеет только 3,3-диметилбут-1-ин:



**Рекомендации к оцениванию:**

1) Выход на брутто-формулу

= 1 балл

2) Структура А

= 2 балла

3) Структуры Б и В

1\*2 = 2 балла

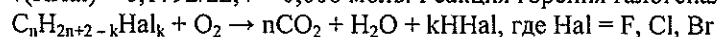
**ИТОГО**

**5 баллов**

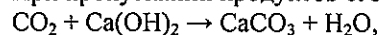
6. Пары галогеналкана объёмом 179,2 мл (н.у.) сожгли в кислороде. При пропускании продуктов сгорания через избыток раствора гидроксида кальция выпало 3,512 г белого осадка. Определите молекулярную формулу исходного соединения и изобразите все его возможные структурные изомеры. *Примечание: продукты сгорания не окрашены.*

**Решение:**

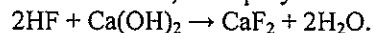
$v(\text{RHal}) = 0,1792/22,4 = 0,008$  моль. Реакция горения галогеналкана:



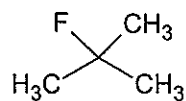
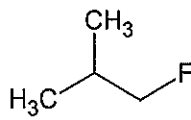
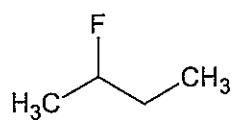
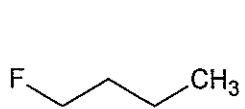
При пропускании продуктов сгорания через раствор гидроксида кальция выпадает осадок карбоната кальция:



и если  $\text{Hal} = \text{F}$ , то образуется также и фторид кальция:



Если  $\text{Hal} = \text{Cl}$  или  $\text{Br}$ , то  $v(\text{RHal}) = v(\text{CaCO}_3)/n$ , т.е.  $n = (3,512/100)/0,008 = 4,39$  – не подходит по химическому смыслу. Значит,  $\text{Hal} = \text{F}$  и масса осадка равна сумме масс  $\text{CaCO}_3$  и  $\text{CaF}_2$ .  $v(\text{CaCO}_3) = n \cdot v(\text{RHal})$ ;  $v(\text{CaF}_2) = 0,5k \cdot v(\text{RHal})$ . Тогда  $100 \cdot n \cdot 0,008 + 0,5k \cdot 0,008 \cdot 78 = 3,512$ . Откуда  $n = 4,39 - 0,39k$ . По химическому смыслу  $n > 0$ , т.е.  $k < 11,3$ . В натуральных числах уравнение имеет единственное решение:  $k = 1$ ,  $n = 4$ , т.е. исходное соединение  $\text{C}_4\text{H}_9\text{F}$  (имеет 4 структурных изомера):



**Рекомендации к оцениванию:**

- 1) Реакция горения или стехиометрическая схема
- 2) Уравнения по 1 баллу
- 3) Вывод, что  $\text{Hal} = \text{F}$
- 4) Молекулярная формула
- 5) Изомеры по 0,5 балла

**ИТОГО**

= 0,5 балла

0,5 · 2 = 1 балл

0,5 балла

1 балл

0,5 · 4 = 2 балла

**5 баллов**