

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования**

**"Казанский национальный исследовательский технологический  
университет"**



**ХИМИЯ**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К  
ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОМУ ЭТАПУ ОЛИМПИАДЫ**

**2022 г.**

## 9 класс

### Вариант 1

#### Задание №1

Во время работы над периодическим законом Д.И.Менделеев исправил массы некоторых элементов, расположил химические элементы в таблице вопреки известным в то время данным, предсказал существование новых элементов. Для трех неизвестных элементов Д.И.Менделеев ввел символы El, Eb, Es.

В 1875г. французским ученым Лекоком де Буабодраном был открыт El. В 1879г. шведский химик Ларс Нильсон открыл Eb. В 1886г. немецкий химик Клеменс Винклер открыл Es. Каждый из ученых назвал новый элемент в честь своей страны.

Как назвал новые элементы Д.И.Менделеев и как называли их Буабодран, Нильсон и Винклер?

Решение:

Элемент	Название Д.И.Менделеева	Название элемента в периодической системе
El	экаалюминий	галлий
Eb	экабор	скандий
Es	экакремний	германий

#### Задание №2

Газ А взаимодействует с самым легким простым газообразным веществом с образованием газа Б в присутствии железа. Газ Б сожгли в избытке кислорода на платиновой сетке, получив бесцветный газ В и оксид самого легкого элемента. Бесцветный газ В окисляется кислородом с образованием бурого газа Г. Газ Г пропустили через раствор гидроксида элемента, соединения которого окрашивают пламя в желтый цвет. Продуктами данного взаимодействия являются вещества Д и Е. Соединение Д разлагается с образованием вещества Е и простого вещества поддерживающего горение Ж.

Напишите пять уравнений химических реакций, описывающих данные превращения, и назовите вещества А, Б, В, Г, Д, Е, Ж.

Решение:

- 1)  $N_2 + 3H_2(Fe) = 2NH_3$  (А – азот, Б – аммиак);
- 2)  $4NH_3 + 5O_2(Pt) = 4NO + 6H_2O$  (В – оксид азота(II));
- 3)  $2NO + O_2 = 2NO_2$  (Г – оксид азота(IV));
- 4)  $2NaOH + 2NO_2 = NaNO_3 + NaNO_2 + H_2O$  (Д – нитрат натрия, Е – нитрит натрия);
- 5)  $2NaNO_3(t^0) = 2NaNO_2 + O_2$  (Ж – кислород).

**Задание №3**

В учебнике неорганической химии по новейшим воззрениям В.Рихтера (1880г.) дано следующее описание газа А: “А есть бесцветный газ, острого запаха, дымящийся на влажном воздухе. Удельный вес газа А: 18,2 (водород=1), или 1,26 (воздух=1).

Газ А имеет кислый вкус и окрашивает синюю лакмусовую бумагу в красный цвет. Он легко растворяется в воде, вследствие чего его нельзя собирать над водой. Один объем воды растворяет при 0° – 503, а при средней температуре 450 объемов газа. Водный раствор газа А называется Б. Для получения его газа А пропускают через вульфовы склянки наполненные водою. Первая из них, содержащая немного воды служит для промывания газа. Этот самый прибор может служить для приготовления хлорной воды и вообще для насыщения жидкостей газами.

Б имеет обширное применение в технике и добывается в громадном количестве при содовом производстве... Состав А легко узнать путем анализа по следующим опытам. Если пропускать сухой А через калий, нагретый в стеклянной трубке, то выделяется из трубки водород. Если же нагревать А с перекисью марганца, то выделяется газ хлор.”

- 1) определите газ А;
- 2) назовите А и Б;
- 3) напишите уравнения реакции взаимодействия газа А с калием;
- 4) напишите уравнение реакции взаимодействия газа А с перекисью марганца;
- 5) напишите уравнение получения газа А в содовом производстве.

Решение:

- 1) Определим молярную массу газа А, исходя из плотности по водороду:  $M(A) = 1,82 \cdot 2 = 36,4$  г/моль; из плотности по воздуху  $M(A) = 1,26 \cdot 29 = 36,54$

г/моль. Такую молярную массу имеет хлороводород, бесцветный газ, дымящийся во влажном воздухе, хорошо растворимый в воде.

2) А – хлороводород, Б – соляная кислота;

3)  $2\text{HCl} + 2\text{K} = 2\text{KCl} + \text{H}_2$ ;

4)  $\text{MnO}_2 + 4\text{HCl} = \text{Cl}_2 + \text{MnCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ ;

5)  $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{HCl} + \text{NaHSO}_4$ .

#### Задание №4

На чашках весов уравновешены две колбы, в которых находятся по 500 мл соляной кислоты с массовой долей  $\text{HCl}$  12,51% (плотность 1,06 г/мл). В одну колбу добавили 10 г карбоната кальция. Какую массу карбоната бария необходимо добавить во второй стакан, что бы равновесие не нарушилось?

Решение:

Вещество	$\text{CaCO}_3$	$\text{BaCO}_3$	$\text{CO}_2$
Молярная масса, г/моль	100	197	44

Запишем уравнения протекающих реакций:

1)  $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ; 2)  $\text{BaCO}_3 + 2\text{HCl} = \text{BaCl}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ .

2) Определим количества веществ  $\text{HCl}$  и  $\text{CaCO}_3$ :  
 $n(\text{HCl}) = \frac{500 \cdot 1,06 \cdot 0,1251}{36,5} = 1,82$  моль;  $n(\text{CaCO}_3) = \frac{10}{100} = 0,1$  моль.

Следовательно, соляная кислота взята в избытке, а весь карбонат кальция израсходуется.

3) Масса раствора в первой колбе увеличивается за счет массы  $\text{CaCO}_3$  и уменьшается за счет выделения  $\text{CO}_2$ :  $\Delta m = m(\text{CaCO}_3) - m_1(\text{CO}_2)$ .

4)  $n(\text{CaCO}_3) = 0,1$  моль,  $n_1(\text{CO}_2) = n(\text{CaCO}_3) = 0,1$  моль;  
 $m_1(\text{CO}_2) = 0,1 \cdot 44 = 4,4$  г.  $\Delta m = m(\text{CaCO}_3) - m_1(\text{CO}_2) = 10 - 4,4 = 5,6$  г.

5) Изменение массы раствора  $\Delta m$  во второй колбе должно быть равно изменению массы раствора в первой колбе:  $\Delta m = m(\text{BaCO}_3) - m_2(\text{CO}_2) = m(\text{CaCO}_3) - m_1(\text{CO}_2) = 5,6$  г. Пусть  $x$  моль  $\text{BaCO}_3$  (масса карбоната бария  $197x$  г) надо добавить во вторую колбу, тогда количество вещества

выделившегося по второй реакции углекислого газа тоже  $x$  моль (масса  $44x$  г). Следовательно,  $197x - 44x = 5,6$ . Отсюда  $x = 0,0366$  моль, а масса карбоната бария:  $m(\text{BaCO}_3) = 0,0366 \cdot 197 = 7,21$  г.

### Задание №5

В земной коре элемент А встречается в основном в виде соединений с кислородом. Основным минералом Б элемента А является черно-бурое твердое вещество В, которое является наиболее устойчивым бинарным соединением элемента А с кислородом с массовым содержанием вещества А 63,22%.

Получают простое вещество А электролизом водного раствора его сульфата или восстановлением из оксидов методами алюмо- и силикотермии.

Вещество В является сильным окислителем, при взаимодействии с концентрированной серной кислотой выделяется кислород, при взаимодействии с большинством галогеноводородных кислот – галоген. По химической природе В амфотерен, при сплавлении со щелочами играет роль кислотного оксида.

- 1) Определите элемент А, формулу вещества В, назовите минерал Б.
- 2) Запишите уравнения реакций получения простого вещества А:
  - а) из вещества В силикотермией;
  - б) электролизом раствора сульфата А.
- 3) Запишите уравнения реакций взаимодействия вещества В с
  - а) концентрированной серной кислотой;
  - б) концентрированной соляной кислотой.
- 4) Запишите уравнение реакции взаимодействия вещества В с гидроксидом кальция.

### Решение:

- 1) А – марганец, Б – пиролюзит, В –  $\text{MnO}_2$ .

$\omega(\text{O}) = 100\% - 63,22\% = 36,78\%$ . Пусть имеется 100 г вещества В, тогда масса  $m(\text{A}) = 63,22$  г,  $m(\text{O}) = 36,78$  г. Пусть элемент А с атомной массой  $M$  имеет степень окисления  $+n$ . Примем формулу искомого вещества  $\text{A}_2\text{O}_n$ , тогда

$$\frac{2}{n} = \frac{63,22}{M} : \frac{36,78}{16} \text{ и } \frac{2}{n} = \frac{27,5}{M}, \text{ откуда } M = 13,75n.$$

При  $n=1$   $M=13,75$  (такого элемента нет).

При  $n=2$   $M=27,5$  (алюминий исключается – искомое вещество получается методом алюмотермии, кремний исключается – искомое вещество получается методом силикотермии).

При  $n=3$   $M=40,25$  (такого элемента нет).

При  $n=4$   $M=55,0$  (вещество А – это марганец).

2) а)  $\text{MnO}_2 + \text{Si}(t^0) = \text{Mn} + \text{SiO}_2$ ;

б)  $\text{MnSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Mn} + \text{H}_2 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4$ .

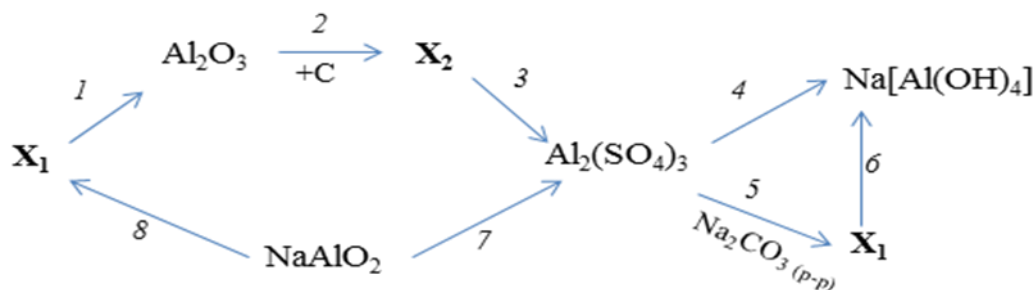
3) а)  $4\text{MnO}_2 + 6\text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{Mn}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{O}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ ;

б)  $\text{MnO}_2 + 4\text{HCl} = \text{Cl}_2 + \text{MnCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ .

4)  $\text{MnO}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{CaMnO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ .

### Задание №6

Напишите уравнения химических реакций всех превращений:



### Решение:

1)  $2\text{Al}(\text{OH})_3(t^0) = \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ ;

2)  $2\text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{C}(t^0) = 3\text{CO}_2 + 4\text{Al}$ , или  $\text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{C}(t^0) = 3\text{CO} + 2\text{Al}$ ;

3)  $2\text{Al} + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{H}_2$ ;

4)  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 8\text{NaOH}_{(\text{изб})} = 2\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + 3\text{Na}_2\text{SO}_4$ ;

5)  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{Na}_2\text{CO}_3 + 3\text{H}_2\text{O} = 2\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{CO}_2 + 3\text{Na}_2\text{SO}_4$ ;

6)  $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{NaOH} = \text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ ;

7)  $2\text{NaAlO}_2 + 4\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 4\text{H}_2\text{O}$ ;

8)  $\text{NaAlO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{NaOH} + \text{Al}(\text{OH})_3$ .

Принимаются любые разумные ответы соответствующие условию.

### Вариант 2

#### Задание №1

Во время работы над периодическим законом Д.И.Менделеев сопоставил близкие атомные массы различных химических элементов и их химические свойства, и обнаружил 4 пары химических элементов, различие в атомных весах которых изменялось от 3,5 до 6 единиц. В то время Д.И.Менделеев не мог объяснить наличие “неопределенной зоны” между явными металлами и неметаллами, поскольку элементы “неопределенной зоны” еще не были открыты. Назовите эти 4 пары химических элементов. В какую группу поместил элементы “неопределенной зоны” (после их открытия) Д.И.Менделеев, и в какой группе они находятся сейчас?

Решение:

Д.И.Менделеев обнаружил следующие пары элементов

Элемент – неметалл VII группы	Элемент – металл I группы	Различие в атомных массах
фтор	натрий	4 единицы
хлор	калий	3,5 единицы
бром	рубидий	5 единиц
йод	цезий	6 единиц

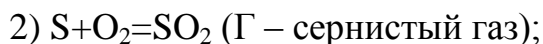
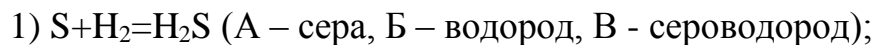
Элементы “неопределенной зоны” – инертные газы: неон, аргон, криптон, ксенон изначально были помещены в нулевую группу, сейчас находятся в VIIIA группе.

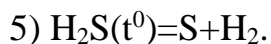
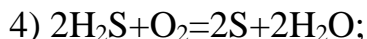
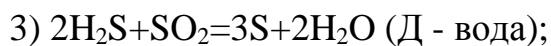
## Задание №2

Желтое простое вещество А взаимодействует с газом Б с образованием бесцветного газа В с запахом тухлых яиц. Газ В ввели во взаимодействие с газом Г – продуктом окисления вещества А кислородом. Получили простое вещество А и оксид самого легкого элемента Д. Простое вещество А может быть получено и сжиганием газа В в недостатке кислорода, и разложением газа В при высокой температуре.

Напишите пять уравнений химических реакций, описывающих данные превращения, и назовите вещества А, Б, В, Г, Д.

Решение:





### Задание №3

В учебнике неорганической химии по новейшим воззрениям В.Рихтера (1880г.) дано следующее описание газа А:

“Плотность газа А: 10 (водород=1), 0,69 (воздух=1). Газ А подобно хлороводороду получается разложением соответствующих солей металлов. Операцию проводят в свинцовой или платиновой реторте, снабженной таким же приемником. Стекло и почти все металлы разъедаются газом А. Приемник содержит немного воды, в нем собирается Б. Совершенно безводный А получают, накаливая калиевую соль. Газ А собирают в платиновом приемнике, охлаждая до  $20^0$ . Бесцветный А представляет весьма подвижную жидкость, кипящую при  $19,4^0$ . Насыщенный водный раствор А называется Б, сильно дымится на воздухе, при нагревании выделяет вещество А. Пары А, как и раствор Б имеют острый запах, весьма ядовиты и причиняют на коже опасные раны. Б растворяет все металлы за исключением золота, свинца и платины, образуя соли; разлагает все окислы металлов и даже борный и кремниевый ангидриды. Стекло, кремниевое соединение, так же разлагается Б, вследствие чего Б употребляют для гравирования на стекле.”

1) определите газ А;

2) назовите А и Б;

3) напишите уравнение взаимодействия Б с кремниевым ангидридом;

4) напишите уравнение реакции получения А накаливанием калиевой соли;

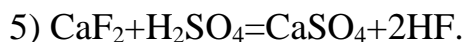
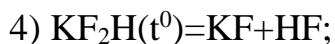
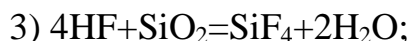
5) напишите уравнение получения А, согласно описанию в тексте “разложением соответствующей соли”, используя кальциевую соль и серную кислоту.

### Решение:

1) Определим молярную массу газа А, исходя из плотности по водороду:  $M(\text{A}) = 2 \cdot 10 = 20$  г/моль; из плотности по воздуху  $M(\text{A}) = 0,69 \cdot 29 = 20,01$  г/моль такую молярную массу имеет фтороводород, бесцветный ядовитый газ, водный раствор которого (плавиковая кислота) растворяет стекло.



2) А – фтороводород, Б – плавиковая кислота;



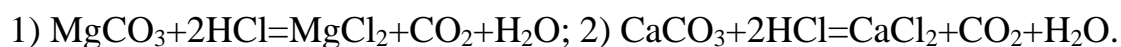
#### Задание №4

На чашках весов уравновешены две колбы, в которых находятся по 350 мл соляной кислоты с массовой долей  $\text{HCl}$  14,5% (плотность 1,07 г/мл). В одну колбу добавили 8 г карбоната магния. Какую массу карбоната кальция необходимо добавить во второй стакан, что бы равновесие не нарушилось?

Решение:

Вещество	$\text{MgCO}_3$	$\text{CaCO}_3$	$\text{CO}_2$
Молярная масса, г/моль	84	100	44

Запишем уравнения протекающих реакций:



2) Определим количества веществ  $\text{HCl}$  и  $\text{MgCO}_3$ :

$$n(\text{HCl}) = \frac{350 \cdot 1,07 \cdot 0,145}{36,5} = 1,49 \text{ моль}; \quad n(\text{MgCO}_3) = \frac{8}{84} = 0,095 \text{ моль}.$$

Следовательно, соляная кислота взята в избытке, а весь карбонат магния израсходуется.

3) Масса раствора в первой колбе увеличивается за счет массы  $\text{MgCO}_3$  и уменьшается за счет выделения  $\text{CO}_2$ :  $\Delta m = m(\text{MgCO}_3) - m_1(\text{CO}_2)$ .

4)  $n(\text{MgCO}_3) = 0,095$  моль,  $n_1(\text{CO}_2) = n(\text{MgCO}_3) = 0,095$  моль;  
 $m_1(\text{CO}_2) = 0,095 \cdot 44 = 4,18$  г.  $\Delta m = m(\text{MgCO}_3) - m_1(\text{CO}_2) = 8 - 4,18 = 3,82$  г.

5) Изменение массы раствора  $\Delta m$  во второй колбе должно быть равно изменению массы раствора в первой колбе:  $\Delta m = m(\text{CaCO}_3) - m_2(\text{CO}_2) = m(\text{MgCO}_3) - m_1(\text{CO}_2) = 3,82$  г. Пусть  $x$  моль  $\text{CaCO}_3$  (масса карбоната кальция  $100x$  г) надо добавить во вторую колбу, тогда количество вещества выделившегося по второй реакции углекислого газа тоже  $x$  моль (масса  $44x$

г). Следовательно,  $100x - 44x = 3,82$ . Отсюда  $x = 0,068$  моль, а масса карбоната кальция:  $m(\text{CaCO}_3) = 0,068 \cdot 100 = 6,8$  г.

Ответ: 6,8 г.

### Задание №5

В земной коре элемент А встречается в основном в виде соединений с кислородом. Минерал Б элемента А золотисто-красный, содержащий в основном вещество В, в котором 60% элемента А по массе, остальное - кислород. Вещество В довольно инертно, в нормальных условиях в кислотах и щелочах не растворяется. При длительном нагревании взаимодействует с кислотами, а при сплавлении – со щелочами. Образуется при взаимодействии простого вещества А с кислородом при  $600^\circ\text{C}$  или водяным паром.

Простое вещество А может быть получено магнийтермическим восстановлением из галогенидов А (в той же степени окисления элемента А, что и в минерале) в атмосфере аргона или гелия.

Простое вещество А используется как легирующая добавка к сталям.

1) Определите элемент А, формулу вещества В, назовите минерал Б.

2) Запишите уравнения реакций получения вещества В:

а) из А взаимодействием с кислородом;

б) из А взаимодействием с водяным паром.

3) Запишите уравнения реакций взаимодействия вещества В:

а) с серной кислотой;

б) со щелочью при сплавлении.

4) Запишите уравнение получения простого вещества А магнийтермическим восстановлением из его тетрахлорида.

### Решение:

1) А – титан, Б - рутил, В –  $\text{TiO}_2$ .

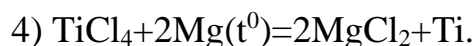
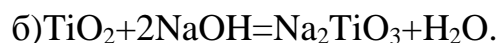
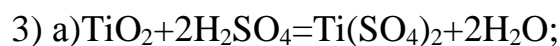
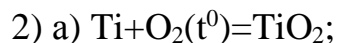
$\omega(\text{O}) = 100\% - 60\% = 40\%$ . Пусть имеется 100 г вещества В, тогда  $m(\text{A}) = 60$  г,  $m(\text{O}) = 40$  г. Пусть элемент А с атомной массой М имеет степень окисления +n. Примем формулу искомого вещества  $\text{A}_2\text{O}_n$ , тогда  $\frac{2}{n} = \frac{60}{M} : \frac{40}{16}$  и  $\frac{2}{n} = \frac{24}{M}$ , откуда  $M = 12n$ .

При  $n=1$   $M=12$  (углерод исключается по ряду причин, например, его оксиды не являются твёрдыми веществами).

При  $n=2$   $M=24$  (магний исключается по ряду причин, например, его оксид не взаимодействует со щелочами).

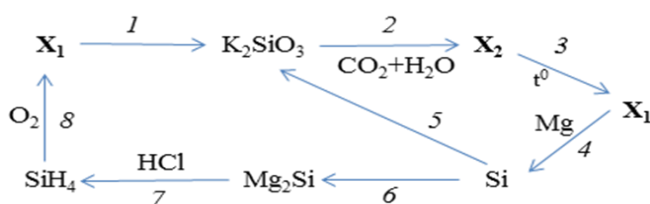
При  $n=3$   $M=36$  (хлор исключается по ряду причин, например, его оксиды растворяются в щелочах).

При  $n=4$   $M=48$  (вещество А – это титан).

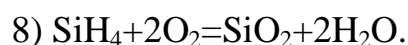
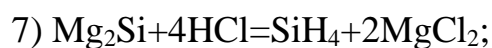
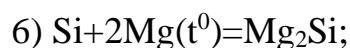
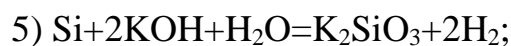
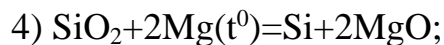
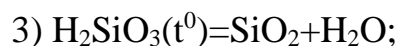
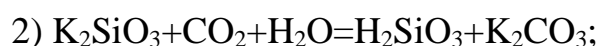
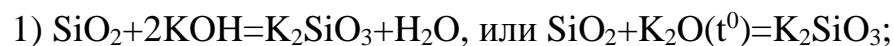


### Задание №6

Напишите уравнения химических реакций всех превращений:



Решение:



Принимаются любые разумные ответы соответствующие условию.

### Вариант 3

#### Задание №1

Во время работы над периодическим законом Д.И.Менделеев оставил пустые клеточки для неизвестных в то время элементов. Неизвестным элементам Д.И.Менделеев дал названия. Основой названия являлось название известного элемента с подобными свойствами и приставки “эка-”, “двиг-”, “три-” в зависимости от того насколько позиций вниз (в таблице элементов) от уже открытого элемента с похожими свойствами находится предсказанный элемент (приставки образованы от санскритских слов “один”, “два”, “три”).

Название элемента N переводится “искусственный”. Элемент N, был открыт в Э.Сегре и К.Перье 1937 году (после смерти Д.И.Менделеева) из образцов молибдена по реакции  $\beta^-$ -распада, в которой заряд ядра атома увеличивается на единицу и образуется электрон.

Назовите элемент N, как назвал элемент N Д.И.Менделеев?

Решение:

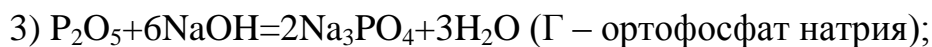
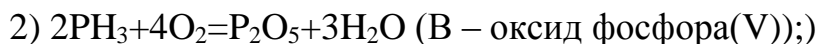
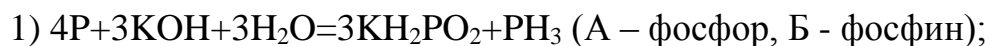
По реакции  $\beta^-$ -распада заряд молибдена увеличивается на единицу, такой заряд у технеция. Д.И.Менделеев назвал его экамарганец, так как технеций расположен в пятом периоде, а марганец в четвертом.

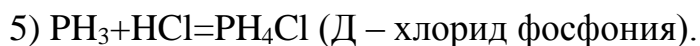
#### Задание №2

Красная аллотропная модификация простого вещества А взаимодействует с водным раствором щелочи с образованием фосфината калия и бесцветного ядовитого газа Б. Газ Б сгорает на воздухе с образованием белого кристаллического вещества В, реагирующего со щелочью и основным оксидом с образованием средней соли Г, окрашивающей пламя горелки в желтый цвет. Газ Б вступает во взаимодействие с хлороводородом с образованием соли Д.

Напишите пять уравнений химических реакций, описывающих данные превращения, и назовите вещества А, Б, В, Г, Д.

Решение:





### Задание №3

В учебнике неорганической химии по новейшим воззрениям В.Рихтера (1880г.) дано следующее описание газа А: “Газ А встречается в природе в свободном состоянии или в виде солей (хотя в весьма малых количествах) в воздухе, почве и воде различного происхождения – дождевой, речной и морской. Образование газа А из простых веществ происходит только под влиянием темного электрического разряда. Но соединения газа А образуются весьма часто при различных условиях. Обильным источником для образования газа А служит гниение органических веществ и сухая перегонка их. До настоящего столетия соль газа А – вещество Б, добывалась возгонкой верблюжьего помета (в Ливийской степи близ храма Аммона – откуда и название соли).

Для получения газа А соль Б смешивают с гашеной известью и накаливают смесь в чугунной или стеклянной колбе. Выделяющийся газ А собирают над ртутью. Для высушивания газа А употребляют негашеную известь. Пользуясь небольшим удельным весом газа, А можно собирать так же вытеснением воздуха в склянку опрокинутую отверстием вниз.

Газ А есть бесцветный газ с сильным характерным запахом. Удельный вес его 8,5 (водород=1), 0,591 (воздух=1). Под давлением 6,5 атмосфер (при  $10^0$ ) или при охлаждении до  $-40^0$  он сгущается в подвижную жидкость, которая затвердевает при  $-80^0$ .

При прокаливании под действием индукционных искр А разлагается с образованием простых веществ.

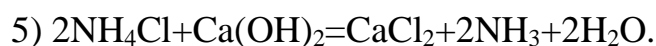
В воде А растворяется весьма легко с отделением тепла. Одна часть воды поглощает при  $0^0$  и 760 мм давления 1050 объемов газа А...Водный раствор А имеет все химические свойства газообразного А и называется в практике В. Газообразный А, как и его раствор имеет щелочные свойства и окрашивает лакмусовую бумажку в синий цвет. С кислотами А прямо соединяется, образуя соли, в которых катион играет роль металла”.

- 1) определите газ А;
- 2) назовите А, Б и В;
- 3) напишите уравнение получения газа А из простых веществ;
- 4) напишите уравнение взаимодействия газа А с соляной кислотой;
- 5) напишите уравнение получения газа А при взаимодействии соли Б с гашеной известью.

Решение:

1) Определим молярную массу газа А, исходя из плотности по водороду:  $M(A) = 8,5 \cdot 2 = 17$  г/моль; из плотности по воздуху  $M(A) = 0,591 \cdot 29 = 17,139$  г/моль. Такую молярную массу имеет аммиак, бесцветный газ с резким запахом, хорошо растворимый в воде, водный раствор имеет щелочную среду;

2) А – аммиак, Б – нашатырь (хлорид аммония), В – нашатырный спирт.



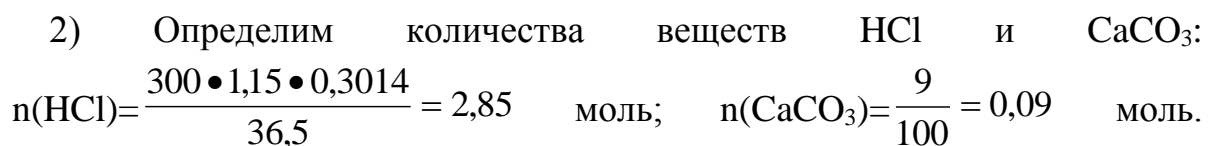
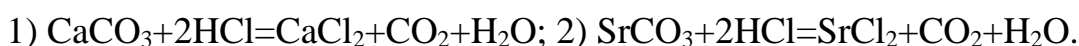
#### Задание №4

На чашках весов уравновешены две колбы, в которых находятся по 300 мл соляной кислоты с массовой долей HCl 30,14% (плотность 1,15 г/мл). В одну колбу добавили 9 г карбоната кальция. Какую массу карбоната стронция необходимо добавить во второй стакан, что бы равновесие не нарушилось?

Решение:

Вещество	CaCO <sub>3</sub>	SrCO <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>
Молярная масса, г/моль	100	148	44

Запишем уравнения протекающих реакций:



Следовательно, соляная кислота взята в избытке, а весь карбонат кальция израсходуется.

3) Масса раствора в первой колбе увеличивается за счет массы CaCO<sub>3</sub> и уменьшается за счет выделения CO<sub>2</sub>:  $\Delta m = m(CaCO_3) - m_1(CO_2)$ .



5) Изменение массы раствора  $\Delta m$  во второй колбе должно быть равно изменению массы раствора в первой колбе:  $\Delta m = m(SrCO_3) -$

$m_2(\text{CO}_2) = m(\text{CaCO}_3) - m_1(\text{CO}_2) = 5,04$  г. Пусть  $x$  моль  $\text{SrCO}_3$  (масса карбоната стронция  $148x$  г) надо добавить во вторую колбу, тогда количество вещества выделившегося по второй реакции углекислого газа тоже  $x$  моль (масса  $44x$  г). Следовательно,  $148x - 44x = 5,04$ . Отсюда  $x = 0,048$  моль, а масса карбоната стронция:  $m(\text{SrCO}_3) = 0,048 \cdot 148 = 7,1$  г.

### Задание №5

В земной коре элемент А встречается как самородном виде, так и в соединениях, в том числе с кислородом. Минерал Б элемента А содержит коричнево-красное вещество В с массовым содержанием элемента А 88,8%, остальное - кислород.

Для получения вещества А в промышленности применяют пиро-, гидро- и электрометаллургические методы. Простое вещество А может быть получено электролизом подкисленного серной кислотой раствора сульфата А(II), а также магнийтермическим методом.

Вещество В не реагирует с водой, разлагается кислотами, частично щелочами, проявляет преимущественно основные свойства. В разбавленной серной кислоте диспропорционирует с образованием простого вещества А. Во влажном воздухе медленно окисляется кислородом воздуха.

Простое вещество А входит в состав сплава «Дюраль», используется в качестве проводника электрического тока.

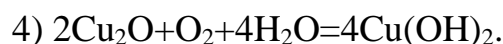
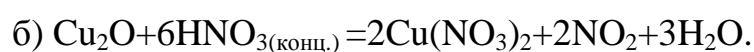
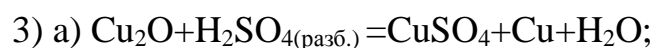
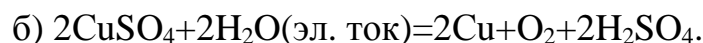
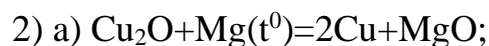
- 1) Определите элемент А, формулу вещества В, назовите минерал Б.
- 2) Запишите уравнения реакций получения простого вещества А:
  - а) из В магнийтермическим методом;
  - б) электролизом раствора сульфата А(II) (на инертных электродах).
- 3) Запишите уравнения реакций взаимодействия вещества В:
  - а) с разбавленной серной кислотой;
  - б) с концентрированной азотной кислотой.
- 4) Запишите уравнение реакции взаимодействия вещества В с кислородом на влажном воздухе.

### Решение:

- 1) А – медь, Б - куприт, В –  $\text{Cu}_2\text{O}$ .

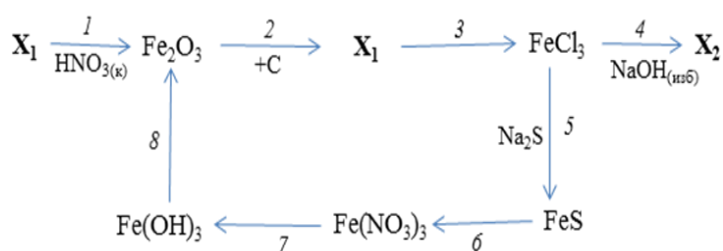
$\omega(\text{O}) = 100\% - 88,8\% = 11,2\%$ . Пусть имеется 100 г вещества В, тогда масса  $m(\text{A}) = 88,8$  г,  $m(\text{O}) = 11,2$  г. Пусть элемент А с атомной массой М имеет степень окисления +n. Примем формулу искомого вещества  $\text{A}_2\text{O}_n$ , тогда  $\frac{2}{n} = \frac{88,8}{M} : \frac{11,2}{16}$  и  $\frac{2}{n} = \frac{127}{M}$ , откуда  $M = 63,5n$ .

При  $n=1$   $M=63,5$  (вещество А – это медь).

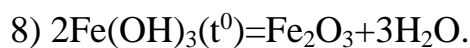
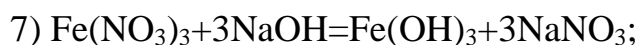
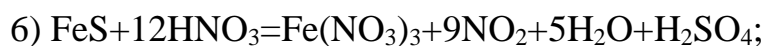
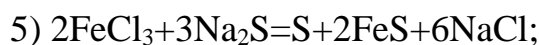
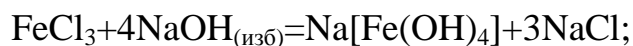
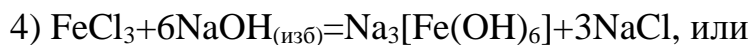
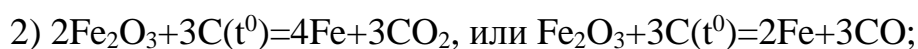
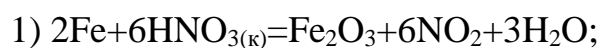


### Задание №6

Напишите уравнения химических реакций всех превращений:



Решение:





Принимаются любые разумные ответы соответствующие условию

### Вариант 4

#### Задание №1

Во время работы над периодическим законом Д.И.Менделеев предсказал существование новых элементов, оставил для них пустые клеточки в таблице. Предсказать существование элемента N Д.И.Менделеев не мог. Открытие элемента N в 1894 году Уильямом Рамзаем и лордом Джоном Рэлеем вызвало бурные дискуссии и сомнения в Периодическом законе и периодической системе элементов. Д.И.Менделеев вначале посчитал элемент N аллотропной модификацией азота. В период с 1895 по 1900 годы были открыты еще 5 подобных химических элементов, и в периодической системе пришлось отвести для них целую группу. Назовите элемент N и его аналоги.

Решение:

Элемент N – аргон, 5 элементов: гелий, неон, криптон, ксенон, радон.

1)  $2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}$  (А – водород, Б – кислород), В - вода);

2)  $\text{H}_2\text{O} + \text{BaO} = \text{Ba}(\text{OH})_2$  (Г –гидроксид бария);

3)  $3\text{H}_2\text{O} + \text{P}_2\text{O}_5 = 2\text{H}_3\text{PO}_4$  (Д – ортофосфорная кислота);

4)  $2\text{H}_2\text{O}_2(\text{MnO}_2) = 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$  (Е – пероксид водорода);

5)  $\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{KI} = \text{I}_2 + 2\text{KOH}$ .

#### Задание №2

Самое легкое простое вещество А взаимодействует с простым веществом Б, являющимся составной частью воздуха, с образованием вещества В. Вещество В может взаимодействовать с оксидом бария и оксидом фосфора с образованием соответственно веществ Г и Д, а с оксидом кремния(IV) не взаимодействует. Существует и вещество Е, состоящее из элементов А и Б, разлагающееся в присутствии оксида марганца(IV) с образованием простого вещества Б. Вещество Е взаимодействует с йодидом калия с образованием коричневого осадка.

Напишите пять уравнений химических реакций, описывающих данные превращения, и назовите вещества А, Б, В, Г, Д, Е.

Решение:

1) Определим молярную массу газа А, исходя из плотности по водороду:  $M(A)=17 \cdot 2=34$  г/моль; из плотности по воздуху  $M(A)=1,177 \cdot 29=34,133$  г/моль. Такую молярную массу имеет сероводород, бесцветный газ с запахом тухлых яиц;

2) А – сероводород, Б – сера, В – серная кислота;

3)  $2KOH+H_2S=K_2S+2H_2O$ , или  $KOH+H_2S=KHS+H_2O$ ;

4)  $Ag_2S+H_2(t^0)=2Ag+H_2S$ ;

5)  $FeS+H_2SO_4=FeSO_4+H_2S$ .

### Задание №3

В учебнике неорганической химии по новейшим воззрениям В.Рихтера (1880г.) дано следующее описание газа А: “ А есть бесцветный газ с запахом гнилых яиц. Плотность газа А: 17 (водород=1), 1,177 (воздух=1)... Газ А встречается в свободном состоянии в вулканических газах и во многих минеральных водах, как то в Сергеевских (в Самарской губернии), в Пятигорских (на Кавказе) и в старой Руси. Он образуется при гниении органических веществ, содержащих элемент Б, а также через раскисление солей кислоты В при действии гниющих веществ или бактерий. Прямое соединение водорода с Б, хотя в малом количестве происходит если струю водорода пропускать через расплавленное простое вещество Б, если смесь паров Б и водорода проводить через накалинные (до  $500^0$ ) пористые тела, такие как кирпич, пемза. Некоторые соли Б, нагретые в струе водорода, восстанавливаются и дают газ А. При добывании газа А, соли Б разлагают кислотами... Причем реакция происходит уже на холоду.

Вода растворяет от 3 до 4 объемов газа. При вдыхании газ действует весьма вредно, преимущественно на мелких животных... Газ А имеет слабокислую реакцию, он окрашивает синюю лакмусовую бумажку в красный цвет... Большинство металлов способно выделять из него водород, образуя соли. С гидратами и окислами газ А дает средние и кислые соли.

Соли А и почти всех тяжелых металлов нерастворимы в воде и разведенных кислотах, поэтому осаждаются газом А из растворов их солей

Получаемые осадки окрашены в разные цвета и служат для характеристики различных металлов. Бумага, пропитанная раствором свинцовой соли от А тот час чернеет... – чувствительная реакция для А.”

1) определите газ А;

2) назовите А, Б и В;

3) напишите уравнение взаимодействия А с гидратом калия;

4) напишите уравнение получения газа А из нагретой соли серебра в струе водорода;

5) напишите уравнение “добывания газа” А из соли железа(II) кислотой В.

Решение:

Вещество	MgCO <sub>3</sub>	SrCO <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>
	3		
Молярная масса, г/моль	84	148	44

Запишем уравнения протекающих реакций:

1)  $\text{MgCO}_3 + 2\text{HCl} = \text{MgCl}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ; 2)  $\text{SrCO}_3 + 2\text{HCl} = \text{SrCl}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ .

2) Определим количества веществ HCl и MgCO<sub>3</sub>:

$$n(\text{HCl}) = \frac{300 \cdot 1,08 \cdot 0,1647}{36,5} = 1,46 \text{ моль}; \quad n(\text{MgCO}_3) = \frac{10}{84} = 0,12 \text{ моль}.$$

Следовательно, соляная кислота взята в избытке, а весь карбонат кальция израсходуется.

3) Масса раствора в первой колбе увеличивается за счет массы MgCO<sub>3</sub> и уменьшается за счет выделения CO<sub>2</sub>:  $\Delta m = m(\text{MgCO}_3) - m_1(\text{CO}_2)$ .

4)  $n(\text{MgCO}_3) = 0,12 \text{ моль}$ ,  $n_1(\text{CO}_2) = n(\text{MgCO}_3) = 0,12 \text{ моль}$ ;  
 $m_1(\text{CO}_2) = 0,12 \cdot 44 = 5,28 \text{ г}$ .  $\Delta m = m(\text{MgCO}_3) - m_1(\text{CO}_2) = 10 - 5,28 = 4,72 \text{ г}$ .

5) Изменение массы раствора  $\Delta m$  во второй колбе должно быть равно изменению массы раствора в первой колбе:  $\Delta m = m(\text{SrCO}_3) - m_2(\text{CO}_2) = m(\text{MgCO}_3) - m_1(\text{CO}_2) = 4,72 \text{ г}$ . Пусть  $x$  моль SrCO<sub>3</sub> (масса карбоната стронция 148 $x$  г) надо добавить во вторую колбу, тогда количество вещества выделившегося по второй реакции углекислого газа тоже  $x$  моль (масса 44 $x$  г). Следовательно,  $148x - 44x = 4,72$ . Отсюда  $x = 0,045 \text{ моль}$ , а масса карбоната стронция:  $m(\text{SrCO}_3) = 0,045 \cdot 148 = 6,66 \text{ г}$ .

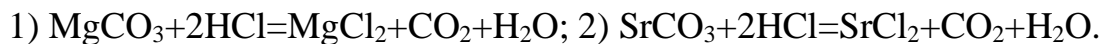
#### Задание №4

На чашках весов уравновешены две колбы, в которых находятся по 300 мл соляной кислоты с массовой долей HCl 16,47% (плотность 1,08 г/мл). В одну колбу добавили 10 г карбоната магния. Какую массу карбоната стронция необходимо добавить во второй стакан, что бы равновесие не нарушилось?

Решение:

Вещество	MgCO <sub>3</sub>	SrCO <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>
Молярная масса, г/моль	84	148	44

Запишем уравнения протекающих реакций:



2) Определим количества веществ HCl и MgCO<sub>3</sub>:

$$n(\text{HCl}) = \frac{300 \cdot 1,08 \cdot 0,1647}{36,5} = 1,46 \text{ моль}; \quad n(\text{MgCO}_3) = \frac{10}{84} = 0,12 \text{ моль}.$$

Следовательно, соляная кислота взята в избытке, а весь карбонат кальция израсходуется.

3) Масса раствора в первой колбе увеличивается за счет массы MgCO<sub>3</sub> и уменьшается за счет выделения CO<sub>2</sub>:  $\Delta m = m(\text{MgCO}_3) - m_1(\text{CO}_2)$ .

4)  $n(\text{MgCO}_3) = 0,12 \text{ моль}$ ,  $n_1(\text{CO}_2) = n(\text{MgCO}_3) = 0,12 \text{ моль}$ ;  
 $m_1(\text{CO}_2) = 0,12 \cdot 44 = 5,28 \text{ г}$ .  $\Delta m = m(\text{MgCO}_3) - m_1(\text{CO}_2) = 10 - 5,28 = 4,72 \text{ г}$ .)

5) Изменение массы раствора  $\Delta m$  во второй колбе должно быть равно изменению массы раствора в первой колбе:  $\Delta m = m(\text{SrCO}_3) - m_2(\text{CO}_2) = m(\text{MgCO}_3) - m_1(\text{CO}_2) = 4,72 \text{ г}$ . Пусть  $x$  моль SrCO<sub>3</sub> (масса карбоната стронция  $148x$  г) надо добавить во вторую колбу, тогда количество вещества выделившегося по второй реакции углекислого газа тоже  $x$  моль (масса  $44x$  г). Следовательно,  $148x - 44x = 4,72$ . Отсюда  $x = 0,045$  моль, а масса карбоната стронция:  $m(\text{SrCO}_3) = 0,045 \cdot 148 = 6,66 \text{ г}$ .

## Задание №5

В земной коре элемент А встречается в основном в виде соединения с кислородом. Минерал Б, который имеет несколько модификаций и названий, содержит бесцветные кристаллы В с массовым содержанием элемента А 46,7%, остальное кислород. Аморфная разновидность вещества В является основой ряда минералов – драгоценных и полудрагоценных камней.

Простое вещество А получают из вещества В магниитермическим методом (в лаборатории), а также восстановлением вещества В коксом в электропечах (в промышленности).

Синтетическое вещество В получают термическим оксидированием вещества А (созданием плёнки вещества В на поверхности подложки из вещества А при высокой температуре). В роли окислителя выступает кислород (сухое окисление) или пары воды (влажное окисление).

Вещество В тугоплавкое, очень твёрдое и химически стойкое, легко переходит в стеклообразное состояние, проявляет кислотные свойства.

Простое вещество А входит в состав сплава «Силумин», используется в качестве компьютерных чипов.

- 1) Определите элемент А, формулу вещества В, назовите минерал Б.
- 2) Запишите уравнения реакций получения простого вещества А:
  - а) в лаборатории методом магниитермии;
  - б) в промышленности методом карбонотермии.
- 3) Запишите уравнения реакций взаимодействия вещества В:
  - а) с плавиковой кислотой;
  - б) со щелочью при сплавлении.
- 4) Запишите уравнение реакции влажного окисления при термическом оксидировании вещества А.

Решение:

1) А – кремний, Б – кварц (кремнезём, кристобалит, тридимит), В –  $\text{SiO}_2$ .

$\omega(\text{O}) = 100\% - 46,7\% = 53,3\%$ . Пусть имеется 100 г вещества В, тогда масса  $m(\text{A}) = 46,7$  г,  $m(\text{O}) = 53,3$  г. Пусть элемент А с атомной массой М имеет степень окисления +n. Примем формулу искомого вещества  $\text{A}_2\text{O}_n$ , тогда  $\frac{2}{n} = \frac{46,7}{M} : \frac{53,3}{16}$  и  $\frac{2}{n} = \frac{14,02}{M}$ , откуда  $M = 7,01n$ .

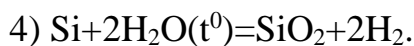
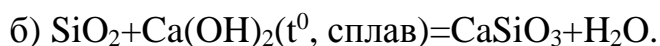
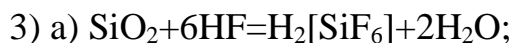
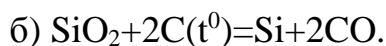
При  $n=1$   $M=7,01$  (литий исключается, т.к. по условию задачи – оксид элемента А проявляет кислотные свойства).

При  $n=2$   $M=14,02$  (азот исключается, т.к. его единственный твёрдый оксид  $\text{N}_2\text{O}_5$  не является химически стойким, легко разлагается и растворяется в воде);

При  $n=3$   $M=21,03$  (такого элемента нет).

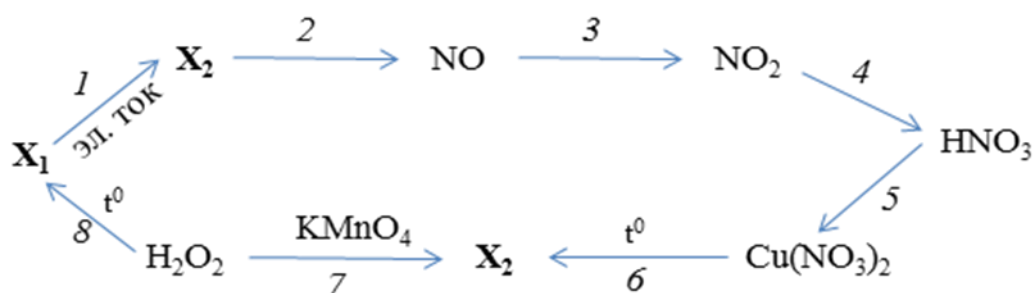
При  $n=4$   $M=28,04$  (вещество А – это кремний).

2) а)  $\text{SiO}_2 + 2\text{Mg}(t^0) = 2\text{MgO} + \text{Si}$ ;

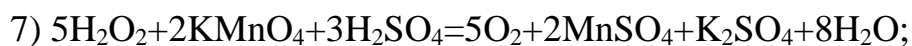
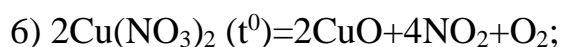
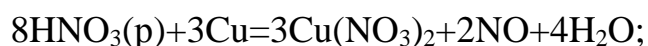
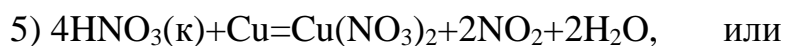
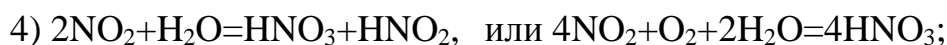
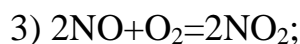
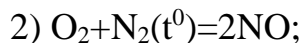


### Задание №6

Напишите уравнения химических реакций всех превращений:



Решение:



Принимаются любые разумные ответы соответствующие условию.

### Вариант 5

### Задание №1

Во время работы над периодическим законом Д.И.Менделеев записал на карточках символы элементов и их химические свойства. Вначале Д.И.Менделеев положил карточку с элементом N рядом с алюминием, считая

его похожим по свойствам на алюминий (элементом той же группы). Затем, усомнившись в значении атомной массы, переместил карточку в другую группу, изменив и формулу высшего оксида. Назовите элемент N, в какой группе элемент N находится в периодической системе?

Решение:

Элемент N – бериллий находится в IIА группе.

### Задание №2

Простое вещество А, соли которого окрашивают пламя в желтый цвет, взаимодействует с кислородом с образованием вещества Б. Вещество Б взаимодействует с углекислым газом с образованием бесцветного газа В поддерживающего горение и соли Г. Соль Г взаимодействует с соляной кислотой с образованием углекислого газа. Вещество Б взаимодействует и с водой с образованием газа В. Смесь газа В с водородом в мольном соотношении 1:2 называют гремучей смесью. Взаимодействует газ В с водородом с выделением большого количества тепла.

Напишите пять уравнений химических реакций, описывающих данные превращения, и назовите вещества А, Б, В, Г.

Решение:

- 1)  $2\text{Na} + \text{O}_2 = \text{Na}_2\text{O}_2$  (А – натрий, Б – пероксид натрия);
- 2)  $2\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{CO}_2 = 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{O}_2$  (В – кислород, Г – карбонат натрия);
- 3)  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} = 2\text{NaCl} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ;
- 4)  $2\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{NaOH} + \text{O}_2$ ;
- 5)  $\text{O}_2 + 2\text{H}_2 = 2\text{H}_2\text{O}$ .

### Задание №3

В учебнике неорганической химии по новейшим воззрениям В.Рихтера (1880г.) дано следующее описание газа А: “Бесцветный газ чесночного запаха, несколько растворимый в спирте. Удельный вес газа А: 17 (водород=1), 1,185 (воздух=1). Весьма ядовит.

Если кипятить кусочки белого простого вещества Б с водным раствором едкого кали или натра, то выделяется газ А, воспламеняющийся на воздухе. Так как получаемый газ, смешанный с воздухом в закрытом сосуде сильно взрывается, то для избежания этой опасности опыт проводят следующим образом. Небольшую стеклянную колбочку почти доверху наполняют

раствором едкого натра, кладут несколько кусочков Б и нагревают на лампе. При выделении газа, колбочку закрывают пробкой с газоотводной трубкой. Открытый конец ее погружают в теплую воду, для того, чтобы увлекающееся парами вещество Б при затвердевании не засоряло трубку. Каждый пузырек газа, выделяющийся из воды, загорается на воздухе образуя белые дымные кольца. Если этот газ пропускать через охлажденные трубки, то газ А сгущается в них и более не воспламеняется сам собою. Газ А может быть получен и при разложении фосфористого кальция водою, или соляной кислотой... Газ А подобно аммиаку имеет слабо щелочные свойства и способен соединяться с бромом- и йодоводородом.”

- 1) определите газ А;
- 2) назовите А и Б;
- 3) напишите уравнение получения газа А при кипячении Б с едким кали;
- 4) напишите уравнение разложения фосфористого кальция водой;
- 5) напишите уравнение реакции взаимодействия газа А с йодоводородом.

Решение:

1) Определим молярную массу газа А, исходя из плотности по водороду:  $M(A)=17 \cdot 2=34$  г/моль; из плотности по воздуху  $M(A)=1,185 \cdot 29=34,365$  г/моль. Такую молярную массу имеет фосфин, бесцветный газ с чесночным запахом;

2) А – фосфин, Б – белый фосфор;

3)  $P_4+3KOH+3H_2O=PH_3+3KH_2PO_2$ ;

4)  $Ca_3P_2+6H_2O=3Ca(OH)_2+2PH_3$ ;

5)  $PH_3+HI=PH_4I$ .

#### Задание №4

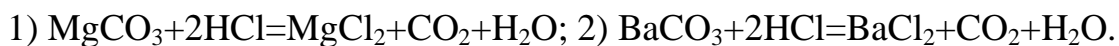
На чашках весов уравновешены две колбы, в которых находятся по 450 мл соляной кислоты с массовой долей HCl 12,5% (плотность 1,06 г/мл). В одну колбу добавили 7 г карбоната магния. Какую массу карбоната бария необходимо добавить во второй стакан, что бы равновесие не нарушилось?

Решение:



Вещество	MgCO <sub>3</sub>	BaCO <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>
Молярная масса, г/моль	84	197	44

Запишем уравнения протекающих реакций:



2) Определим количества веществ HCl и MgCO<sub>3</sub>:

$$n(\text{HCl}) = \frac{450 \cdot 1,06 \cdot 0,125}{36,5} = 1,63 \text{ моль}; \quad n(\text{MgCO}_3) = \frac{7}{84} = 0,083 \text{ моль}.$$

Следовательно, соляная кислота взята в избытке, а весь карбонат магния израсходуется.

3) Масса раствора в первой колбе увеличивается за счет массы MgCO<sub>3</sub> и уменьшается за счет выделения CO<sub>2</sub>:  $\Delta m = m(\text{MgCO}_3) - m_1(\text{CO}_2)$ .

$$4) n(\text{MgCO}_3) = 0,083 \text{ моль}, \quad n_1(\text{CO}_2) = n(\text{MgCO}_3) = 0,083 \text{ моль}; \\ m_1(\text{CO}_2) = 0,083 \cdot 44 = 3,65 \text{ г}. \quad \Delta m = m(\text{MgCO}_3) - m_1(\text{CO}_2) = 7 - 3,65 = 3,35 \text{ г}.$$

5) Изменение массы раствора  $\Delta m$  во второй колбе должно быть равно изменению массы раствора в первой колбе:  $\Delta m = m(\text{BaCO}_3) - m_2(\text{CO}_2) = m(\text{MgCO}_3) - m_1(\text{CO}_2) = 3,35 \text{ г}$ . Пусть  $x$  моль BaCO<sub>3</sub> (масса карбоната бария  $197x$  г) надо добавить во вторую колбу, тогда количество вещества выделившегося по второй реакции углекислого газа тоже  $x$  моль (масса  $44x$  г). Следовательно,  $197x - 44x = 3,35$ . Отсюда  $x = 0,022$  моль, а масса карбоната бария:  $m(\text{BaCO}_3) = 0,022 \cdot 197 = 4,33 \text{ г}$ .

### Задание №5

В земной коре элемент А можно встретить в виде соединений с серой. Основным минералом Б элемента А является серебристо-серое (чёрное) твёрдое вещество В, представляющее собой бинарное соединение А с серой (86,6% по массе элемента А). Простое вещество А можно получить из вещества В пирометаллургическим способом, подвергая окислительному обжигу, а затем восстановительной плавкой в атмосфере монооксида углерода.

Вещество В не растворяется в воде, не реагирует со щелочами и разбавленными кислотами (кроме азотной).

Средневековые картины, тускнеющие со временем в результате образования вещества В, можно восстановить обработкой пероксидом водорода, который переводит вещество В в белую соль элемента А.

Простое вещество А используется для радиационной защиты в рентгеновских установках и в ядерных реакторах.

- 1) Определите элемент А, формулу вещества В, назовите минерал Б.
- 2) Запишите уравнения химических реакций, описывающих две стадии получения простого вещества А из вещества В пирометаллургическим способом.
- 3) Запишите уравнения реакций взаимодействия вещества В: с разбавленной азотной кислотой.
- 4) Запишите уравнение реакции взаимодействия вещества В с пероксидом водорода.

Решение:

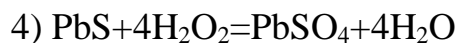
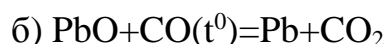
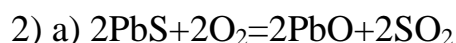
1) А – свинец, Б – галенит (свинцовый блеск), В – PbS.

$\omega(\text{O}) = 100\% - 86,6\% = 13,4\%$ . Пусть имеется 100 г вещества В, тогда масса  $m(\text{A}) = 86,6$  г,  $m(\text{O}) = 13,4$  г. Пусть элемент А с атомной массой М имеет степень окисления +n. Примем формулу искомого вещества  $\text{A}_2\text{O}_n$ , тогда

$$\frac{2}{n} = \frac{86,6}{M} : \frac{13,4}{32} \text{ и } \frac{2}{n} = \frac{206,8}{M}, \text{ откуда } M = 103,4n.$$

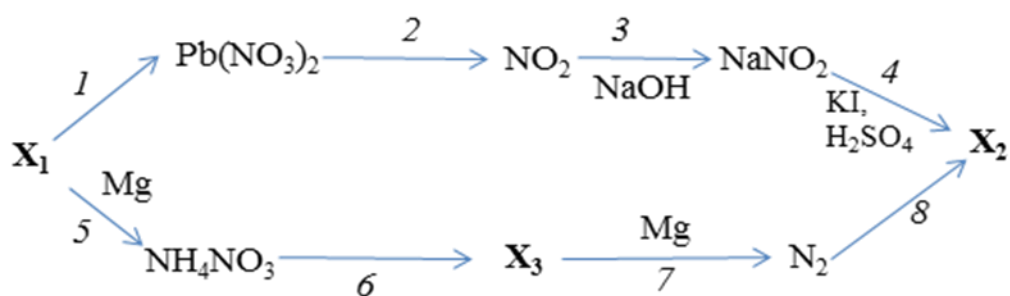
При  $n=1$   $M=103,4$  (родий исключается по ряду причин, например, он не имеет собственных минералов).

При  $n=2$   $M=206,8$  (элемент А – это свинец).



### Задание №6

Напишите уравнения химических реакций всех превращений:



Решение:

- 1)  $8\text{HNO}_3 + 3\text{Pb} = 3\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO} + 4\text{H}_2\text{O}$ ;
- 2)  $2\text{Pb}(\text{NO}_3)_2(t^0) = 2\text{PbO} + 4\text{NO}_2 + \text{O}_2$ ;
- 3)  $2\text{NO}_2 + 2\text{NaOH} = \text{NaNO}_2 + \text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ;
- 4)  $2\text{NaNO}_2 + 2\text{KI} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{I}_2 + 2\text{NO} + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ ;
- 5)  $10\text{HNO}_3 + 4\text{Mg} = 4\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 + \text{NH}_4\text{NO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ ;
- 6)  $\text{NH}_4\text{NO}_3(t^0) = \text{N}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O}$ ;
- 7)  $\text{N}_2\text{O} + \text{Mg}(t^0) = \text{MgO} + \text{N}_2$ ;
- 8)  $\text{N}_2 + \text{O}_2(t^0) = 2\text{NO}$ .

Принимаются любые разумные ответы соответствующие условию

## Вариант 6

### Задание №1

Во время работы над периодическим законом Д.И.Менделеев расположил элементы по возрастанию их атомных весов. Однако для двух пар элементов Д.И.Менделеев “сделал исключение”. Назовите эти пары элементов. Почему Д.И.Менделеев так поступил?

Решение:

Пары элементов: кобальт ( $A_r=59$  г/моль) – никель ( $A_r=59$  г/моль) и теллур ( $A_r=128$  г/моль) – йод ( $A_r=127$  г/моль). Д.И.Менделеев так поступил, потому что считал недостаточно точным определение атомных весов, кроме того, Д.И.Менделеев всегда руководствовался сходством химических свойств.

### Задание №2

Простое вещество А, соли которого окрашивают пламя в алый цвет взаимодействует с азотом в нормальных условиях с образованием вещества Б. Вещество Б разлагается водой с образованием газа с резким запахом В, раствор которого используется в медицинских целях. Газ В сгорает на воздухе с образованием бесцветного газа Г не поддерживающего горение, составляющего большую часть воздуха. Газ Г взаимодействует с кислородом при очень высоких температурах (в атмосфере при разряде молнии) с образованием бесцветного газа Д. Газ Д превращается на воздухе в бурый газ Е.

Напишите пять уравнений химических реакций, описывающих данные превращения, и назовите вещества А, Б, В, Г, Д

Решение:

- 1)  $6\text{Li} + \text{N}_2 = 2\text{Li}_3\text{N}$  (А – литий, Б – нитрид лития);
- 2)  $2\text{Li}_3\text{N} + 6\text{H}_2\text{O} = 6\text{LiOH} + 2\text{NH}_3$  (В - аммиак);
- 3)  $4\text{NH}_3 + 3\text{O}_2 = 2\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$  (Г - азот);
- 4)  $\text{N}_2 + \text{O}_2 = 2\text{NO}$  (Д – оксид азота(II));
- 5)  $2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$  (Е – оксид азота(IV)).

### Задание №3

В учебнике неорганической химии по новейшим воззрениям В.Рихтера (1880г.) дано следующее описание газа А: “Бесцветный газ без запаха, который прежде считался постоянным. Плотность его: 8 (водород=1), 0,544 (воздух=1)... Газ А, называемый болотным газом, образуется при гниении органических веществ под водою (в болотах) и выделяется во многих местностях из земли – так на берегах Каспийского моря в окрестностях Баку (святые огни). В каменноугольных копях в смесях с воздухом образует взрывчатые смеси. Синтетическим путем он получается при пропускании паров сероуглерода и сероводорода через накалинные медные стружки. Выделяющийся газ А собирают над водою. Хлор и бром действуют на газ А, замещая в них водород на галоген.

Зажженным газ А горит слабосветящимся пламенем с двумя объемами кислорода, или с 10 объемами воздуха дает сильно взрывчатые смеси”.

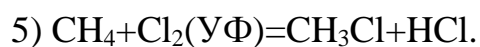
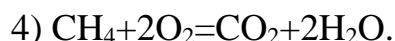
- 1) определите газ А;
- 2) назовите А; укажите основную область применения газа А;
- 3) напишите уравнение получения газа А при пропускании паров сероуглерода и сероводорода через накалинные медные стружки;

- 4) напишите уравнение горения газа А;  
 5) напишите уравнение взаимодействия газа А с хлором.

Решение:

1) Определим молярную массу газа А, исходя из плотности по водороду:  $M(A) = 8 \cdot 2 = 16$  г/моль; из плотности по воздуху  $M(A) = 0,544 \cdot 29 = 15,776$  г/моль. Такую молярную массу имеет метан, бесцветный газ плохо растворимый в воде, образующий с воздухом взрывчатые смеси.

2) А – метан, газ А применяется в качестве топлива.



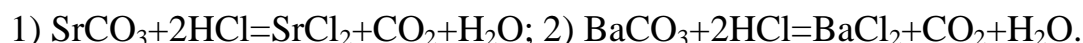
#### Задание №4

На чашках весов уравновешены две колбы, в которых находятся по 500 мл соляной кислоты с массовой долей HCl 10,52% (плотность 1,05 г/мл). В одну колбу добавили 8,5 г карбоната стронция. Какую массу карбоната бария необходимо добавить во второй стакан, что бы равновесие не нарушилось?

Решение:

Вещество	SrCO <sub>3</sub>	BaCO <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>
Молярная масса, г/моль	148	197	44

Запишем уравнения протекающих реакций:



2) Определим количества веществ HCl и MgCO<sub>3</sub>:  
 $n(HCl) = \frac{500 \cdot 1,05 \cdot 0,1052}{36,5} = 1,51$  моль;  $n(SrCO_3) = \frac{8,5}{148} = 0,057$  моль.

Следовательно, соляная кислота взята в избытке, а весь карбонат стронция израсходуется.

3) Масса раствора в первой колбе увеличивается за счет массы SrCO<sub>3</sub> и уменьшается за счет выделения CO<sub>2</sub>:  $\Delta m = m(SrCO_3) - m_1(CO_2)$ .

4)  $n(SrCO_3) = 0,057$  моль,  $n_1(CO_2) = n(SrCO_3) = 0,057$  моль;  
 $m_1(CO_2) = 0,057 \cdot 44 = 2,51$  г.  $\Delta m = m(SrCO_3) - m_1(CO_2) = 8,5 - 2,51 = 5,99$  г.

5) Изменение массы раствора  $\Delta m$  во второй колбе должно быть равно изменению массы раствора в первой колбе:  $\Delta m = m(\text{BaCO}_3) - m_2(\text{CO}_2) = m(\text{SrCO}_3) - m_1(\text{CO}_2) = 5,99$  г. Пусть  $x$  моль  $\text{BaCO}_3$  (масса карбоната бария  $197x$  г) надо добавить во вторую колбу, тогда количество вещества выделившегося по второй реакции углекислого газа тоже  $x$  моль (масса  $44x$  г). Следовательно,  $197x - 44x = 5,99$ . Отсюда  $x = 0,039$  моль, а масса карбоната бария:  $m(\text{BaCO}_3) = 0,039 \cdot 197 = 7,68$  г.

### Задание №5

В земной коре элемент А встречается в основном в виде соединений с кислородом. Одним из минералов Б элемента А является твёрдое вещество В от красно-коричневого до почти чёрного цвета в зависимости от кристаллической модификации. В представляет собой бинарное соединение с кислородом (содержание элемента А в веществе В 70% по массе).

Простое вещество А можно получить из вещества В методом алюмотермии, а также электролизом водных растворов солей А.

По химической природе вещество В амфотерно, реагирует разбавленными кислотами, при сплавлении – со щелочами и карбонатами щелочных металлов. Вещество В восстанавливается расплавленным железом.

Вещество В является основным компонентом краски «Колькотар», используется в пищевой промышленности в качестве пищевого красителя Е172.

- 1) Определите элемент А, формулу вещества В, назовите минерал Б.
- 2) Запишите уравнения реакций получения простого вещества А:
  - а) методом алюмотермического восстановления из вещества В;
  - б) электролизом водного раствора сульфата А(III) на инертных электродах.
- 3) Запишите уравнения реакций взаимодействия вещества В:
  - а) с разбавленной серной кислотой;
  - б) с карбонатом натрия при сплавлении.
- 4) Запишите уравнение реакции восстановления вещества В расплавленным железом.

#### Решение:

1) А – железо, Б – гематит (красный железняк), В –  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

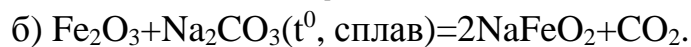
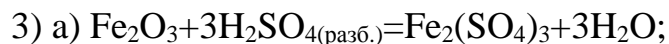
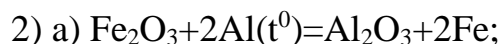
$\omega(\text{O}) = 100\% - 70\% = 30\%$ . Пусть имеется 100 г вещества В, тогда масса  $m(\text{A}) = 70$  г,  $m(\text{O}) = 30$  г. Пусть элемент А с атомной массой М имеет степень окисления  $+n$ . Примем формулу искомого вещества  $\text{A}_2\text{O}_n$ , тогда

$$\frac{2}{n} = \frac{70}{M} : \frac{30}{16} \quad \text{и} \quad \frac{2}{n} = \frac{37,34}{M}, \quad \text{откуда} \quad M = 18,67n.$$

При  $n=1$   $M=18,67$  (фтор, он не имеет оксидов).

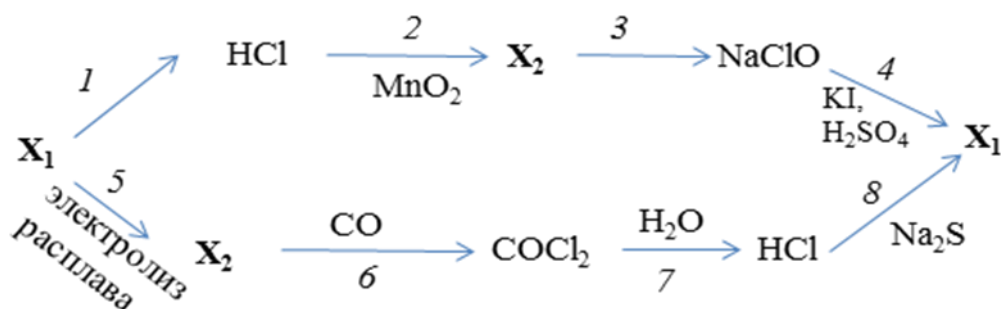
При  $n=2$   $M=37,34$  (такого элемента нет).

При  $n=3$   $M=56,01$  (элемент А – это железо).

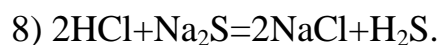
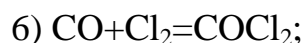
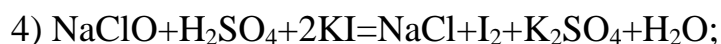


### Задание №6

Напишите уравнения химических реакций всех превращений:



Решение:



Принимаются любые разумные ответы соответствующие условию

### Вариант 7

#### Задание №1

Во время работы над периодическим законом Д.И.Менделеев предсказал существование новых элементов, оставил для них пустые клеточки в таблице. Неизвестным элементам Д.И.Менделеев дал названия. Основой названия являлось название известного элемента с подобными свойствами и приставки “эка-”, “дви-”, “три-” в зависимости от того насколько позиций

вниз (в таблице элементов) от уже открытого элемента с похожими свойствами находится предсказанный элемент (приставки образованы от санскритских слов “один”, “два”, “три”). Элемент N был открыт только в 1940 году Д.Корсоном, К.Маккензи, Э.Сегре бомбардировкой висмута альфа-частицами. Период полураспада этого элемента составляет 8,3 часа. За такую особенность поведения элемент получил название “неустойчивый”.

Назовите элемент N, если при бомбардировке альфа-частицами заряд ядра атома увеличивается на два. Как этот элемент назвал Д.И.Менделеев?

Решение:

При бомбардировке альфа-частицами заряд висмута увеличивается на два, такой заряд ядра имеет астат. Д.И.Менделеев назвал его экайод (экайодин), так как астат расположен в шестом периоде, а йод в пятом.

## Задание №2

Ядовитый желто-зеленый газ А взаимодействует с горячим раствором щелочи с образованием двух солей Б и В, окрашивающих пламя в фиолетовый цвет. Соль Б используется для получения кислорода в лаборатории. Смеси соли Б с восстановителями, в частности с фосфором, чувствительны к трению и ударам. При взаимодействии с фосфором соли Б образуется и соль В и оксид фосфора(V). При нагревании соль Б диспропорционирует с образованием соли В и соли Г кислородсодержащей кислоты, в которой элемент А находится в высшей степени окисления. При нагревании соль Г разлагается с образованием соли В и второго продукта разложения соли Б.

Напишите пять уравнений химических реакций, описывающих данные превращения, и назовите вещества А, Б, В, Г.

Решение:

- 1)  $3\text{Cl}_2 + 6\text{KOH}(t^0) = \text{KClO}_3 + 5\text{KCl} + 3\text{H}_2\text{O}$  (А – хлор, Б – хлорат калия (бертолетова соль), В – хлорид калия);
- 2)  $2\text{KClO}_3 = 2\text{KCl} + 3\text{O}_2$ ;
- 3)  $5\text{KClO}_3 + 6\text{P} = 5\text{KCl} + 3\text{P}_2\text{O}_5$  (или  $\text{P}_4\text{O}_{10}$ ) ;
- 4)  $4\text{KClO}_3(t^0) = \text{KCl} + 3\text{KClO}_4$  (Г – перхлорат калия);
- 5)  $\text{KClO}_4(t^0) = \text{KCl} + 2\text{O}_2$ .

## Задание №3

В учебнике неорганической химии по новейшим воззрениям В.Рихтера (1880г.) дано следующее описание газа А: “Плотность газа А: 24 (водород=1), 1,655 (воздух=1). Газ А есть особенное видоизменение элемента Б, отличающийся характерным запахом и энергичностью химического



действия, вследствие чего он назван действующим Б. Он образуется из Б при весьма различных условиях, являясь почти всегда, где выделяется свободный Б, или где Б участвует в реакциях. Так он образуется почти при каждом медленном окислении, при неполном сгорании тел, при действии электричества на Б, или воздух, при электролизе воды. Во всех этих случаях никогда весь Б не превращается в А, только часть его – не больше 6%. Газ А обладает очень сильным характерным запахом, вызывающим при продолжительном вдыхании рвоту. При нагревании до 200-300° А превращается в Б. В чистой воде он несколько растворяется. Большая часть А превращается водою при растворении в Б. Окислительная способность его, особенно во влажном состоянии, весьма сильна даже при обыкновенной температуре. Фосфор, сера, мышьяк дают высшие степени их окисления, аммиак превращается в азотистую и азотные кислоты, серебро и свинец в перекиси, бумага, пропитанная уксусно-свинцовой солью буреет. Из йодистого калия он выделяет йод.”

- 1) определите газ А;
- 2) назовите А и Б;
- 3) напишите уравнение реакции превращения А в Б при нагревании;
- 4) напишите уравнение реакции взаимодействия А с раствором йодистого калия;
- 5) какова роль газа А в природе?

Решение:

- 1) Определим молярную массу газа А, исходя из плотности по водороду:  
 $M(A) = 24 \cdot 2 = 48$  г/моль; из плотности по воздуху  
 $M(A) = 1,655 \cdot 29 = 47,995$  г/моль. Такую молярную массу имеет озон, бесцветный газ, являющийся аллотропной модификацией кислорода, очень сильный окислитель.
- 2) А – озон, Б – кислород.
- 3)  $2O_3(t^0) = 3O_2$ .
- 4)  $2KI + O_3 + H_2O = I_2 + 2KOH + O_2$ .
- 5) озоновый слой является щитом для ультрафиолетового излучения.

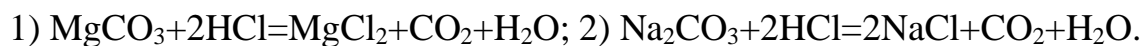
**Задание №4**

На чашках весов уравновешены две колбы, в которых находятся по 350 мл соляной кислоты с массовой долей HCl 18,43% (плотность 1,09 г/мл). В одну колбу добавили 6 г карбоната магния. Какую массу карбоната натрия необходимо добавить во второй стакан, что бы равновесие не нарушилось?

Решение:

Вещество	MgCO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>
	3		
Молярная масса, г/моль	84	106	44

Запишем уравнения протекающих реакций:



2) Определим количества веществ HCl и MgCO<sub>3</sub>:

$$n(\text{HCl}) = \frac{350 \cdot 1,09 \cdot 0,1843}{36,5} = 1,93 \text{ моль}; \quad n(\text{MgCO}_3) = \frac{6}{84} = 0,071 \text{ моль}.$$

Следовательно, соляная кислота взята в избытке, а весь карбонат магния израсходуется.

3) Масса раствора в первой колбе увеличивается за счет массы MgCO<sub>3</sub> и уменьшается за счет выделения CO<sub>2</sub>:  $\Delta m = m(\text{MgCO}_3) - m_1(\text{CO}_2)$ .

4)  $n(\text{MgCO}_3) = 0,071 \text{ моль}$ ,  $n_1(\text{CO}_2) = n(\text{MgCO}_3) = 0,071 \text{ моль}$ ;  
 $m_1(\text{CO}_2) = 0,071 \cdot 44 = 3,12 \text{ г}$ .  $\Delta m = m(\text{MgCO}_3) - m_1(\text{CO}_2) = 6 - 3,12 = 2,88 \text{ г}$ .

5) Изменение массы раствора  $\Delta m$  во второй колбе должно быть равно изменению массы раствора в первой колбе:  $\Delta m = m(\text{Na}_2\text{CO}_3) - m_2(\text{CO}_2) = m(\text{MgCO}_3) - m_1(\text{CO}_2) = 2,88 \text{ г}$ . Пусть  $x$  моль Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (масса карбоната натрия  $106x$  г) надо добавить во вторую колбу, тогда количество вещества выделившегося по второй реакции углекислого газа тоже  $x$  моль (масса  $44x$  г). Следовательно,  $106x - 44x = 2,88$ . Отсюда  $x = 0,046$  моль, а масса карбоната натрия:  $m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,046 \cdot 106 = 4,88 \text{ г}$ .

### Задание №5

Известно более 60 минералов элемента А. Одним из основных минералов Б элемента А является белый кристалл В, содержащий серу и элемент А с массовым содержанием 67,1%. По химической природе простое вещество А амфотерно. В гидрометаллургическом методе получения простого вещества А обожжённые руды выщелачивают разбавленной серной кислотой, полученный раствор сульфата А подвергают электролизу с инертными электродами. Вещество В не растворяется в воде, не реагирует со щелочами, но вступает во взаимодействие с сильными кислотами-окислителями. Реакция образования вещества В имеет большое значение в аналитической практике.

Простое вещество А используется, в частности, для получения антикоррозионных покрытий и изготовлении гальванических элементов.

- 1) Определите элемент А, формулу вещества В, назовите минерал Б.
- 2) Запишите уравнения реакций:
  - а) выщелачивания вещества А из оксида А;
  - б) электролиза водного раствора сульфата А на графитовых электродах.
- 3) Запишите уравнения реакций взаимодействия вещества В с горячей концентрированной азотной кислотой.
- 4) Запишите уравнение реакции взаимодействия простого вещества А с раствором едкого натра.

Решение:

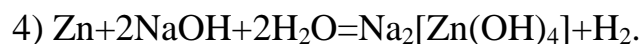
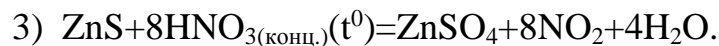
- 1) А – цинк, Б – цинковая обманка (сфалерит, вюрцит), В – ZnS.

$\omega(\text{O}) = 100\% - 67,1\% = 32,9\%$ . Пусть имеется 100 г вещества В, тогда масса  $m(\text{A}) = 67,1$  г,  $m(\text{O}) = 32,9$  г. Пусть элемент А с атомной массой М имеет степень окисления +n. Примем формулу искомого вещества  $\text{A}_2\text{O}_n$ , тогда

$$\frac{2}{n} = \frac{67,1}{M} : \frac{32,9}{32} \text{ и } \frac{2}{n} = \frac{65,3}{M}, \text{ откуда } M = 32,65n.$$

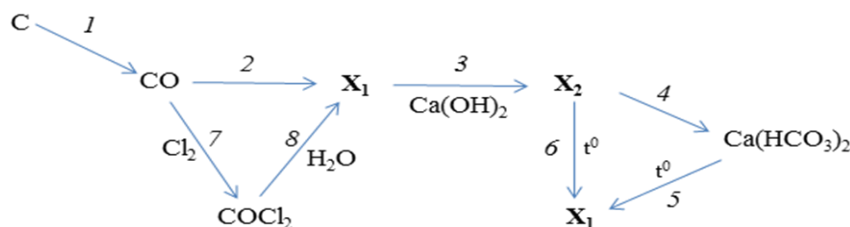
При  $n=1$   $M=32,65$  (сера исключается, т.к. по условию задачи вещество В содержит серу).

При  $n=2$   $M=65,3$  (элемент А – это цинк).

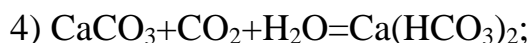
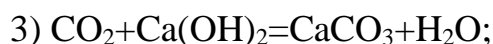
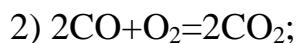
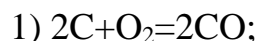


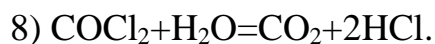
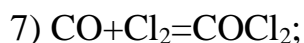
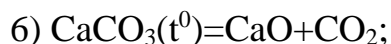
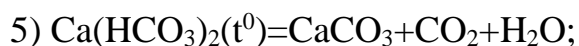
### Задание №6

Напишите уравнения химических реакций всех превращений:



Решение:





Принимаются любые разумные ответы соответствующие условию

### Вариант 8

#### Задание №1

Во время работы над периодическим законом Д.И.Менделеев предсказал существование новых элементов, оставил для них пустые клеточки в таблице. Незвестным элементам Д.И.Менделеев дал названия. Основой названия являлось название известного элемента с подобными свойствами и приставки “эка-”, “двиг-”, “три-” в зависимости от того насколько позиций вниз (в таблице элементов) от уже открытого элемента с похожими свойствами находится предсказанный элемент (приставки образованы от санскритских слов “один”, “два”, “три”).

Элемент Э1 и предшествующий ему в подгруппе элемент Э2 были предсказаны Д.И.Менделеевым. Элемент Э1 был открыт в 1925 году супругами Ноддак и О.Бергом и назван в честь области, где родилась Ида Ноддак. Элемент Э2 был открыт в 1937 году К.Перье и Э.Сегре. Название элемента Э2 переводится “искусственный”.

Ученые пытались найти элементы Э1 и Э2 в минералах молибдена, находящимся в соседней с Э1 и Э2 группе. Известно, что высшие оксиды искоемых элементов имеют формулу  $\text{Э}_2\text{O}_7$ . Назовите элементы Э1 и Э2. Как назвал эти элементы Д.И.Менделеев?

Решение:

Элемент	Название	Название Д.И.Менделеева
Э1	рений	двигмарганец
Э2	технеций	экамарганец

#### Задание №2

При взаимодействии бесцветных не ядовитых газов А и Б в присутствии железа (А легче Б, Б – в больших количествах находится в воздухе) образуется газ В с резким запахом, хорошо растворимый в воде. Газ В легко взаимодействует с растворами кислот, образуя соли. При взаимодействии газа В с азотной кислотой образуется соль Г, разлагающаяся при нагревании

с образованием вещества Д, используемого в медицине. При взаимодействии газа В с азотистой кислотой, образуется соль Е, разлагающаяся при нагревании с образованием газа Б.

Напишите пять уравнений химических реакций, описывающих данные превращения, и назовите вещества А, Б, В, Г, Д, Е.

Решение:

- 1)  $3\text{H}_2 + \text{N}_2(\text{Fe}) = 2\text{NH}_3$  (А – водород, Б – азот, В – аммиак);
- 2)  $\text{NH}_3 + \text{HNO}_3 = \text{NH}_4\text{NO}_3$  (Г – нитрат аммония);
- 3)  $\text{NH}_4\text{NO}_3(t^0) = \text{N}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O}$  (Д – веселящий газ);
- 4)  $\text{NH}_3 + \text{HNO}_2 = \text{NH}_4\text{NO}_2$  (Е – нитрит аммония);
- 5)  $\text{NH}_4\text{NO}_2(t^0) = \text{N}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ .

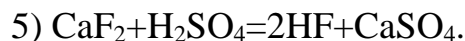
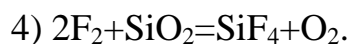
### **Задание №3**

В учебнике неорганической химии по новейшим воззрениям В.Рихтера (1880г.) дано следующее описание газа А: “Газ А обладает столь сильным сродством ко всем другим телам, что в свободном состоянии не мог быть получен. Он известен только в его соединениях весьма сходных с соединениями других галоидов. Главное самородное соединение его. минерал, называемый плавиковым шпатом. Действия на соли А с серебром и хромом, или накаливая плавиковый шпат в струе кислорода получали. сильно пахучий газ А, разъедающий стекло и платину, который разлагает воду с выделением кислорода. Газ этот вероятно свободный А. На основании теоретических соображений, удельный вес газообразного А будет 19 (водород=1), 1,310 (воздух=1).”

- 1) определите газ А;
- 2) назовите газ А, назовите бескислородную кислоту элемента А;
- 3) напишите уравнение взаимодействия газа А с водой с выделением кислорода;
- 4) напишите уравнение взаимодействия газа А с оксидом кремния(IV), протекающим с выделением кислорода;
- 5) напишите уравнение получения бескислородной кислоты элемента А из плавикового шпата и серной кислоты.

Решение:

- 1) Определим молярную массу газа А, исходя из плотности по водороду:  $M(\text{A}) = 19 \cdot 2 = 38$  г/моль; из плотности по воздуху  $M(\text{A}) = 1,310 \cdot 29 = 37,99$  г/моль. Такую молярную массу имеет фтор.
- 2) А – фтор; бескислородная кислота фтора – плавиковая (фтороводородная).
- 3)  $2\text{F}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{HF} + \text{O}_2$ .



P.S. Учебник Рихтера бы издан в 1880г., а фтор был открыт в 1886г. А.Муасаном.

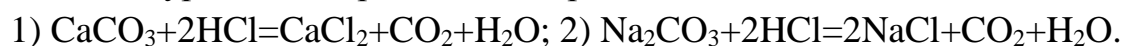
#### Задание №4

На чашках весов уравновешены две колбы, в которых находятся по 400 мл соляной кислоты с массовой долей HCl 10,52% (плотность 1,05 г/мл). В одну колбу добавили 5 г карбоната кальция. Какую массу карбоната натрия необходимо добавить во второй стакан, что бы равновесие не нарушилось?

Решение:

Вещество	CaCO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>
Молярная масса, г/моль	100	106	44

Запишем уравнения протекающих реакций:



2) Определим количества веществ HCl и CaCO<sub>3</sub>:

$$n(HCl) = \frac{400 \cdot 1,05 \cdot 0,1052}{36,5} = 1,21 \text{ моль}; \quad n(CaCO_3) = \frac{5}{100} = 0,05 \text{ моль}.$$

Следовательно, соляная кислота взята в избытке, а весь карбонат кальция израсходуется.

3) Масса раствора в первой колбе увеличивается за счет массы CaCO<sub>3</sub> и уменьшается за счет выделения CO<sub>2</sub>:  $\Delta m = m(CaCO_3) - m_1(CO_2)$ .

$$4) n(CaCO_3) = 0,05 \text{ моль}, \quad n_1(CO_2) = n(CaCO_3) = 0,05 \text{ моль}; \\ m_1(CO_2) = 0,05 \cdot 44 = 2,2 \text{ г}. \quad \Delta m = m(CaCO_3) - m_1(CO_2) = 5 - 2,2 = 2,8 \text{ г}.$$

5) Изменение массы раствора  $\Delta m$  во второй колбе должно быть равно изменению массы раствора в первой колбе:  $\Delta m = m(Na_2CO_3) - m_2(CO_2) = m(CaCO_3) - m_1(CO_2) = 2,8 \text{ г}$ . Пусть  $x$  моль Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (масса карбоната натрия  $106x$  г) надо добавить во вторую колбу, тогда количество вещества выделившегося по второй реакции углекислого газа тоже  $x$  моль (масса  $44x$  г). Следовательно,  $106x - 44x = 2,8$ . Отсюда  $x = 0,045$  моль, а масса карбоната натрия:  $m(Na_2CO_3) = 0,045 \cdot 106 = 4,77 \text{ г}$ .

#### Задание №5

В земной коре элемент А встречается как в самородном виде, так и в соединениях, в том числе с серой. Одним из минералов Б элемента А является чёрно-синее твёрдое вещество В, содержащее серу и элемент А с массовым содержанием 79,9%.

При гидрометаллургическом способе получения простого вещества А из вещества В используются бедные руды, которые сначала подвергаются выщелачиванию при помощи растворителей, например,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ , а затем цементации полученных растворов соли А(II) железом с получением простого вещества А.

Вещество В не растворяется в воде, не реагирует с соляной кислотой. Окисляется сильными кислотами-окислителями.

В лаборатории вещество В может быть получено при нагревании бинарного соединения А с серой в иных, чем в веществе В массовых соотношениях.

В ювелирном деле используются сплавы вещества А с золотом для увеличения прочности к истиранию и деформации.

- 1) Определите элемент А, формулу вещества В, назовите минерал Б.
- 2) Запишите уравнения реакций, протекающих в промышленном производстве вещества А:
  - а) выщелачивание вещества В раствором сульфата железа(III);
  - б) дальнейшую цементацию раствора соли А железом.
- 3) Запишите уравнения реакций взаимодействия вещества В с концентрированной азотной кислотой.
- 4) Запишите уравнение одной реакции получения вещества В в лаборатории нагреванием иного бинарного соединения А с серой.

Решение:

1) А – медь, Б – халькозин (медный блеск), В –  $\text{Cu}_2\text{S}$ .

$\omega(\text{O}) = 100\% - 79,9\% = 20,1\%$ . Пусть имеется 100 г вещества В, тогда масса  $m(\text{A}) = 79,9$  г,  $m(\text{S}) = 20,1$  г. Пусть элемент А с атомной массой М имеет степень окисления +n. Примем формулу искомого вещества  $\text{A}_2\text{O}_n$ , тогда

$$\frac{2}{n} = \frac{79,9}{M} : \frac{20,1}{32} \quad \text{и} \quad \frac{2}{n} = \frac{127,2}{M}, \quad \text{откуда } M = 63,6n.$$

При  $n=1$   $M=63,6$  (элемент А – это медь).

2) а)  $\text{Cu}_2\text{S} + 2\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 = 2\text{CuSO}_4 + 4\text{FeSO}_4 + \text{S}$ ;

б)  $\text{CuSO}_4 + \text{Fe} = \text{FeSO}_4 + \text{Cu}$ .

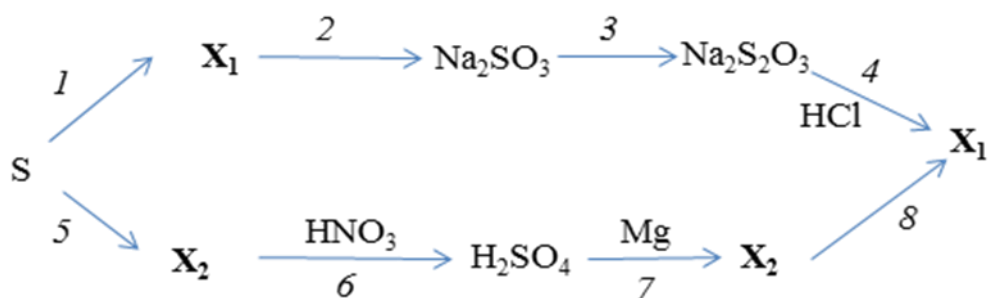
3)  $\text{Cu}_2\text{S} + 8\text{HNO}_{3(\text{конц.})} = 2\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{S} + 4\text{NO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$ ,

$\text{Cu}_2\text{S} + 12\text{HNO}_{3(\text{конц.})}(\text{от}) = 2\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{SO}_2 + 8\text{NO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ .

4)  $2\text{CuS} \xrightarrow{200 \div 450^\circ\text{C}} \text{Cu}_2\text{S} + \text{S}$ .

### **Задание №6**

Напишите уравнения химических реакций всех превращений:



Решение:

- 1)  $S + O_2 = SO_2$ ;
- 2)  $SO_2 + 2NaOH = Na_2SO_3$ , или  $SO_2 + Na_2O = Na_2SO_3$ ;
- 3)  $Na_2SO_3 + S = Na_2SO_3S$ ;
- 4)  $Na_2SO_3S + 2HCl = 2NaCl + SO_2 + S + H_2O$ ;
- 5)  $S + H_2(t^0) = H_2S$ ;
- 6)  $3H_2S + 8HNO_{3(к)} = 3H_2SO_4 + 8NO + 4H_2O$ ;
- 7)  $5H_2SO_{4(к)} + 4Mg = 4MgSO_4 + H_2S + 4H_2O$ ;
- 8)  $2H_2S + 3O_2 = 2SO_2 + 2H_2O$ .

Принимаются любые разумные ответы соответствующие условию.

## 10 класс Вариант 1

### Задание №1

Что Вы знаете о Д.И.Менделееве? Каким по счету ребенком в семье был Менделеев? Почему Менделеева называют «изобретателем водки»? Менделеев, действительно, во сне увидел решение периодического закона? Было ли у Менделеева хобби? Какими науками кроме химии занимался Менделеев?

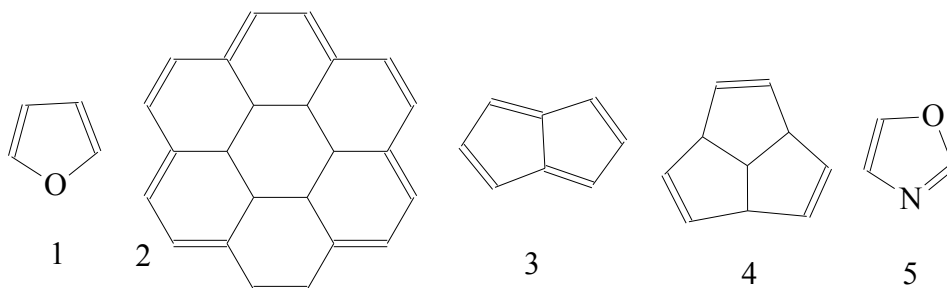
Решение:

Ученый был семнадцатым ребенком в семье. Он никогда не изобретал водку. Алкогольный напиток был создан задолго до ученого. Но его докторская была посвящена спирту, отсюда и развилась легенда. Периодическая система никогда не снилась Менделееву. Она стала результатом тяжелой работы. Он любил делать чемоданы. И довел свое хобби до высокого уровня мастерства. Многих это удивит, работы в области химии занимают лишь 10% всех занятий ученого. Также он изучал аэростаты и кораблестроение.



## Задание №2

В каких валентных состояниях находятся атомы углерода в радикале 4-метил-2-этилпентен-1-ил-1? Среди приведенных ниже структур выберите: а) ароматические; б) неароматические; в) антиароматические.



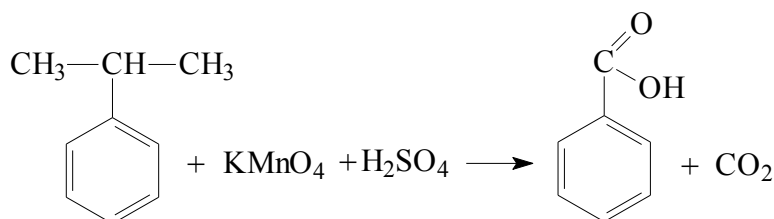
Решение:

$sp \quad sp^2 \quad sp^3 \quad sp^3 \quad sp^3$

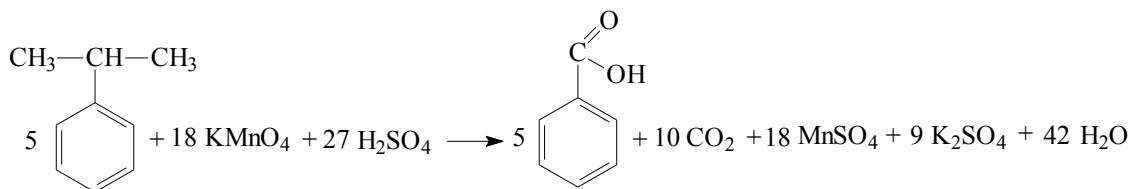
Ароматические – 1, 2, 5; Антиароматические – 3; Неароматические – 4.

## Задание №3

Закончите уравнение реакции неполного окисления изопропилбензола перманганатом калия в кислой среде. Методом электронного баланса рассчитайте стехиометрические коэффициенты в уравнении.



Решение:



## Задание №4

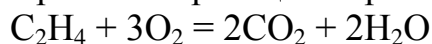
При полном сгорании этилена (с образованием жидкой воды) выделилось 6226 кДж. Найти объем вступившего в реакцию кислорода (условия нормальные).

Стандартные теплоты образования веществ:

$\Delta H^0(\text{C}_2\text{H}_4) = 52,3 \text{ кДж/моль};$   
 $\Delta H^0(\text{CO}_2) = -393,5 \text{ кДж/моль};$   
 $\Delta H^0(\text{H}_2\text{O}) = -285,8 \text{ кДж/моль}.$

Решение:

Уравнение реакции горения этилена:

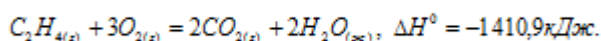


Учитывая данные значения теплот образования веществ, находим  $\Delta H^0$  реакции:

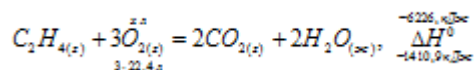
$$\Delta H^0 = 2\Delta H^0(\text{CO}_2) + \Delta H^0(\text{H}_2\text{O}) - \Delta H^0(\text{C}_2\text{H}_4) =$$

$$= 2(-393,5) + 2(-285,8) - (52,3) = -1410,9 \text{ кДж}.$$

Термохимическое уравнение реакции горения этилена будет иметь вид:



Запишем данные задачи в уравнение, получим:



Рассчитаем объём кислорода, вступившего в реакцию с этиленом из пропорции:

$$(3 \cdot 22,4 \text{ л}) : -1410,9 \text{ кДж} : x \text{ л} : -6226 \text{ кДж};$$

$$x = [3 \cdot 22,4) \cdot (-6226)] / (-1410,9) = 296,5 (\text{л}).$$

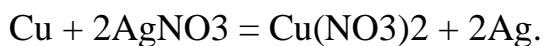
**Ответ:**  $V(\text{O}_2) = 296,5 \text{ л}$

## Задание №5

Чтобы посеребрить медную пластинку массой 10 г, ее опустили в стакан, содержащий 250 г 20 %-ного раствора нитрата серебра. Когда пластинку вынули, оказалось, что масса нитрата серебра в растворе уменьшилась на 20 %. Какой стала масса посеребренной пластинки, и какова концентрация оставшегося раствора нитрата серебра?

Решение:

Уравнение реакции:



Масса нитрата серебра в исходном растворе:

$$m(\text{AgNO}_3) = m(\text{р-ра}) \cdot w(\text{AgNO}_3); m(\text{AgNO}_3) = 250 \cdot 0,2 = 50 (\text{г}).$$

После того как вынули пластинку, масса нитрата серебра уменьшилась на 20 %, что составляет 10 г, следовательно, в растворе осталось 40 г соли. Определим количество вещества нитрата серебра, вступившего в реакцию:

$$n(\text{AgNO}_3) = m(\text{AgNO}_3) / M(\text{AgNO}_3) = 10 / 170 = 0,06 (\text{моль}).$$

Согласно уравнению реакции,

$$n(\text{Cu}) : n(\text{AgNO}_3) = 1 : 2, \text{ значит,}$$

$$n(\text{Cu})=0,6/2=0,03 \text{ (моль)};$$

$$n(\text{Ag})=0,06 \text{ моль.}$$

Изменение массы пластинки:

$$\Delta m(\text{пл.})=0,06 \cdot 108 - 0,03 \cdot 64 = 4,56 \text{ (г)};$$

$$m(\text{пл.})= 10 + 4,56 = 14,56 \text{ (г)}.$$

Раствор после реакции состоит из 200 г воды (250-50), 40 г нитрата серебра и нитрата меди (II), масса которого равна 5,64 г ( $0,03 \cdot 188$ ). Требуется определить массовую долю нитрата серебра в этом растворе:

$$\omega(\text{AgNO}_3)=[m(\text{AgNO}_3)/m(\text{раствора})] \cdot 100\%=(40/245,64) \cdot 100\%=16,28\%.$$

$$\text{Ответ: } m(\text{пл.})=14,56 \text{ г, } \omega(\text{AgNO}_3)=16,28\%.$$

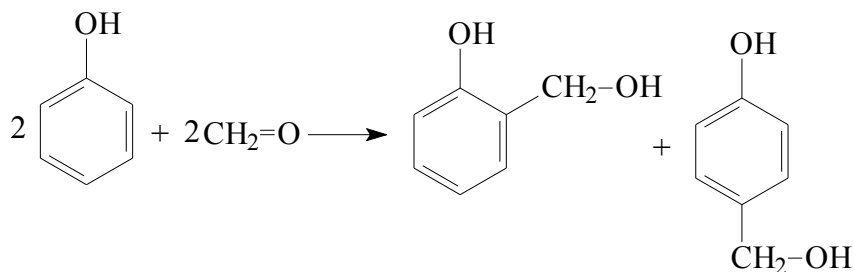
### Задание №6

В одну стадию получите орто-оксибензиловый спирт (орто-метилолфенол). Будет ли он реагировать: а) с уксусной кислотой; б) с уксусным ангидридом; в) с фенолом? Напишите уравнения реакций, протекание которых возможно.

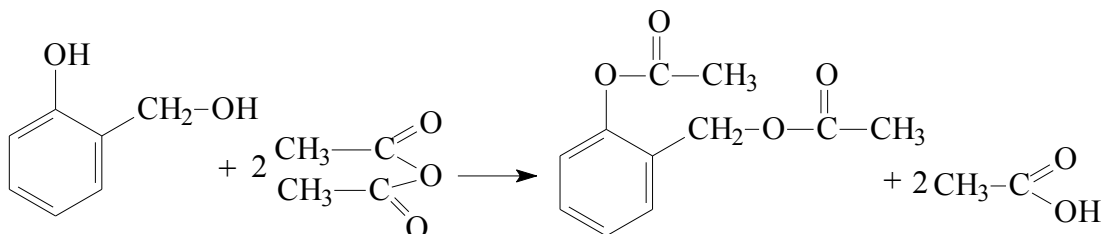
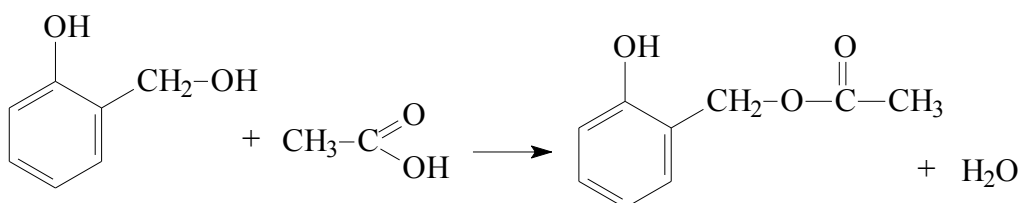
Решение:

Гидроксильная группа фенолов оказывает сильнейший мезомерный эффект на ароматическое ядро, что выражается в высокой подвижности атомов водорода в орто- и пара-положениях ароматического ядра фенола.

Так, легко протекает реакция фенола с альдегидами по схеме присоединения с образованием двух продуктов орто- и пара-оксибензиловых спиртов. В полученных продуктах содержится по две гидроксильные группы. Одна – фенольная, за счет сопряжения НЭП атома кислорода с  $\pi$ -электронным облаком ядра она сильно отличается по своему химическому поведению от спиртовых гидроксильных групп. Это – фенольный гидроксил. Второй гидроксил – метилольный – типичный спиртовый гидроксил.



Фенол не реагирует с карбоновыми кислотами подобно спиртам. Поэтому в реакцию с уксусной кислотой вступает только метилольный гидроксил. С уксусным ангидридом реагируют оба гидроксильных группы. Продукт реакции – сложный диэфир.



## Вариант 2

### Задание №1

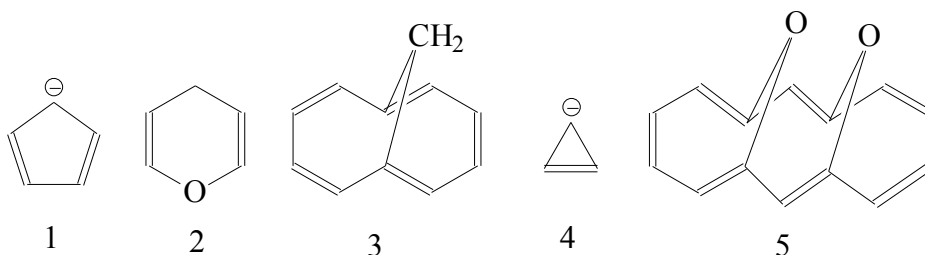
Вы знаете, что водород является самым распространённым элементом во Вселенной, более 90% атомов - это атомы водорода. Много ли на Земле водорода (дайте только качественный ответ : «совсем мало», «мало», «много», «самый распространенный на земле»). Как водород распределен в земной коре? Назовите три самых распространенных на Земле элемента.

Решение:

В земной коре водорода содержится совсем мало – около 0.15 % (главным образом в составе воды), в то время как водород составляет около 50% массы Солнца. Самый распространённый на Земле элемент — кислород. В земной коре около 50% кислорода, затем идут кремний (26% по массе) и алюминий (7%).

### Задание №2

а) В каких валентных состояниях находятся атомы углерода в радикале 2,3-диметилбутен-1-ил-1? б) Среди приведенных ниже структур выберите: а) ароматические; б) неароматические; в) антиароматические.



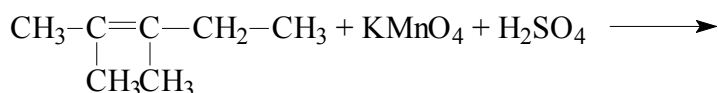
### Решение

sp sp<sup>2</sup> sp<sup>3</sup> sp<sup>3</sup>;

Ароматические – 1, 3, 5; Антиароматические – 4; Неароматические – 2.

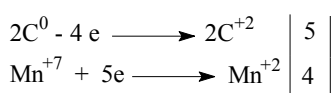
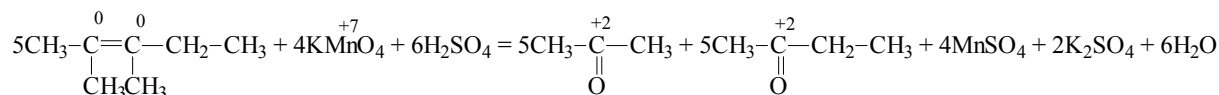
### **Задание №3**

Напишите уравнение реакции жесткого окисления перманганатом калия в кислой среде 2,3-диметилпентена-2. Методом электронного баланса рассчитайте стехиометрические коэффициенты в уравнении.



### Решение

При окислении алкенов, в которых атомы углерода при двойной связи содержат по два углеродных радикала, происходит образование двух кетонов



### **Задание №4**

Водяной газ представляет собой смесь равных объемов водорода и оксида углерода (II). Найти количество теплоты, выделившейся при сжигании 112л водяного газа, взятого при нормальных условиях. Стандартные теплоты образования веществ:

$$\Delta H^\circ(\text{CO}) = -110,5 \text{ кДж/моль};$$

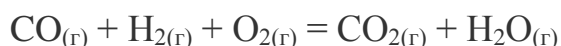
$$\Delta H^\circ(\text{CO}_2) = -393,5 \text{ кДж/моль};$$

$$\Delta H^\circ(\text{H}_2\text{O}) = -241,8 \text{ кДж/моль};$$

$$\Delta H^\circ(\text{H}_2) = 0 \text{ кДж/моль}.$$

### Решение

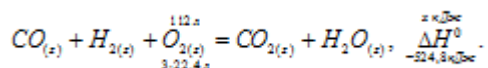
Уравнение реакции сжигания водяного газа имеет вид:



Рассчитаем теплоту, которая выделяется при сжигании водяного газа, используя следствие из закона Гесса:

$$\begin{aligned} \Delta H^\circ &= [\Delta H^\circ(\text{CO}_2) + \Delta H^\circ(\text{H}_2\text{O})] - [\Delta H^\circ(\text{CO}) + \Delta H^\circ(\text{H}_2)] = \\ &= (-393,5) + (-241,8) - (-110,5) = -524,8 \text{ кДж}. \end{aligned}$$

Следовательно, термохимическое уравнение будет иметь вид:



Рассчитаем теплоту, выделяющуюся при сжигании 112 л водяного газа из пропорции:

$$(3 \cdot 22,4 \text{ л} : (-524,8 \text{ кДж})) = 112 \text{ л} : x \text{ кДж};$$

$$x = \frac{112 \cdot (-524,8)}{3 \cdot 22,4} = -1312 \text{ кДж}.$$

Ответ: Q = -1312 кДж.

### Задание №5

Реакция между веществами А и В протекает по схеме  $2A + B = C$ . Концентрация вещества А равна 10 моль/л, а вещества В = 6 моль/л. Константа скорости реакции равна  $0,8 \text{ л}^2 \cdot \text{моль}^{-2} \cdot \text{сек}^{-1}$ . Вычислить скорость химической реакции в начальный момент, а также в момент, когда в реакционной смеси останется 60 % вещества В.

#### Решение

1) Скорость реакции в начальный момент:

$$V = k[A]^2 \cdot [B]; V_{\text{нач}} = 0,8 \cdot 10^2 \cdot 6 = 480 \text{ моль} \cdot \text{л} \cdot \text{сек}^{-1}.$$

2) По истечении некоторого времени в реакционной смеси останется 60 % вещества В. Тогда:

$$[B] = 6 \cdot 0,60 = 3,6 \text{ моль/л}.$$

Следовательно, [B] уменьшилась на:  $6 - 3,6 = 2,4 \text{ моль/л}$ .

3) Из уравнения реакции следует, что вещества А и В взаимодействуют между собой в отношении 2:1, поэтому [А] уменьшилась на 4,8 моль/л и стала равной:

$$[A] = 10 - 4,8 = 5,2 \text{ моль/л}.$$

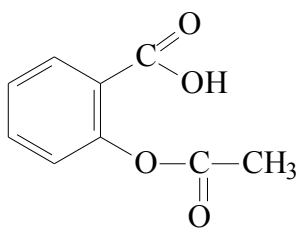
4) Рассчитываем  $V_1$ :  $V_1 = 0,8 \cdot 5,2^2 \cdot 3,6 = 77,9 \text{ моль} \cdot \text{л}^{-1} \cdot \text{сек}^{-1}$ .

Ответ:  $V_{\text{нач}} = 480 \text{ моль} \cdot \text{л} \cdot \text{сек}^{-1}$ ,  $V_1 = 77,9 \text{ моль} \cdot \text{л}^{-1} \cdot \text{сек}^{-1}$ .

### Задание №6

В XVII веке Ян Баптист Ван Гельмонт (родился 12 января 1580 года в г. Брюссель; умер — 30 декабря 1644 года. Химик, физиолог, врач) обнаружил, что разлагающаяся биомасса выделяет воспламеняющиеся газы. Биомасса - это навоз, птичий помёт, фекальные осадки, трава, бытовые отходы и др. На практике из 1 кг сухого вещества биомассы получают от 300 до 500 литров биогаза.

Ацетилсалициловая кислота (аспирин; салициловый эфир уксусной кислоты):



#### о-Ацетилсалициловая кислота

Лекарственное средство, оказывающее обезболивающее, жаропонижающее, противовоспалительное действие. Препарат входит в список важнейших лекарственных средств Всемирной организации здравоохранения, а также в перечень жизненно необходимых и важнейших лекарственных средств Российской Федерации. Ежегодно потребляется более 80 миллиардов таблеток аспирина.

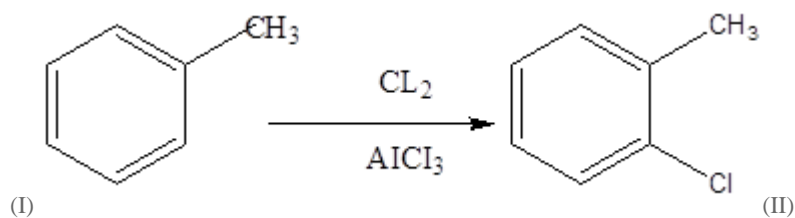
Предложите схему получения аспирина из биомассы и неорганических веществ.

#### Решение

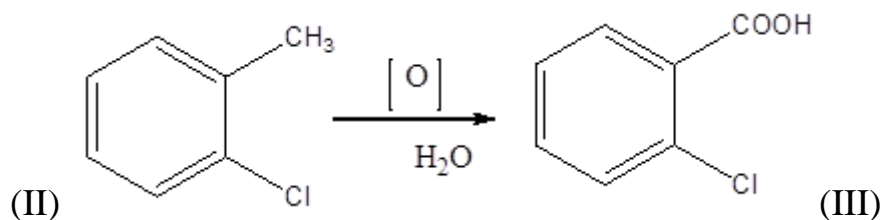
Метан → хлорметан; ацетилен → бензол → толуол → о-хлортолуол → о-хлорбензойная кислота → динатриевая соль о-гидроксibenзойной кислоты (салициловой кислоты) → → о-гидроксibenзойная кислота (салициловая кислота) → аспирин

В промышленности аспирин получают в ходе многостадийного синтеза из толуола, который в свою очередь является крупнотоннажным промышленным продуктом:

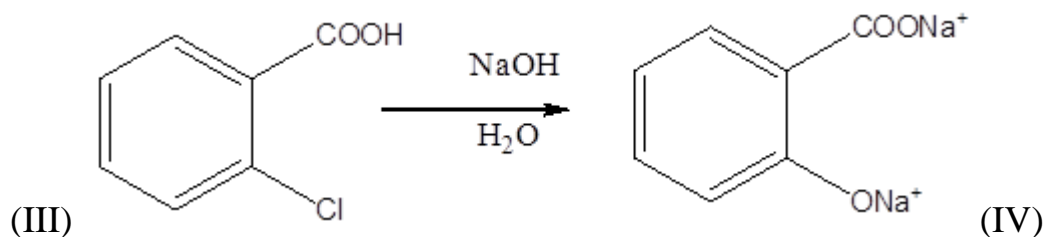
1) Толуол (I) хлорируют в присутствии катализатора  $\text{AlCl}_3$ :



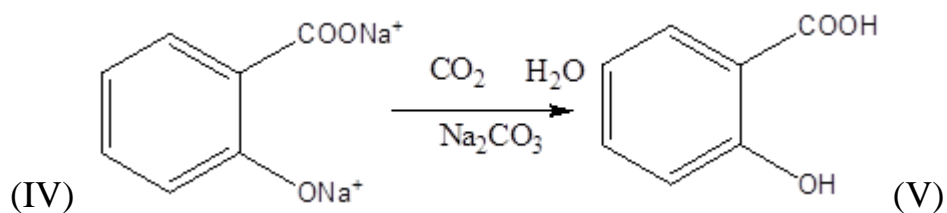
2) Аддукт (II) окисляют атомарным кислородом (озоном) при температуре  $t=0-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  в водной эмульсии:



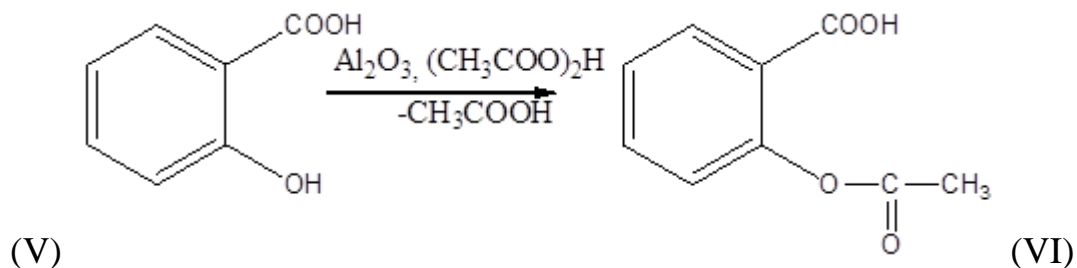
3) Полученную о-хлорбензойную кислоту(III) омыляют 30% водным раствором гидроксида натрия:



4) Солевую форму салициловой кислоты(IV) переводят в свободную кислоту:



5) Салициловую кислоту (V) ацилируют уксусным ангидридом, при этом получается аспирин (VI):



6) Продукт (VI) перекристаллизовывают из воды и отправляют на фасовку.

### Вариант 3

#### Задание №1



Приведите формулировку периодического закона по Менделееву Д.И. и современную формулировку закона. Чем они отличаются? Почему у Менделеева возникли трудности в формулировании периодического закона?

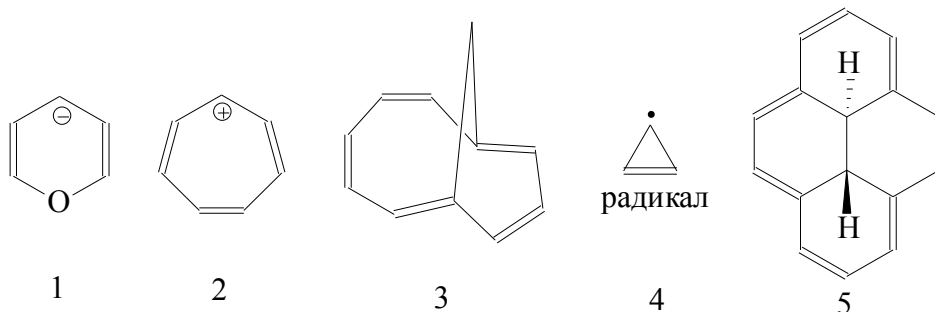
### Решение

Формулировка периодического закона, данная Д.И. Менделеевым, гласила: «...свойства элементов, а потому и свойства образуемых ими простых и сложных тел, стоят в периодической зависимости от их атомного веса». Современная формулировка гласит: «Свойства простых веществ, а также формы и свойства соединений элементов находятся в периодической зависимости от зарядов ядер атомов элементов».

Такое уточнение потребовалось, поскольку к моменту установления Менделеевым периодического закона еще не было известно о строении атома. После выяснения строения атома и установления закономерностей размещения электронов по электронным уровням стало ясно, что периодическая повторяемость свойств элементов связана с повторяемостью строения электронных оболочек.

### **Задание №2**

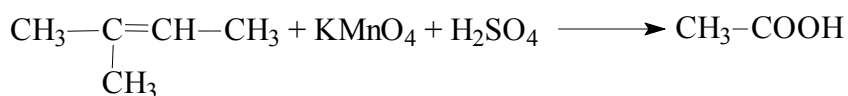
а) Укажите тип гибридизации атомов углерода в радикале 2,3-диметил-3-этилгексил-1. б) Среди приведенных ниже структур выберите: а) ароматические; б) неароматические; в) антиароматические.



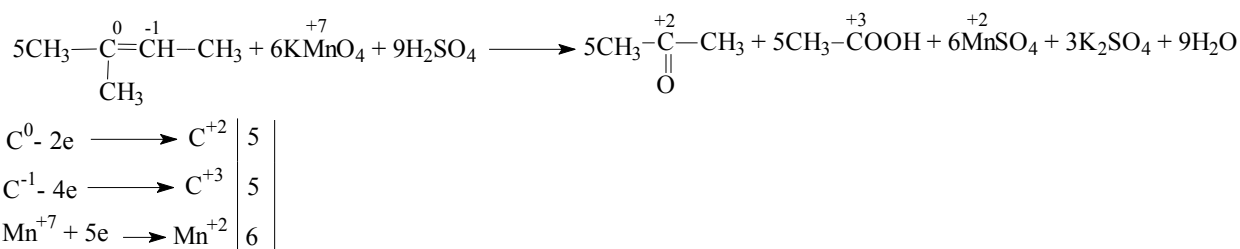
Решение  $sp^2$   $sp^3$   $sp^3$   $sp^3$   $sp^3$   $sp^3$ ; Аром – 2 3 5; Анти – 1; Неар – 4.

### **Задание №3**

Закончите уравнение реакции неполного окисления 2-метилбутена-2 перманганатом калия в кислой среде. Методом электронного баланса рассчитайте стехиометрические коэффициенты в уравнении.

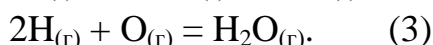
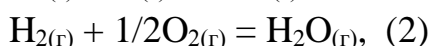


### Решение



#### Задание №4

Для следующих реакций:



укажите правильное соотношение стандартных изменений энтальпии:

а)  $\Delta H^\circ_2 < \Delta H^\circ_1 < \Delta H^\circ_3$ ;

б)  $\Delta H^\circ_2 > \Delta H^\circ_1 > \Delta H^\circ_3$ .

Стандартные энтальпии образования веществ, участвующих в реакциях равны:

$$\Delta H^\circ(\text{H}_{(\text{r})}) = 217,98 \text{ кДж/моль};$$

$$\Delta H^\circ(\text{O}_{(\text{r})}) = 246,8 \text{ кДж/моль};$$

$$\Delta H^\circ(\text{H}_2\text{O}_{(\text{r})}) = -241,98 \text{ кДж/моль}.$$

#### Решение

Для расчета  $\Delta H^\circ$  реакций используем уравнение из следствия закона Гесса:

$$\Delta H^\circ = \sum \Delta H^\circ_{(\text{продукты})} - \sum \Delta H^\circ_{(\text{исходные})}$$

а) Находим стандартную энтальпию реакции:

$$\begin{aligned} \text{а) } \Delta H^\circ_1 &= \Delta H^\circ(\text{H}_2\text{O}) - [\Delta H^\circ(\text{H}_2) + \Delta H^\circ(\text{O})] = \\ &= -241,98 - (0 + 246,8) = -488,78 \text{ кДж}. \end{aligned}$$

б) Находим стандартную энтальпию реакции:

$$\begin{aligned} \text{б) } \Delta H^\circ_2 &= \Delta H^\circ(\text{H}_2\text{O}) - [\Delta H^\circ(\text{H}_2) + 1/2\Delta H^\circ(\text{O}_2)] = \\ &= (-241,98) - [0 + 1/2(493,6)] = -241,98 \text{ кДж}. \end{aligned}$$

в) Находим стандартную энтальпию реакции:

$$\begin{aligned} \text{в) } \Delta H^\circ_3 &= \Delta H^\circ(\text{H}_2\text{O}) - [2\Delta H^\circ(\text{H}) + \Delta H^\circ(\text{O})] = \\ &= -241,98 - [2 \cdot (217,98) + 246,8] = -440,78 \text{ кДж}. \end{aligned}$$

Таким образом,  $\Delta H^\circ_2$  и  $\Delta H^\circ_1 < \Delta H^\circ_3$ .

**Ответ:** а).

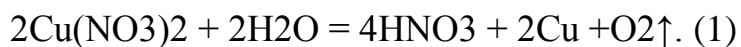
#### Задание №5

Электролиз 470 г 8 %-ного раствора нитрата меди(II) продолжали до тех пор, пока масса раствора не уменьшилась на 19,6 г. Вычислите массовые доли

соединений в растворе, полученном после окончания электролиза, и массы веществ, выделившихся на инертных электродах.

### Решение

Итоговое уравнение электролиза раствора нитрата меди(II):

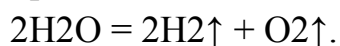


Определим количество соли в исходном растворе:

$$n(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 470 \cdot 0,08/188 = 0,2 \text{ (моль)}.$$

Если вся соль подверглась электролизу, то масса раствора уменьшится на массу ушедших из сферы реакции меди и кислорода, количества которых согласно уравнению (1) составляют соответственно 0,2 и 0,1 моль. При этом масса раствора уменьшится на 16 г ( $0,2 \cdot 64 + 0,1 \cdot 32 = 16$ ), а не на 19,6 г.

Следовательно, и после того, как вся медь осадилась на катоде, электролиз продолжался согласно уравнению:



В ходе этой реакции электролизу подверглось 3,6 г ( $19,6 - 16$ ), или 0,2 моль воды.

Масса раствора, оставшегося после электролиза:

$$m(\text{р-ра}) = 470 - 19,6 = 450,4 \text{ (г)}.$$

В этом растворе согласно уравнению (1) содержится 0,4 моль, или 25,2 г азотной кислоты.

Определим массовую долю азотной кислоты:

$$w(\text{HNO}_3) = (25,2/450,4) \cdot 100 \% = 5,59 \ \%.$$

На катоде выделилось 0,2 моль (12,8 г) меди и 0,2 моль (0,2 г) водорода. На аноде выделилось 0,2 моль (0,1 + 0,1) кислорода, его масса составляет 6,4 г.

### **Задание №6**

Какие продукты образуются при расщеплении в избытке бромистоводородной кислоты следующих простых эфиров: диизопропилового и метилфенилового?

### Решение

Из алкиловых эфиров образуются алкилгалогенид и спирт. Спирт может реагировать с кислотой дальше с образованием второго моля алкилгалогенида. Вследствие низкой реакционной способности связи кислород – ароматическое кольцо, алкиларилловые эфиры подвергаются расщеплению по связи кислород – алкил в результате которого образуется фенол и алкилгалогенид.

## Вариант 4

### Задание №1

Одной из важных особенностей, которая делает периодическую таблицу выдающимся открытием, является ее предсказательная сила. В таблице на момент ее появления оставались пустые ячейки для элементов, которые, согласно предположениям Менделеева, должны существовать, но еще не были открыты. К примеру, свойства галлия, скандия и магния Менделеев описал еще до их открытия.

Приведите обратные примеры, когда открытые учеными химические элементы именно на основе периодического закона были признаны несуществующими.

#### Решение

Некоторые химические «элементы» были признаны несуществующими на основании того, что они не укладывались в концепцию периодического закона. Наиболее известна история с «открытием» новых элементов небулия и корония.

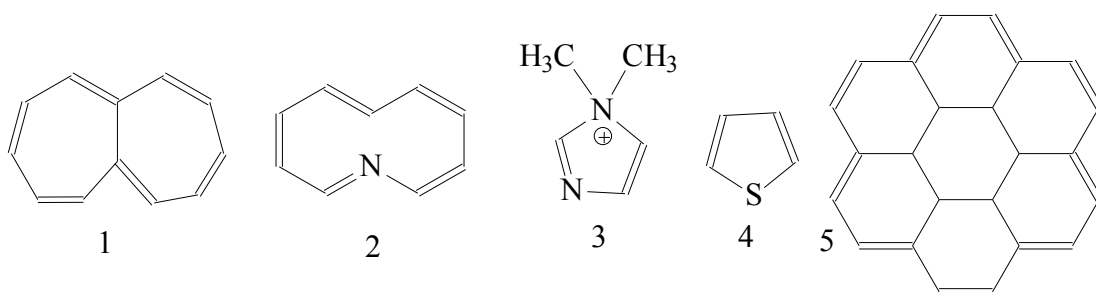
При исследовании солнечной атмосферы астрономы обнаружили спектральные линии, которые им не удалось отождествить ни с одним из известных на земле химических элементов. Ученые предположили, что эти линии принадлежат новому элементу, который получил название короний (потому что линии были обнаружены при исследовании «короны» Солнца — внешнего слоя атмосферы звезды).

Спустя несколько лет астрономы сделали еще одно открытие, изучая спектры газовых туманностей. Обнаруженные линии, которые снова не удалось отождествить ни с чем земным, приписали другому химическому элементу — небулию.

Открытия подверглись критике, поскольку в периодической таблице Менделеева уже не оставалось места для элементов, обладающих свойствами небулия и корония. После проверки обнаружилось, что небулий является обычным земным кислородом, а короний — сильно ионизированное железо.

### Задание №2

а) В каких валентных состояниях находятся атомы углерода в соединении бутен-2-ил-1 ? б) Среди приведенных ниже структур выберите: а) ароматические; б) неароматические; в) антиароматические.

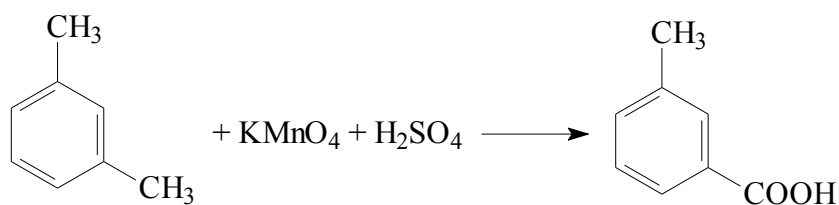


### Решение

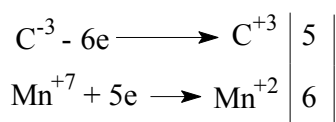
$sp^2$   $sp^2$   $sp^2$   $sp^3$ ; Аром – 2 4 5; Анти – 1; Неар – 3.

### Задание №3

Закончите уравнение реакции неполного окисления мета-ксилола перманганатом калия в кислой среде. Методом электронного баланса рассчитайте стехиометрические коэффициенты в уравнении.



### Решение



### Задание №4

Сожжены с образованием  $\text{H}_2\text{O}(\text{г})$  равные объемы водорода и ацетилена, взятых при одинаковых условиях. В каком случае выделится больше теплоты? Во сколько раз? Стандартные теплоты образования исходных веществ и продуктов реакций:

$$\Delta H^\circ(\text{H}_{2(\text{г})}) = \Delta H^\circ(\text{O}_{2(\text{г})}) = 0 \text{ кДж/моль};$$

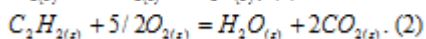
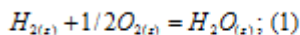
$$\Delta H^\circ(\text{C}_2\text{H}_{2(\text{г})}) = 226,8 \text{ кДж/моль};$$

$$\Delta H^\circ(\text{H}_2\text{O}(\text{г})) = -241,8 \text{ кДж/моль};$$

$$\Delta H^\circ(\text{CO}_{2(\text{г})}) = -393,5 \text{ кДж/моль}.$$

### Решение

Уравнения реакций сгорания водорода и ацетилена:



Для расчета теплоты, которая будет выделяться при сгорании водорода и ацетилена, используем следствие из закона Гесса:

$$\Delta H^0 = \sum \Delta H^0_{(продукты)} - \sum \Delta H^0_{(исходные)}$$

Тогда

$$\Delta H^0_{(1)} = \Delta H^0(H_2O) = -241,8 \text{ кДж};$$

$$\begin{aligned} \Delta H^0_{(2)} &= \Delta H^0(H_2O) + 2\Delta H^0(CO_2) - \Delta H^0(C_2H_2) = \\ &= -241,8 + 2 \cdot (-393,5) - 226 = -1255,6 \text{ кДж}. \end{aligned}$$

Рассчитаем, во сколько раз больше выделяется теплоты при сгорании ацетилена:

$$\frac{\Delta H^0_{(2)}}{\Delta H^0_{(1)}} = \frac{-1255,6}{-241,8} \approx 5,2.$$

Таким образом, при сгорании равных объемов водорода и ацетилена, взятых при одинаковых условиях в случае ацетилена выделится больше теплоты в 5,2 раза.

**Ответ:** При сжигании  $C_2H_2$  в 5,2 раза больше

### Задание №5

Реакция между веществами А и В выражается уравнением:  $A + 2B \rightarrow C$ . Начальные концентрации составляют:  $[A]_0 = 0,03$  моль/л,  $[B]_0 = 0,05$  моль/л. Константа скорости реакции равна  $0,4 \text{ л}^2 \cdot \text{моль}^{-2} \cdot \text{сек}^{-1}$ . Найти начальную скорость реакции и скорость реакции по истечении некоторого времени, когда концентрация вещества А уменьшится на 0,01 моль/л.

#### Решение

До изменения концентрации скорость реакции можно выразить уравнением:

$$v_1 = k[A] \cdot [B]^2, \text{ где}$$

V - скорость реакции, k - константа скорости реакции, [A] и [B] – концентрации исходных веществ. Тогда:

$$v_1 = k[A] \cdot [B]^2 = 0,4 \cdot 0,03 \cdot (0,05)^2 = 3 \cdot 10^{-5}.$$

Для нахождения скорости реакции по истечении некоторого времени учтём, что на образование 1 моля вещества С затрачивается 1 моль вещества А и 2 моля вещества В, поэтому при уменьшении концентрации вещества А на 0,01 моль/л, концентрация вещества В уменьшится соответственно на 0,02 моль/л ( $2 \cdot 0,01 = 0,02$ ). Тогда оставшиеся концентрации веществ будут равны:

$$[A]_{\text{ост.}} = 0,03 - 0,01 = 0,02 \text{ моль/л}, \quad [B]_{\text{ост.}} = 0,05 - 0,02 = 0,03 \text{ моль/л}.$$

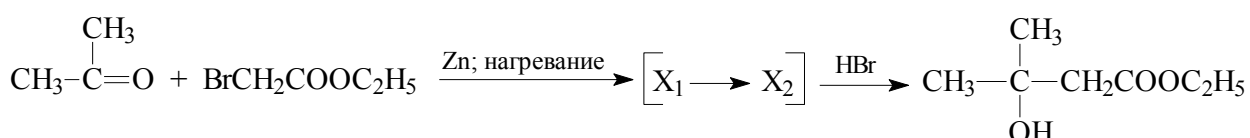
Тогда скорость реакции по истечении некоторого времени будет составлять:

$$v_2 = k[A] \cdot [B]^2 = 0,4 \cdot 0,02 \cdot (0,03)^2 = 7,2 \cdot 10^{-6}.$$

Ответ:  $V_1 = 3 \cdot 10^{-5}$  моль  $\cdot$  л $^{-1}$   $\cdot$  сек $^{-1}$ ;  $V_2 = 7,2 \cdot 10^{-6}$  моль  $\cdot$  л $^{-1}$   $\cdot$  сек $^{-1}$ .

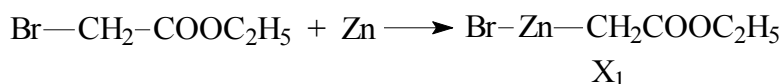
### Задание №6

Напишите схемы всех стадий синтеза этилового эфира 3-метил-3-оксибутановой кислоты взаимодействием ацетона с этиловым эфиром бромуксусной кислоты под действием металлического цинка (реакция Реформатского):

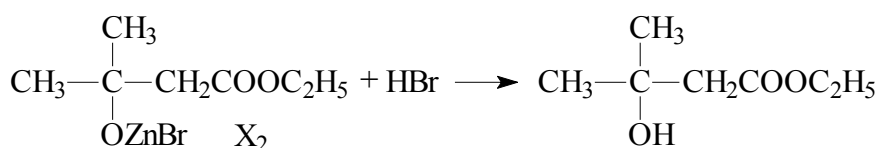
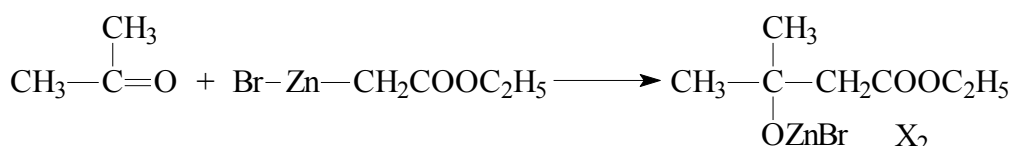


### Решение

Первая стадия - реакция образования цинкорганического производного ( $\text{X}_1$ ). Она аналогична реакции образования реактива Гриньяра.



Вторая стадия - последующее нуклеофильное присоединение  $\text{X}_1$  по оксогруппе кетона с образованием алкоголята цинка ( $\text{X}_2$ ). Алкоголяты легко расщепляются под действием кислот:



### Вариант 5

#### Задание №1

Назовите 3 химических элемента из открытых за последние годы и официально добавленных в периодическую таблицу Д.И.Менделеева. Почему их так назвали? Как Вы думаете, будет ли и дальше расширяться периодическая таблица, будут ли открыты новые химические элементы?

### Решение

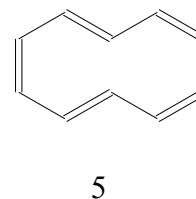
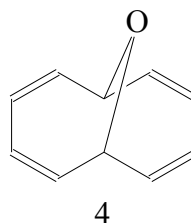
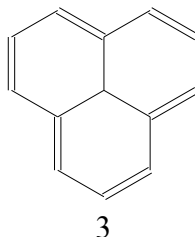
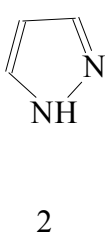
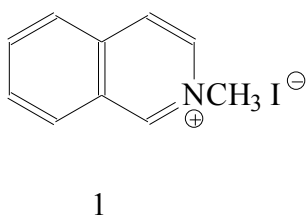
2 декабря 2016 года было добавлено сразу четыре новых элемента: нихоний (элемент №113), московий (элемент №115), тенессин (элемент №117) и оганесон (элемент №118). Эти новые элементы получили свои названия только в июне 2016 года.

Три элемента получили свои названия в честь городов или государств, в которых их удалось получить, а оганесон был назван в честь российского физика-ядерщика Юрия Оганесяна за его вклад в получение этого элемента.

Вероятность того, что в ближайшие годы будет открыт 119-й химический элемент, мала. Скептицизм вызван теоретическими расчетами атома оганессона. Они показывают, что из-за очень большого заряда ядра у его электронов нет привычных орбиталей. Вместо них присутствует "более или менее равномерно распределенное электронное облако".

### **Задание №2**

а) Укажите валентные состояния атомов углерода в радикале 4-метил-1-пентине. б) Среди приведенных ниже структур выберите: а) ароматические; б) неароматические; в) антиароматические.



### Решение

$sp$   $sp$   $sp^3$   $sp^3$   $sp^3$ ; Аром – 1 2 5; Анти – 3; Неар – 4.

### **Задание №3**

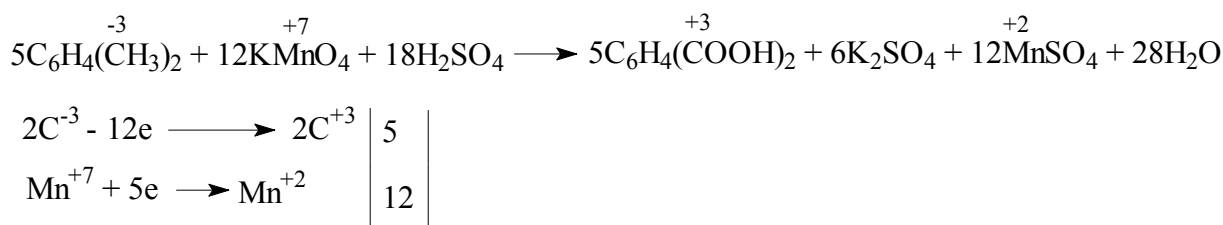
Закончите уравнение реакции окисления мета-ксилола перманганатом калия в кислой среде. Методом электронного баланса рассчитайте стехиометрические коэффициенты в уравнении.



### Решение

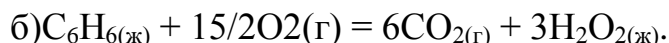
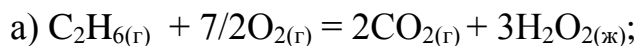
В ходе реакции следующим образом изменяются степени окисления атомов в составе молекул участников реакции:





#### Задание №4

Вычислить  $\Delta H_{298}^0$  (стандартные энтальпии) реакций:



По табличным данным стандартные энтальпии образования  $\text{C}_2\text{H}_{6(\text{г})}$ ,  $\text{C}_6\text{H}_{6(\text{ж})}$ ,  $\text{H}_2\text{O}_{(\text{г})}$ ,  $\text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})}$  и  $\text{CO}_{2(\text{г})}$  соответственно равны -89,7, -241,8, 82,9, -241,8, -285,8 и -393,5 кДж/моль (стандартные энтальпии образования простых веществ принято считать равными нулю).

#### Решение

Для расчета  $\Delta H^0$  реакций используем уравнение из следствия закона Гесса:

$$\Delta H^0 = \sum \Delta H^0_{(\text{продукты})} - \sum \Delta H^0_{(\text{исходные})}$$

а) Находим стандартную энтальпию реакции:

$$\begin{aligned} \Delta H_{298}^0 &= 2\Delta H^0(\text{CO}_{2(\text{г})}) + 3\Delta H^0(\text{H}_2\text{O}_{2(\text{ж})}) - \Delta H^0(\text{C}_2\text{H}_{6(\text{г})}) = \\ &= [2 \cdot (-393,5) + 3(-241,8) - (-89,7)] \approx 1423 \text{ кДж}. \end{aligned}$$

б) Находим стандартную энтальпию реакции:

$$\begin{aligned} \Delta H_{298}^0 &= 6\Delta H^0(\text{CO}_{2(\text{г})}) + 3\Delta H^0(\text{H}_2\text{O}_{2(\text{ж})}) - \Delta H^0(\text{C}_6\text{H}_{6(\text{ж})}) = \\ &= [6 \cdot (-393,5) + 3(-241,8) - 82,9] = 3301,3 \text{ кДж}. \end{aligned}$$

**Ответ:** а) 1423 кДж; б) 3301,3 кДж.

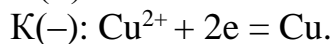
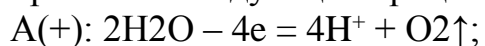
#### Задание №5

Сравните, какие продукты будут находиться в растворе в результате электролиза водного раствора нитрата меди(II) с инертными электродами в двух случаях: а) соль полностью подвергнута электролизу и после этого электроды сразу вынуты из раствора; б) соль 2 полностью подвергнута электролизу, после этого в течение некоторого времени электроды остаются в растворе.

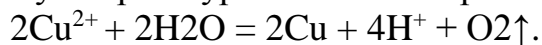
#### Решение

Разберем первый случай.

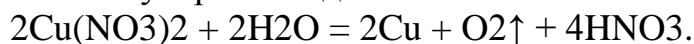
При электролизе раствора нитрата меди(II) на инертных электродах будут протекать следующие процессы:



Суммарное уравнение электролиза:

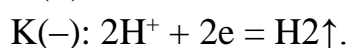
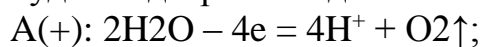


В молекулярном виде:



Если по окончании электролиза соли сразу вынуть электроды, то в электролитической ванне останется раствор азотной кислоты.

Относительно второго случая в условии не оговорено, отключен ли электрический ток после полного электролиза соли. Если в растворе азотной кислоты находятся подключенные к источнику тока электроды, раствор будет подвергаться дальнейшему электролизу:



Суммарное уравнение:



В результате концентрация азотной кислоты будет увеличиваться.

Если ток отключен сразу же после полного электролиза нитрата меди(II), то получившаяся разбавленная азотная кислота будет реагировать с медью, осажденной на катоде:



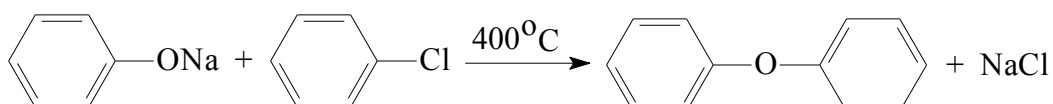
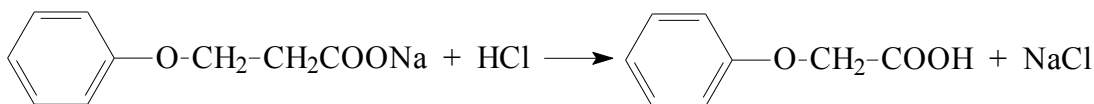
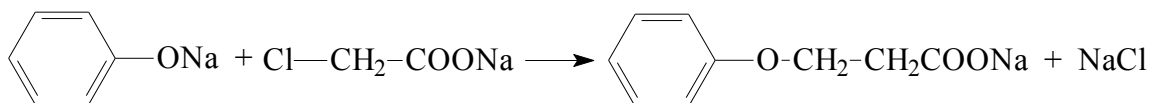
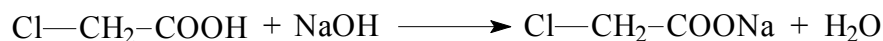
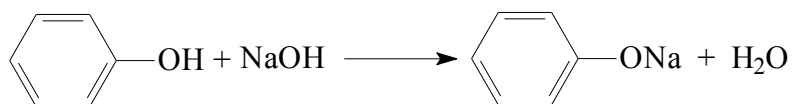
В растворе останутся нитрат меди(II) и азотная кислота.

### **Задание №6**

Напишите схемы реакций, протекание которых возможно между фенолом и хлоруксусной кислотой: а) в присутствии хлористоводородной кислоты; б) в присутствии щелочи. Из фенола и соответствующих реагентов получите феноксиксусную кислоту и дифениловый простой эфир. Укажите условия проведения каждой реакции (жесткие или мягкие условия; присутствие минеральной кислоты или щелочи; освещение и др.)

### Решение

Фенол не взаимодействует с карбоновыми кислотами с образованием сложных эфиров. Фенолят анион взаимодействует с галогенопроизводными.



### Вариант 6

#### Задание №1.

Какой химический элемент в таблице Менделеева является: а) самым лёгким твёрдым веществом? б) самым тяжелым твердым веществом? в) самым твёрдым веществом? г) самым легким газообразным веществом? д) самым тяжелым газообразным веществом?

#### Решение

а) Литий — самый лёгкий из всех твёрдых веществ, имеет плотность 0,5334 г/см<sup>3</sup>. Открыт в 1817 г. Арфведсоном (Швеция).

б) Осмий — наиболее тяжелое твердое вещество на планете. Осмий, имеет плотность 22,59 г/см<sup>3</sup>. Открыт в 1804 г. Теннантом (Великобритания). Свое название обрел из-за мерзкого амбре, состоящего из смеси хлора и чесночных капель.

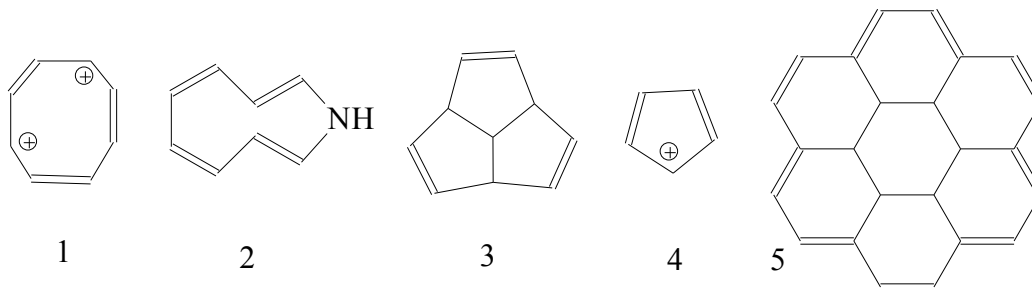
в) Самый твёрдый элемент - углерод. В аллотропной форме алмаза имеет твёрдость по методу Кноопа – 8400.

г) Самый легкий газ - водород имеет плотность 0,00008989 г/см<sup>3</sup> при температуре 0°C и давлении в 1 атм. Открыт в 1776 г. Кавендишем (Великобритания).

д) Самый тяжёлый газ - радон, его плотность 0,01005 г/см<sup>3</sup> при 0°C. Открыт в 1900 г. Дорном (Германия).

#### Задание №2

В каких валентных состояниях находятся атомы углерода в 3-метил-4-этилгексиле-2? б) Среди приведенных ниже структур выберите: а) ароматические; б) неароматические; в) антиароматические.

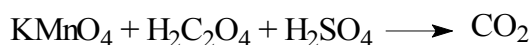


### Решение

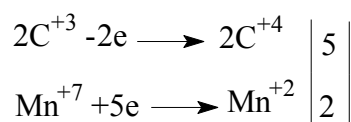
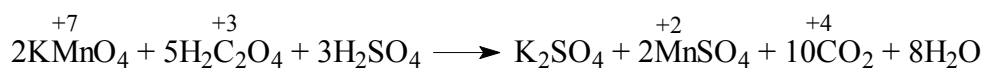
$sp^3 \ sp^2 \ sp^3 \ sp^3 \ sp^3 \ sp^3$ ; Аром – 125; Анти – 4; Неар – 3.

### **Задание №3**

Закончите уравнение реакции неполного окисления щавелевой кислоты перманганатом калия в кислой среде. Методом электронного баланса рассчитайте стехиометрические коэффициенты в уравнении.



### Решение



### **Задание №4**

Вычислите массу этанола, при сгорании которого выделится столько же энергии, как и при сгорании 100 г метанола. При вычислениях используйте энтальпии образования спиртов в газообразном состоянии:

$$\Delta(\text{CH}_3\text{OH})_{(\text{г})} = -201 \text{ кДж/моль};$$

$$\Delta(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})_{(\text{г})} = -235 \text{ кДж/моль}.$$

### Решение

Искомая величина – масса этанола  $m$  (в граммах).

Термохимическое уравнение реакций горения спиртов:





Подставим в термохимические уравнения вместо формул числовые значения энтальпий образования соединений:

$$-201 + \Delta H_1 = -394 + 2 (-286), \text{ откуда } \Delta H_1^0 = -765 \text{ кДж/моль},$$

$$-235 + \Delta H_2 = 2 (-394) + 3 (-286), \text{ откуда } \Delta H_2^0 = -1411 \text{ кДж/моль}.$$

Таким образом, мы нашли молярные теплоты сгорания метилового ( $\Delta H_1^0$ ) и этилового ( $\Delta H_2^0$ ) спиртов.

Составим уравнение, учитывая, что количество энергии, выделившейся при сгорании этанола массой  $m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})$ . Для этого количество выделившейся энергии представим как произведение количества вещества спирта на молярную теплоту сгорания:

$$[100/M(\text{CH}_3\text{OH})] \Delta H_1^0 = [m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})/M(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})] \Delta H_2,$$

$$\text{Или } (100/32)(-765) = (m/46)(-1411), \text{ откуда } m = 78 \text{ г}.$$

Ответ: масса этанола равна 78 г.

### Задание №5

Во сколько раз следует увеличить концентрацию вещества  $\text{B}_2$  в системе

$2\text{A}_{2(\text{г})} + \text{B}_{2(\text{г})} = 2\text{A}_2\text{B}$ , чтобы при уменьшении концентрации вещества А в 4 раза скорость прямой реакции не изменилась?

#### Решение

Концентрацию вещества А уменьшили в 4 раза. Изменение концентрации вещества В обозначим через  $x$ . Тогда до изменения концентрации вещества А скорость реакции можно выразить уравнением:

$$v = k[A_2]^2 \cdot [B_2], \text{ где}$$

$v$  - скорость реакции,  $k$  - константа скорости реакции,  $[A]$  и  $[B]$  – концентрации исходных веществ.

После изменения концентрации вещества  $\text{A}_2$  скорость реакции будет выражаться уравнением:

$$v' = k(1/4[A_2])^2 \cdot (x[B_2]).$$

По условию задачи  $v = v'$  или

$$\begin{aligned} k[A_2]^2 \cdot [B_2] &= k(1/4[A_2])^2 \cdot (x[B_2]) = \\ &= 1^2 \cdot 1 = (1/4)^2 \cdot x; 1 = 0,0625x; \\ x &= 16. \end{aligned}$$

Таким образом, следует увеличить в 16 раз концентрацию вещества  $\text{B}_2$  в системе  $2\text{A}_{2(\text{г})} + \text{B}_{2(\text{г})} = 2\text{A}_2\text{B}$ , чтобы при уменьшении концентрации вещества А в 4 раза скорость прямой реакции не изменилась.

Ответ: в 16 раз.

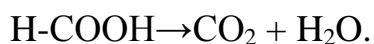
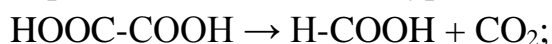
## Задание №6

В начале XIX века считалось, что в биологических системах существует особая сила, благодаря которой образуются органические молекулы - так называемая «жизненная сила», присущая только живым организмам. Поэтому считалось, что органические молекулы не могут быть воспроизведены людьми искусственно из неорганических молекул (витализм). Однако, в 1824 г. Фридрих Вёлер (немецкий химик, 1800 - 1882 г) синтезировал щавелевую кислоту - органическое вещество растительного происхождения, найденное в водорослях, грибах, щавеле. Щавелевая кислота была получена им из неорганического соединения - дициана. С помощью этого эксперимента Вёлер доказал, что органические молекулы могут образовываться из тех же атомов, что и неорганические молекулы.

Напишите уравнение реакции, которую провел Вёлер. Что происходит с щавелевой кислотой при нагревании?

### Решение

Дициан - динитрил щавелевой кислоты. При нагревании сначала происходит декарбоксилирование щавелевой кислоты, а затем разложение образовавшейся из нее муравьиной кислоты:



## Вариант 7

### Задание №1

Назовите элементы неметаллы: а) с самыми низкими точками плавления; б) с самыми высокими точками плавления. Назовите элементы металлы: в) с самыми низкими точками плавления; г) с самыми высокими точками плавления.

### Решение

а) Среди неметаллов гелий-4 ( $^4\text{He}$ ) имеет самую низкую точку плавления минус  $272,375^\circ\text{C}$  при давлении 24,985 атм.

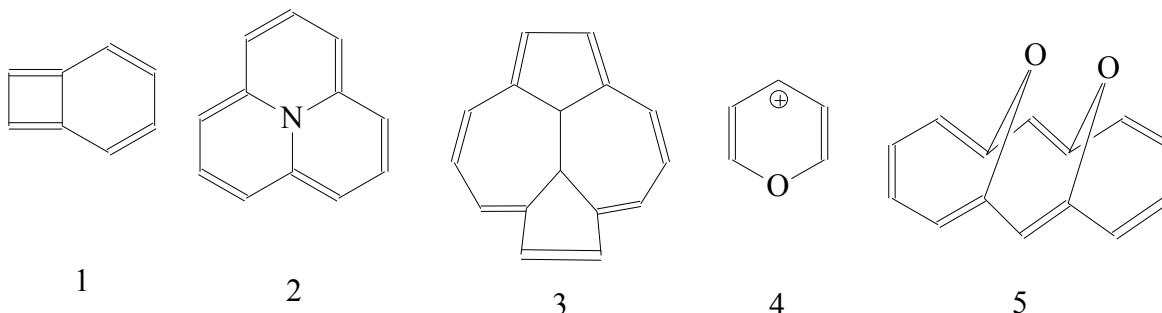
б) Среди неметаллов самая высокая точка плавления у углерода:  $530^\circ\text{C}$ .

в) Среди металлов самая низкая точка плавления: Ртуть минус  $38,9^\circ\text{C}$ . (Цезий  $28,4^\circ\text{C}$ ; Галлий  $29,76^\circ\text{C}$ ).

г) Среди металлов самая высокая точка плавления у вольфрама (W):  $3420^\circ\text{C}$ .

### Задание №2

а) В каких валентных состояниях находятся атомы углерода в 2-метилпропен-2-ил-1? б) Среди приведенных ниже структур выберите: а) ароматические; б) неароматические; в) антиароматические.



### Решение

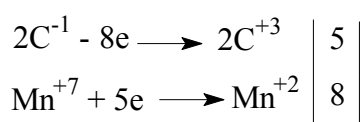
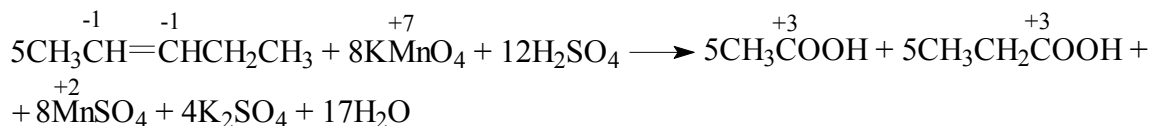
$sp\ sp^2\ sp^3$ ; Аром – 345; Анти – 1; Неар – 2.

### **Задание №3**

Закончите уравнение реакции неполного окисления пентена-2 перманганатом калия в кислой среде. Методом электронного баланса рассчитайте стехиометрические коэффициенты в уравнении.

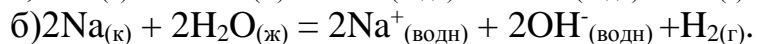
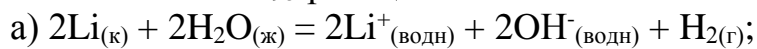


### Решение



### **Задание № 4**

Вычислите  $\Delta H^\circ_{298}$  реакций:



Стандартные энтальпии образования веществ равны:

$$\Delta H^\circ(\text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})}) = -285,8 \text{ кДж/моль};$$

$$\Delta H^\circ(\text{Li}^+_{(\text{водн})}) = -278,5 \text{ кДж/моль};$$

$$\Delta H^\circ(\text{Na}^+_{(\text{водн})}) = -239,7 \text{ кДж/моль};$$

$$\Delta H^\circ(\text{OH}^-_{(\text{водн})}) = -228,9 \text{ кДж/моль};$$

$$\Delta H^\circ(\text{H}_{2(\text{г})}) = -0 \text{ кДж/моль}.$$

### Решение

По условию задачи и по табличным данным стандартные энтальпии образования веществ равны:

$$\Delta H^{\circ}(H_2O_{(ж)}) = -285,8 \text{ кДж / моль};$$

$$\Delta H^{\circ}(Li^+_{(водн)}) = -278,5 \text{ кДж / моль};$$

$$\Delta H^{\circ}(Na^+_{(водн)}) = -239,7 \text{ кДж / моль};$$

$$\Delta H^{\circ}(OH^-_{(водн)}) = -228,9 \text{ кДж / моль};$$

$$\Delta H^{\circ}(H_{2(g)}) = 0 \text{ кДж / моль}.$$

Для расчета  $\Delta H^{\circ}$  реакций используем уравнение из следствия закона Гесса:

$$\Delta H^{\circ} = \sum \Delta H^{\circ}_{(продукты)} - \sum \Delta H^{\circ}_{(исход.)}$$

а) Находим стандартную энтальпию реакции:

$$\begin{aligned} \Delta H^{\circ}_1 &= [2\Delta H^{\circ}(Li^+_{(водн)}) + 2\Delta H^{\circ}(OH^-_{(водн)})] - 2\Delta H^{\circ}(H_2O_{(ж)}) = \\ &= [2 \cdot (-278,5) + 2 \cdot (-228,9) - 2 \cdot (-285,8)] = -443,2 \text{ кДж}. \end{aligned}$$

б) Находим стандартную энтальпию реакции:

$$\begin{aligned} \Delta H^{\circ}_2 &= [2\Delta H^{\circ}(Na^+_{(водн)}) + 2\Delta H^{\circ}(OH^-_{(водн)})] - 2\Delta H^{\circ}(H_2O_{(ж)}) = \\ &= [2 \cdot (-239,7) + 2 \cdot (-228,9) - 2 \cdot (-285,8)] = -365,6 \text{ кДж}. \end{aligned}$$

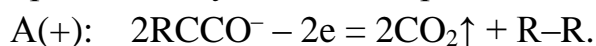
**Ответ:** а) -443,2 кДж; б) -365,6 кДж.

### **Задание №5**

При электролизе водного раствора натриевой соли одноосновной карбоновой кислоты на аноде образовались газ и жидкость, содержащая 84,21 % углерода. Назовите неизвестную соль и напишите уравнение реакции электролиза.

### Решение

Сложность задачи заключается в том, что в ней рассматривается электролиз соли органической кислоты (реакция Кольбе). На аноде происходит декарбоксилирование аниона кислотного остатка. Упрощенно схема процесса, идущего на инертном аноде, записывается следующим образом:



Определим состав образовавшейся жидкости - углеводорода.

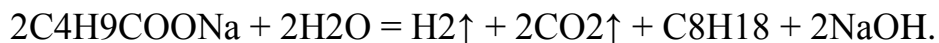
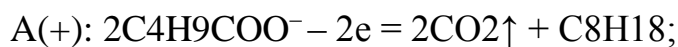
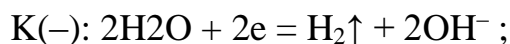
$$n(C):n(H) = w(C)/A_r(C) : w(H)/A_r(H);$$

$$n(C):n(H) = 0,8421/12 : 0,1579/1 = 7,02:15,79 = 1:2,25.$$

Простейшая формула углеводорода  $C_4H_9$ . Такого углеводорода не существует. При удвоении индексов получаем формулу  $C_8H_{18}$  (октан). Октан - жидкое вещество, следовательно, он удовлетворяет условию задачи.

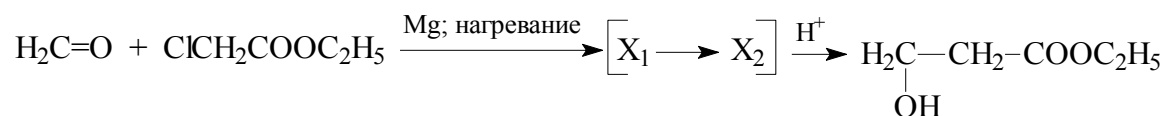


Значит, электролизу был подвергнут пентанат натрия  $C_4H_9COONa$ .  
Уравнение электролиза раствора этой соли:



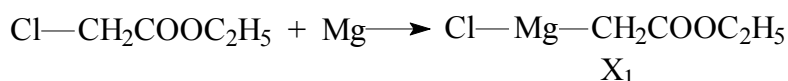
### Задание №6

Напишите схемы всех стадий синтеза этилового эфира  $\beta$ -оксипропановой кислоты взаимодействием метаналь с этиловым эфиром хлоруксусной кислоты с участием металлического магния:

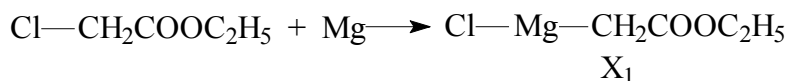


### Решение

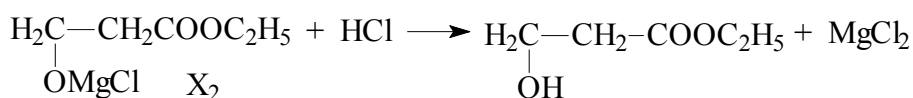
Первая стадия - реакция образования магнийорганического производного ( $X_1$ ).



Вторая стадия - последующее нуклеофильное присоединение  $X_1$  по оксогруппе альдегида с образованием алкоголятов магния ( $X_2$ ). Алкоголяты легко



Алкоголяты легко расщепляются под действием кислот:



## Вариант 8

### Задание №1

Можно ли затушить водой Солнце? «Да» или «нет» и почему?

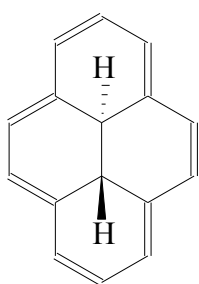
### Решение

Нет. Дело в том, что, так как в космосе нет воздуха (процессы горения на Солнце являются термоядерной реакцией, далекой от простого земного кислородного горения), то «вода» не сможет создать водяной слой, который служит для тушения огня. Соответственно, звезда не потухнет, пока внутри нее происходит химический синтез.

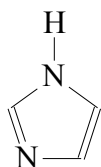
В условиях научной лаборатории после «сжигания» воды в компьютерной модели Солнце стало еще горячее и в почти шесть раз ярче.

### Задание №2.

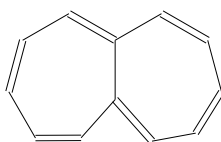
а) В каких валентных состояниях находятся атомы углерода в соединении пропен-2-ил-1? б) Среди приведенных ниже структур выберите: а) ароматические; б) неароматические; в) антиароматические. Ответ поясните.



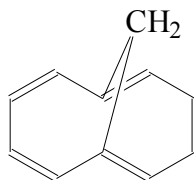
1



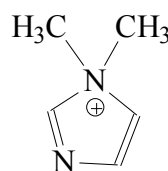
2



3



4



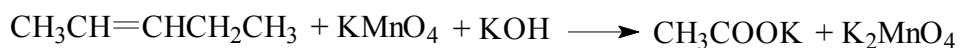
5

### Решение

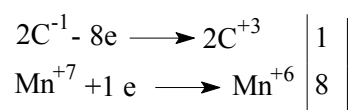
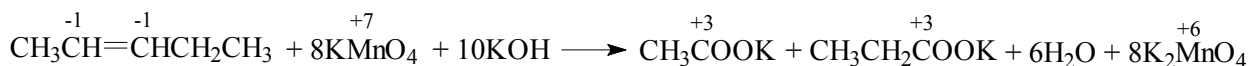
$sp^2$   $sp^2$   $sp^2$ ; Аром – 124; Анти – 3; Неар – 5.

### Задание №3

Закончите уравнение реакции неполного окисления пентена-2 перманганатом калия в щелочной среде. Методом электронного баланса рассчитайте стехиометрические коэффициенты в уравнении.

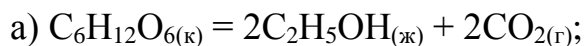


### Решение



### Задание №4

Вычислить значение  $\Delta H^{\circ}_{298}$  для протекающих в организме реакций превращения глюкозы:



Какая из этих реакций поставляет организму больше энергии?

Стандартные энтальпии веществ, участвующих в реакциях равны:

$$\Delta H^{\circ}(C_6H_{12}O_{6(к)}) = -1273,0 \text{ кДж/моль};$$

$$\Delta H^{\circ}(C_2H_5OH_{(ж)}) = -277,6 \text{ кДж/моль};$$

$$\Delta H^{\circ}(H_2O_{(ж)}) = -285,8 \text{ кДж/моль};$$

$$\Delta H^{\circ}(CO_{2(г)}) = -393,5 \text{ кДж/моль}.$$

Решение

Для расчета  $\Delta H^{\circ}$  реакций используем уравнение из следствия закона Гесса:

$$\Delta H^{\circ} = \sum \Delta H^{\circ}_{(продукты)} - \sum \Delta H^{\circ}_{(исход.)}$$

а) Находим стандартную энтальпию реакции:

$$\begin{aligned} \text{а) } \Delta H^{\circ}_1 &= 2\Delta H^{\circ}(CO_2) + 2\Delta H^{\circ}(C_2H_5OH) - \Delta H^{\circ}(C_6H_{12}O_6) = \\ &= 2 \cdot (-393,5) + 2 \cdot (-277,6) - (-1273,0) = -69,2 \text{ кДж}. \end{aligned}$$

б) Находим стандартную энтальпию реакции:

$$\begin{aligned} \text{б) } \Delta H^{\circ}_2 &= 6\Delta H^{\circ}(CO_2) + 6\Delta H^{\circ}(H_2O) - \Delta H^{\circ}(C_6H_{12}O_6) = \\ &= 6 \cdot (-393,5) + 6 \cdot (-285,8) - (-1273,0) = -2802,8 \text{ кДж}. \end{aligned}$$

Реакция (б) поставляет организму больше энергии, чем реакция (а).

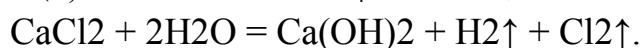
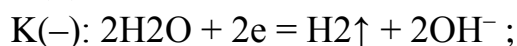
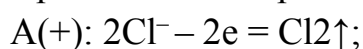
**Ответ:** а) -69,2 кДж; б) -2802,8 кДж.

### Задание №5

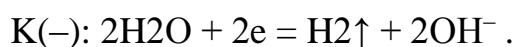
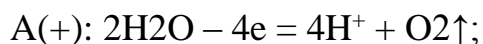
При электролизе 47,2 мл 11,1 %-ного раствора хлорида кальция (плотность раствора 1,06 г/мл) на аноде выделилось 3,36 л газообразных веществ (н. у.). Полученные газы при нагревании пропущены через трубку, содержащую 15 г металлического магния. Вычислите массовые доли веществ, находящихся в трубке после окончания опыта.

Решение

Уравнение электролиза раствора хлорида кальция:



При полном электролизе соли на аноде выделится 0,05 моль (1,12 л) хлора. Следовательно, 2,24 л газа выделилось при дальнейшем электролизе оставшегося раствора:

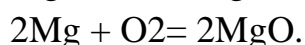
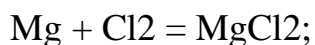


Суммарное уравнение электролиза:



На аноде выделился кислород,  $V(\text{O}_2) = 2,24$  л,  $n(\text{O}_2) = 0,1$  моль.

Запишем уравнения реакций магния с хлором и кислородом:



В трубке было 15 г (0,625 моль) магния. Хлор окислил 0,05 моль магния, кислород - 0,2 моль, т.е. всего окислению подверглось 0,25 моль магния. При этом образовалось 0,05 моль (4,75 г) хлорида магния и 0,2 моль (8 г) оксида магния. В трубке осталось 0,375 моль магния ( $0,625 - 0,25$ ), что составляет 9 г. Таким образом, после окончания опыта в трубке содержатся магний (9 г), хлорид магния (4,75 г) и оксид магния (8 г). Общая масса смеси 21,75 г, а массовые доли веществ соответственно равны 41,38; 21,84 и 36,78 %.

### **Задание №6**

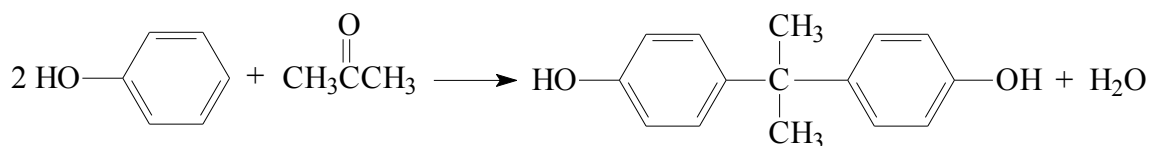
Фенол обладает рядом особенных свойств – связь С-О никогда не разрывается; ОН-группа – настолько сильно активирует ядро, что атомы водорода в ядре замещаются даже в отсутствии кислот Льюиса (реакция с бромом); кислотные свойства фенола намного превосходят кислотные свойства спиртов (фенол реагирует с водной щелочью); основность фенола настолько понижена, что он не образует простых и сложных эфиров.

Напишите уравнение реакции избытка фенола с ацетоном. Укажите, какие промежуточные продукты образуются. Назовите конечный продукт:



### Решение

Получение 2,2-ди(4-гидроксифенил)пропана из биогаза: 1. Метан → ацетилен → бензол → хлорбензол → фенол; 2. Метан → хлорметан; 3. Ацетилен → ацетиленид натрия; 4. Ацетиленид натрия с хлорметаном → пропин → ацетон; 5. Конденсация фенола с ацетоном → 2,2-ди(4-гидроксифенил)пропан.



**11 класс**

**Вариант 1**

### **Задание №1**

ПАО «Газпром» является крупнейшей мировой компанией по запасам природного газа - более 35 трлн куб. м.

ПАО «Газпром» располагает самыми богатыми в мире запасами природного газа. Его доля в мировых запасах газа составляет 17%, в российских - 72%. На «Газпром» приходится 12% мировой и 68% российской добычи газа.

В 2012 году Группой «Газпром» было добыто 12,8 млн тонн газового конденсата. Запасы газового конденсата, принадлежащие «Газпрому», составляют 1,1 млрд тонн.

Развитие нефтяного бизнеса является одной из стратегических задач «Газпрома». Основу нефтедобычи в Группе «Газпром» составляет ПАО «Газпром нефть».

К 2020 году «Газпром нефть» намерена увеличить объемы добычи углеводородов до 100 млн тонн нефтяного эквивалента в год и поддерживать этот уровень до 2025 года.

На территории зарубежных стран ПАО «Газпром» ведет поиск и разведку месторождений углеводородов, участвует в ряде нефтегазовых проектов, вошедших в стадию добычи, а также оказывает сервисные услуги, связанные со строительством скважин. Работа ведется на территории стран бывшего Советского Союза, государств Европы, Юго-Восточной Азии, Африки, Ближнего Востока и Южной Америки.

В 2017 году «Газпром» добыл:

471,0 млрд куб. м природного и попутного газа;

15,9 млн т. газового конденсата;

41,0 млн т. нефти.

Как добывают природный газ? На какой глубине он залегает? Как он распределен под землей: в твердом, жидком, газообразном состоянии? Каким образом его транспортируют из под земли? Укажите приблизительный диапазон глубин, на которые бурят газодобывающие скважины.

### Решение

Природный газ заключен в мельчайшие поры, которыми обладают некоторые горные породы. Газ также может быть частично растворен в нефти или заполнять повышенную часть нефтяной залежи, образуя так называемую газовую шапку. Поэтому часто газ добывается вместе с нефтью, а нефть — с газом.

Для добычи природного газа используют скважины. Глубина, на которой находится природный газ, колеблется от 1000 метров до нескольких километров. Глубина скважины определяется глубиной залегания газа. Поскольку газ залегает под давлением, гораздо большим, чем атмосферное, он поднимается по скважине за счет естественной энергии.

85% газовых и газоконденсатных залежей находятся в природных резервуарах из песчаных прослоенных глин. Остальные 15% заключены в карбонатных породах.

### **Задание №2**

Некоторые элементы X и Y образуют соединения  $X_2Y_2O_3$  (массовая доля кислорода равна 25,26 %) и  $X_2YO_4$  (массовая доля кислорода равна 36,78 %). Определите элементы X и Y.

### Решение

Решаем на 100 г вещества  $X_2Y_2O_3$ . Масса и количество вещества атомарного кислорода в нем составляют:

$$m(O) = m(X_2Y_2O_3) \cdot \omega(O); m(O) = 100 \cdot 0,2526 = 25,26 \text{ г};$$

$$n(O) = m(O) : M(O); n(O) = 25,26 : 16 \text{ моль} = 1,579 \text{ моль}.$$

Из формулы вещества  $X_2Y_2O_3$  следует:

$$n(X_2Y_2O_3) = n(O) : 3 = 1,579 : 3 \text{ моль} = 0,526 \text{ моль}.$$

Молярная масса  $X_2Y_2O_3$  составляет:

$$M(X_2Y_2O_3) = m(X_2Y_2O_3) : n(X_2Y_2O_3) = 100 : 0,526 \text{ г/моль} = 190 \text{ г/моль}.$$

$$M(X_2Y_2O_3) = 2M(X) + 2M(Y) + 3M(O) = 2M(X) + 2M(Y) + 3 \cdot 16 = 190$$

$$2M(X) + 2M(Y) = 142 \quad (a).$$

Аналогичные расчеты выполняем для вещества  $X_2YO_4$ :

$$m(O) = m(X_2YO_4) \cdot \omega(O); m(O) = 100 \cdot 0,3678 = 36,78 \text{ г};$$

$$n(O) = m(O) : M(O); n(O) = 36,78 : 16 \text{ моль} = 2,30 \text{ моль}.$$

Из формулы вещества  $X_2YO_4$  следует:

$$n(X_2YO_4) = n(O) : 4 = 2,30 : 4 \text{ моль} = 0,575 \text{ моль}.$$

Молярная масса  $X_2YO_4$  составляет:

$$M(X_2YO_4) = m(X_2YO_4) : n(X_2YO_4) = 100 : 0,575 \text{ г/моль} = 174 \text{ г/моль}.$$

$$M(X_2YO_4) = 2M(X) + M(Y) + 4M(O) = 2M(X) + M(Y) + 4 \cdot 16 = 174$$

$$2M(X) + 2M(Y) = 110 \quad (б).$$

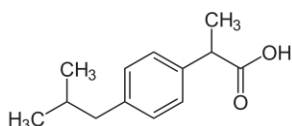
Из уравнений (а) и (б):  $M(X) = 39$  г/моль,  $M(Y) = 32$  г/моль.

X – это калий, Y – сера.

### Задание №3

Ибупрофен – фармпрепарат, анальгетик, противовоспалительное и жаропонижающее средство. Хорошо снимает воспаление и снижает температуру тела.

Предложите схему получения ибупрофена из природного газа.



### Решение

Метан → ацетилен → бензол;

этилен → хлорэтан → бутан → изобутан → хлористый

изобутил → изобутилбензол; ацетальдегид → уксусная кислота → хлорангидрид

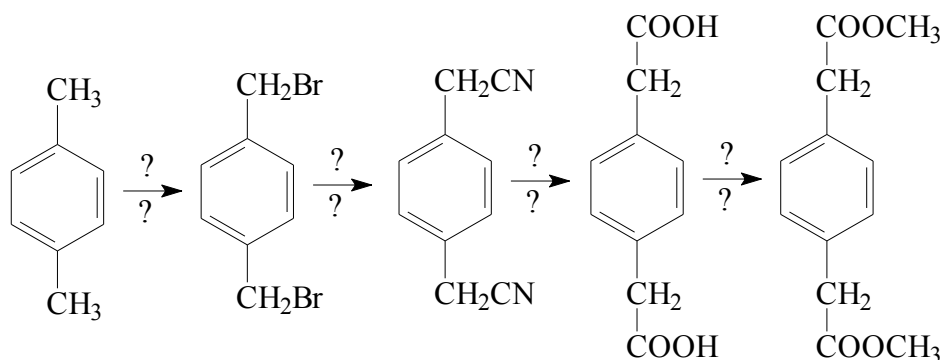
уксусной кислоты → метил-4-изобутилфенилкетон → циангидрин метил-4-

изобутилфенилкетона → нитрил 2-(4-изобутилфенил)-пропионовой

кислоты → 2-(4-изобутилфенил)-пропионовая кислота (ибупрофен).

### Задание №4

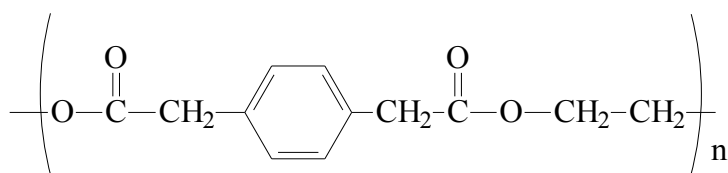
Диметилбензол-1,4-бис(ацетат) может быть синтезирован из п-ксилола. Для того, чтобы получить нужные промежуточные соединения и конечный продукт, в синтезе нужно использовать соответствующие условия и реагенты. Ниже приведены структуры промежуточных продуктов в синтезе диметилбензол-1,4-бис(ацетата):



Расшифруйте приведенную схему реакций синтеза диметилбензол-1,4-бис(ацетата). Укажите условия, необходимые в синтезе реагенты. При нагревании диметилбензол-1,4-бис(ацетата) и вещества X, полученного путем окисления этилена в мягких условиях, образуется полимер. Изобразите структуру полимера.

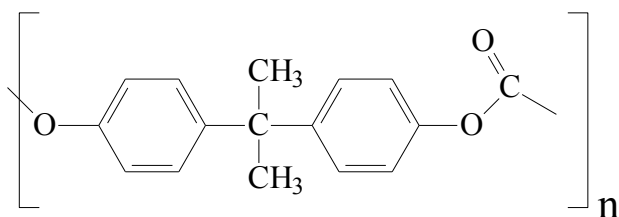
### Решение

Бромирование; реакция с цианидом натрия; гидролиз полученного нитрила в дикарбоновую кислоту; Этерификация кислоты метанолом; окисление этилена в этиленгликоль; перэтарификация диэфира этиленгликоле. Конечный полимер:



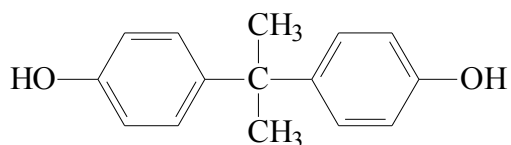
### **Задание №5**

В 1953 году Герман Шнелл, Германия, получил поликарбонат - соединение, механические свойства которого не имели аналогов среди известных термопластов. Поликарбонаты - сложные полиэфиры угольной кислоты и фенолов. Наибольшее промышленное значение имеют ароматические поликарбонаты на основе Бисфенола А.



Поликарбонат на основе Бисфенола А

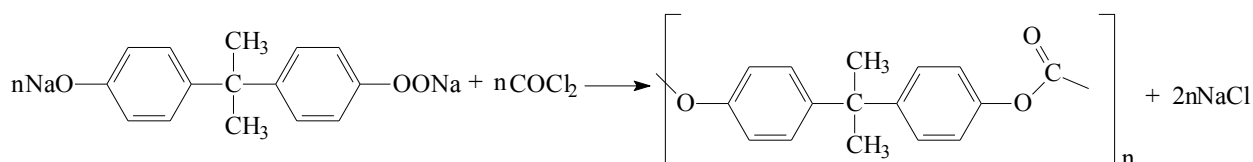
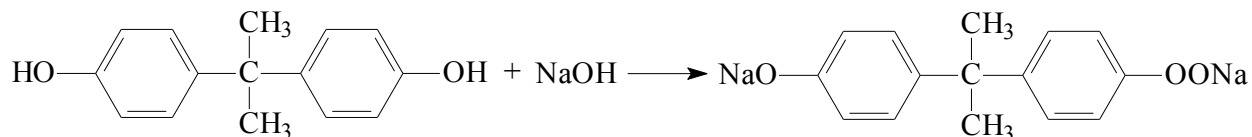
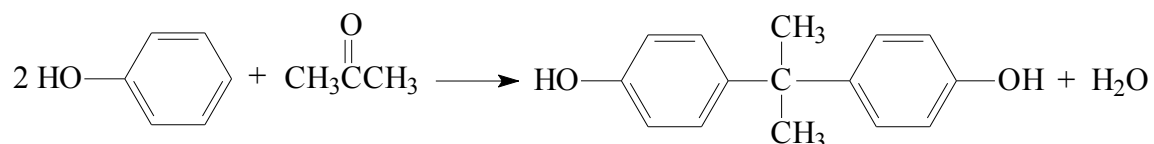
Бисфенол А – побочный продукт синтеза фенола по кумольному способу:



Приведите возможную схему образования побочного продукта – Бисфенола А в кумольном способе производства фенола. Предложите схему получения из него поликарбоната.



### Решение

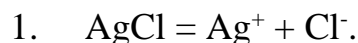


### **Задание №6**

Произведения растворимости  $\text{AgCl}$  и  $\text{Ag}_2\text{CO}_3$  равны соответственно  $1,6 \cdot 10^{-10}$  и  $6,2 \cdot 10^{-12}$  при  $25^\circ\text{C}$ . Какая соль более растворима?

### Решение

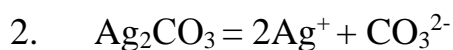
по ПР следует вычислить и сравнить молярные концентрации солей в их насыщенных водных растворах.



Пусть растворимость  $\text{AgCl} = c_1$  моль/л, тогда  $[\text{Ag}^+] = [\text{Cl}^-] = c_1$ .

$$\text{ПР}(\text{AgCl}) = [\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] = c_1^2$$

$$c_1 = \sqrt{\text{ПР}(\text{AgCl})} = \sqrt{1,6 \cdot 10^{-10}} = 1,3 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л}$$



Если растворилось  $c_2$  моль  $\text{Ag}_2\text{CO}_3$ , то:

$$[\text{Ag}^+] = 2c_2; [\text{CO}_3^{2-}] = c_2; \text{ПР}(\text{Ag}_2\text{CO}_3) = [\text{Ag}^+]^2 \cdot [\text{CO}_3^{2-}] = (2c_2)^2 \cdot c_2 = 4c_2^3;$$

$$c_2 = \sqrt[3]{\frac{\text{ПР}}{4}} = \sqrt[3]{\frac{6,2 \cdot 10^{-12}}{4}} = 1,16 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л}$$

При сравнении  $c_1$  и  $c_2$  видно, что растворимость карбоната серебра в 10 раз выше растворимости хлорида серебра.

## **Вариант 2**

### **Задание №1**

ПАО«Газпром» является крупнейшей мировой компанией по запасам природного газа - более 35 трлн куб. м.

ПАО «Газпром» располагает самыми богатыми в мире запасами природного газа. Его доля в мировых запасах газа составляет 17%, в российских - 72%. На «Газпром» приходится 12% мировой и 68% российской добычи газа.

В 2012 году ПАО «Газпром» было добыто 12,8 млн тонн газового конденсата. Запасы газового конденсата, принадлежащие «Газпрому», составляют 1,1 млрд тонн.

Развитие нефтяного бизнеса является одной из стратегических задач «Газпрома». Основу нефтедобычи в Группе «Газпром» составляет ПАО «Газпром нефть».

К 2020 году «Газпром нефть» намерена увеличить объемы добычи углеводородов до 100 млн тонн нефтяного эквивалента в год и поддерживать этот уровень до 2025 года.

На территории зарубежных стран Группа «Газпром» ведет поиск и разведку месторождений углеводородов, участвует в ряде нефтегазовых проектов, вошедших в стадию добычи, а также оказывает сервисные услуги, связанные со строительством скважин. Работа ведется на территории стран бывшего Советского Союза, государств Европы, Юго-Восточной Азии, Африки, Ближнего Востока и Южной Америки.

В 2017 году «Газпром» добыл:

471,0 млрд куб. м природного и попутного газа;

15,9 млн т газового конденсата;

41,0 млн т нефти.

Объём природного газа который добывает ПАО «Газпром» за 1 год равен 500 ??? м<sup>3</sup> (добавьте нули после цифры 500). Какую формулу имеет природный газ? Содержит ли природный газ какие либо примеси? И надо ли очищать весь добытый природный газ от примесей?

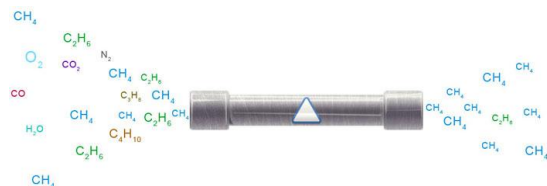
### Решение

Объемы добычи газа добычи «Газпром» составляют приблизительно 500 млрд м<sup>3</sup>/год.

Перед пуском газа по трубам его необходимо очистить. Вместе с природным газом из скважины выходит множество различных примесей, которые могут испортить оборудование. К ним относятся: сероводород, диоксид углерода, диоксид серы и др. Поэтому, недалеко от месторождений строятся установки комплексной очистки газа.

Газ очищают от них несколько раз: непосредственно при выходе из скважины, в наземных сепараторах, а затем еще при транспортировке и на компрессорных станциях. В первую очередь газ нужно осушить, поскольку содержащаяся в нем влага также портит оборудование и может

Поскольку природный газ не имеет запаха, перед подачей потребителям его одорируют.



Химическое соединение – газ, содержащий углерод (массовая доля 85,7%) и водород (14,3%). Образец этого соединения массой 5,25 г занимает при н.у. объём 2,8 л. Определите структурную формулу этого соединения, если известно, что оно обесцвечивает бромную воду.

Решаем на 100 г вещества,  $m=100$  г.

$$m(C)=m_{\omega}(C)=100 \cdot 0,857 \text{ г} = 85,7 \text{ г};$$

$$n(C) = m(C) / M(C) = 85,7 / 12 \text{ моль} = 7,14 \text{ моль};$$

$$m(H)=m- m(C)=(100-85,7) \text{ г}=14,3 \text{ г};$$

$$n(\text{H}) = m(\text{H}) / M(\text{H}) = 14,3 / 1 \text{ моль} = 14,3 \text{ моль}.$$

Искомая формула –  $C_xH_y$ . Тогда:

$$n(C)/n(H)=x/y.$$

$$n(C)/n(H)=7,14/14,3=0,5 \text{ или}$$

$$x/y=0,5. \quad (a)$$

молярная масса соединения:

$$n(C_xH_y) = V(C_xH_y) / V_m = 2,8 / 22,4 = 0,125 \text{ моль.}$$

$$M(C_xH_y) = m(C_xH_y) / n(C_xH_y) = 5,25 / 0,125 = 42 \text{ г/моль.}$$

Для молярной массы также верно:

$$M(C_xH_y) = x \cdot 12 + y \cdot 1.$$

ИЛИ

$$12x+y=42. \quad (6)$$

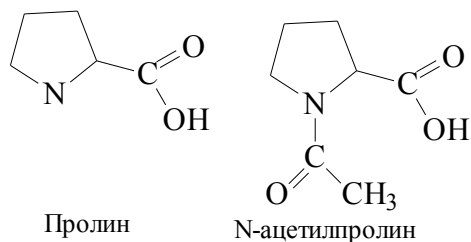
Из «а» и «б»:

$x=3$ ,  $y=6$ .

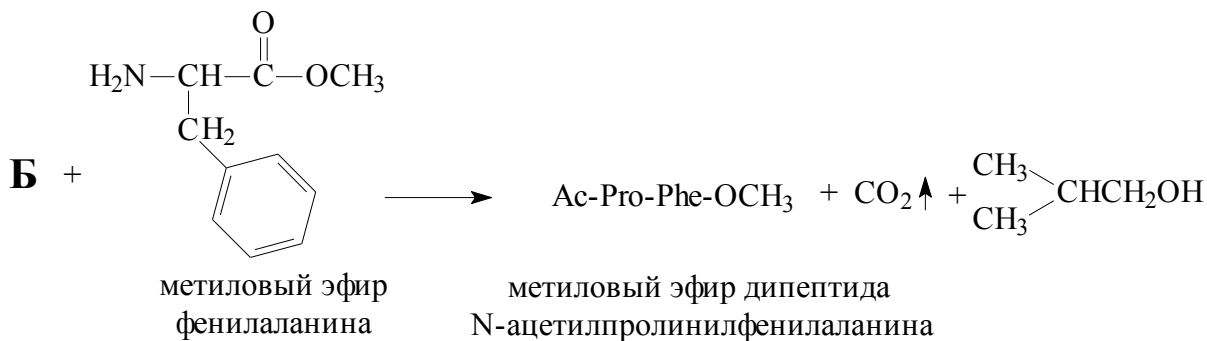
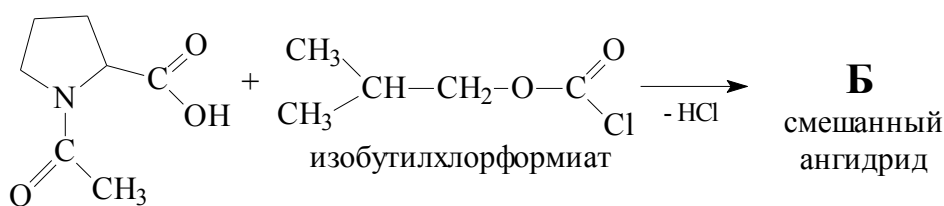
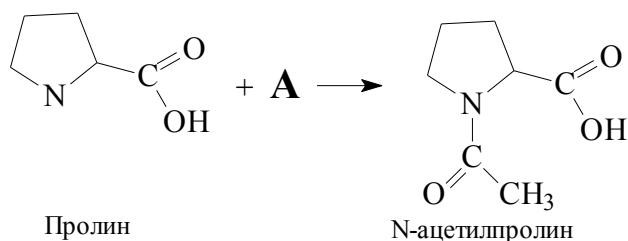
Искомая формула:  $C_3H_6$  – циклопропан или пропен. Циклы не реагируют с бромной водой. Это - пропен.

### Задание №3

Иминокислота пролин входит в состав подавляющего большинства белков. Свойства пролина настолько близки к свойствам аминокислот, что пролин принято рассматривать как аминокислоту.

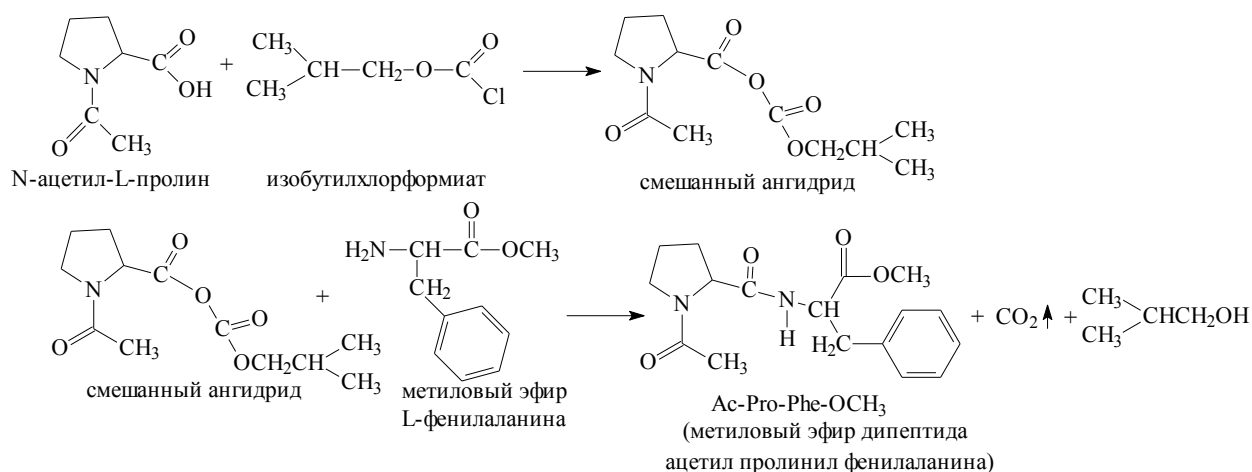


Расшифруйте приведенную ниже схему реакций. Из пролина получите N-ацетилпролин. Напишите схему синтеза метилового эфира дипептида ацетилпролинилфенилаланина (Ac-Pro-Phe-OCH<sub>3</sub>)



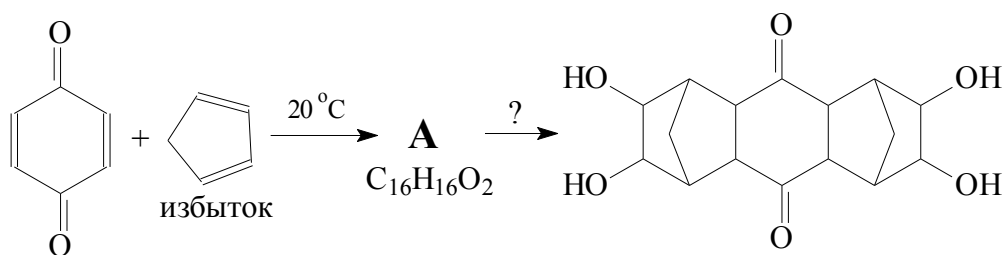
### Решение

Вещество А – уксусный ангидрид



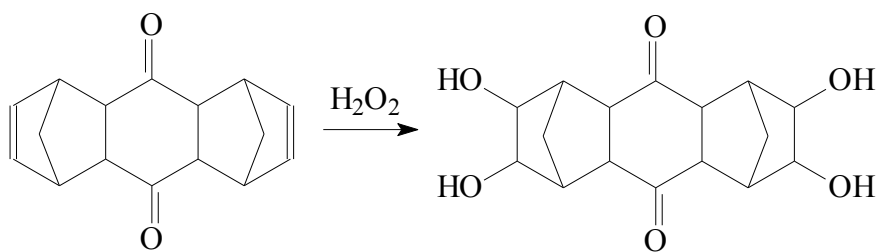
### **Задание №4**

В 1928 г в г. Киле профессор Отто Дильс и его коллега Курт Альдер открыли реакцию согласованного [4+2]-циклоприсоединения диенов к олефинам (реакция Дильса – Альдера) с образованием замещенных циклогексенов. Реакция распространяется на диены и ненасыщенные соединения самой различной структуры. Например, Отто Дильс и Курт Альдер исследовали и описали реакцию п-бензохинона с избытком цикlopentadiена, протекающую по той же схеме. Реакция имеет продолжение:



Вопрос: Расшифруйте приведенную схему.

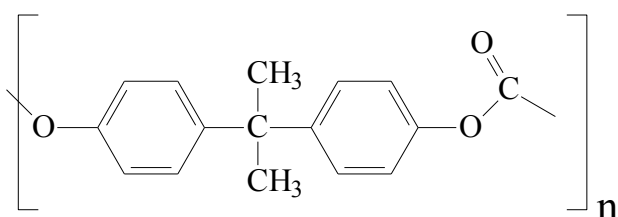
### Решение



**A**

### Задание №5

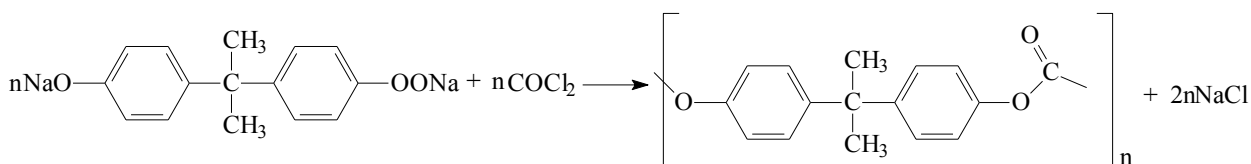
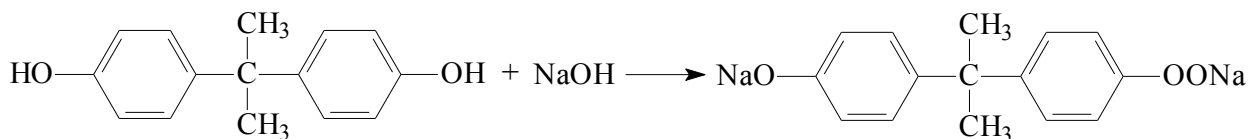
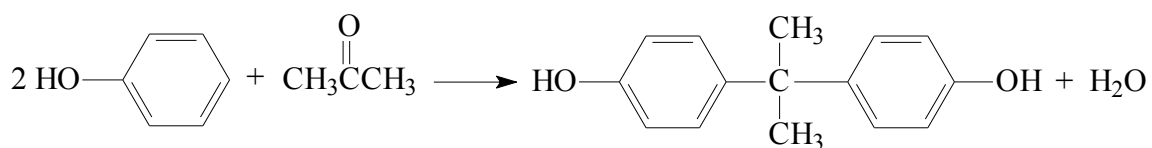
Напишите уравнение реакции получения поликарбоната из 2,2-ди(4-гидроксифенил)пропана:



Предварительно 2,2-ди(4-гидроксифенил)пропан получите из природного газа с использованием необходимых неорганических соединений.

### Решение

Получение 2,2-ди(4-гидроксифенил)пропана из биогаза: 1. Метан  $\rightarrow$  ацетилен  $\rightarrow$  бензол  $\rightarrow$  хлорбензол  $\rightarrow$  фенол; 2. Метан  $\rightarrow$  хлорметан; 3. Ацетилен  $\rightarrow$  ацетиленид натрия; 4. Ацетиленид натрия с хлорметаном  $\rightarrow$  пропин  $\rightarrow$  ацетон; 5. Конденсация фенола с ацетоном  $\rightarrow$  2,2-ди(4-гидроксифенил)пропан.



## Задание №6

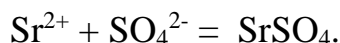
Смешали 1 л раствора нитрата стронция  $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$  и 1 л сульфата натрия  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  с исходной молярной концентрацией солей в каждом равной  $2,5 \cdot 10^{-3}$  моль/л. Определите массовую долю сульфата стронция  $\text{SrSO}_4$  в виде растворенного вещества и в виде осадка, если осадок образуется. Произведение растворимости сульфата стронция равно  $3,2 \cdot 10^{-7}$ .

### Решение

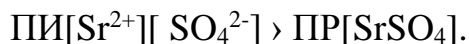
Для сильных электролитов:



После смешения растворов может образоваться осадок малорастворимого  $\text{SrSO}_4$ :



Осадок образуется в том случае, если ионное произведение концентраций ионов стронция и сульфата будет больше произведения растворимости сульфата стронция:



При смешении равных объёмов растворов концентрация каждого иона уменьшится в 2 раза и станет равной:

$$[\text{Sr}^{2+}] = 2,5 \cdot 10^{-3} / 2 = 1,25 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л},$$

$$[\text{SO}_4^{2-}] = 2,5 \cdot 10^{-3} / 2 = 1,25 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л}.$$

Ионное произведение после смешения растворов:

$$\text{ПИ}[\text{Sr}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}] = 1,25 \cdot 10^{-3} \cdot 1,25 \cdot 10^{-3} = 1,5625 \cdot 10^{-6} \text{ моль/л}.$$

Т.к.  $\text{ПИ}[\text{Sr}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}] > \text{ПП}[\text{SrSO}_4]$  осадок сульфата стронция образуется.

Чтобы определить, какое количество  $\text{SrSO}_4$  выпадет в осадок, сравним количество вещества растворенного сульфата стронция, которое, как можно ожидать, может образоваться из исходных соединений и которое, действительно образовалось после смешения растворов:

До смешения:

$$n[\text{SrSO}_4]_{\text{ожидаемое}} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ моль}.$$

После смешения, с учетом значения  $\text{ПП}[\text{SrSO}_4]$  и того, что объём раствора увеличится в 2 раза:

$$\text{ПП}[\text{SrSO}_4] = [\text{Sr}^{2+}] \cdot [\text{SO}_4^{2-}] = 3,2 \cdot 10^{-7}.$$

$$[\text{SrSO}_4] = [\text{Sr}^{2+}] = [\text{SO}_4^{2-}];$$

$$\text{ПП}[\text{SrSO}_4] = [\text{Sr}^{2+}] \cdot [\text{SO}_4^{2-}] = [\text{Sr}^{2+}]^2 = 3,2 \cdot 10^{-7};$$

$$[\text{SrSO}_4] = [\text{Sr}^{2+}] = [\text{SO}_4^{2-}] = (3,2 \cdot 10^{-7})^{1/2} = 5,6567 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л}.$$

Количество вещества сульфата стронция растворенного в 2 л раствора после смешения составит  $1,1314 \cdot 10^{-3}$  моль. Остальное количество вещества сульфата стронция выпадет в виде осадка:

$$n[\text{SrSO}_4]_{\text{в осадке}} = n[\text{SrSO}_4]_{\text{ожидаемое}} - n[\text{SrSO}_4]_{\text{растворенное}} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ моль} - 1,1314 \cdot 10^{-3} \text{ моль} = 1,3686 \cdot 10^{-3} \text{ моль}.$$

$$m(\text{SrSO}_4)_{\text{ожидаемое}} = n[\text{SrSO}_4]_{\text{ожидаемое}} \cdot M_r[\text{SrSO}_4] = 2,5 \cdot 10^{-3} \cdot 183,68 = 0,4592 \text{ г}.$$

$$m(\text{SrSO}_4)_{\text{растворенное}} = n[\text{SrSO}_4]_{\text{в растворе}} \cdot M_r[\text{SrSO}_4] = 1,1314 \cdot 10^{-3} \cdot 183,68 = 0,2078 \text{ г}.$$

$$m(\text{SrSO}_4)_{\text{в осадке}} = n[\text{SrSO}_4]_{\text{в осадке}} \cdot M_r[\text{SrSO}_4] = 1,3686 \cdot 10^{-3} \cdot 183,68 = 0,2514 \text{ г}.$$

$$\omega(\text{SrSO}_4)_{\text{растворенное}} = 0,2078 / 0,4592 = 0,45$$

$$\omega(\text{SrSO}_4)_{\text{в осадке}} = 0,2514 / 0,4592 = 0,55$$

### Вариант 3

#### Задание №1

ПАО «Газпром» является крупнейшей мировой компанией по запасам природного газа - более 35 трлн куб. м.

ПАО «Газпром» располагает самыми богатыми в мире запасами природного газа. Его доля в мировых запасах газа составляет 17%, в российских - 72%. На «Газпром» приходится 12% мировой и 68% российской добычи газа.

В 2012 году Группой «Газпром» было добыто 12,8 млн тонн газового конденсата. Запасы газового конденсата, принадлежащие «Газпрому», составляют 1,1 млрд тонн.

Развитие нефтяного бизнеса является одной из стратегических задач «Газпрома». Основу нефтедобычи в Группе «Газпром» составляет ПАО «Газпром нефть».

К 2020 году «Газпром нефть» намерена увеличить объемы добычи углеводородов до 100 млн тонн нефтяного эквивалента в год и поддерживать этот уровень до 2025 года.

На территории зарубежных стран ПАО «Газпром» ведет поиск и разведку месторождений углеводородов, участвует в ряде нефтегазовых проектов, вошедших в стадию добычи, а также оказывает сервисные услуги, связанные со строительством скважин. Работа ведется на территории стран бывшего Советского Союза, государств Европы, Юго-Восточной Азии, Африки, Ближнего Востока и Южной Америки.

В 2017 году «Газпром» добыл:

471,0 млрд куб. м природного и попутного газа;

15,9 млн т. газового конденсата;

41,0 млн т. нефти.



Какими видами транспорта транспортируют природный газ потребителям и в каком виде (под атмосферным давлением, в сжатом виде, в жидком состоянии)? Сможете ли Вы указать приблизительную длину всех трубопроводов ПАО «Газпром». Обычный диаметр магистральных газопроводов составляет ? мм. Можно ли сравнить суммарную протяженность всех трубопроводов ПАО «Газпром» с размером Земли? Можно ли транспортировать газ по морю, по железной дороге, широко фюзеляжными самолетами?

### Решение

Сначала природный газ сжимают при помощи компрессора, чтобы сократить его объем. Природный газ традиционно сжимается до давления 200–250 бар, что приводит к сокращению объема в 200–250 раз.

Самым распространенным способом доставки газа потребителям является транспортировка по трубам. На большие расстояния газ перекачивается по магистральным газопроводам, но при доставке газа конечным потребителям используются уже газопроводы меньшего диаметра – газораспределительные сети.

В настоящее время с точки зрения эффективности максимальным диаметром газопровода считается 1420 мм.

«Газпром» располагает крупнейшей в мире газотранспортной системой, ее протяженность на территории России составляет 171,2 тыс. км. Если вытянуть в линию все магистральные газопроводы, они четырежды опоясали бы Землю.

«Газпром» является крупнейшим в России производителем и экспортером сжиженного природного газа (СПГ). Для далеких районов СПГ производится на так называемых ожижительных установках (заводах), после чего может быть перевезен в специальных криогенных емкостях — морских танкерах или цистернах для сухопутного транспорта. Это позволяет доставлять газ в те районы, которые находятся далеко от магистральных газопроводов, традиционно используемых для транспортировки обычного природного газа. Природный газ в сжиженном виде долго хранится, что позволяет создавать запасы. Перед поставкой непосредственно потребителю СПГ возвращают в первоначальное газообразное состояние на регазификационных терминалах.

### **Задание №2**

Смесь карбонатов калия и натрия массой 7 г обработали серной кислотой, взятой в избытке. При этом выделился газ объемом 1,344 л (н.у.). Определите массовые доли карбонатов в исходной смеси.

### Решение



Пусть масса карбоната натрия в исходной смеси -  $m(\text{Na}_2\text{CO}_3)$ . Тогда  $m(\text{K}_2\text{CO}_3) = m(\text{смеси}) - m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = [7 - m(\text{Na}_2\text{CO}_3)]$  г.

Пусть объём  $\text{CO}_2$  из реакции (а) -  $V_a(\text{CO}_2)$ . Тогда объём  $\text{CO}_2$  из (б):

$$V_6(\text{CO}_2) = V(\text{CO}_2) - V_a(\text{CO}_2) = [1,344 - V_a(\text{CO}_2)] \text{ л.}$$

Количество вещества каждого:

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = m(\text{Na}_2\text{CO}_3) / M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = m(\text{Na}_2\text{CO}_3) / 106 \text{ моль};$$

$$n_a(\text{CO}_2) = V_a(\text{CO}_2) / V_m = V_a(\text{CO}_2) / 22,4 \text{ моль};$$

$$n(\text{K}_2\text{CO}_3) = m(\text{K}_2\text{CO}_3) / M(\text{K}_2\text{CO}_3) = [7 - m(\text{Na}_2\text{CO}_3)] / 138 \text{ моль};$$

$$n_6(\text{CO}_2) = V_6(\text{CO}_2) / V_m = [1,344 - V_a(\text{CO}_2)] / 22,4 \text{ моль.}$$

Из уравнения (а):  $n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = n_a(\text{CO}_2)$  или

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) / 106 = V_a(\text{CO}_2) / 22,4. \quad (\text{в})$$

Из уравнения (б):  $n(\text{K}_2\text{CO}_3) = n_6(\text{CO}_2)$

$$[7 - m(\text{Na}_2\text{CO}_3)] / 138 = [1,344 - V_a(\text{CO}_2)] / 22,4. \quad (\text{г})$$

Из «в» «г»:

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 4,24 \text{ г. Тогда}$$

$$m(\text{K}_2\text{CO}_3) = m - m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = (7 - 4,24) \text{ г} = 2,76 \text{ г.}$$

Искомое:

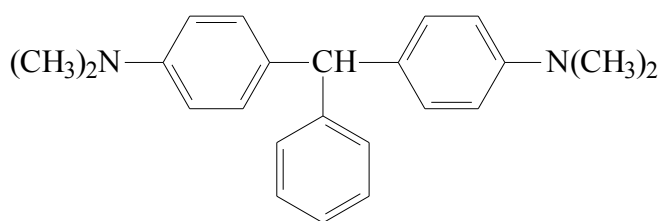
$$\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = m(\text{Na}_2\text{CO}_3) / m = 4,24 / 7 = 0,606 \text{ (60,6\%);}$$

$$\omega(\text{K}_2\text{CO}_3) = m(\text{K}_2\text{CO}_3) / m = 2,76 / 7 = 0,394 \text{ (39,4\%)/}$$

### **Задание №3**

Наиболее важными производными трифенилметана являются его amino- и оксипроизводные. Эти соединения лежат в основе многих важных органических красителей. Одно из них - малахитовый зелёный - синтетический диаминотрифенилметановый краситель. Малахитовый зелёный применяют для окрашивания шелка, шерсти, хлопка в зелёный цвет. Сами amino- и оксипроизводные трифенилметана бесцветны. Их называют лейкосоединения, но они легко окисляются (даже кислородом воздуха) переходя в производные трифенилкарбинола, дающие с кислотами или со щелочами красители.

Из метана получите лейкосоединение - малахитовый зелёный:



лейкосоединение п,п'-ди(диметиламино)трифенилметан

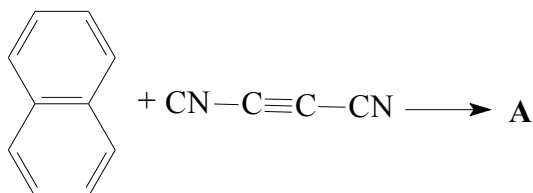
### Решение

Метан ацетилен бензол нитробензол анилин N,N-диметиланилин из хлорметана N,N-диметиланилиний хлорид или: N,N-диметиланилин из метана метанола анилина; толуол бензиловый спирт бензальдегид; конденсация бензальдегида с 2 молекулами N,N-диметиланилина с образованием лейкосоединения.

### **Задание №4**

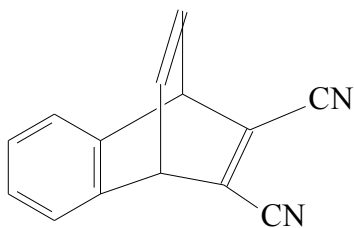
В 1928 г в г. Киле профессор Отто Дильс и его коллега Курт Альдер открыли реакцию согласованного [4+2]-циклоприсоединения диенов к олефинам (реакция Дильса – Альдера) с образованием замещенных циклогексенов. Реакция распространяется на диены и ненасыщенные соединения самой различной структуры.

Напишите уравнение следующей реакции:



### Решение

В бензоле ароматическая шестерка π-электронов распределена совершенно равномерно по отношению к шести углеродным атомам. В нафталине выравнивание в такой мере невозможно, и он в результате этого менее ароматичен. Одно из его ядер – бензольное, а другое – диеновое. Это отражается на химических свойствах нафталина и проявляется в особой активности α-углеродных атомов к электрофильным атакам и к тем типам присоединений, к которым способны диеновые углеводороды. Так, для нафталина известна реакция присоединения сильных диенофилов (в жестких условиях) с образованием продукта “А”:



### Задание №5

Различают новолачные и резольные феноло-формальдегидные смолы. В чём основное отличие в их физических свойствах? Напишите цепочку уравнений реакций получения из природного газа феноло-формальдегидных смол. В каких условиях необходимо проводить поликонденсацию, чтобы получить новолачную и резольную феноло-формальдегидную смолу. Что такое резит?

#### Решение

Цепочка реакций: 1. Метан  $\rightarrow$  ацетилен  $\rightarrow$  бензол  $\rightarrow$  хлорбензол  $\rightarrow$  фенол; 2. Метан  $\rightarrow$  метанол метаналь; 3. Конденсация фенола с метаналем.

Термопластичные смолы, известные под названием новолачных, образуются при избытке фенола в исходной смеси и применении кислых катализаторов (например, соляной кислоты). Термореактивные феноло-формальдегидные смолы, называемые резольными, получают при избытке формальдегида и обычно в присутствии щелочного катализатора. Резольные смолы при нагревании переходят в неплавкое и нерастворимое состояние. При избытке формальдегида и при нагревании до 130 – 150 °С происходит сшивка фенолформальдегидных цепей с образованием полимера с сетчатой структурой – резита.

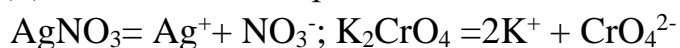
### Задание №6

Выпадет ли осадок при смешении 200 мл 0,001 М раствора нитрата серебра  $\text{AgNO}_3$  и 1000 мл  $2 \cdot 10^{-4}$  М раствора хромата калия  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ . Определите массу хромата серебра в виде растворенного вещества и в виде осадка, если осадок образуется.

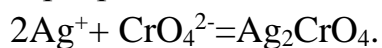
Произведение растворимости хромата серебра равно  $1,2 \cdot 10^{-12}$ .

#### Решение

Для сильных электролитов:



После смешения растворов образуется малорастворимый осадок хромата серебра:



Осадок выпадет при условии, что

$$\text{ПИ}[\text{Ag}^+]^2 \cdot [\text{CrO}_4^{2-}] > \text{ПР}[\text{Ag}_2\text{CrO}_4].$$

Общий объём после смешения составит 1,2 л. При смешении растворов концентрация нитрата серебра уменьшится в 5 раз, а концентрация хромата калия в 1,25 раза, а концентрация ионов  $\text{Ag}^+$  и  $\text{CrO}_4^{2-}$  станет равной:

$$[\text{Ag}^+] = 0,001/5 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л},$$

$$[\text{CrO}_4^{2-}] = 2 \cdot 10^{-4}/1,25 = 1,6 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л}.$$

Ионное произведение после смешения растворов:

$$\text{ПИ}[2\text{Ag}^+]^2 \cdot [\text{CrO}_4^{2-}] = (2 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-4} = 6,4 \cdot 10^{-12},$$

что больше произведения растворимости хромата серебра, поэтому в данных условиях осадок хромата серебра выпадет.

Чтобы определить, какое количество  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  выпадет в осадок, сравним количество вещества растворенного хромата серебра, которое, как можно ожидать, может образоваться из исходных соединений и которое, действительно образовалось после смешения растворов:

До смешения ожидаемое количество  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ :

$$n[\text{Ag}_2\text{CrO}_4]_{\text{ожидаемое}} = 0,5[\text{AgNO}_3] = 0,5 \cdot 0,2 \cdot 0,001 = 1 \cdot 10^{-4} \text{ моль}.$$

$$\text{Или } m[\text{Ag}_2\text{CrO}_4]_{\text{ожидаемое}} = n[\text{Ag}_2\text{CrO}_4]_{\text{ожидаемое}} \cdot M_r[\text{Ag}_2\text{CrO}_4] = 1 \cdot 10^{-4} \cdot 331,74 = 0,03317 \text{ г}.$$

После смешения, с учетом значения  $\text{ПР}[\text{Ag}_2\text{CrO}_4]$  и того, что объём раствора изменился рассчитываем концентрацию  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  в растворе:

$$\text{ПР}[\text{Ag}_2\text{CrO}_4] = [2\text{Ag}^+]^2 \cdot [\text{CrO}_4^{2-}] = 4[\text{Ag}^+]^3 = 1,2 \cdot 10^{-12};$$

$$[\text{Ag}^+] = [(1,2 \cdot 10^{-12})/4]^{1/3} = 1,0627 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л};$$

$$[\text{Ag}_2\text{CrO}_4]_{\text{в растворе}} = [\text{Ag}^+]/2 = 0,5314 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л}$$

$$n[\text{Ag}_2\text{CrO}_4]_{\text{в растворе}} = [\text{Ag}_2\text{CrO}_4]_{\text{в растворе}} \cdot V_{\text{раствора}} = 0,5314 \cdot 10^{-4} \cdot 1,2 = 0,6377 \cdot 10^{-4} \text{ моль}$$

$$\text{Или } m[\text{Ag}_2\text{CrO}_4]_{\text{в растворе}} = n[\text{Ag}_2\text{CrO}_4]_{\text{в растворе}} \cdot M_r[\text{Ag}_2\text{CrO}_4] = 0,6377 \cdot 10^{-4} \cdot 331,74 = 0,02115 \text{ г}$$

$$\text{Масса осадка } \text{Ag}_2\text{CrO}_4 \text{ равна: } m[\text{Ag}_2\text{CrO}_4]_{\text{осадок}} = 0,03317 - 0,02115 = 0,0120 \text{ г}.$$

## Вариант 4

### Задание №1

ПАО «Газпром» является крупнейшей мировой компанией по запасам природного газа - более 35 трлн куб. м.

«Газпром» располагает самыми богатыми в мире запасами природного газа. Его доля в мировых запасах газа составляет 17%, в российских - 72%. На ПАО «Газпром» приходится 12% мировой и 68% российской добычи газа.

В 2012 году Группой «Газпром» было добыто 12,8 млн тонн газового конденсата. Запасы газового конденсата, принадлежащие «Газпрому», составляют 1,1 млрд тонн.

В 2017 году «Газпром» добыл:

471,0 млрд куб. м природного и попутного газа;

15,9 млн т газового конденсата;

Занимается ли ПАО «Газпром» добычей нефти? Как добывают природный газ? На какой глубине он залегает? Как он распределен под землей: в твердом, жидком, газообразном состоянии? Каким образом его транспортируют из под земли? Укажите приблизительный диапазон глубин, на которые бурят газодобывающие скважины.

### Решение

В 2017 году «Газпром» добыл:

- 471,0 млрд куб. м природного и попутного газа;
- 15,9 млн т газового конденсата;
- 41,0 млн т нефти.

### Стратегия в добыче нефти

Развитие нефтяного бизнеса является одной из стратегических задач «Газпрома». Основу нефтедобычи в Группе «Газпром» составляет ПАО «Газпром нефть».

К 2020 году «Газпром нефть» намерена увеличить объемы добычи углеводородов до 100 млн тонн нефтяного эквивалента в год и поддерживать этот уровень до 2025 года.

Для достижения этих целей «Газпром нефть» будет стремиться к максимально рентабельному извлечению остаточных запасов на текущей ресурсной базе за счет распространения применяемых лучших практик оптимизации разработки, снижения себестоимости опробованных технологий, а также привлечения и массового внедрения новых технологий. Предусматривается создание нового центра добычи на севере Ямало-Ненецкого автономного округа и развитие активов по разработке нетрадиционных запасов.

### **Освоение углеводородных ресурсов за рубежом**

На территории зарубежных стран ПАО «Газпром» ведет поиск и разведку месторождений углеводородов, участвует в ряде нефтегазовых проектов, вошедших в стадию добычи, а также оказывает сервисные услуги, связанные со строительством скважин. Работа ведется на территории стран

бывшего Советского Союза, государств Европы, Юго-Восточной Азии, Африки, Ближнего Востока и Южной Америки.

Природный газ заключен в мельчайшие поры, которыми обладают некоторые горные породы. Газ также может быть частично растворен в нефти или заполнять повышенную часть нефтяной залежи, образуя так называемую газовую шапку. Поэтому часто газ добывается вместе с нефтью, а нефть — с газом.

Для добычи природного газа используют скважины. Глубина, на которой находится природный газ, колеблется от 1000 метров до нескольких километров. Глубина скважины определяется глубиной залегания газа. Поскольку газ залегает под давлением, гораздо большим, чем атмосферное, он поднимается по скважине за счет естественной энергии.

85% газовых и газоконденсатных залежей находятся в природных резервуарах из песчаных прослоенных глин. Остальные 15% заключены в карбонатных породах.

## **Задание №2**

Имеется смесь хлороводорода и хлорида дейтерия. Массовая доля хлора в смеси составляет 96,73 %. определите массовую долю хлорида дейтерия в смеси.

### Решение

Решаем на 100 г смеси.

$$m(\text{Cl}) = m_{\omega}(\text{Cl}) = 100 \cdot 0,9673 = 96,73 \text{ г.}$$

$$m(\text{H}) + m(\text{D}) = m - m(\text{Cl}) = (100 - 96,73) = 3,27 \text{ г,}$$

$$m(\text{H}) + m(\text{D}) = 3,27 \text{ г.} \quad (\text{a})$$

$m_1(\text{Cl})$  = масса атомарного хлора в хлороводороде

$m_2(\text{Cl})$  = масса атомарного хлора в хлориде дейтерия

$$m(\text{Cl}) = m_1(\text{Cl}) + m_2(\text{Cl}).$$

$$m_1(\text{Cl}) = n_1(\text{Cl}) \cdot M(\text{Cl});$$

$$m_1(\text{Cl}) = n_1(\text{Cl}) \cdot 35,5.$$

$n_1(\text{Cl})$  – кол-во вещества атомарного хлора в HCl.

$m(\text{H}) = n(\text{H}) \cdot M(\text{H})$ ; масса атомарного водорода в HCl:

$$m(\text{H}) = n(\text{H}) \cdot 1,$$

$n(\text{H})$  колич. вещества атомарного водорода в HCl.

Из формулы HCl:  $n_1(\text{Cl}) = n(\text{H})$

$$m_1(\text{Cl})/m(\text{H}) = 35,5.$$

Аналогично для DCl:

$$m_2(\text{Cl})/m(\text{D}) = 35,5/2.$$

Из них:  $m_1(\text{Cl})$  и  $m_2(\text{Cl})$

$$m(\text{Cl}) = 35,5m(\text{H}) + (35,5/2) \cdot m(\text{D}),$$

$$35,5m(\text{H}) + 17,75m(\text{D}) = 96,73 \text{ г.}$$

$$m(\text{D}) = 1,09 \text{ г.}$$

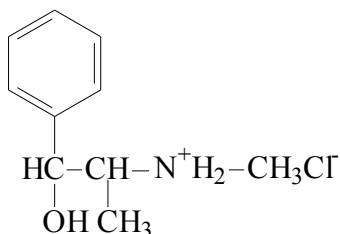
$$m_2(\text{Cl}) = 35,5m(\text{D})/2; \quad m_2(\text{Cl}) = 35,5 \cdot 1,09/2 \text{ г} = 19,35 \text{ г.}$$

$$m(\text{DCl}) = m(\text{D}) + m_2(\text{Cl}); \quad m(\text{DCl}) = (1,09 + 19,35) \text{ г.}$$

$$m(\text{DCl}) = m(\text{D}) + m_2(\text{Cl}) = (1,09 + 19,35) \text{ г} = 20,44 \text{ г.}$$

$$\text{масс. Доля } \omega(\text{DCl}) = m(\text{DCl})/m = 20,44/100 = 0,2044 \text{ или } 20,44 \%$$

### Задание №3



#### 1-Фенил-2-метиламинопропанола-1 гидрохлорид

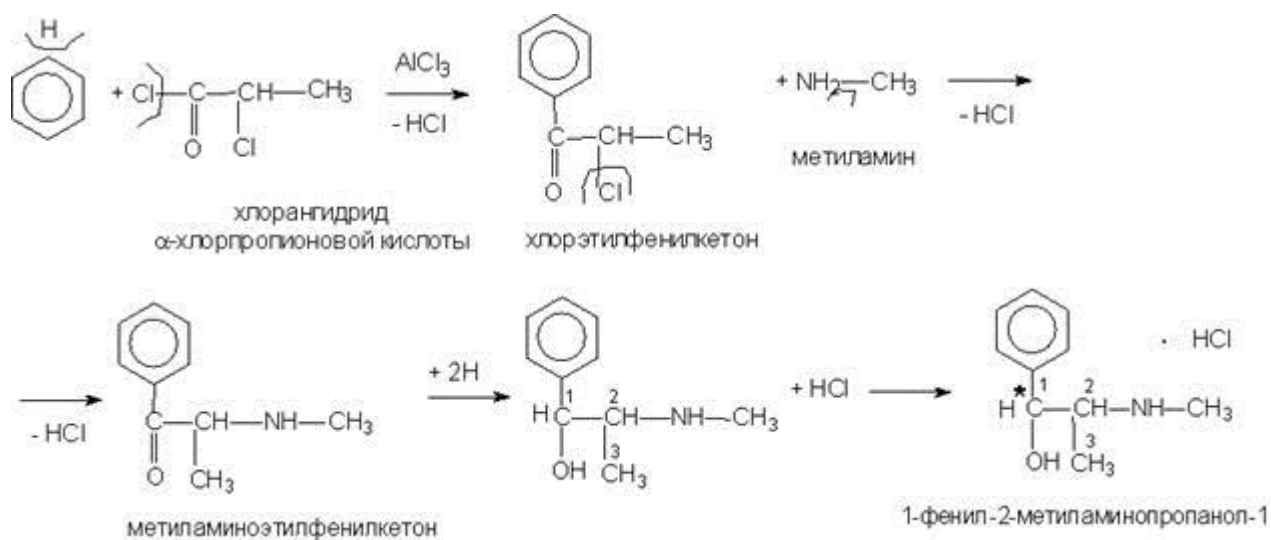
Фармпрепарат. Применяется при бронхиальной астме и других заболеваниях дыхательных путей, для сужения сосудов и уменьшения воспалительных явлений при ринитах, как средство для повышения артериального давления. В офтальмологической практике - для расширения зрачка с диагностической целью. Эфедрин применяют в виде гидрохлорида.

Получите 1-Фенил-2-метиламинопропанола-1 гидрохлорид. В качестве источника органических соединений используйте только природный газ. Неорганические соединения используйте любые на Ваш выбор.

#### Решение

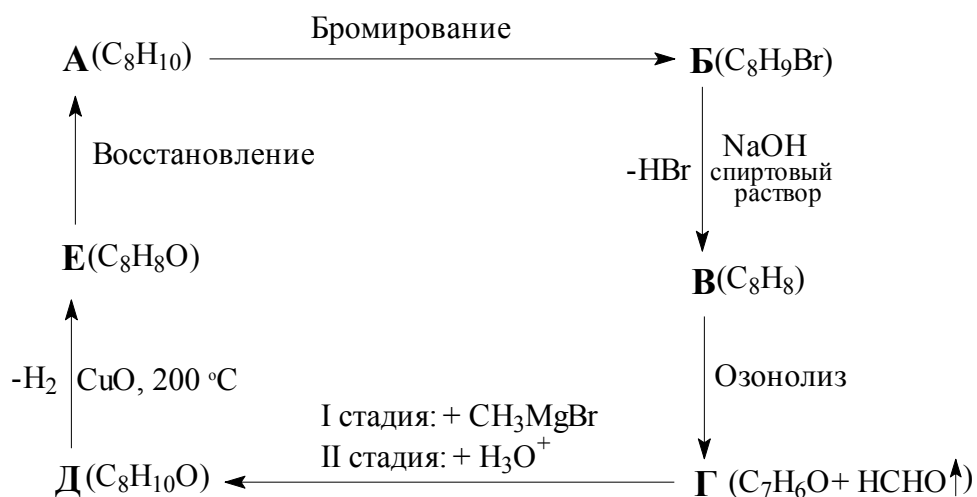
Метан → (бензол; хлорангидрид α-хлорпропионовой кислоты; метиламин) → кетон → (алкиламиноалкил)фенилкетон → 1-Фенил-2-метиламинопропанол-1 → 1-Фенил-2-метиламинопропанола-1 гидрохлорид.



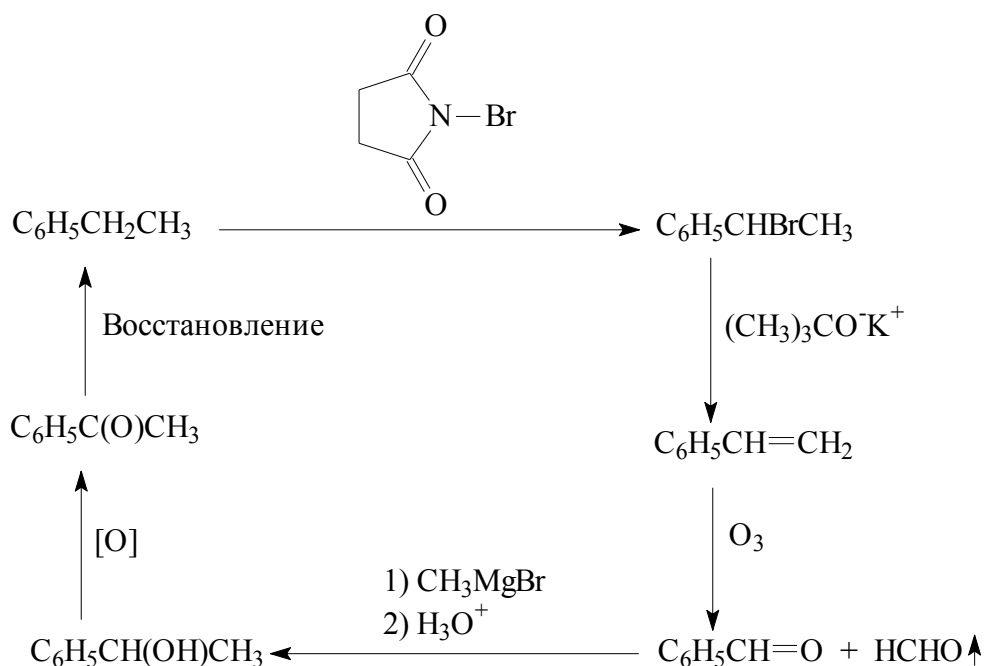


#### Задание №4

Напишите уравнения всех реакций в схеме:



Решение



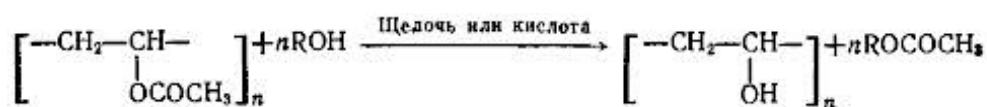
### Задание №5

Поливиниловый спирт (ПВС) впервые получен немецкими химиками Вилли Герман и Вольфрам Гонель в 1924 году. Предложите схему синтеза ПВС. Так как мономерный виниловый спирт (ВС) не существует в свободном состоянии, последнюю стадию синтеза ПВС на практике осуществляют путем полимераналогичных превращений полимеров - простых или сложных виниловых эфиров. В своей схеме синтеза на последней стадии, как и в промышленном способе, используйте омыление наиболее доступного и дешевого полимера – сложного винилового эфира. В качестве первичного источника органических соединений используйте природный газ. Неорганические соединения используйте любые. В зависимости от среды последняя стадия синтеза ПВС (полимераналогичное превращение полимерного сложного эфира) может проводиться как реакция: а) алкоголиза; б) гидролиза; в) аминализа; г) аммонолиза. Напишите для Вашего промежуточного продукта - полимера – сложного винилового эфира схемы каждой из этих реакций.

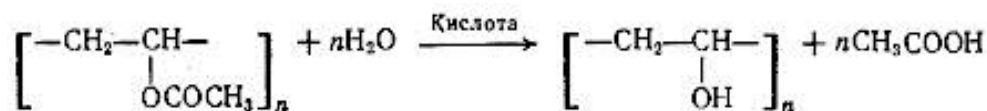
### Решение

Метан  $\rightarrow$  ацетилен  $\rightarrow$  уксусный альдегид  $\rightarrow$  уксусная кислота  $\rightarrow$  винилацетат  $\rightarrow$  ПВА.

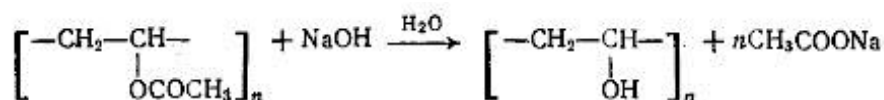
Алкоголиз ПВА:



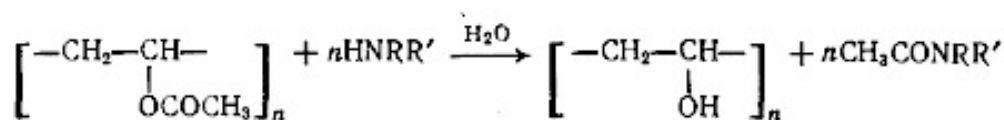
Кислотный гидролиз ПВА:



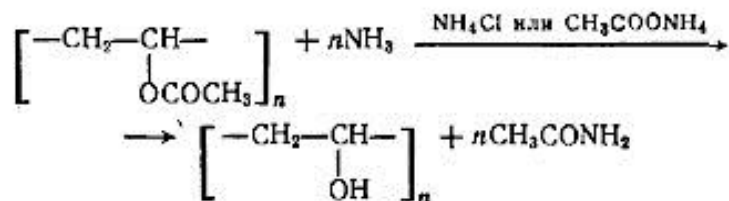
Щелочной гидролиз ПВА:



Аминолиз ПВА:



Аммонолиз ПВА:

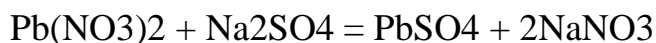


## Задание №6

Будет ли образовываться осадок при смешении 0,1 л раствора нитрата свинца с концентрацией  $3,0 \cdot 10^{-3}$  М и 0,4 л раствора сульфата натрия с концентрацией  $0,75 \cdot 10^{-3}$  М? Если да, то какова его масса?  $\text{ПР}[\text{PbSO}_4] = 1,6 \cdot 10^{-8}$ .

### Решение

Масса осадка  $\text{PbSO}_4$  равна:  $m[\text{PbSO}_4]_{\text{осадок}} = 0,09098 - 0,01918 = 0,0718$  г.



Продуктами реакции являются  $\text{PbSO}_4$  и  $\text{NaNO}_3$ . Соли натрия относятся к хорошо растворимым соединениям, однако  $\text{PbSO}_4$  имеет  $\text{ПР} = 1,6 \cdot 10^{-8}$ . Чтобы определить, будет ли происходить осаждение  $\text{PbSO}_4$ , следует вычислить произведение концентраций ионов  $\text{Pb}^{2+}$  и  $\text{SO}_4^{2-}$  после смешения и сопоставить полученный результат с ПР.

После смешения двух растворов полный объем становится равным  $0,1 + 0,4 = 0,5$  л.

Количество вещества ионов  $\text{Pb}^{2+}$ , содержащихся в 0,1 л раствора  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  с концентрацией  $3,0 \cdot 10^{-3}$  М, равно  $n(\text{Pb}^{2+}) = 0,1 \text{ л} \cdot 3,0 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л} = 3,0 \cdot 10^{-4}$  моль. Концентрация  $\text{Pb}^{2+}$  в 0,5 л смеси растворов будет равна:  $[\text{Pb}^{2+}] = 6,0 \cdot 10^{-4}$  моль/л.

Количество вещества ионов  $\text{SO}_4^{2-}$  в 0,4 л исходного раствора  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  равно:  $n(\text{SO}_4^{2-}) = 0,4 \text{ л} \cdot 0,75 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л} = 3,0 \cdot 10^{-4}$  моль. Следовательно, концентрация  $\text{SO}_4^{2-}$  в 0,5 л смеси растворов будет равна:  $[\text{SO}_4^{2-}] = 6,0 \cdot 10^{-4}$  моль/л.

Находим произведение концентраций ионов в растворе после смешения:

$$\text{ПИ}[\text{Pb}^{2+}] \cdot [\text{SO}_4^{2-}] = (6,0 \cdot 10^{-4}) \cdot (6,0 \cdot 10^{-4}) = 3,6 \cdot 10^{-7}.$$

Поскольку произведение концентраций ионов  $\text{ПИ}[\text{Pb}^{2+}] \cdot [\text{SO}_4^{2-}] = 3,6 \cdot 10^{-7}$  больше  $\text{ПР}[\text{PbSO}_4] = 1,6 \cdot 10^{-8}$ , в смеси растворов будет происходить осаждение  $\text{PbSO}_4$ .

Чтобы определить, какое количество  $\text{PbSO}_4$  выпадет в осадок, сравним количество вещества  $\text{PbSO}_4$  в растворе  $n(\text{PbSO}_4)_{\text{в растворе}}$  с количеством вещества  $\text{PbSO}_4$ , которое может образоваться в смеси  $n(\text{PbSO}_4)_{\text{ожидаемое}}$ .

Из уравнения реакции ожидаемое количество  $n(\text{PbSO}_4)_{\text{ожидаемое}}$ :

$$n(\text{PbSO}_4)_{\text{ожидаемое}} = 3 \cdot 10^{-4} \text{ моль}.$$

$$\text{Или } m(\text{PbSO}_4)_{\text{ожидаемое}} = n[\text{PbSO}_4]_{\text{ожидаемое}} \cdot M_r[\text{PbSO}_4] = 3 \cdot 10^{-4} \cdot 303,25 = 0,09098 \text{ г}.$$

После смешения, с учетом значения  $\text{ПР}[\text{PbSO}_4] = 1,6 \cdot 10^{-8}$  и того, что объем раствора изменился рассчитываем концентрацию  $\text{PbSO}_4$  в растворе:

$$\text{ПР}[\text{PbSO}_4] = [\text{Pb}^{2+}] \cdot [\text{SO}_4^{2-}] = [\text{Pb}^{2+}]^2 = 1,6 \cdot 10^{-8};$$

$$[\text{Pb}^{2+}] = [1,6 \cdot 10^{-8}]^{1/2} = 1,2649 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л};$$

$$[\text{PbSO}_4]_{\text{в растворе}} = [\text{Pb}^{2+}] = 1,2649 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л}$$

$$n[\text{PbSO}_4]_{\text{в растворе}} = [\text{PbSO}_4]_{\text{в растворе}} \cdot V_{\text{раствора}} = 1,2649 \cdot 10^{-4} \cdot 0,5 = 0,6325 \cdot 10^{-4} \text{ моль}$$

$$\text{Или } m[\text{PbSO}_4]_{\text{в растворе}} = n[\text{PbSO}_4]_{\text{в растворе}} \cdot M_r[\text{PbSO}_4] = 0,6377 \cdot 10^{-4} \cdot 303,25 = 0,01918 \text{ г}$$

$$\text{Масса осадка } \text{PbSO}_4 \text{ равна: } m[\text{PbSO}_4]_{\text{осадок}} = 0,09098 - 0,01918 = 0,0718 \text{ г}.$$

## Вариант 5

### Задание №1

ПАО «Газпром» является крупнейшей мировой компанией по запасам природного газа - более 35 трлн куб. м.

ПАО «Газпром» располагает самыми богатыми в мире запасами природного газа. Его доля в мировых запасах газа составляет 17%, в российских - 72%. На «Газпром» приходится 12% мировой и 68% российской добычи газа.

В 2012 году Группой «Газпром» было добыто 12,8 млн тонн газового конденсата. Запасы газового конденсата, принадлежащие «Газпрому», составляют 1,1 млрд тонн.

Развитие нефтяного бизнеса является одной из стратегических задач «Газпрома». Основу нефтедобычи в Группе «Газпром» составляет ПАО «Газпром нефть».

К 2020 году «Газпром нефть» намерена увеличить объемы добычи углеводородов до 100 млн тонн нефтяного эквивалента в год и поддерживать этот уровень до 2025 года.

На территории зарубежных стран ПАО «Газпром» ведет поиск и разведку месторождений углеводородов, участвует в ряде нефтегазовых проектов, вошедших в стадию добычи, а также оказывает сервисные услуги, связанные со строительством скважин. Работа ведется на территории стран бывшего Советского Союза, государств Европы, Юго-Восточной Азии, Африки, Ближнего Востока и Южной Америки.

В 2017 году «Газпром» добыл:

471,0 млрд куб. м природного и попутного газа;

15,9 млн т. газового конденсата;

41,0 млн т. нефти.

Как находят месторождения углеводородов? Какие виды разведки месторождений Вы знаете? Много ли газа в природе?

### Решение

Поиском новых месторождений занимаются геологи и геофизики. В их распоряжении находятся технические и химические средства, которые помогают довольно точно определить места скопления углеводородов. Но единственный способ узнать наверняка — пробурить скважину.

Газ и нефть зарождаются и накапливаются в осадочной оболочке Земли. В малых количествах эти углеводороды присутствуют в оболочке повсеместно, но крупные скопления встречаются реже. На Земле обнаружено около 600 осадочных бассейнов, для которых характерна нефтегазоносность. Но из той их части, которая на данный момент изучена, только 40% являются продуктивными.

Поисковые работы на нефть и газ начинаются с геологической съемки, по результатам которой составляются геологические карты, показывающее строение участков верхней части земной коры.

В ходе полевых работ геологи изучают пласты горных пород, выходящие на поверхность Земли, их состав, происхождение, возраст и формы залегания. На топографическую карту наносятся границы распространения этих пород, намечаются участки возможных месторождений полезных ископаемых. На этих участках ведутся последующие детальные поисковые и разведочные работы, затем дается первичная оценка полезных ископаемых. Для исследования недр применяются гравитационный, магнитный и сейсмический методы.

#### Гравитационная разведка

Гравиразведка основана на зависимости силы тяжести от плотности горных пород: породы, насыщенные нефтью или газом, имеют меньшую плотность, чем те же породы, содержащие воду. Задача геофизиков — найти места с аномально низкой силой тяжести.

#### Магнитная разведка

Магниторазведка основана на различной магнитной проницаемости горных пород. Аэромагнитная съемка позволяет выявить антиклинали — природные геологические ловушки для мигрирующих углеводородов на глубине до 7 км.

#### Сейсмическая разведка

Сейсморазведка определяет структуру залегания пород с помощью искусственно создаваемых упругих колебаний (сейсмических волн) при прохождении сквозь земную толщу. С точки зрения физики это те же звуковые волны, что и на поверхности, возникшие в результате возмущения среды и отразившиеся от какой-либо поверхности. Отраженные в виде эха сейсмические волны улавливаются сейсмоприемниками. Сейсморазведку применяют не только для поиска структур, которые могут содержать углеводороды, но и для выбора оптимального места бурения разведочных скважин. Часто для повышения надежности прогнозирования сейсмический метод сочетают с бурением.

#### Геохимическая разведка

Существуют также геохимические методы поиска залежей углеводородов, основанные на изучении химического состава подземных вод и содержания в них растворенных газов и органических веществ — по мере приближения к залежи концентрация этих компонентов в водах возрастает.

Достоверно — бурение

Однако единственный способ достоверно выяснить, содержится ли в ловушке промышленное количество газа или нефти, — пробурить скважину. В среднем только каждый третий разбуренный объект оказывается месторождением.

### **Задание №2**

При сгорании смеси метана и бутана массой 6,1 г образовался оксид углерода (IV) массой 17,6 г. Определите массовые доли веществ в газовой смеси.

Решение



Пусть масса метана в смеси =  $x$  г. Тогда

$$m(\text{C}_4\text{H}_{10}) = m(\text{смеси}) - m(\text{CH}_4) = (6,1 - x) \text{ г.}$$

Пусть масса оксида углерода, полученного в (а) =  $y$ ,  $m_a(\text{CO}_2) = y$ . Тогда по реакции (б) образовался  $\text{CO}_2$  следующей массы:

$$m_6(\text{CO}_2) = m(\text{CO}_2) - m_a(\text{CO}_2) = (17,6 - y) \text{ г.}$$

Количества веществ:

$$n(\text{CH}_4) = m(\text{CH}_4) / M(\text{CH}_4) = x / 16 \text{ моль};$$

$$n(\text{C}_4\text{H}_{10}) = m(\text{C}_4\text{H}_{10}) / M(\text{C}_4\text{H}_{10}) = (6,1 - x) / 58 \text{ моль};$$

$$n_a(\text{CO}_2) = m_a(\text{CO}_2) / M(\text{CO}_2) = y / 44 \text{ моль};$$

$$n_6(\text{CO}_2) = m_6(\text{CO}_2) / M(\text{CO}_2) = (17,6 - y) / 44 \text{ моль.}$$

Из (а):

$$n(\text{CH}_4) = n_a(\text{CO}_2) \text{ или}$$

$$x / 16 = y / 44 \quad (\text{в})$$

из (б):

$$n(\text{C}_4\text{H}_{10}) / n_6(\text{CO}_2) = 2 / 8 = 1 / 4 = 1 / 4 n_6(\text{CO}_2);$$

откуда:

$$(6,1 - x) / 58 = (1 / 4) (17,6 - y) / 44 \quad (\text{г})$$

Из (в) и (г):  $x = 3,2$ ,  $m(\text{CH}_4) = 3,2$  г.

Масса бутана в газовой смеси

$$m(\text{C}_4\text{H}_{10}) = m(\text{смеси}) - m(\text{CH}_4) = (6,1 - 3,2) \text{ г} = 2,9 \text{ г.}$$

Массовые доли веществ в смеси:

$$\omega(\text{CH}_4) = m(\text{CH}_4) / m(\text{смеси}) = 3,2 / 6,1 = 0,525 \text{ или } 52,5 \%$$

$\omega(\text{C}_4\text{H}_{10}) = m(\text{C}_4\text{H}_{10})/m(\text{смеси}) = 2,9/6,1 = 0,475$  или 47,5 %.

### Задание №3

В XVII веке Ян Баптист Ван Гельмонт (родился 12 января 1580 года в г. Брюссель; умер — 30 декабря 1644 года. Химик, физиолог, врач) обнаружил, что разлагающаяся биомасса выделяет воспламеняющиеся газы. Биомасса - это навоз, птичий помёт, фекальные осадки, трава, бытовые отходы и др. На практике из 1 кг сухого вещества биомассы получают от 300 до 500 литров биогаза.

Салицилальдоксим используют в аналитической химии в качестве реактива на ион меди (II).



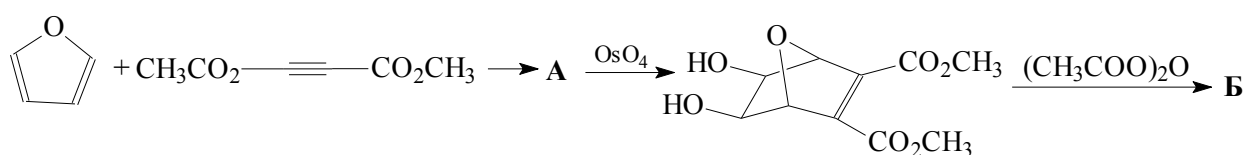
Предложите схему получения салицилальдоксима из метана.

### Решение

Метан → ацетилен → бензол → трихлорметан → фенол → салициловый альдегид его реакция с гидросиламином.

### Задание №4

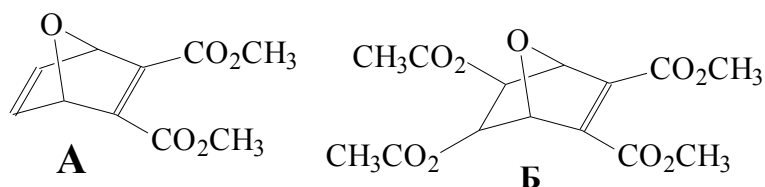
В 1928 г в г. Киле профессор Отто Дильс и его коллега Курт Альдер открыли реакцию согласованного [4+2]-циклоприсоединения диенов к олефинам (реакция Дильса – Альдера) с образованием замещенных циклогексенов. Реакция распространяется на диены и ненасыщенные соединения самой различной структуры, например:



Закончите приведенную схему реакции. Молекулярная формула соединения «А» –  $\text{C}_{10}\text{H}_{10}\text{O}_5$ . Какую роль выполняет тетраоксид осмия в реакции? Изобразите структурные формулы соединений «А» и «Б».

### Решение





## Задание №5

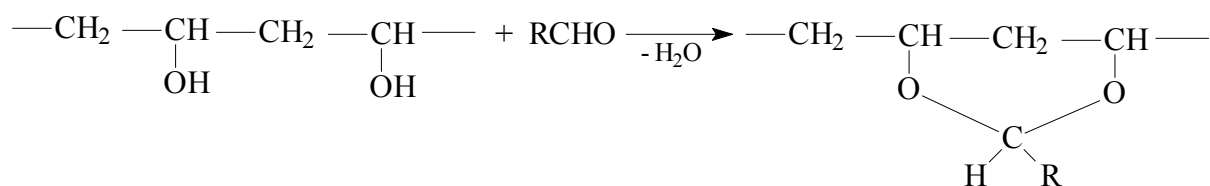
В XVII веке Ян Баптист Ван Гельмонт (родился 12 января 1580 года в г. Брюссель; умер — 30 декабря 1644 года. Химик, физиолог, врач) обнаружил, что разлагающаяся биомасса выделяет воспламеняющиеся газы. Биомасса - это навоз, птичий помёт, фекальные осадки, трава, бытовые отходы и др. На практике из 1 кг сухого вещества биомассы получают от 300 до 500 литров биогаза.

Поливиниловый спирт (ПВС) впервые получен немецкими химиками Вилли Герман и Вольфрам Гонель в 1924 году. ПВС используют, например, для получения других полимеров, таких как поливиниловые ацетаты, например, поливинилбутираль. Данное вещество образуется в результате взаимодействия ПВС с бутаналем. Благодаря высоким оптическим свойствам (прозрачность, бесцветность и светостойкость), хорошей адгезионной способности к стеклу, морозостойкости, высокой механической прочности поливинилбутираль является пока незаменимым материалом при изготовлении бесосколочных стекол (типа триплекс), применяемых в автомобиле- и самолетостроении.

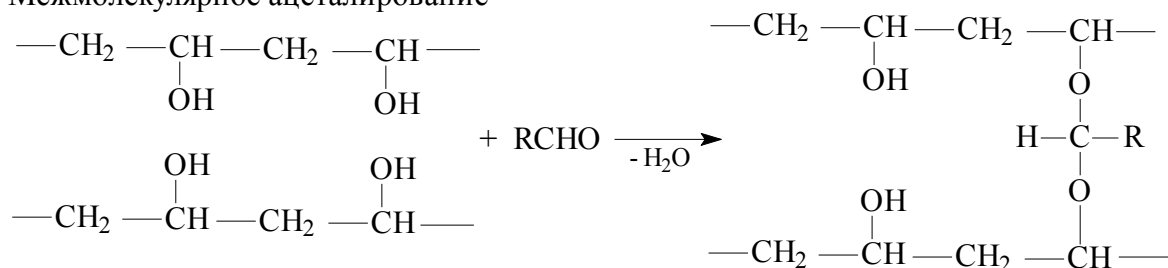
Напишите последовательность уравнений реакций получения поливинилбутираля. В качестве источника ПВС и бутанала возьмите биогаз. Неорганические соединения используйте любые. Так как реакция ацетатирования ПВС может протекать по разным направлениям, напишите схемы реакций для внутримолекулярного и для межмолекулярного ацетатирования ПВС.

### Решение

Внутримолекулярное ацетатирование



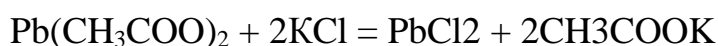
Межмолекулярное ацеталирование



### Задание №6

Докажите, выпадет ли осадок при смешении 0,5 л 0,05 М раствора ацетата свинца  $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$  и 0,5 л 0,5 М раствора хлорида калия  $\text{KCl}$ ? Если выпадет, то какова его масса?  $\text{PP}_{\text{PbCl}_2} = 1,6 \cdot 10^{-5}$ .

Решение



1 Концентрации ионов свинца и хлора в момент сливания будут равны:

$$[\text{Pb}^{2+}] = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ моль/л}, \quad [\text{Cl}^-] = 2,5 \cdot 10^{-1} \text{ моль/л}.$$

2 Произведение концентраций ионов в этом случае равно:

$$[\text{Pb}^{2+}] [\text{Cl}^-]^2 = 2,5 \cdot 10^{-2} (2,5 \cdot 10^{-1})^2 = 1,56 \cdot 10^{-3}.$$

Полученная величина произведения концентраций ионов почти в 100 раз превышает величину произведения растворимости. Поэтому раствор окажется пересыщенным в отношении данной соли и часть  $\text{PbCl}_2$  выпадает в осадок.

Общее количество вещества  $n(\text{PbCl}_2) = 2,5 \cdot 10^{-2}$  моль,

$$m(\text{PbCl}_2) = 2,5 \cdot 10^{-2} \cdot 278,09 = 6,9523 \text{ г}$$

количество вещества  $n(\text{PbCl}_2)$  в растворе:

$$\text{PP}[\text{PbCl}_2] = [\text{Pb}^{2+}] [\text{Cl}^-]^2 = [\text{Pb}^{2+}]^3 \cdot 4 = 1,6 \cdot 10^{-5}$$

$$n[\text{Pb}^{2+}] = n[\text{PbCl}_2]_{\text{в растворе}} = 0,01587 \text{ моль}, \quad m[\text{PbCl}_2]_{\text{в растворе}} = 0,01587 \cdot 278,09 = 4,41 \text{ г}$$

$$m[\text{PbCl}_2]_{\text{в осадке}} = 6,95 - 4,41 = 2,54 \text{ г}.$$

### Вариант 6

#### Задание №1

ПАО «Газпром» является крупнейшей мировой компанией по запасам природного газа - более 35 трлн куб. м.

ПАО «Газпром» располагает самыми богатыми в мире запасами природного газа. Его доля в мировых запасах газа составляет 17%, в российских - 72%. На «Газпром» приходится 12% мировой и 68% российской добычи газа.

В 2012 году Группой «Газпром» было добыто 12,8 млн тонн газового конденсата. Запасы газового конденсата, принадлежащие «Газпрому», составляют 1,1 млрд тонн.

Развитие нефтяного бизнеса является одной из стратегических задач «Газпрома». Основу нефтедобычи в Группе «Газпром» составляет ПАО «Газпром нефть».

К 2020 году «Газпром нефть» намерена увеличить объемы добычи углеводородов до 100 млн тонн нефтяного эквивалента в год и поддерживать этот уровень до 2025 года.

На территории зарубежных стран ПАО «Газпром» ведет поиск и разведку месторождений углеводородов, участвует в ряде нефтегазовых проектов, вошедших в стадию добычи, а также оказывает сервисные услуги, связанные со строительством скважин. Работа ведется на территории стран бывшего Советского Союза, государств Европы, Юго-Восточной Азии, Африки, Ближнего Востока и Южной Америки.

В 2017 году «Газпром» добыл:

471,0 млрд куб. м природного и попутного газа;

15,9 млн т. газового конденсата;

41,0 млн т. нефти.

Для чего нужно хранить природный газ? Как его хранят?

#### Решение

ПХГ (подземные хранилища газа) в значительной мере способствуют надежности снабжения потребителей газом. Они позволяют выравнивать суточные колебания газопотребления и удовлетворять пиковый спрос в зимний период. Особенно важны ПХГ в России с ее климатическими особенностями и удаленностью источников ресурсов от конечных потребителей. В России действует не имеющая мировых аналогов Единая система газоснабжения (ЕСГ). Подземные хранилища позволяют гарантированно обеспечивать потребителей природным газом независимо от времени года, колебаний температуры, форс-мажорных обстоятельств.

В зимнее время действующие 25 хранилищ обеспечивают до четверти суточных ресурсов газа ЕСГ России, что сопоставимо с суммарным отбором из Ямбургского, Медвежьего и Юбилейного месторождений.

Газ можно временно хранить в соляных пещерах. Соляные пещеры являются идеальными по герметичности резервуарами. Построить подземную соляную пещеру для хранения газа не так уж и сложно, хотя это и долгий процесс. В подходящем по высоте пласте каменной соли бурятся скважины. Затем в них подается вода, в соляном пласте вымывается полость необходимого

объема. Соляной купол не только непроницаем для газа — соль обладает способностью самостоятельно «заживлять» трещины и разломы.

В настоящее время в России строятся два хранилища в отложениях каменной соли — в Калининградской и Волгоградской областях.

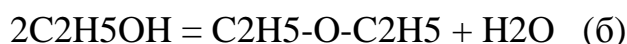
Еще можно хранить газ в сжиженном виде. Это самый дорогостоящий из всех способов хранения, но такое решение применяется в тех случаях, когда вблизи крупных потребителей невозможно построить хранилища другого типа. Возможность создания такого хранилища в районе Санкт-Петербурга в настоящее время рассматривается специалистами «Газпрома».

## **Задание №2**

Этанол массой 23 г нагрели, получив смесь двух органических веществ массой 17,6 г. Назовите полученные вещества и рассчитайте их массовые доли в полученной смеси.

### Решение

Возможные реакции:



Пусть  $x$  – масса этанола, вступившего в реакцию (а),  $m_{\text{a}}(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})=x$ .

Тогда

$$m_{\text{б}}(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})= m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})- m_{\text{a}}(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})=(17,6-y) \text{ г.}$$

Количество вещества этанола в (а) и (б), этилена и эфира:

$$n_{\text{a}}(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})= m_{\text{a}}(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})/ M(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})=x/46 \text{ моль};$$

$$n_{\text{б}}(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})= m_{\text{б}}(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})/ M(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})=(23-y)/46 \text{ моль};$$

$$n(\text{C}_2\text{H}_4) = m(\text{C}_2\text{H}_4)/M(\text{C}_2\text{H}_4)=y/28 \text{ моль};$$

$$n(\text{эфира})=m(\text{эфира})/M(\text{эфира})=(17,6-y)/74 \text{ моль.}$$

Из уравнения (а):

$$n_{\text{a}}(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})= n(\text{C}_2\text{H}_4)$$

или

$$x/46=y/28 \quad (\text{в})$$

из (б):

$$n_{\text{б}}(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})= 2n(\text{эфира})$$

или

$$(23-x)/46=2(17,6-y)/74. \quad (\text{г})$$

Из (в) и (г):

$$y=2,8 \quad m(\text{C}_2\text{H}_4)=2,8 \text{ г.}$$

Массовые доли и массы:

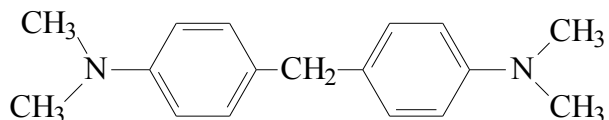
$$\omega(\text{C}_2\text{H}_4)= m(\text{C}_2\text{H}_4)/ m(\text{смеси})=2,8/17,6=0,159 \text{ или } 15,9 \text{ \%}.$$

$m(\text{эфира}) = m(\text{смеси}) - m(\text{C}_2\text{H}_4) = (17,6 - 2,8) \text{ г} = 14,8 \text{ г};$

$\omega(\text{эфира}) = m(\text{эфира}) / m(\text{смеси}) = 14,8 / 17,6 = 0,841$  или 84,1%

### Задание №3

4,4'-N,N'-тетраметилдиаминодифенилметан (основание Арнольда) применяется в аналитической химии для качественного и количественного определения ионов золота, свинца,  $\text{VO}_4^{2-}$ ,  $\text{MoO}_4^{2-}$ .



Предложите схему синтеза 4,4'-N,N'-тетраметилдиаминодифенилметана из метана. Неорганические компоненты используйте по своему усмотрению.

### Решение

4,4'-N,N'-тетраметилдиаминодифенилметан получается при действии формальдегида на N,N-диметиланилин:

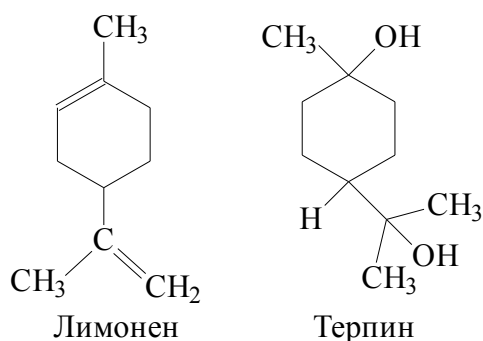
Метан  $\rightarrow$  ацетилен  $\rightarrow$  бензол  $\rightarrow$  нитробензол  $\rightarrow$  анилин; хлорметан  $\rightarrow$  хлористый N,N-диметиланилиний  $\rightarrow$  N,N-диметиланилин; метанол  $\rightarrow$  метаналь  $\rightarrow$  4,4'-N,N'-тетраметилдиаминодифенилметан.

### Задание №4

Реакция диенового синтеза. В 1928 г в г. Киле профессор Отто Дильс и его коллега Курт Альдер открыли реакцию согласованного [4+2]-циклоприсоединения диенов к олефинам (реакция Дильса – Альдера) с образованием замещенных циклогексенов. Реакция распространяется на диены и ненасыщенные соединения самой различной структуры.

Лимонен одержится во многих эфирных маслах: бергамота, тмина, укропа, петрушки. В эфирных маслах цитрусовых - до 90 % лимонена, в сельдерейном масле - до 60%, в тминном масле - до 40%.

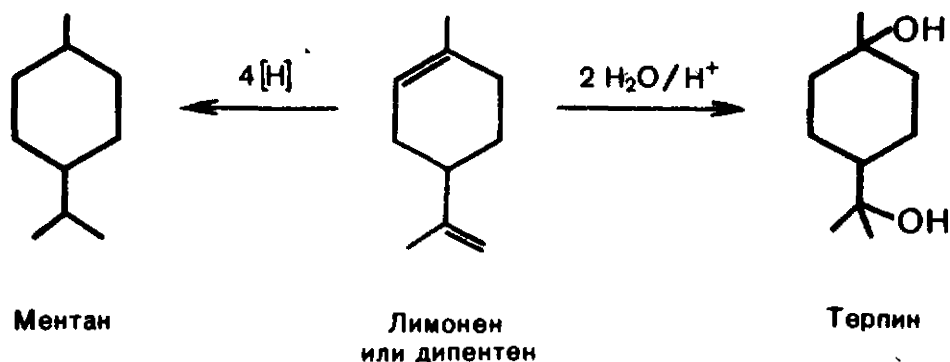
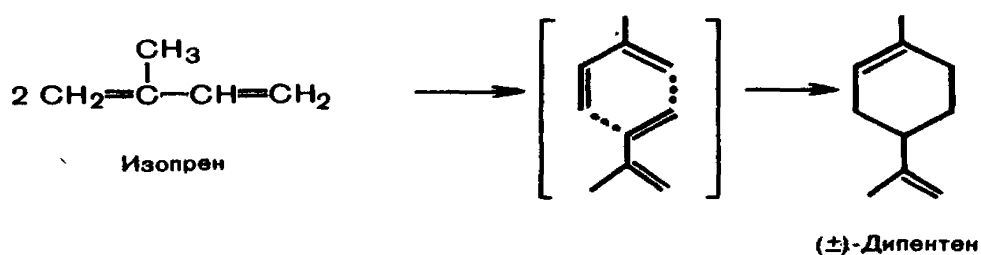
Терпин. Медицинский препарат, который применяют для лечения дыхательных путей как отхаркивающее средство при хроническом бронхите.



Предложите схему получения синтетического лимонена из изопрена по реакции диенового синтеза, а также схему получения медицинского препарата «Терпин» из лимонена.

### Решение

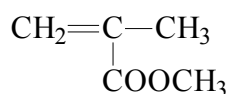
Синтетический лимонен получают из изопрена в результате реакции диенового синтеза. Терпин – продукт гидролиза лимонена:



### Задание №5

Органическое стекло (полимер метилметакрилата) под маркой Plexiglas создано в 1928 году в Германии. Появление органического стекла было востребовано бурным развитием авиации, непрерывным ростом скоростей полёта и появлением машин с закрытой кабиной пилота. Необходимым элементом таких конструкций является фонарь кабины пилота. Органическое стекло обладало удачным сочетанием необходимых

свойств: оптическая прозрачность, безосколочность, водостойкость, нечувствительность к действию авиабензина и смазочных масел. Исторически первым промышленным методом синтеза метилметакрилата является ацетонциангидринный процесс.



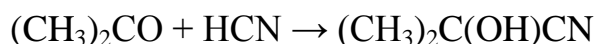
### Метилметакрилат

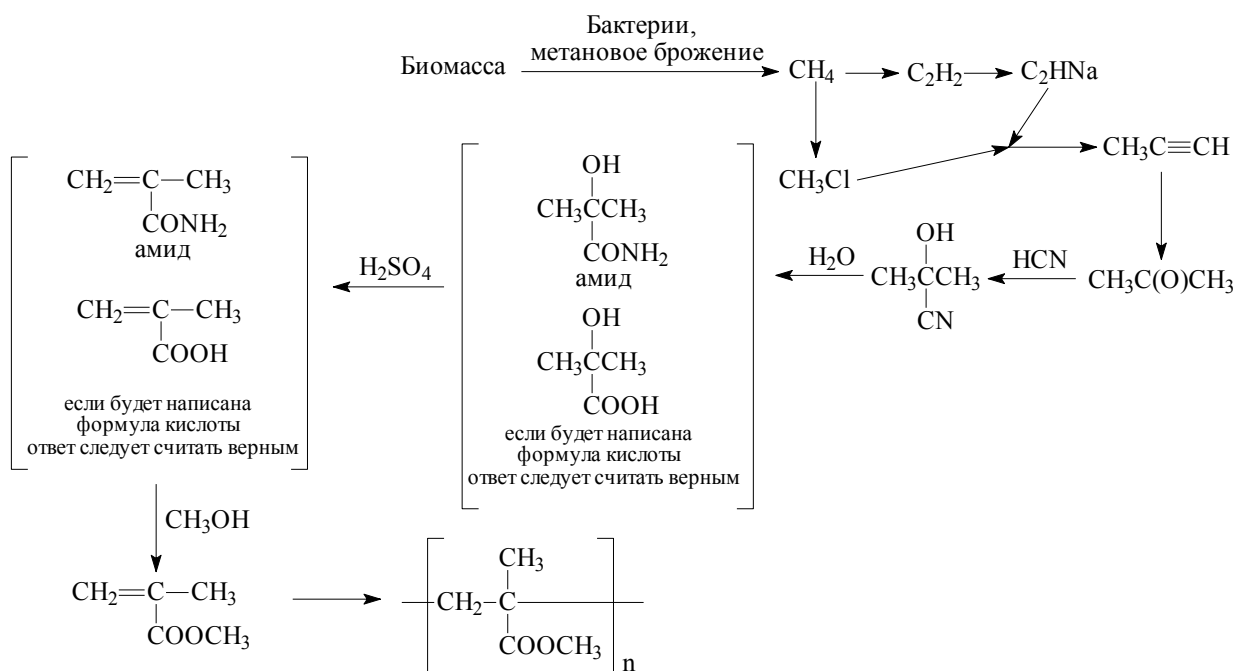
В XVII веке Ян Баптист Ван Гельмонт (родился 12 января 1580 года в г. Брюссель; умер — 30 декабря 1644 года. Химик, физиолог, врач) обнаружил, что разлагающаяся биомасса выделяет воспламеняющиеся газы. Биомасса - это навоз, птичий помёт, фекальные осадки, трава, бытовые отходы и др. На практике из 1 кг сухого вещества биомассы получают от 300 до 500 литров биогаза.

Химики – волшебники. Только они способны превращать одни вещества в другие. Докажите ещё раз это всему миру – предложите схему промышленного получения полимерного материала пригодного для изготовления фонаря кабины пилота из биомассы. Неорганические компоненты, необходимые в синтезе, выбирайте по своему усмотрению.

### Решение

Ацетонциангидринный процесс, в котором исходными веществами являются ацетон и синильная кислота, образующие при конденсации ацетонциангидрин:



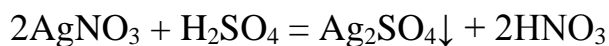


### Задание №6.

Образуется ли осадок сульфата серебра, если к 0,5 л 0,05 М раствора  $\text{AgNO}_3$  добавить 0,5 л 0,025 М раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ? Если да, то сколько граммов?

$$\text{ПР}[\text{Ag}_2\text{SO}_4] = 2 \cdot 10^{-5}.$$

#### Решение



Чтобы определить, будет ли происходить осаждение  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$ , следует вычислить произведение концентраций ионов  $\text{ПИ} = [\text{Ag}^+]^2 \cdot [\text{SO}_4^{2-}]$  после смешения и сопоставить полученный результат с ПР.

После смешения двух растворов полный объем становится равным 1 л.

Количество вещества ионов  $\text{Ag}^+$ , содержащихся в 0,5 л 0,05 М раствора  $\text{AgNO}_3$ , равно  $n(\text{Ag}^+) = 0,5 \text{ л} \cdot 0,05 \text{ моль/л} = 0,025 \text{ моль}$ . Концентрация  $\text{Ag}^+$  в 1 л смеси растворов будет равна:  $[\text{Ag}^+] = 0,050 \text{ моль/л}$ .

Количество вещества ионов  $\text{SO}_4^{2-}$  в 0,5 л 0,025 М раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$  равно:

$n(\text{SO}_4^{2-}) = 0,5 \cdot 0,025 = 0,0125 \text{ моль}$ . Следовательно, концентрация  $\text{SO}_4^{2-}$  в 1 л смеси растворов будет равна:  $[\text{SO}_4^{2-}] = 0,0250 \text{ моль/л}$ .

Находим произведение концентраций ионов в растворе после смешения:

$$\text{ПИ}[\text{Ag}^+]^2 \cdot [\text{SO}_4^{2-}] = (0,050)^2 \cdot (0,025) = 6,25 \cdot 10^{-5}.$$

Поскольку произведение концентраций ионов  $\text{ПИ}[\text{Ag}^+]^2 \cdot [\text{SO}_4^{2-}] = 6,25 \cdot 10^{-5}$ .

больше  $\text{ПР}[\text{Ag}_2\text{SO}_4] = 2 \cdot 10^{-5}$ , в смеси растворов будет происходить осаждение  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$ .



Чтобы определить, какое количество  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$  выпадет в осадок, сравним количество вещества  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$  в растворе  $n(\text{Ag}_2\text{SO}_4)_{\text{в растворе}}$  с количеством вещества  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$ , которое может образоваться в смеси  $n(\text{Ag}_2\text{SO}_4)_{\text{ожидаемое}}$ .

Из уравнения реакции находим ожидаемое количество  $n(\text{Ag}_2\text{SO}_4)_{\text{ожидаемое}}$ :

$$n(\text{Ag}_2\text{SO}_4)_{\text{ожидаемое}} = 0,5 n[\text{AgNO}_3] \text{ моль} = 0,5 \cdot 0,025 = 0,0125 \text{ моль.}$$

$$\text{Или } m(\text{Ag}_2\text{SO}_4)_{\text{ожидаемое}} = n[\text{Ag}_2\text{SO}_4]_{\text{ожидаемое}} \cdot \text{Mr}[\text{Ag}_2\text{SO}_4] = 0,0125 \cdot 311,8 = 3,898 \text{ г.}$$

После смешения, с учетом значения  $\text{PP}[\text{Ag}_2\text{SO}_4] = 2 \cdot 10^{-5}$  и того, что объём раствора изменился рассчитываем концентрацию  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$  в растворе:

$$\text{PP}[\text{Ag}_2\text{SO}_4] = [2\text{Ag}^+]^2 \cdot [\text{SO}_4^{2-}] = 4 \cdot [\text{Ag}^+]^3 = 2 \cdot 10^{-5};$$

$$[\text{Ag}^+] = [(2 \cdot 10^{-5})/4]^{1/3} = 0,0171 \text{ моль/л;}$$

$$[\text{Ag}_2\text{SO}_4]_{\text{в растворе}} = 0,5[\text{Ag}^+] = 0,5 \cdot 0,0171 = 8,55 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л}$$

$$n[\text{Ag}_2\text{SO}_4]_{\text{в растворе}} = [\text{Ag}_2\text{SO}_4]_{\text{в растворе}} \cdot V_{\text{раствора}} = 8,55 \cdot 10^{-3} \cdot 1 = 8,55 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$

$$\text{Или } m[\text{Ag}_2\text{SO}_4]_{\text{в растворе}} = n[\text{Ag}_2\text{SO}_4]_{\text{в растворе}} \cdot \text{Mr}[\text{Ag}_2\text{SO}_4] = 8,55 \cdot 10^{-3} \cdot 311,8 = 2,666 \text{ г}$$

$$\text{Масса осадка } \text{Ag}_2\text{SO}_4 \text{ равна: } m[\text{Ag}_2\text{SO}_4]_{\text{осадок}} = 3,898 - 2,666 = 1,2321 \text{ г.}$$

## Вариант 7

### Задание №1

ПАО «Газпром» является крупнейшей мировой компанией по запасам природного газа - более 35 трлн куб. м.

ПАО «Газпром» располагает самыми богатыми в мире запасами природного газа. Его доля в мировых запасах газа составляет 17%, в российских - 72%. На «Газпром» приходится 12% мировой и 68% российской добычи газа.

В 2012 году Группой «Газпром» было добыто 12,8 млн тонн газового конденсата. Запасы газового конденсата, принадлежащие «Газпрому», составляют 1,1 млрд тонн.

Развитие нефтяного бизнеса является одной из стратегических задач «Газпрома». Основу нефтедобычи в Группе «Газпром» составляет ПАО «Газпром нефть».

К 2020 году «Газпром нефть» намерена увеличить объемы добычи углеводородов до 100 млн тонн нефтяного эквивалента в год и поддерживать этот уровень до 2025 года.

На территории зарубежных стран ПАО «Газпром» ведет поиск и разведку месторождений углеводородов, участвует в ряде нефтегазовых проектов, вошедших в стадию добычи, а также оказывает сервисные услуги, связанные со строительством скважин. Работа ведется на территории стран бывшего

Советского Союза, государств Европы, Юго-Восточной Азии, Африки, Ближнего Востока и Южной Америки.

В 2017 году «Газпром» добыл:

471,0 млрд куб. м природного и попутного газа;

15,9 млн т. газового конденсата;

41,0 млн т. нефти.

Что такое попутный нефтяной газ?

### Решение

Попутный нефтяной газ, или ПНГ — это газ, растворенный в нефти. Добывается попутный нефтяной газ при добыче нефти, то есть он, по сути, является сопутствующим продуктом. Но и сам по себе ПНГ — это ценное сырье для дальнейшей переработки.

Попутный нефтяной газ состоит из легких углеводородов. Это, прежде всего, метан — главный компонент природного газа — а также более тяжелые компоненты: этан, пропан, бутан и другие.

Долгое время ПНГ оставался для нефтяных компаний побочным продуктом, поэтому и проблему его утилизации решали достаточно просто — сжигали.

Еще некоторое время назад, пролетая на самолете над Западной Сибирью, можно было увидеть множество горящих факелов: это горел попутный нефтяной газ.

В России в результате сжигания газа в факелах ежегодно образуется почти 100 млн тонн  $\text{CO}_2$ .

В последнее время ситуация с утилизацией ПНГ стала меняться. Нефтяные компании все больше внимания уделяют проблеме рационального использования попутного газа. Активизации этого процесса способствует принятое Правительством Российской Федерации постановление № 7 от 8 января 2009 года, в котором заложено требование по доведению уровня утилизации попутного газа до 95%. В случае если этого не произойдет, нефтяным компаниям грозят высокие штрафы.

В настоящее время уровень полезного использования ПНГ в ОАО «Газпром» составляет 95%, а в будущем будет использоваться все 100% ПНГ.

Основным способом утилизации ПНГ является его разделение на компоненты, из которых большую часть составляет сухой отбензиненный газ (по сути, тот же природный газ, то есть в основном метан, который может содержать некоторое количество этана). Вторая группа компонентов носит название широкой фракции легких углеводородов (ШФЛУ). Она представляет собой смесь веществ с двумя и более атомами углерода (фракция  $\text{C}_2+$ ). Именно эта смесь является сырьем для нефтехимии.

Также можно использовать попутный нефтяной газ на энергетических установках для выработки электроэнергии — это позволяет нефтяным компаниям решить проблему энергоснабжения промыслов, не прибегая к покупке электроэнергии.

### **Задание №2.**

В растворе содержатся хлорид натрия и бромид натрия, причем массовая доля растворенных веществ равна 22%. Через образец пропустили избыток газообразного хлора. Раствор выпарили досуха и прокалили, получив сухой остаток массой 3,51 г. Определите массовые доли хлорида натрия и бромида натрия в исходном растворе.

### Решение

Массы веществ:

$$m(\text{NaCl}) + m(\text{NaBr}) = m_{\text{в}}(\text{NaCl} + \text{NaBr});$$

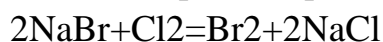
$$m(\text{NaCl}) + m(\text{NaBr}) = 20 \cdot 0,22 = 4,4 \text{ г.}$$

Пусть масса  $\text{NaCl} = x$ , тогда

$$m(\text{NaCl}) = x \text{ г.}$$

$$m(\text{NaBr}) = (4,4 - x) \text{ г.}$$

В токе хлора идет реакция:



Пусть масса  $\text{NaCl}$  из этой реакции  $= m'(\text{NaCl}) = y$  г.

При выпаривании удаляются вода, хлор, бром. Остаток — хлорид натрия, который суммируется из массы исходного хлорида натрия и массы хлорида натрия, полученного в результате реакции:

$$m(\text{NaCl}) + m'(\text{NaCl}) = 3,51 \text{ г}$$

или

$$x + y = 3,51. \quad (\text{а})$$

количество вещества бромида натрия в исходной смеси и количество вещества хлорида натрия, полученного в результате реакции:

$$n(\text{NaBr}) = m(\text{NaBr}) / M(\text{NaBr}) = (4,4 - x) / 103 \text{ моль};$$

$$n'(\text{NaCl}) = m'(\text{NaCl}) / M(\text{NaCl}) = y / 58,5 \text{ моль.}$$

$$n(\text{NaBr}) = n'(\text{NaCl}), \text{ или}$$

$$(4,4 - x) / 103 = y / 58,5. \quad (\text{б})$$

Из (а) и (б):

$$x = 2,34, \text{ т.е. } m(\text{NaCl}) = 2,34 \text{ г.}$$

Масса бромида натрия в растворе:

$$m(\text{NaBr}) = [m(\text{NaCl}) + m(\text{NaBr})] - m(\text{NaCl}) = (4,4 - 2,34) \text{ г} = 2,06 \text{ г.}$$

Массовые доли в растворе:

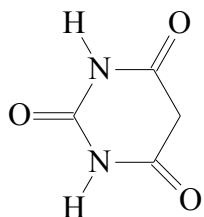
$\omega(\text{NaCl}) = m(\text{NaCl})/m = 2,34/20 = 0,117$  или 11,7%;

$\omega(\text{NaBr}) = m(\text{NaBr})/m = 2,06/20 = 0,103$  или 10,3%.

### Задание №3

Мочевина (карбамид) – полный амид угольной кислоты впервые получен Ф. Вёлером в 1828 г. Синтез мочевины в 1828 г имеет огромное историческое значение. В промышленности синтез по Вёлеру не используется.

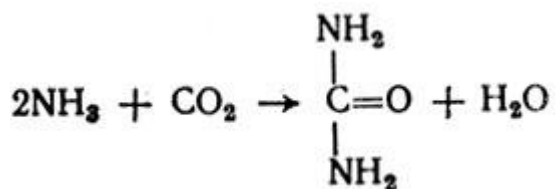
Барбитуровую кислоту впервые синтезировал польский ученый Фишер в начале XX века. Сама барбитуровая кислота не применяется в медицине, однако ее производные - барбитураты нашли широкое медицинское применение. Их снотворное действие было обнаружено Фишером.



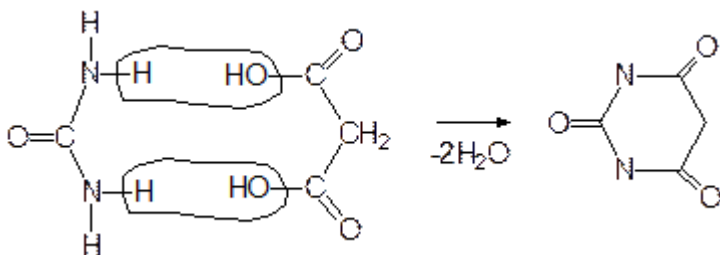
Барбитуровая кислота

Напишите уравнения реакций промышленного получения мочевины из неорганических веществ, а затем получения из мочевины барбитуровой кислоты. Необходимые органические вещества синтезируйте из метана и неорганических веществ, выбранных по своему усмотрению.

### Решение



Барбитуровая кислота представляет собой уреид - продукт конденсации мочевины с малоновой кислотой:



### Задание №4

Полистирол впервые получен в Германии, там же в 1920 г начато его промпроизводство. Полистирол применяется в бытовой сфере (одноразовая посуда, упаковка, детские игрушки); в строительной индустрии (теплоизоляционные и звукопоглощающие плиты, облицовочные материалы). Однако, наиболее широкое применение нашло применение ударопрочных полистиролов при изготовлении корпусных элементов бытовых приборов (более 60 % производства полистирольных пластиков).

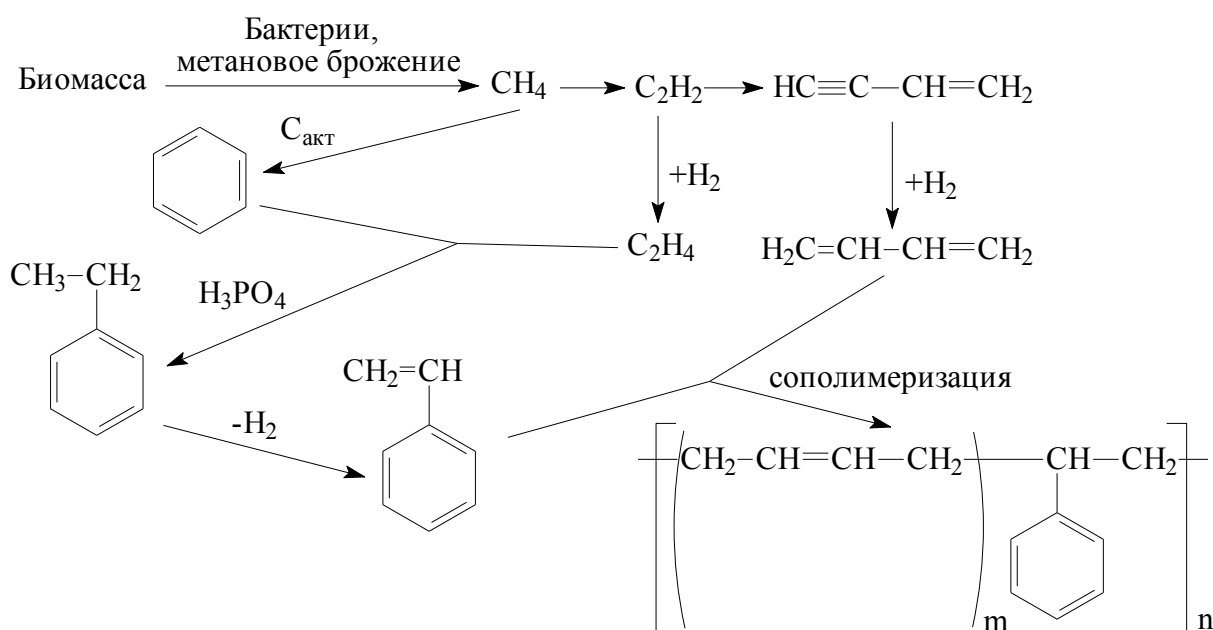
бутадиеновым каучуком. На основе бутадиен-стирольных каучуков изготавливают резины с высокими техническими свойствами пригодными для производства шин и многочисленных РТИ (конвейерные ленты, рукава, профили, формовые детали), производства изоляции кабелей и обуви. Мировое производство бутадиен-

стирольных каучуков превышает 4 млн. т/год; по объему выпуска они занимают первое место среди всех СК.

В XVII веке Ян Баптист Ван Гельмонт (родился 12 января 1580 года в г. Брюссель; умер — 30 декабря 1644 года. Химик, физиолог, врач) обнаружил, что разлагающаяся биомасса выделяет воспламеняющиеся газы. Биомасса - это навоз, птичий помёт, фекальные осадки, трава, бытовые отходы и др. На практике из 1 кг сухого вещества биомассы получают от 300 до 500 литров биогаза.

Химики – волшебники. Только они способны превращать одни вещества в другие. Докажите ещё раз это всему миру – предложите схему получения резины с техническими свойствами пригодными для производства шин - сополимеров стирола с бутадиеновым каучуком. В качестве источника всех органических компонентов используйте биомассу. По своему усмотрению используйте неорганические компоненты.

### Решение



Уравнение реакции вулканизации – сшивка макромолекул дисульфидными мостиками.

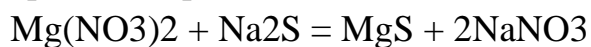
### Задание №6

Произведение растворимости  $\text{MgS}$  при температуре  $25^\circ\text{C}$  равно  $2,0 \cdot 10^{-15}$ . Образуется ли осадок сульфида магния при смешении равных объемов

0,004 н раствора нитрата магния и 0,0006 н раствора сульфида натрия? Степени диссоциации этих электролитов принять за 1.

Решение

Уравнение реакции



При смешении равных объемов растворов объем смеси стал в два раза больше объема каждого из взятых растворов, следовательно концентрация растворенных веществ уменьшилась вдвое, т.е.

$$[\text{Mg}(\text{NO}_3)_2] = 0,004/2 = 0,002\text{н}$$

$$[\text{Na}_2\text{S}] = 0,0006/2 = 0,0003\text{н}$$

Для определения концентраций ионов  $\text{Mg}^{2+}$  и  $\text{S}^{2-}$  необходимо выразить концентрации растворов в моль/л, т.е.

$$[\text{Mg}(\text{NO}_3)_2] = 0,002\text{н} = 0,001\text{М}; [\text{Mg}^{2+}] = 1 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л};$$

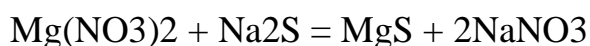
$$[\text{Na}_2\text{S}] = 0,0003\text{н} = 0,00015\text{М}; [\text{S}^{2-}] = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л}.$$

Отсюда, произведение концентраций ионов в растворе

$$[\text{Mg}^{2+}] \cdot [\text{S}^{2-}] = 1 \cdot 10^{-3} \cdot 1,5 \cdot 10^{-4}.$$

Эта величина больше произведения растворимости, следовательно осадок образуется.

Произведение растворимости сульфида магния равно  $2,0 \cdot 10^{-15}$ . Образуется ли осадок сульфида магния при смешении 0,5 л 0,002 М раствора нитрата магния и 0,5 л 0,002 М раствора сульфида натрия. Если образуется, то какова его масса?



Концентрации веществ после смешения:

$$[\text{Mg}(\text{NO}_3)_2] = 0,002/2 = 0,001 \text{ моль/л}$$

$$[\text{Na}_2\text{S}] = 0,002/2 = 0,001 \text{ моль/л}$$

Ионное произведение:

$$[\text{Mg}^{2+}] \cdot [\text{S}^{2-}] = 0,001 \cdot 0,001 = 1 \cdot 10^{-6}. \text{ Осадок образуется.}$$

Количество сульфида магния, образующегося в реакции:  $n(\text{MgS}) = 0,001$  моль,  $m(\text{MgS}) = 0,05637$  г.

количество сульфида магния в растворе:

$$\text{IP}(\text{MgS}) = [\text{Mg}^{2+}][\text{S}^{2-}] = 2,0 \cdot 10^{-15}$$

$$[\text{MgS}] = [\text{Mg}^{2+}] = [\text{S}^{2-}]$$

$$[\text{Mg}^{2+}]^2 = 2,0 \cdot 10^{-15}$$

$$[\text{Mg}^{2+}] = 4,4721 \cdot 10^{-8} \text{ моль/л}$$

$$n[\text{MgS}] = [\text{Mg}^{2+}] V = 4,4721 \cdot 10^{-8} \cdot 1 = 4,4721 \cdot 10^{-8} \text{ моль}$$

$$m(\text{MgS}) = n[\text{MgS}] M_r[\text{MgS}] = 4,4721 \cdot 10^{-8} \cdot 56,37 = 2,5209 \cdot 10^{-6} \text{ г.}$$

$$\text{количество сульфида магния в осадке: } 0,05637 - 2,5209 \cdot 10^{-6} = 0,05637 \text{ г.}$$

## Вариант 8

### Задание №1

ПАО «Газпром» является крупнейшей мировой компанией по запасам природного газа - более 35 трлн куб. м.

ПАО «Газпром» располагает самыми богатыми в мире запасами природного газа. Его доля в мировых запасах газа составляет 17%, в российских - 72%. На «Газпром» приходится 12% мировой и 68% российской добычи газа.

В 2012 году Группой «Газпром» было добыто 12,8 млн тонн газового конденсата. Запасы газового конденсата, принадлежащие «Газпрому», составляют 1,1 млрд тонн.

Развитие нефтяного бизнеса является одной из стратегических задач «Газпрома». Основу нефтедобычи в Группе «Газпром» составляет ПАО «Газпром нефть».

К 2020 году «Газпром нефть» намерена увеличить объемы добычи углеводородов до 100 млн тонн нефтяного эквивалента в год и поддерживать этот уровень до 2025 года.

На территории зарубежных стран ПАО «Газпром» ведет поиск и разведку месторождений углеводородов, участвует в ряде нефтегазовых проектов, вошедших в стадию добычи, а также оказывает сервисные услуги, связанные со строительством скважин. Работа ведется на территории стран бывшего Советского Союза, государств Европы, Юго-Восточной Азии, Африки, Ближнего Востока и Южной Америки.

В 2017 году «Газпром» добыл:

471,0 млрд куб. м природного и попутного газа;

15,9 млн т. газового конденсата;

41,0 млн т. нефти.

Что такое сжиженный природный газ? Его добывают или получают? В каких областях техники его используют?

### Решение

В одной и той же емкости сжиженного природного газа уместится в 600 раз больше, чем обычного. В России уже в 2009 году был построен первый завод СПГ.

Природный газ, охлажденный после очистки от примесей до температуры конденсации (-161,5 °C), превращается в жидкость, называемую сжиженным природным газом (СПГ). Объем газа при сжижении уменьшается в 600 раз, что является одним из основных преимуществ этой технологии.



СПГ производится на так называемых ожижительных установках (заводах), после чего может быть перевезен в специальных криогенных емкостях — морских танкерах или цистернах для сухопутного транспорта. Это позволяет доставлять газ в те районы, которые находятся далеко от магистральных газопроводов, традиционно используемых для транспортировки обычного природного газа.

Кроме того, СПГ может быть использован как топливо, по степени экологичности значительно превосходящее дизельное.

Природный газ в сжиженном виде долго хранится, что позволяет создавать запасы. Перед поставкой непосредственно потребителю СПГ возвращают в первоначальное газообразное состояние на регазификационных терминалах.

#### Первое сжижение

Первые попытки сжижать природный газ в промышленных целях относятся к началу XX века. В 1917 году в США был получен первый СПГ, но развитие трубопроводных систем доставки надолго отложило совершенствование этой технологии. В 1941 году была совершена следующая попытка произвести СПГ, но промышленных масштабов производство достигло только с середины 1960-х годов.

На сегодняшний день основными экспортерами СПГ являются Катар, Малайзия, Индонезия, Австралия.

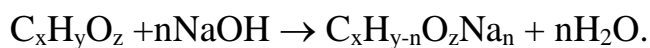
В России строительство первого завода СПГ началось в 2006 году в рамках проекта «Сахалин-2». Входя в этот проект, «Газпром» сделал еще один шаг для реализации своей стратегической цели — стать лидером среди глобальных энергетических компаний посредством освоения новых рынков, диверсификации видов деятельности, обеспечения надежности поставок. Строительство завода СПГ с этой точки зрения является особенно важным, так как позволит расширить географию деятельности «Газпрома» и выйти на мировой рынок СПГ. Торжественное открытие завода состоялось зимой 2009 года.

#### Задание №2

В результате полной нейтрализации 27,6 г органической кислоты (содержит атомы трёх элементов, массовая доля кислорода составляет 34,78%) образовалось 36,4 г натриевой соли. Определите неизвестную кислоту.

#### Решение

Запишем реакцию нейтрализации неизвестной органической кислоты, имеющей брутто-формулу  $C_xH_yO_z$  и основность  $n$ :



Выразим молярные массы кислоты и образовавшейся соли:

$$M(\text{кислоты}) = 12x + y + 16z = M;$$

$$M(\text{соли}) = 12x + y - n + 16z + 23n = M + 22n.$$

Из условия задачи количества кислоты и соли составляют:

$$\nu(\text{кислоты}) = 27,6/M, \nu(\text{соли}) = 36,4/(M + 22n) \text{ (моль)}.$$

В соответствии с уравнением реакции они равны, т. е.

$$27,6 / M = 36,4 / (M + 22n) .$$

После упрощения получаем  $M = 69n$ .

Массовая доля кислорода в кислоте по условию:

$$\omega(O) = 16z / M = 16z / 69n = 0,3478,$$

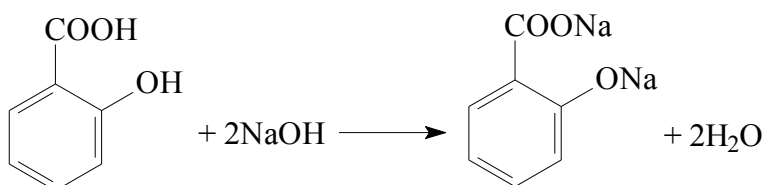
откуда можно выразить  $z = 1,5n$ .

В этой задаче натуральными числами являются и  $n$ , и  $z$ . Значит,  $n$  может принимать только чётные значения. При  $n = 2$  получаем  $M = 138$  и  $z = 3$ .

Тогда

$$M = 12x + y + 48 = 138,$$

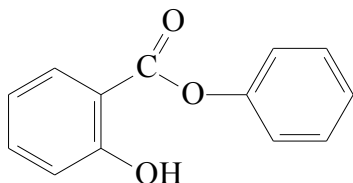
Откуда подбором находим значения  $x = 7$ ,  $y = 6$ . Таким образом, формула кислоты –  $C_7H_6O_3$ , ей соответствуют гидроксibenзойные кислоты, например, салициловая:



**Ответ:** гидроксibenзойная кислота  $C_7H_6O_3$ .

### Задание №3

Салол, фенольный эфир салициловой кислоты:



Лекарственный препарат. Получен в 1886 г. Салол назначается внутрь как антисептическое вещество, против суставного ревматизма и как жаропонижающее средство. Имеет преимущество перед салициловой кислотой при заболеваниях кишечного тракта.

Предложите схему получения салола из природного газа.

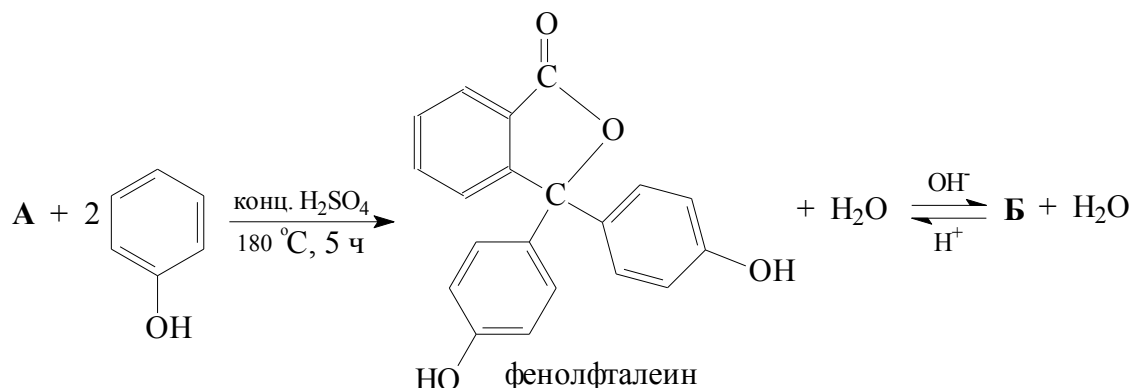
Решение

Метан → хлорметан → ацетилен → бензол → фенол → фенолят → толуол → о-гидрокситолуол → салициловая кислота → хлорангидрид салициловой кислоты → фенилсалицилат



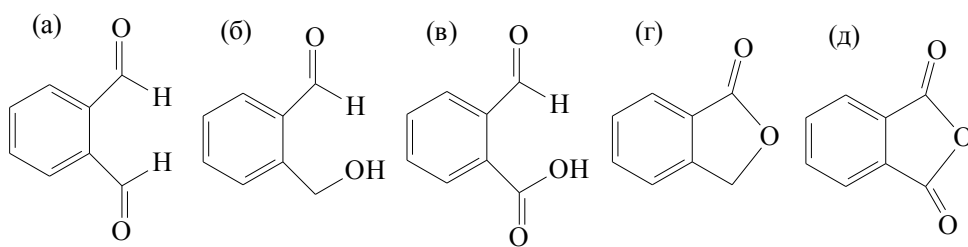
#### Вопрос №4

Фенолфталеин применяется в аналитической химии как индикатор и в медицине как слабительное средство (под названием пурген).



Промышленный способ получения фенолфталеина – конденсация соединения “А” с фенолом в мольном соотношении 1:2. Варианты соединения “А” приведены ниже. Какое из соединений (а) – (д) будет наиболее эффективным в качестве соединения “А” при получении фенолфталеина?

Предложите способ получения соединения «А», пригодный для использования в промышленности.



Изобразите структурную формулу соединения “Б”, обладающего малиновой окраской в водном растворе NaOH.

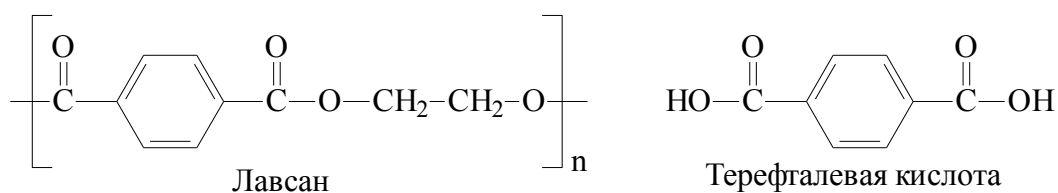
### Решение

“А” – это вещество “д”- фталевый ангидрид. Реакция начинается с нуклеофильного присоединения фенола по оксогруппе ангидрида без раскрытия пятичленного цикла ангидрида. Затем идет конденсация продукта присоединения с участием второй молекулы фенола и образованием молекулы фенолфталеина.

Фталевый ангидрид получают в промышленности окислением нафталина.

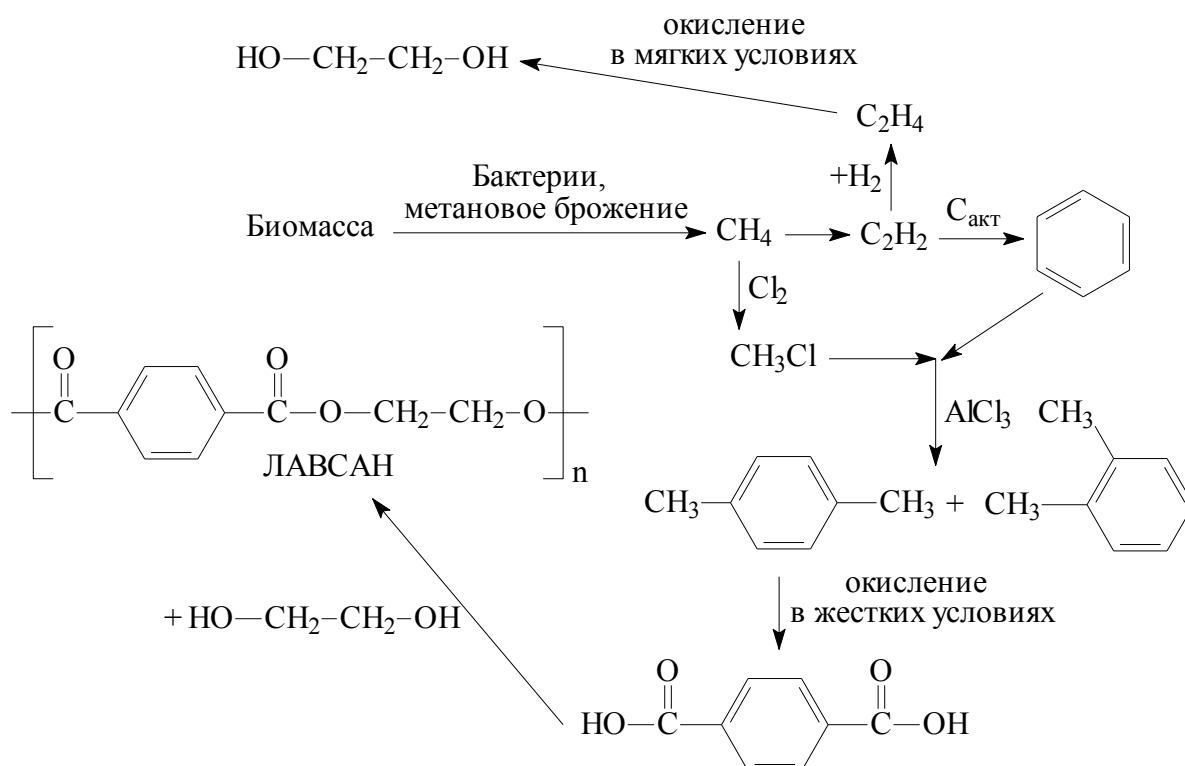
### **Задание №5**

Полиэтилентерефталат это искусственное волокно. Он же - ЛАВСАН сокращенное обозначение от «Лаборатория высокомолекулярных соединений АН СССР», в которой его получили в 1949 г. Лавсан - один из самых распространенных видов синтетики. Из него изготавливают прочную, долговечную, простую в уходе ткань. Но основная сфера использования лавсана в нашей стране – изготовление пластиковой тары. Кроме того, это волокно широко используется для армирования автомобильных шин, армирования лент транспортеров и прочных шлангов.



Химики – волшебники. Только они способны превращать одни вещества в другие. Докажите ещё раз это всему миру - получите ЛАВСАН из природного газа. По своему усмотрению используйте неорганические компоненты.

### Решение



**Задание №6** Исходя из произведения растворимости карбоната кальция, найти массу  $\text{CaCO}_3$ , содержащуюся в 100 мл его насыщенного раствора.

$$\text{ПР}(\text{CaCO}_3) = 4,76 \cdot 10^{-9}.$$

### Решение

Обозначим искомую растворимость  $\text{CaCO}_3$  через  $S$  моль/л. Тогда в насыщенном растворе соли содержится по  $S$  моль/л ионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{CO}_3^{2-}$ .

Выражение произведения растворимости карбоната кальция можно записать как

$$\text{ПР}(\text{CaCO}_3) = [\text{Ca}^{2+}] \cdot [\text{CO}_3^{2-}] = S \cdot S = S^2.$$

Отсюда:

$$S = \sqrt{\text{ПР}(\text{CaCO}_3)} = \sqrt{4,76 \cdot 10^{-9}} = 6,9 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л.}$$

Теперь рассчитаем массу  $\text{CaCO}_3$  в 1 л его насыщенного раствора:

$$m(\text{CaCO}_3) = S \cdot M(\text{CaCO}_3) = (6,9 \cdot 10^{-5}) \cdot 100 = 6,9 \cdot 10^{-2}.$$

Находим массу  $\text{CaCO}_3$  в 100 мл его насыщенного раствора:

$$m'(\text{CaCO}_3) = \frac{m(\text{CaCO}_3) \cdot V}{1000} = \frac{6,9 \cdot 10^{-5} \cdot 100}{1000} = 6,9 \cdot 10^{-4} \text{ г.}$$

**Ответ:**  $6,9 \cdot 10^{-4} \text{ г}$

## Методические указания для подготовки к заключительному этапу отраслевой олимпиады школьников «Газпром»

Под редакцией:

к.х.н., доцент кафедры Органической химии Ибрагимов Ш.Н.

к.х.н., доцент кафедры Неорганической химии Хамитовой А.И.

к.х.н., доцент кафедры Аналитической химии, сертификации и менеджмента качества Вахитова О.Е.

к.х.н., доцент кафедры Неорганической химии Гришаева Т.Н.

к.х.н., доцент кафедры Неорганической химии Борисевич С.В.