

# **Домашняя работа по химии за 11 класс**

**к учебнику «Химия. 11 класс», Г.Е. Рудзитис,  
Ф.Г. Фельдман, М.: «Просвещение», 2000 г.**

**УЧЕБНО-ПРАКТИЧЕСКОЕ  
ПОСОБИЕ**

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Глава XI. Амины. Аминокислоты. Азотсодержащие гетероциклические соединения.....</b>	<b>5</b>
Задачи к §§1, 2 (стр. 14) .....	5
Задачи к §3 (стр. 17) .....	26
<b>Глава XII. Белки и нуклеиновые кислоты .....</b>	<b>29</b>
Задачи к §§1, 2 (стр. 24) .....	29
<b>Глава XIII. Синтетические высокомолекулярные вещества и полимерные материалы на их основе .....</b>	<b>35</b>
Задачи к §1 (стр. 31) .....	35
Задачи к §§2, 3 (стр. 36) .....	42
<b>Глава XIV. Обобщение знаний по курсу органической химии .....</b>	<b>47</b>
Задачи к §§1-5 (стр. 53) .....	47
<b>Глава II. Периодический закон и периодическая система Д.И. Менделеева на основе учения о строении атома .....</b>	<b>63</b>
Задачи к §§1-3 (стр. 70) .....	63
<b>Глава III. Строение вещества.....</b>	<b>74</b>
Задачи к §§1–4 (стр. 84) .....	74
<b>Глава IV. Химические реакции.....</b>	<b>82</b>
Задачи к §§1, 2 (стр. 93) .....	82
<b>Глава V. Металлы .....</b>	<b>92</b>
Задачи к §§1-10 (стр. 120) .....	92
<b>Глава VI. Неметаллы .....</b>	<b>110</b>
Задачи к §§1-3 (стр.140) .....	110
<b>Глава VII. Генетическая связь органических и неорганических веществ .....</b>	<b>120</b>
Задачи к §§1, 2 (стр.144) .....	120

## Глава XI. Амины. Аминокислоты. Азотсодержащие гетероциклические соединения

### Задачи к §§1, 2 (стр. 14)

#### Вопрос № 1

Напишите химические формулы веществ (по два примера), относящихся: а) к нитросоединениям; б) к сложным эфирам азотной кислоты.

#### Ответ:

а) К нитросоединениям относятся нитроэтан и 2-нитропропан:

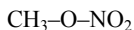


нитроэтан

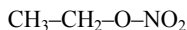


2-нитропропан

б) Примерами эфиров азотной кислоты могут служить метилнитрат (метиловый эфир азотной кислоты) и этилнитрат (этиловый эфир азотной кислоты).



метилнитрат



этилнитрат

#### Вопрос № 2

Что такое амины и каково строение их молекул?

#### Ответ:

Аминами называют производные углеводородов, содержащие в молекуле аминогруппу  $\text{—NH}_2$ . Можно рассматривать амины также как производные аммиака, в которых один или несколько водородных атомов замещены на углеводородные радикалы. Строение молекул предельных аминов сходно со строением молекулы аммиака. В молекуле метиламина  $\text{CH}_3\text{—NH}_2$  атом углерода находится в состоянии  $\text{sp}^3$ -гибридизации. Связь между атомами азота и углерода образуется за счет одной из гибридных  $\text{sp}^3$ -орбиталей атома углерода и р-орбитали атома азота.

### Вопрос № 3

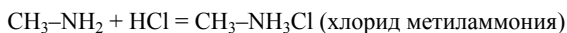
Исходя из строения молекул укажите сходные и отличительные свойства аминов и аммиака.

#### Ответ:

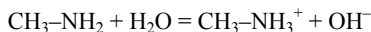
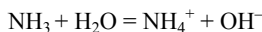
В молекулах аммиака и аминов у атома азота есть неподеленная электронная пара. За счет этой электронной пары возможно взаимодействие с ионами водорода  $H^+$ :



При реакциях аминов и аммиака с кислотой образуются соли аммония:



При растворении аммиака или аминов в воде в небольшой степени образуются гидроксид-ионы и раствор становится щелочным. Аммиак и амины являются слабыми основаниями:

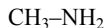


Однако по сравнению с аммиаком амины являются более сильными основаниями (объяснение см.: Ответ на вопрос 4).

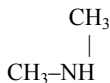
### Вопрос № 4

Даны амины: а) метиламин; б) диметиламин; в) триметиламин. Напишите их структурные формулы и поясните, у кого из них основные свойства выражены сильнее, а у какого – слабее. Почему?

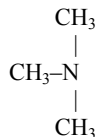
#### Ответ:



метиламин

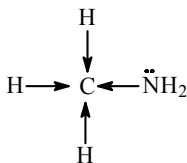


диметиламин



триметиламин

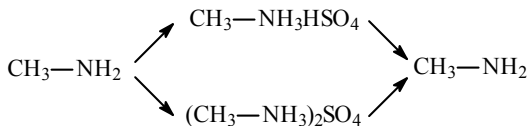
Основные свойства аминов, как и аммиака, обусловлены наличием у атома азота неподеленной электронной пары. Поэтому, чем больше электронная плотность на атоме азота, тем сильнее выражены основные свойства амина. В молекуле метиламина атом азота соединен с метильным радикалом. Электроотрицательность водорода меньше, чем углерода и азота, поэтому происходит смещение электронов от трех атомов водорода к атому углерода и затем – к атому азота (на рисунке показано стрелками):



В результате электронная плотность на атоме азота увеличивается и метиламин является более сильным основанием, чем аммиак. В молекуле диметиламина атом азота соединен с двумя метильными радикалами, и к атому азота передается электронная плотность от шести атомов водорода, поэтому электронная плотность на атоме азота больше, чем в молекуле метиламина, и диметиламин является более сильным основанием, чем метиламин. Наконец, в молекуле триметиламина три метильных радикала при атоме азота, и происходит смещение электронов к атому азота от девяти атомов водорода. Поэтому триметиламин является, в свою очередь, более сильным основанием, чем диметиламин. Таким образом, у метиламина основные свойства выражены слабее всего, а у триметиламина – сильнее всего.

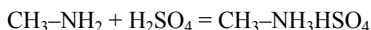
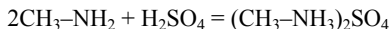
### Вопрос № 5

Составьте уравнения реакций, в результате которых можно осуществить следующие превращения:

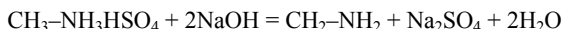
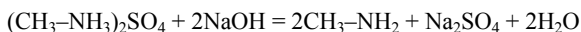


**Ответ:**

При реакции метиламина с серной кислотой образуется сульфат метиламмония  $(\text{CH}_3\text{-NH}_3)_2\text{SO}_4$  (при избытке метиламина) или гидросульфат метиламмония  $\text{CH}_3\text{-NH}_3\text{HSO}_4$  (при избытке серной кислоты):



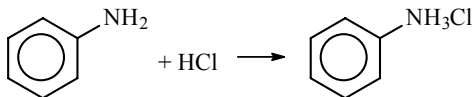
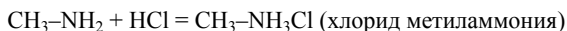
При действии на сульфат или гидросульфат метиламмония раствора щелочи выделяется метиламин:

**Вопрос № 6**

*Сравните свойства: а) аминов предельного ряда и анилина; б) спиртов предельного ряда и фенола. Какие свойства у этих веществ сходны и чем они отличаются друг от друга? Почему? Составьте уравнения реакций, подтверждающие выводы.*

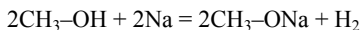
**Ответ:**

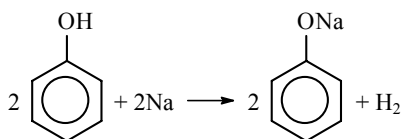
а) И предельные амины, и анилин проявляют основные свойства. Например, все амины реагируют с кислотами с образованием солей:



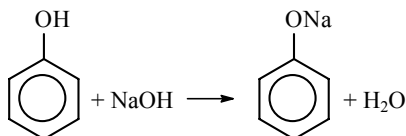
Однако анилин является намного более слабым основанием, чем метиламин. Это объясняется влиянием бензольного кольца, которое оттягивает к себе электроны. В результате электронная плотность на атоме азота уменьшается, и основные свойства ослабевают.

б) И спирты, и фенолы реагируют с металлическим натрием с выделением водорода:





Однако фенол реагирует с гидроксидом натрия, а спирт – нет:



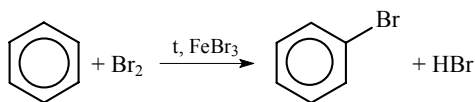
Таким образом, спирты и фенолы проявляют кислотные свойства, но у фенолов они выражены сильнее. Это объясняется тем, что бензольное кольцо притягивает к себе электроны от атома кислорода, вследствие этого электроны атома водорода сильнее смещаются к атому кислорода. Связь между атомами водорода и кислорода становится более полярной и поэтому разрывается легче, чем в спиртах.

### Вопрос № 7

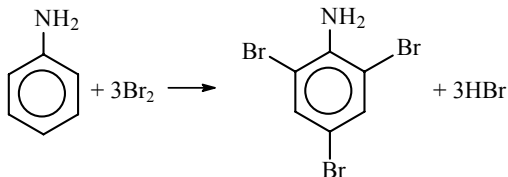
*На примере анилина объясните сущность взаимного влияния групп атомов в молекуле.*

### Ответ:

В молекуле анилина происходит смещение электронной плотности от аминогруппы к бензольному кольцу. В результате электронная плотность на атоме азота уменьшается, основные свойства аминогруппы ослабевают по сравнению с аминогруппой в предельных аминах. С другой стороны, это приводит к тому, что электронная плотность в бензольном кольце увеличивается, поэтому реакции замещения в анилине протекают легче, чем в бензоле. Например, при действии на бензол брома реакция замещения протекает только в присутствии катализатора – бромида железа – и замещается только один атом водорода, образуется бромбензол:



Реакция анилина с бромом протекает и без катализатора, причем происходит замещение сразу трех атомов водорода и образуется 2,4,6-триброманилин.



### Вопрос № 8

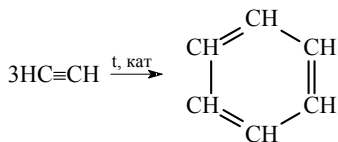
Составьте уравнения реакций, в результате которых можно синтезировать анилин из следующих исходных веществ: а) метана; б) известняка, угля и воды.

#### Ответ:

а) Из метана при сильном нагревании можно получить ацетилен:

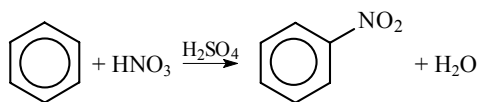


Из трех молекул ацетилена может образоваться молекула бензола (реакция тримеризации):

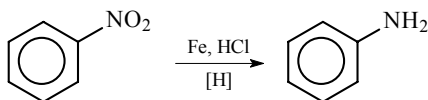


При действии на бензол смеси концентрированной азотной кислоты и концентрированной серной кислоты происходит замещение атома водорода на нитрогруппу и образуется нитробензол:





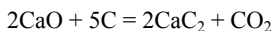
Нитробензол можно восстановить в аминобензол (анилин):



б) При сильном нагревании карбонат кальция разлагается на оксид кальция и оксид углерода (IV):



Оксид кальция при высокой температуре реагирует с углем с образованием карбида кальция:



При действии на карбид кальция воды получается ацетилен:



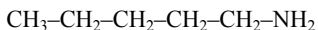
Далее из ацетилена получают в три стадии анилин так же, как в пункте а.

### Вопрос № 9

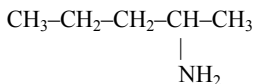
*Изобразите структурные формулы изомерных веществ, молекулярная формула которых  $\text{C}_5\text{H}_{13}\text{N}$ . Под формулами приведите названия веществ.*

#### Ответ:

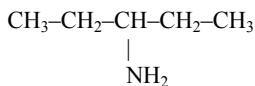
Существует 15 изомерных аминов, соответствующих формуле  $\text{C}_5\text{H}_{13}\text{N}$ :



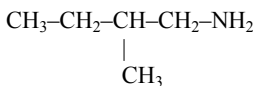
1-аминопентан



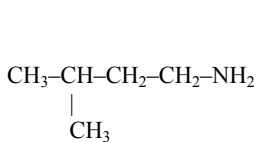
2-аминопентан



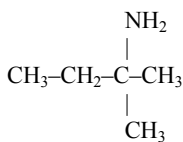
3-аминопентан



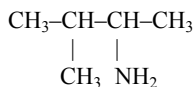
1-амино-2-метилбутан



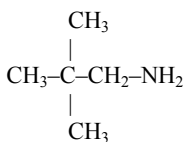
1-амино-3-метилбутан



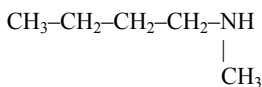
2-амино-2-метилбутан



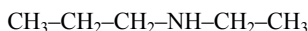
2-амино-3-метилбутан



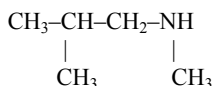
1-амино-2,2-диметилпропан



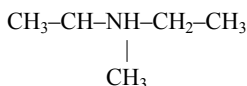
метилбутиламин



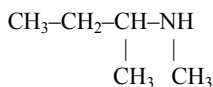
этилпропиламин



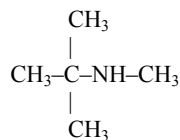
метилизобутиламин



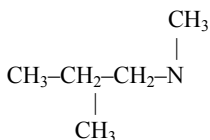
этилизопропиламин



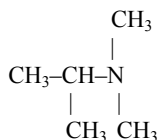
метилвтор-бутиламин



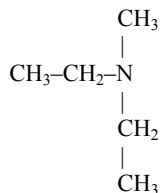
метилтрет-бутиламин



диметилпропиламин



диметилизопропиламин



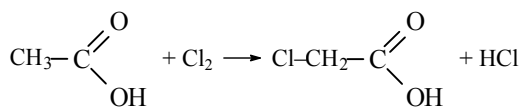
диэтилметиламин

### Вопрос № 10

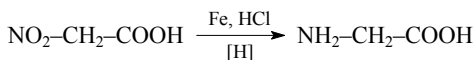
Как получают аминокислоты? Составьте уравнения реакций.

**Ответ:**

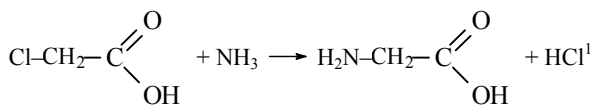
Аминокислоты можно получить из карбоновых кислот. Атомы водорода у атомов углерода, ближайших к карбоксильной группе, легко замещаются на галоген и образуются галогензамещенные карбоновые кислоты:



При восстановлении нитрогруппы водородом:



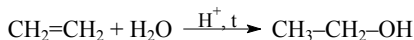
При действии аммиака на галогензамещенные карбоновые кислоты атом галогена замещается на аминогруппу:

**Вопрос № 11**

*При крекинге нефти образуется этилен. Какую простейшую аминокислоту можно из него синтезировать? Составьте уравнения соответствующих реакций.*

**Ответ:**

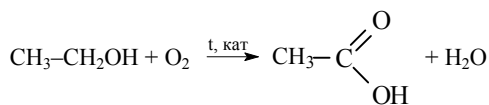
Из этилена можно синтезировать аминокислоту (аминоуксусную кислоту, глицин) следующим путем: при присоединении к этилену воды в присутствии кислоты образуется этиловый спирт:



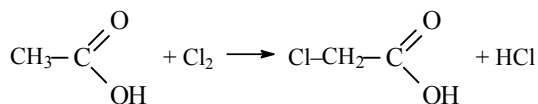
Этиловый спирт окисляется в присутствии катализатора в уксусную кислоту:

---

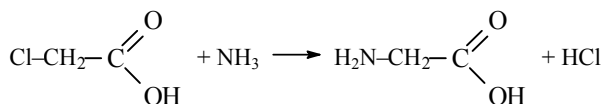
<sup>1</sup> Данная реакция указана в учебнике. На самом деле реакция идет дальше. Происходит взаимодействие HCl и NH<sub>3</sub>: NH<sub>3</sub> + HCl → NH<sub>4</sub>Cl – конечный продукт реакции.



При взаимодействии уксусной кислоты с хлором образуется хлоруксусная кислота:



При обработке хлоруксусной кислоты аммиаком происходит замещение атома хлора на аминогруппу и образуется аминоксусная кислота:

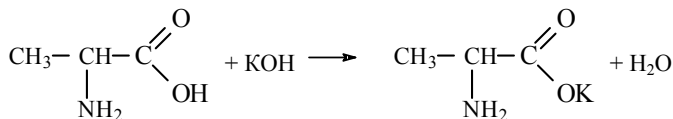


### Вопрос № 12

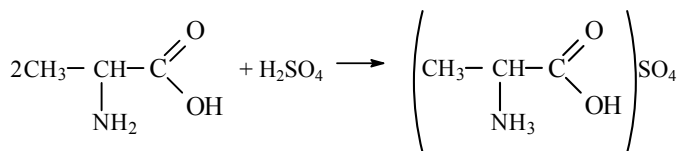
Составьте уравнения реакций 2-аминопропионовой кислоты:  
а) с гидроксидом калия; б) с серной кислотой; в) с этанолом.

**Ответ:**

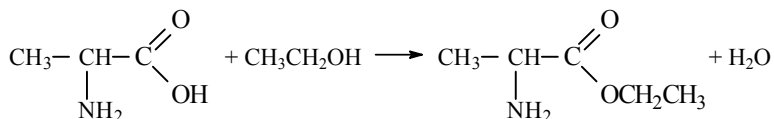
а) При реакции с гидроксидом калия 2-аминопропионовая кислота проявляет кислотные свойства:



б) При реакции с серной кислотой 2-аминопропионовая кислота проявляет основные свойства:



в) При реакции с этиловым спиртом образуется сложный эфир:



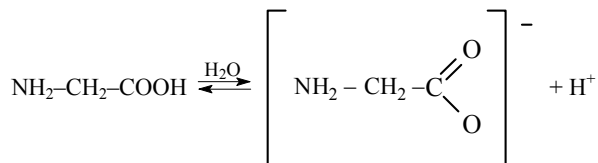
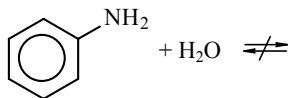
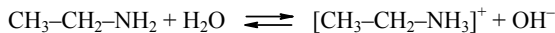
### Вопрос № 13

Даны вещества: а) этиламин; б) анилин; в) аминоктановая кислота. Как можно различить эти вещества? Напишите уравнения соответствующих реакций.

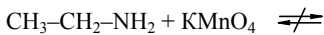
#### Ответ:

Эти вещества можно различить по внешнему виду и физическим свойствам. Этиламин – газ, с резким запахом, напоминающим запах аммиака, хорошо растворим в воде. Анилин – жидкость с неприятным запахом, с водой не смешивается. Аминоктановая кислота – твердое вещество белого цвета, хорошо растворимое в воде.

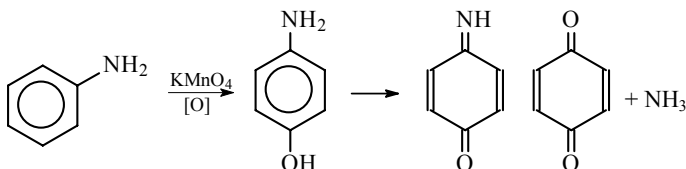
1) Соответствующие реакции взаимодействия с водой:



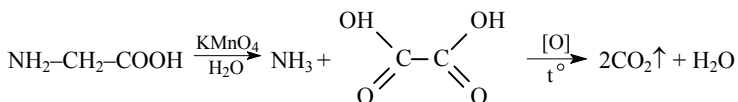
2) Данные вещества можно разделить реакциями с раствором  $\text{KMnO}_4$ .



– реакция не идет



– перманганат обесцвечивается.

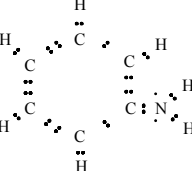
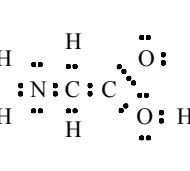
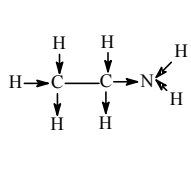
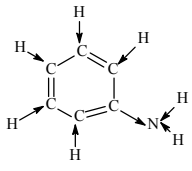
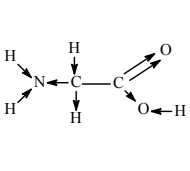
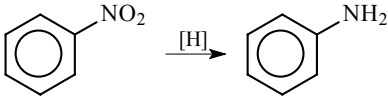


### Вопрос № 14

Составьте конспект ответа, характеризующего этиламин, анилин и аминоктановую кислоту (III, с. 22-23).

**Ответ:**

Общая характеристика вещества	Характеристика этиламина	Характеристика анилина	Характеристика аминоктановой кислоты
1. Молекулярная формула	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-NH}_2$ ( $\text{C}_2\text{H}_7\text{N}$ )	 ( $\text{C}_2\text{H}_7\text{N}$ )	$\text{NH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH}$ ( $\text{C}_2\text{H}_7\text{N}$ )
2. Структурная формула			

3. Электронная формула	$\begin{array}{cccc} & \text{H} & \text{H} & & \text{H} \\ & \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot & \\ \text{H} & : & \text{C} & : & \text{C} & : & \text{N} & : \\ & \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot & \\ & \text{H} & \text{H} & & \text{H} & & & \end{array}$		
4. Образование связей			
5. Нахождение в природе	Выделяется при гниении рыбы	—	В белках
6. Получение	<p>а) Этиламин:  <math>\text{CH}_3\text{I} + \text{NH}_3 \xrightarrow{\text{t.p.}} \text{CH}_3\text{-NH}_2 + \text{HI}</math>  <math>\text{CH}_3\text{NH}_2 + \text{NaOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{NH}_2 + \text{NaI} + \text{H}_2\text{O}</math></p> <p>б) Анилин:  </p> <p>в) Аминоэтановая кислота:  <math>\text{Cl-CH}_2\text{-COOH} + 2\text{NH}_3 \rightarrow \text{NH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH} + \text{NH}_4\text{Cl}</math></p>		
7. Физические свойства	газ, с запахом аммиака, хорошо растворим	бесцветная маслянистая ядовитая жидкость	бесцветные кристаллические вещества, хорошо растворимые в воде; многие из них – сладкие.

8. Химические свойства	<p>а) Этиламин:  <math>C_2H_5NH_2 + CH_3Cl \rightarrow C_2H_5NH_2 + CH_3Cl^-</math></p> <p>б) Анилин:  1. <math>NH_2-CH_2-COOH + KOH \rightarrow NH_2CH_2COOK + H_2O</math>;  <math>COOH-CH_2-NH_2 + HCl \rightarrow HOOC-CH_2NH_3^+Cl^-</math>  2. <math>NH_2-CH_2-COOH + HOC_2H_5 \rightarrow</math>  <math display="block">NH_2-CH_2-C \begin{matrix} \nearrow O \\ \searrow O-C_2H_5 \end{matrix} + H_2O</math>  3. <math>NH_2-CH_2-C \begin{matrix} \nearrow O \\ \searrow OH \end{matrix} \rightleftharpoons NH_3^+-CH_2-COO^-</math>  4. <math>NH_2-CH_2-COOH + NH_2-CH_2-COOH \rightarrow</math>  <math display="block">NH_3-CH_2-C \begin{matrix} \parallel \\ O \end{matrix} -NH-CH_2-COOH + H_2O</math></p> <p>в) Аминоэтановая кислота  <math>NH_2CH_2COOH + KOH \rightarrow NH_2CH_2COOK + H_2O</math></p>		
9. Применение	Для синтеза различных веществ	Для красителей (различные цвета). Исходный продукт для различных лекарственных веществ, смол и некоторых взрывчатых веществ	Для синтеза белков в живых организмах. Также используется искусственное синтезирование аминокислоты. Иногда используется в медицинских целях; для подкормки животных.

### Вопрос № 15

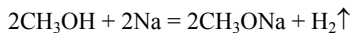
Пользуясь таблицей учебника (стр. 12–13), напишите уравнения реакций, характеризующих основные химические свойства:  
а) одноатомных предельных спиртов; б) фенолов; в) альдегидов;  
г) одноосновных предельных карбоновых кислот; д) сложных эфиров; е) аминов; ж) аминокислот.



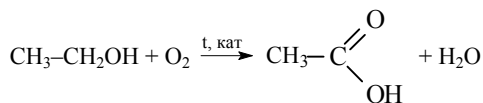
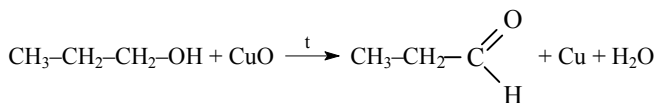
**Ответ:**

а) Спирты.

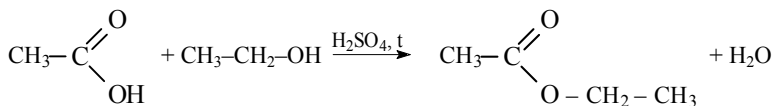
1) Реагируют с активными металлами с выделением водорода:



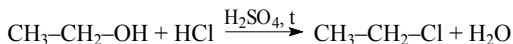
2) Окисляются в альдегиды или карбоновые кислоты



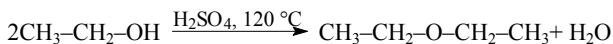
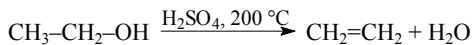
3) При взаимодействии с кислотами образуют сложные эфиры:



4) При действии галогеноводородов происходит замещение гидроксильной группы на атом галогена:

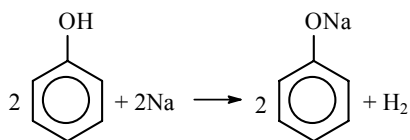


5) При нагревании с концентрированной серной кислотой происходит дегидратация, при этом в зависимости от температуры образуются простые эфиры или алкены:

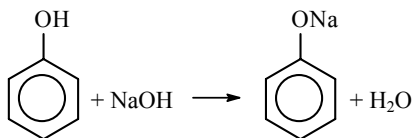


б) Фенолы.

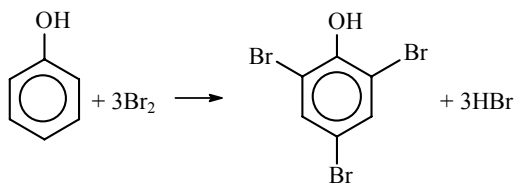
1) Реагируют с активными металлами с выделением водорода и образованием фенолятов:



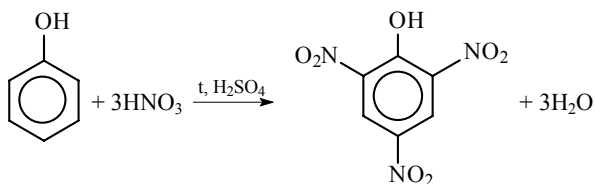
2) Реагируют со щелочами с образованием фенолятов:



3) При действии брома происходит замещение атомов водорода в бензольном кольце на бром:

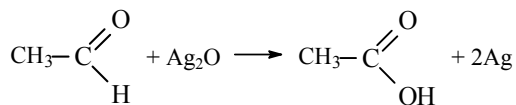


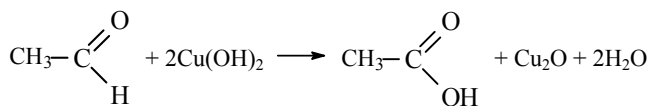
4) При действии азотной кислоты происходит замещение атомов водорода в бензольном кольце на нитрогруппы:



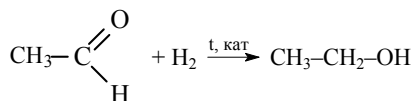
в) Альдегиды.

1) Окисляются в карбоновые кислоты, например, оксидом серебра (I) или гидроксидом меди (II):



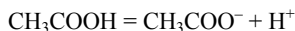


2) Водородом восстанавливаются с образованием спиртов:

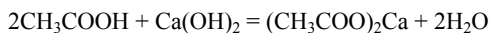
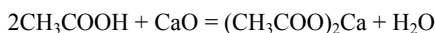
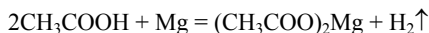


г) Предельные одноосновные кислоты.

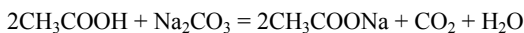
1) В водном растворе диссоциируют на ионы в небольшой степени (являются слабыми электролитами):



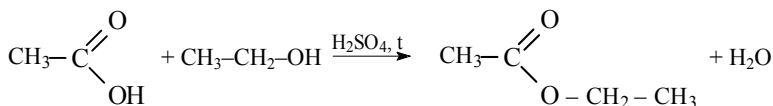
2) Реагируют с металлами, оксидами и гидроксидами металлов с образованием солей:



3) Реагируют с солями более слабых кислот:

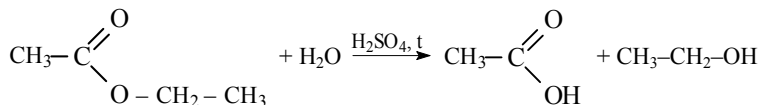


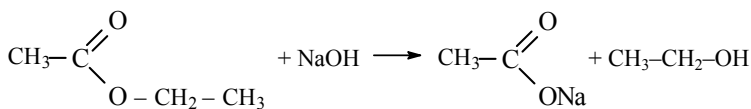
4) Реагируют со спиртами с образованием сложных эфиров:



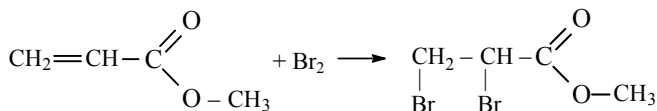
д) Сложные эфиры.

1) В присутствии кислоты или щелочи гидролизуются:

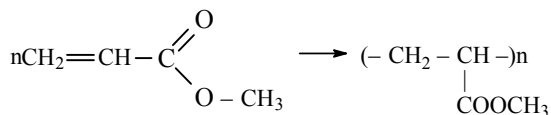




2) Эфиры непредельных кислот проявляют типичные свойства алкенов, например присоединяют бром:

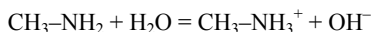


3) Эфиры непредельных кислот также полимеризуются:



е) Амины.

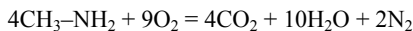
1) Проявляют основные свойства. При взаимодействии с водой образуются гидроксид-ионы и ионы алкиламмония:



2) Реагируют с кислотами с образованием солей:

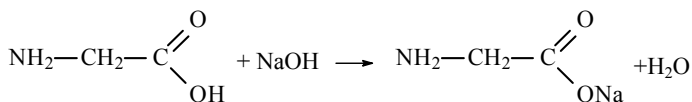


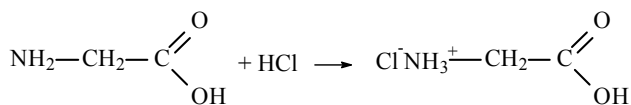
3) Горят с образованием оксида углерода (IV), воды и азота:



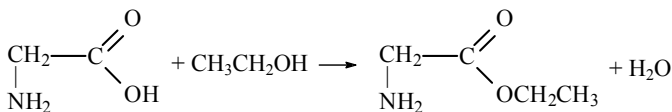
ж) Аминокислоты.

1) Обладают амфотерными свойствами, реагируют как с основаниями, так и с кислотами:





2) При реакциях со спиртами образуют сложные эфиры:



### Задача № 1

Найдите формулы веществ, массовые доли элементов в которых следующие: а)  $C - 0,7742$ ,  $N - 0,1505$ ,  $H - 0,0753$ ; б)  $C - 0,3871$ ,  $N - 0,4516$ ,  $H - 0,1613$ . Изобразите структурные формулы этих веществ и напишите их названия.

#### Решение:

Чтобы перейти от массовых отношений элементов в веществе к мольным соотношениям, нужно массовые отношения разделить на относительные атомные массы элементов.

а)

$$n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{N}) = \frac{m(\text{C})}{12} : \frac{m(\text{H})}{1} : \frac{m(\text{N})}{14}$$

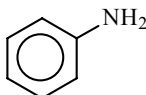
Получим:

$$\begin{aligned} n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{N}) &= \frac{0,7742}{12} : \frac{0,0753}{1} : \frac{0,1505}{14} = \\ &= 0,0645 : 0,0753 : 0,01075 \end{aligned}$$

Разделим полученные соотношения на 0,01075, получим:

$$n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{N}) = 6 : 7 : 1.$$

Простейшая формула соединения  $\text{C}_6\text{H}_7\text{N}$ . Если считать, что она соответствует истинной молекулярной формуле, то неизвестное вещество – анилин:



б)

$$n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{N}) = \frac{m(\text{C})}{12} : \frac{m(\text{H})}{1} : \frac{m(\text{N})}{14}$$

Получим:

$$\begin{aligned} n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{N}) &= \frac{0,3871}{12} : \frac{0,1613}{1} : \frac{0,4516}{14} = \\ &= 0,0323 : 0,1613 : 0,0323 \end{aligned}$$

Разделим полученные соотношения на 0,0323, получим:

$$n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{N}) = 1 : 5 : 1.$$

Тогда простейшая формула соединения  $\text{CH}_5\text{N}$ . В случае, если это и есть истинная формула, ей соответствует метиламин  $\text{CH}_3\text{-NH}_2$ .

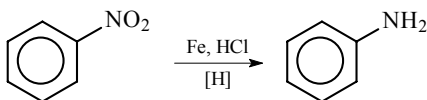
**Ответ:** а) анилин; б) метиламин.

### Задача № 2

При восстановлении 250 г нитробензола получили 150 г анилина. Вычислите, сколько это составляет процентов по сравнению с теоретическим выходом.

**Решение:**

Уравнение реакции:



Молекулярная формула нитробензола  $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$ . Вычислим молярную массу нитробензола:

$$M(\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2) = 12 \cdot 6 + 1 \cdot 5 + 14 + 16 \cdot 2 = 123 \text{ г/моль.}$$

Вычислим количество вещества нитробензола:

$$\nu(\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2) = \frac{m(\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2)}{M(\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2)} = \frac{250 \text{ г}}{123 \text{ г/моль}} \approx 2,03 \text{ моль}$$

По уравнению реакции из 1 моль нитробензола получается 1 моль анилина, значит из 2,03 моль нитробензола при теоретическом 100%-ном выходе должно получиться 2,03 моль анилина.  
 $\nu_{\text{теор}}(\text{C}_6\text{H}_7\text{N}) = 2,03 \text{ моль.}$

Молекулярная формула анилина  $C_6H_7N$ . Вычислим молярную массу анилина:

$$M(C_6H_7N) = 12 \cdot 6 + 1 \cdot 7 + 14 = 93 \text{ г/моль.}$$

Вычислим количество вещества практически полученного анилина:

$$v_{\text{практ}}(C_6H_7N) = \frac{m(C_6H_7N)}{M(C_6H_7NO)} = \frac{150 \text{ г}}{93 \text{ г/моль}} \approx 1,61 \text{ моль}$$

Вычислим выход анилина:

$$v_{\text{выход}}(C_6H_7N) = \frac{v_{\text{практ}}(C_6H_7N)}{v_{\text{теор}}(C_6H_7N)} = \frac{1,61 \text{ моль}}{2,03 \text{ моль}} \cdot 100\% = 79\%$$

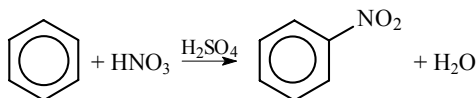
**Ответ:** выход анилина равен 79%.

### Задача № 3

*Сколько граммов нитробензола можно получить из 312 г бензола, если массовая доля выхода составляет 0,75, или 75%, по сравнению с теоретическим?*

**Решение:**

Уравнение реакции:



Молекулярная формула бензола  $C_6H_6$ . Вычислим молярную массу бензола:

$$M(C_6H_6) = 12 \cdot 6 + 1 \cdot 6 = 78 \text{ г/моль}$$

Вычислим количество вещества бензола:

$$v(C_6H_6) = \frac{m(C_6H_6)}{M(C_6H_6)} = \frac{312 \text{ г}}{78 \text{ г/моль}} = 4 \text{ моль}$$

По уравнению реакции из 1 моль бензола образуется 1 моль нитробензола, значит из 4 моль бензола при теоретическом 100%-ном выходе получилось бы 4 моль нитробензола. Но выход равен 75%, или 0,75, от теоретического, поэтому практически получится

$0,75 \cdot 4$  моль = 3 моль нитробензола. Молекулярная формула нитробензола  $C_6H_5NO_2$ . Вычислим молярную массу нитробензола:

$$M(C_6H_5NO_2) = 12 \cdot 6 + 1 \cdot 5 + 14 + 16 \cdot 2 = 123 \text{ г/моль.}$$

Вычислим массу нитробензола:

$$m(C_6H_5NO_2) = \nu(C_6H_5NO_2) \cdot M(C_6H_5NO_2) = 3 \text{ моль} \cdot 123 \text{ г/моль} = 369 \text{ г.}$$

Ответ: можно получить 369 г нитробензола.

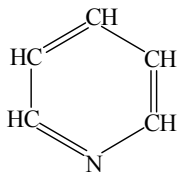
### Задачи к §3 (стр. 17)

#### Вопрос № 1

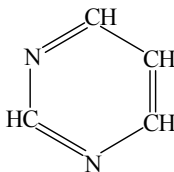
*Поясните, какие соединения относятся к гетероциклическим. Приведите примеры и напишите их формулы и названия.*

**Ответ:**

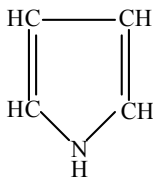
К гетероциклическим соединениям относятся вещества, в молекулах которых есть циклы, в состав которых кроме атомов углерода входят и атомы других элементов. Примеры гетероциклических соединений:



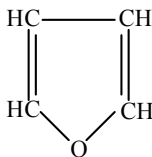
пиридин



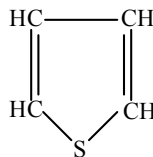
пиримидин



пиррол



фуран



тиофен

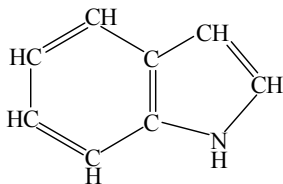


## Вопрос № 2

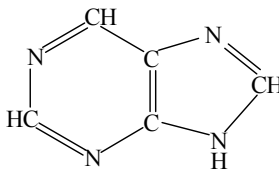
Составьте структурные формулы важнейших азотсодержащих гетероциклических соединений, в том числе с конденсированными кольцами.

### Ответ:

Формулы пиррола, пиридина и пириимидина приведены в ответе на вопрос 1. Здесь приведены формулы гетероциклов с конденсированными кольцами – индола и пурина.



индол



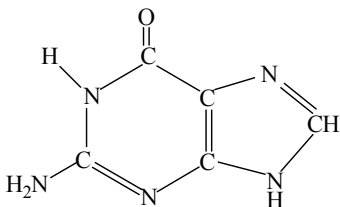
пурин

## Вопрос № 3

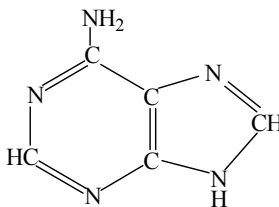
Назовите известные вам производные пириимидина и пурина, участвующие в образовании молекул нуклеиновых кислот. Напишите их структурные формулы и по аналогии с аминами охарактеризуйте их свойства.

### Ответ:

Производные пурина:

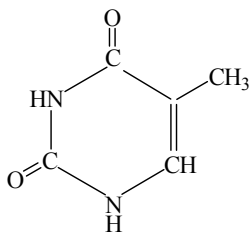


гуанин

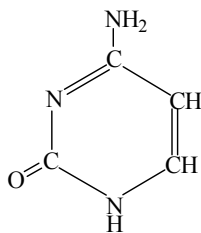


аденин

Производные пириимидина:



тимин

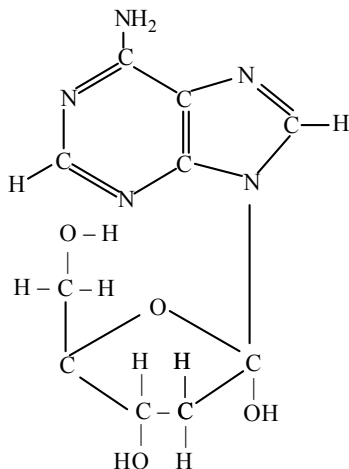


цитозин

Производные пурина и пиримидина так же, как и амины, проявляют основные свойства и при реакциях с кислотами образуют соли.

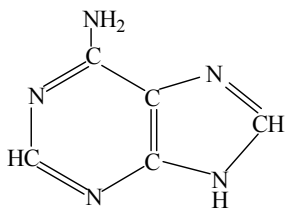
#### Вопрос № 4

*Исходя из приведенной структурной формулы вещества, радикал которого входит в состав нуклеиновых кислот, поясните, из каких двух вам известных веществ оно образовано Назовите эти соединения и напишите их структурные формулы.*

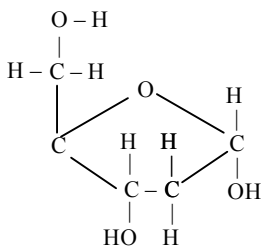


#### Ответ:

Вещество образовано из радикалов аденина и дезоксирибозы:



аденин



дезоксирибоза

## Глава XII. Белки и нуклеиновые кислоты

### Задачи к §§1, 2 (стр. 24)

#### Вопрос № 1

*Какие элементы входят в состав белков? Охарактеризуйте строение белковых молекул.*

#### Ответ:

Белковые молекулы имеют сложное строение. Они состоят из различных аминокислотных остатков (наиболее распространенных 20 аминокислот), соединенных пептидными связями.

Белки различаются по структуре: первичная, вторичная, третичная, четвертичная структуры.

В состав любого белка входят углерод, водород, азот и кислород. Кроме того, часто в состав белков входит сера.

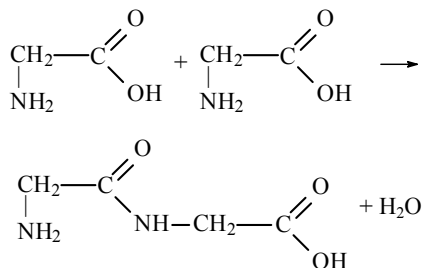
#### Вопрос № 2

*Какие группы атомов и типы связей наиболее характерны для большинства белковых молекул?*

#### Ответ:

Все белки состоят из остатков аминокислот, соединенных между собой пептидными группами. Все белки являются полипептидами, то есть состоят из большого числа остатков аминокислот. Простейшим примером образования пептида является реакция ме-

жду двумя молекулами глицина (аминоуксусной кислоты), в результате которой получается дипептид глицилглицин:



1. Пептидная связь возникает между аминогруппой одной аминокислоты и карбонильной группой другой. Благодаря пептидной связи в белках образуется пептидная цепь (последовательность аминокислотных звеньев)

2. Водородная связь образуется между группами  $-\text{CO}-$  и  $-\text{NH}-$ . Благодаря водородной связи белковые молекулы имеют пространственную конфигурацию. Такая структура белка называется вторичной.

3. Также есть другие виды связей:

дисульфидный мостик ( $-\text{S}-\text{S}-$ ) между атомами S, между карбоксильной и гидроксильной группами – сложноэфирный мостик, между карбоксильной и аминогруппой иногда возникает солевой мостик.

### **Вопрос № 3**

*Где белки встречаются в природе и каково их значение?*

#### **Ответ:**

Белки входят в состав клеток, тканей всех живых организмов, являются основной частью нашей пищи. Белок – высшая форма развития органических веществ. В нем объединены признаки разных классов органических соединений, что в своем сочетании дает совершенно новые качества, выполняющие большую роль в жизненных процессах организма. Например, гемоглобин присоединяет и транспортирует кислород в организме, инсулин регулирует содержание сахара в крови.

#### **Вопрос № 4**

*Опишите физические и химические свойства белков.*

#### **Ответ:**

**Физические свойства.** Белки – твердые вещества. Они бывают как растворимы, так и нерастворимы в воде. Белки очень часто образуют коллоидные растворы.

**Химические свойства.** При слабом нагревании водных растворов белков происходит денатурация. При этом образуется осадок.

При нагревании белков с кислотами происходит гидролиз, при этом образуется смесь аминокислот.

#### **Вопрос № 5**

*Как можно доказать наличие белков в продуктах питания, шерстяных и шелковых тканях?*

#### **Ответ:**

Белки можно обнаружить при действии азотной кислоты: при этом возникает ярко-желтая окраска.

#### **Вопрос № 6**

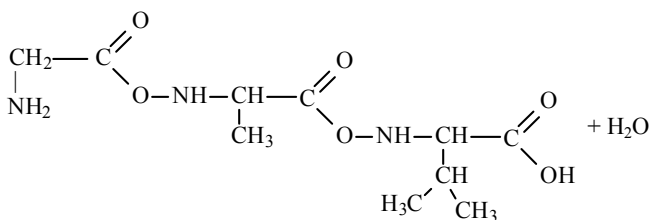
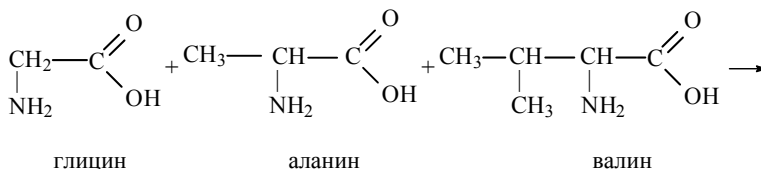
*Сколько различных трипептидов может образоваться при сочетании трех аминокислот (по выбору)? Составьте уравнения соответствующих реакций.*

#### **Ответ:**

Если обозначить три различных аминокислоты буквами А, В и С, то можно изобразить шесть возможных сочетаний:

АВС АСВ ВАС ВСА САВ СВА

Приведем в качестве примера уравнение реакции образования трипептида глицилаланилвалина из глицина (аминоуксусной кислоты), аланина (2-аминопропионовой кислоты) и валина (3-метил-2-аминомасляной кислоты):



глицилаланилвалин

### Вопрос № 7

*Какие вещества образуются при гидролизе белков в организме? Дайте общую характеристику роли белков в процессах жизнедеятельности человека и животных.*

### Ответ:

При гидролизе белков в процессе пищеварения в организме образуются аминокислоты. Из образующихся аминокислот в клетках организма синтезируются другие белки, необходимые для роста и размножения клеток. Белки являются, таким образом, «строительным материалом» для организма. Кроме того, образующиеся при гидролизе белков аминокислоты частично окисляются с образованием в конечном счете оксида углерода (IV), воды и мочевины.

### Вопрос № 8

*В чем состоят трудности синтеза белков? Как химики в настоящее время решают эту проблему? Какие в этой области имеются достижения и какие практические задачи предлагают решить ученые в ближайшее будущее?*

**Ответ:**

Основная трудность в синтезе белков заключается в том, что в молекулы даже самых простых белков входят сотни остатков аминокислот, а в большинстве природных белков число аминокислот составляет несколько тысяч. Белки синтезируют из аминокислот, «пришивая» аминокислоты одну за другой к одному из концов молекулы. При синтезе белка необходимо провести несколько тысяч таких реакций. Здесь нужно преодолеть две основные проблемы, вызванные очень большим числом последовательных стадий:

1) После каждой реакции необходимо получить абсолютно чистый продукт, образующийся в результате «пришивки» очередной аминокислоты, не содержащий примеси исходного вещества. Если очистить продукт реакции недостаточно тщательно, то примеси будут накапливаться на каждой стадии, и в результате вместо одного белка получится очень сложная смесь белков разного состава, разделить которую на компоненты невозможно.

2) При очень большом числе последовательных стадий выход продуктов реакции оказывается очень маленьким. На практике выход почти никогда не бывает равен 100%. Если выход на каждой стадии равен, например, 90% или 0,9, то выход в 100-стадийном синтезе был бы равен  $(0,9)^{100} = 0,00002$ , или 0,002%. А при синтезе в 1000 стадий выход был бы равен  $10^{-46}\%$ !

**Вопрос № 9**

*Как ученым удалось установить состав нуклеиновых кислот?*

**Ответ:**

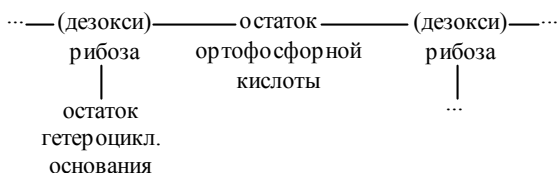
Состав нуклеиновых кислот установлен с помощью гидролиза. (Нуклеиновые кислоты являются полимерами, состоящими из множества нуклеотидов, по свойствам которых определяется состав всей цепочки).

**Вопрос № 10**

Охарактеризуйте строение нуклеотидов и отдельных звеньев РНК и ДНК.

### Ответ:

Нуклеотиды состоят из остатка фосфорной кислоты и нуклеозида, нуклеозид состоит из азотистого основания и дезоксирибозы или рибозы. Образуют полимерную цепь. Схематически это можно показать так:



РНК – нуклеиновые кислоты, содержащие остатки рибозы.

ДНК – нуклеиновые кислоты, содержащие остатки дезоксирибозы.

### Вопрос № 11

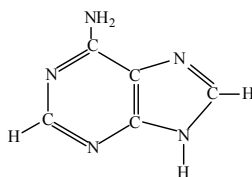
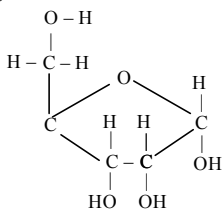
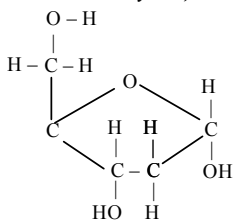
Какова роль ДНК и РНК в биохимических процессах, протекающих в организме человека? Какова роль нуклеиновых кислот в регулировке механизма наследственности?

### Ответ:

Нуклеиновые кислоты – важнейшие компоненты всех живых клеток. Эти вещества регулируют передачу наследственных признаков в ряду поколений. Им принадлежит ведущая роль в процессе биосинтеза белков. ДНК несет в себе генетическую информацию, РНК служит для временного хранения, переноса информации

### Вопрос № 12

В состав каких вам известных нуклеиновых кислот входят радикалы следующих веществ:





**Ответ:**

Первое из веществ – рибоза, второе – дезоксирибоза, третье – аденин. Рибоза входит в состав РНК, дезоксирибоза – в состав ДНК. Аденин входит в состав как РНК, так и ДНК.

**Вопрос № 13**

*В чем заключается сущность комплементарности?*

**Ответ:**

Молекулы нуклеиновых кислот состоят из двух полинуклеотидный цепочек, которые соединены водородными связями. Водородные связи возникают между радикалами гетероциклических оснований, причем всегда соблюдается следующее правило: тимин всегда соединен с аденином, а цитозин – с гуанином. Эта закономерность и составляет сущность комплементарности.

## **Глава XIII. Синтетические высокомолекулярные вещества и полимерные материалы на их основе**

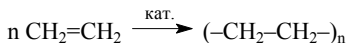
### **Задачи к §1 (стр. 31)**

**Вопрос № 1**

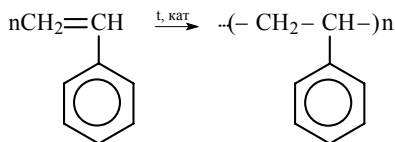
*Какие вещества относятся к высокомолекулярным соединениям, а какие – к мономерам и полимерам? На конкретных примерах поясните, чем отличается строение их молекул.*

**Ответ:**

Высокомолекулярные соединения – соединения, молекулы которых состоят из весьма большого числа повторяющихся (точно или приближенно) одинаковых звеньев. ВМС – соединения с молекулярной массой выше 5000 а.е.м. Высокомолекулярные соединения называют также полимерами. Полимеры образуются в результате присоединения друг к другу многих молекул исходных веществ. Эти вещества называются мономерами. Например, из мономера этилена образуется полимер – полиэтилен:



Из мономера стирола (винилбензола) образуется полимер полистирол:

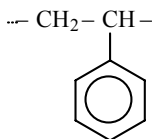


## Вопрос № 2

*Поясните, что такое «структурное звено» и «степень полимеризации».*

### Ответ:

Структурным звеном называется повторяющаяся группа атомов в молекуле полимера. Например, в полистироле структурным звеном является группа:



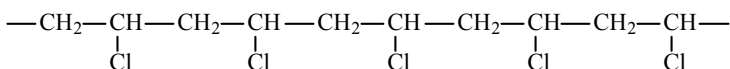
Число структурных звеньев в молекуле полимера называется степенью полимеризации. Очевидно, что степень полимеризации равна числу молекул мономера. Степень полимеризации в любом полимере не является постоянной величиной. В формулах полимеров степень полимеризации обозначается буквой  $n$ .

## Вопрос № 3

*На конкретном примере покажите возможность образования полимера со стереорегулярным и стереонерегулярным строением.*

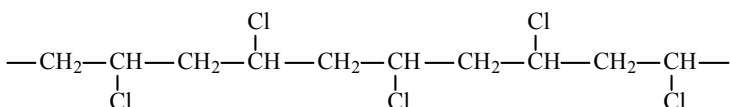
### Ответ:

Рассмотрим возможность образования полимеров различного строения на примере поливинилхлорида. В молекуле полимера содержатся атомы хлора. Они могут быть расположены по-разному. Атомы хлора могут быть расположены строго регулярно по одну сторону полимерной цепи:



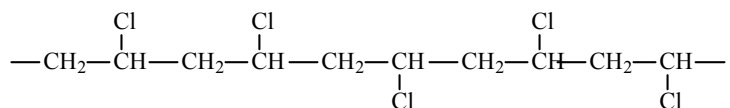
Такой полимер называется стереорегулярным, или изотактическим.

Атомы хлора могут быть также направлены в разные стороны и при этом строго чередоваться через один:



Такой полимер также является стереорегулярным и называется синдиотактическим.

Наконец, атомы хлора могут быть направлены беспорядочно в разные стороны. Такой полимер называется стереонерегулярным, или атактическим.

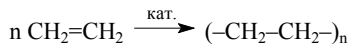


#### Вопрос № 4

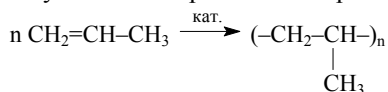
*Охарактеризуйте процесс получения полиэтилена и полипропилена в промышленности. Составьте уравнения соответствующих реакций.*

#### Ответ:

Полиэтилен получают полимеризацией этилена в присутствии катализатора при повышенной температуре и давлении.



Аналогично получают полипропилен из пропилена:



### Вопрос № 5

*Опишите свойства полиэтилена, полипропилена и тефлона. Где они применяются?*

#### Ответ:

Полиэтилен – твердый материал, полупрозрачный, бесцветный, легче воды, при нагревании размягчающийся. Свойства сильно зависят от способа его получения. Так называемый полиэтилен низкого давления имеет большую плотность и температуру плавления, а также более высокую прочность, чем полиэтилен высокого давления. Полиэтилен устойчив к действию кислот и щелочей, поэтому он применяется для изготовления различных частей химического оборудования, некоторой лабораторной посуды. Из полиэтиленовой пленки изготавливают различную упаковку.

Полипропилен похож по свойствам на полиэтилен, но обладает более высокой прочностью и температурой плавления. Полипропилен применяют так же, как и полиэтилен.

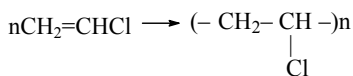
Тефлон представляет собой политетрафторэтилен  $(-CF_2-CF_2-)_n$ , получаемый полимеризацией тетрафторэтилена  $CF_2=CF_2$ . Тефлон обладает очень высокой химической стойкостью (не реагирует с концентрированными кислотами и щелочами даже при нагревании). Поэтому из тефлона изготавливают детали химической аппаратуры. Тефлон применяют также для изготовления антипригарных покрытий для кухонной посуды.

### Вопрос № 6

*Составьте уравнения реакций, в которых образуются поливинилхлорид, полистирол, полиметилметакрилат. Где применяются эти полимеры?*

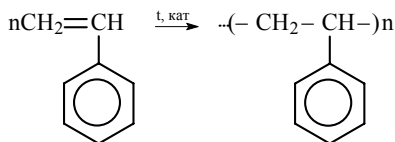
#### Ответ:

Поливинилхлорид получают при полимеризации винилхлорида:



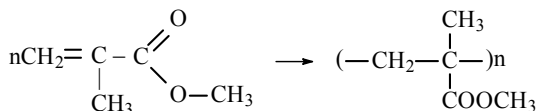
Винилхлорид применяют для изготовления искусственной кожи, линолеума, изоляции для электропроводов.

Полистирол получают при полимеризации стирола (винилбензола):



Из полистирола делают различные бытовые изделия, а также пенопласт, применяемый как упаковочный материал.

Полиметилметакрилат получают при полимеризации метилметакрилата – метилового эфира метакриловой (2-метилпропеновой кислоты):



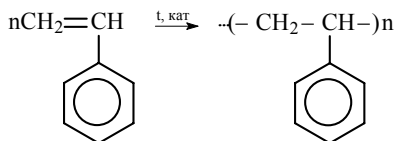
Из полиметилметакрилата делают органическое стекло. В отличие от обычного стекла, оно пропускает ультрафиолетовые лучи.

### Вопрос № 7

*На конкретных примерах поясните, чем отличаются реакции поликонденсации от реакций полимеризации.*

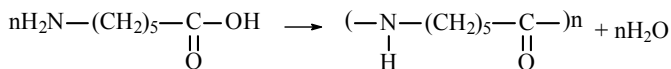
### Ответ:

При реакциях полимеризации из многих молекул мономера образуются молекулы полимера. Примером реакции полимеризации может служить получение полистирола из стирола:



Никаких больше веществ при этом не образуется. При реакциях поликонденсации из исходных веществ образуются не только молекулы полимера, но также выделяются другие вещества (обыч-

но вода). Примером реакции поликонденсации может служить образование капрона из аминокaproновой кислоты:

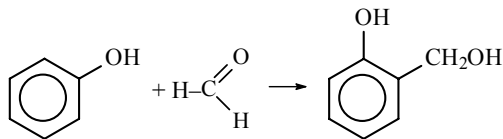


### Вопрос № 8

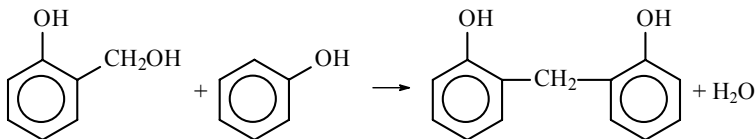
*В чем сущность процесса образования фенолформальдегидной смолы? Какие фенопласты из нее получают?*

#### Ответ:

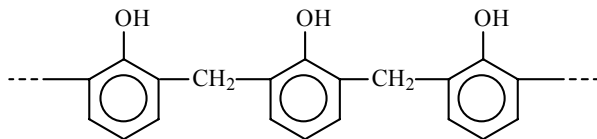
При образовании фенолформальдегидной смолы происходит поликонденсация фенола с формальдегидом. Вначале происходит образование промежуточного соединения:

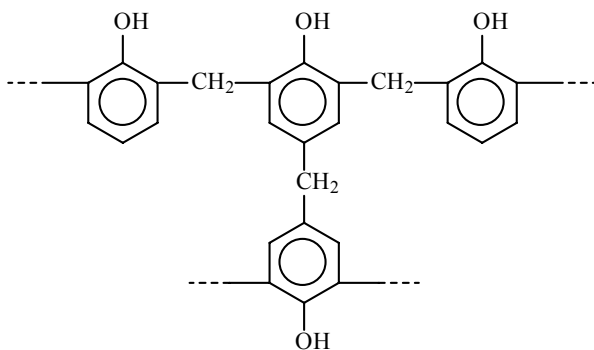


Затем происходит собственно поликонденсация:



Далее эти реакции повторяются и образуются полимеры линейного или разветвленного строения:





При смешивании фенолформальдегидной смолы с различными наполнителями (хлопковое волокно, отходы ткани, бумага, стекловолокно) получают фенопласты – текстолит, гетинакс, карболит.

### Вопрос № 9

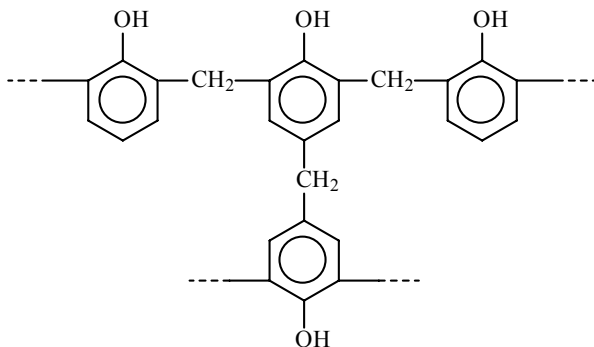
*Какие полимеры называют термопластическими, а какие – терморезактивными? Приведите примеры.*

### Ответ:

Полимеры, которые при повышении температуры размягчаются, а при охлаждении снова становятся твердыми, называются термопластическими. Примером термопластических полимеров являются полиэтилен или фенолформальдегидная смола:

Полиэтилен:  $(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)_n$

Фенолформальдегидная смола:



В молекулах фенолформальдегидной смолы остаются еще свободные гидроксильные группы. При сильном нагревании разные молекулы фенолформальдегидной смолы реагируют друг с другом, при это выделяется вода и образуется резит – материал, не размягчающийся при нагревании. Полимеры, не размягчающиеся при нагревании, называются термореактивными.

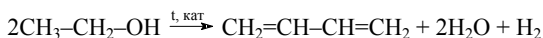
### Задачи к §§2, 3 (стр. 36)

#### Вопрос № 1

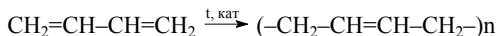
*Поясните, кем и когда впервые в мире был разработан метод производства синтетического каучука. Составьте уравнения.*

#### Ответ:

Впервые синтетический каучук был получен С.В. Лебедевым в Советском Союзе в 1932 году. Из этилового спирта в присутствии катализаторов образуется 1,3-бутадиен:



При полимеризации бутадиена получается синтетический каучук.

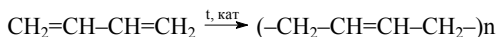


#### Вопрос № 2

*Для получения бутадиенового и дивинилового каучуков используется один и тот же мономер. Поясните, почему эти каучуки отличаются по своим свойствам.*

#### Ответ:

И бутадиеновый, и дивиниловый каучук получают при полимеризации 1,3-бутадиена.



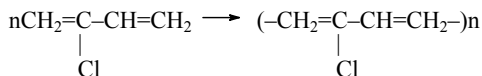
Но бутадиеновый каучук имеет нерегулярное строение, а дивиниловый каучук – стереорегулярное строение. Поэтому дивиниловый каучук имеет большую эластичность, чем бутадиеновый, и по свойствам приближается к природному.



### Вопрос № 3

Составьте уравнение образования хлоропренового каучука из 2-хлор-1,3-бутадиена.

**Ответ:**

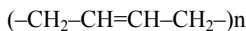


### Вопрос № 4

*Охарактеризуйте известные вам синтетические каучуки и поясните, для каких технических целей они применяются.*

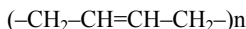
**Ответ:**

1) Бутадиеновый каучук представляет собой полимер 1,3-бутадиена нерегулярного строения.



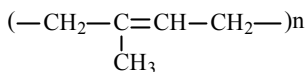
Применяется для изготовления бытовых изделий, подошв для обуви.

2) Дивиниловый каучук так же, как и бутадиеновый, образуется при полимеризации 1,3-бутадиена, но имеет стереорегулярное строение.

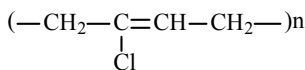


Применяется для производства шин.

3) Изопреновый каучук является полимером изопрена – 2-метил-1,3-бутадиена и по составу и свойствам соответствует природному каучуку. Так же, как и дивиниловый каучук, применяется в производстве шин.



4) Хлоропреновый каучук представляет собой полимер хлоропрена – 2-хлор-1,3-бутадиена.



Обладает высокой устойчивостью к действию масла и бензина, а также устойчив к действию высоких и низких температур. По-

этому применяется для изготовления различных шлангов для автомобилей и другой техники.

5) Бутадиенстирольный каучук образуется при совместной полимеризации 1,3-бутадиена и стирола (винилбензола). Он обладает высокой газонепроницаемостью, поэтому используется для производства автомобильных камер.

### **Вопрос № 5**

*Чем отличаются каучуки от резины?*

#### **Ответ:**

Резину получают из каучука в результате вулканизации – обработки серой при нагревании. В процессе вулканизации макромолекулы каучука «сшиваются» между собой «мостиками» из серы. Каучук размягчается при нагревании, а при охлаждении становится хрупким. Под действием органических растворителей каучук размягчается и разбухает. Резина же остается упругой и при высоких, и при низких температурах, и гораздо устойчивее к действию растворителей.

### **Вопрос № 6**

*Какие условия следует соблюдать при долгом хранении автокамер, шин, резиновых трубопроводов и других изделий? Почему?*

#### **Ответ:**

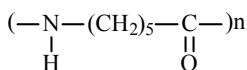
При хранении резиновые изделия следует защищать от солнечного света, а также от высоких температур. Если не соблюдать эти условия, резина становится непрочной. Это объясняется тем, что в молекулах всех каучуков есть двойные связи. При взаимодействии с кислородом воздуха происходит постепенное окисление по двойным связям. Действие солнечного света и высокой температуры ускоряет этот процесс.

### **Вопросы № 7–8**

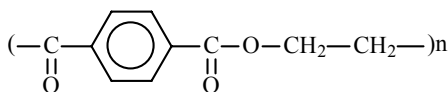
*Какие основные виды волокон вам известны? Приведите примеры. Чем отличаются искусственные волокна от синтетических? Приведите примеры*

**Ответ:**

Волокна делятся на природные и химические. К природным волокнам относят волокна растительного происхождения (хлопковое, льняное) и животного (шерсть, шелк). Химические волокна делятся на искусственные (полученные при химической переработке сырья растительного или животного происхождения), и синтетические (получаемые в результате органического синтеза). Примером искусственного волокна может служить ацетатный шелк, получаемый из целлюлозы, содержащейся в древесине. Примеры синтетических волокон – капрон, или нейлон, получаемые при поликонденсации аминокaproновой кислоты, или лавсан, получаемый при поликонденсации этиленгликоля и фталевой кислоты:



капрон



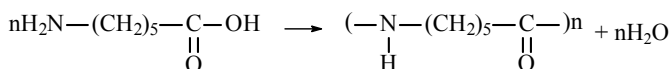
лавсан

**Вопрос № 9**

Назовите наиболее известное вам полиамидное волокно. Охарактеризуйте свойства и получение этого волокна.

**Ответ:**

Наиболее широко применяется капрон, получаемый при поликонденсации аминокaproновой (6-аминогексановой кислоты).



Полученный полимер является термопластичным, то есть размягчается при нагревании. В нагретом виде его пропускают под давлением через маленькие отверстия – фильеры и получают тон-

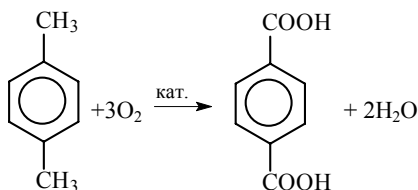
кие нити. Капроновое волокно намного прочнее хлопкового или льняного, однако неустойчиво при нагревании.

### Вопрос № 10

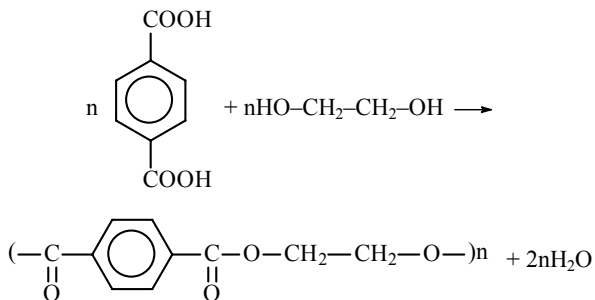
*Составьте уравнения окисления п-ксилола. Для каких целей используется продукт реакции?*

#### Ответ:

При окислении п-ксилола образуется терефталевая кислота:



Терефталевую кислоту используют для производства лавсана:

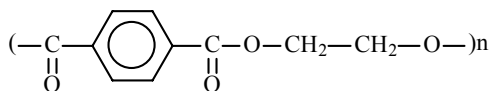


### Вопрос № 11

*По какому признаку лавсан относят к полиэфирным волокнам?*

#### Ответ:

Лавсан является полимерным сложным эфиром этиленгликоля и терефталевой кислоты:



### Вопрос № 12

*Каковы характерные свойства лавсана? Где его применяют?*

**Ответ:**

Лавсановое волокно по свойствам напоминает шерсть, но обладает гораздо большей прочностью и устойчивостью к действию света и влаги. Из лавсанового волокна делают трикотажные ткани. Кроме того, из лавсана делают пленку, применяемую для изготовления магнитофонной ленты.

## Глава XIV. Обобщение знаний по курсу органической химии

### Задачи к §§1-5 (стр. 53)

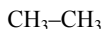
#### Вопрос № 1

*Кроме примеров, указанных в параграфе, приведите еще два-три примера, подтверждающих каждое из предположений теории А.М. Бутлерова.*

**Ответ:**

1) Все атомы, входящие в молекулы органических веществ, соединены в определенной последовательности.

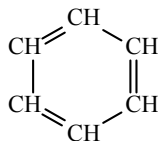
Очевидно, что для любого вещества можно изобразить структурную формулу. Нарисуем структурные формулы этана, пропилена и бензола:



этан



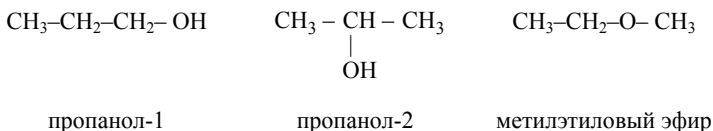
пропилен



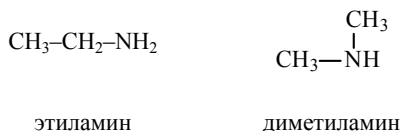
бензол

2) Свойства веществ зависят не только от состава (то есть от того, какие атомы входят в состав молекулы), но и от строения (то есть от того, как именно они соединены).

Несколько веществ с одинаковой молекулярной формулой могут иметь различное строение. Например, формуле  $C_3H_8O$  соответствует три изомера – пропанол-1, пропанол-2 и метилэтиловый эфир:



Формуле  $C_2H_7N$  соответствуют этиламин и диметиламин:



3) По свойствам вещества можно объяснить его строение, а по строению – предвидеть свойства.

Например, карбоновые кислоты содержат карбоксильную группу, и можно предвидеть, что атом водорода карбоксильной группы будет замещаться на атом металла при реакции с основаниями. С другой стороны, если известен факт, что карбоновые кислоты реагируют с основаниями, это можно объяснить присутствием в молекуле карбоксильной группы.

В молекулах алкенов есть двойная связь. Присоединение к алкенам брома объясняется именно наличием в молекуле двойной связи. С другой стороны, если в молекуле есть двойная связь, то можно предвидеть, что вещество будет реагировать с бромом.

4) Атомы и группы атомов в молекулах влияют друг на друга.

В молекуле фенола происходит смещение электронов от атома кислорода к бензольному кольцу, и вследствие этого электроны атома водорода в большей степени смещаются к атому кислорода. Связь между атомами водорода и кислорода становится более полярной и поэтому разрывается легче, чем в спиртах. Атом водорода в фенолах легче замещается на металл, чем в спиртах, то есть является более подвижным.

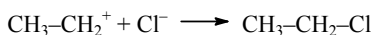
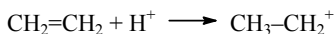
Хлоруксусная кислота сильнее, чем уксусная кислота. Электроотрицательность атома хлора выше, чем атома углерода. Поэтому хлор оттягивает на себя электроны, участвующие в образовании химической связи между атомами хлора и кислорода. Этот эффект смещения электронной плотности передается по цепочке химических связей к ОН-группе. В результате связь О–Н в карбоксильной группе становится более полярной и поэтому легче разрывается. В результате хлоруксусная кислота диссоциирует на ионы легче, чем уксусная кислота, то есть является более сильной кислотой.

## Вопрос № 2

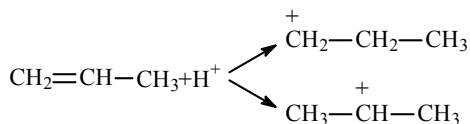
*В чем сущность правила В.В. Марковникова с точки зрения современных электронных представлений?*

### Ответ:

Чтобы понять сущность правила Марковникова, нужно знать механизм присоединения галогеноводородов к двойной связи. Вначале происходит присоединение иона  $H^+$ , при этом образуется так называемый карбокатион. Затем к образовавшемуся карбокатиону присоединяется ион  $Cl^-$ :



В молекуле пропилена первоначально ион  $H^+$  может присоединяться либо к первому, либо ко второму атому углерода. При этом образуются различные карбокатионы:



Второй из нарисованных катионов более устойчив. Дело в том, что к атому углерода с положительным зарядом присоединены два метильных радикала, которые обладают свойством увеличивать электронную плотность (являются донорами электронов). Они уменьшают положительный заряд на атоме углерода, делая карбокатион более устойчивым. Поскольку второй





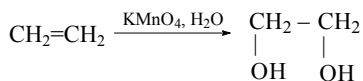
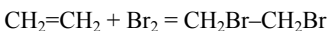


### Вопрос № 6

На конкретных примерах докажите, что свойства веществ зависят от электронной природы химических связей.

#### Ответ:

В качестве примера рассмотрим этан и этилен. В молекуле этана атомы углерода связаны одной связью. Это  $\sigma$ -связь, образующаяся при перекрывании гибридных  $sp^3$ -орбиталей атома углерода.  $\sigma$ -Связь в молекуле этана очень устойчива, она разрывается с большим трудом. В этилене атомы углерода соединены двойной связью. Одна из этих связей –  $\sigma$ -связь, образующаяся при перекрывании  $sp^2$ -орбиталей атома углерода. Вторая связь –  $\pi$ -связь, образующаяся при перекрывании негибридных  $p$ -орбиталей атома углерода.  $\sigma$ -Связь легко разрывается при присоединении к этилену брома или при окислении этилена перманганатом калия.



### Вопрос № 7

Поясните, от каких основных факторов зависит прочность химической связи.

#### Ответ:

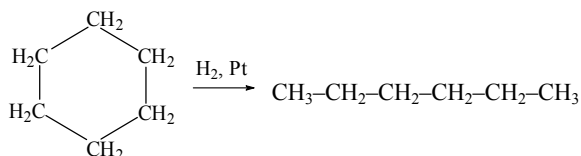
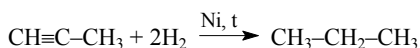
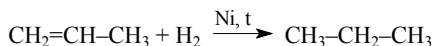
Прочность химических связей зависит от формы электронных облаков и от способа их перекрывания. Примером связей с различной прочностью могут служить  $\sigma$ - и  $\pi$ -связи в молекулах этана и этилена.  $\sigma$ -Связь образуется при перекрывании электронных облаков по линии, соединяющей ядра обоих атомов.  $\pi$ -Связь образуется при перекрывании электронных облаков вне этой линии.

### Вопрос № 8

Используя второй форзац из учебника «Химия-10», составьте уравнения химических реакций, отражающих генетические связи между важнейшими классами органических соединений.

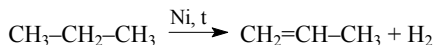
**Ответ:**

Предельные углеводороды образуются при гидрировании этиленовых углеводородов, ацетиленовых углеводородов и циклопарафинов:

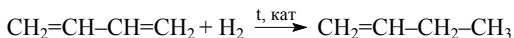
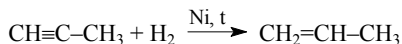


Этиленовые углеводороды образуются при:

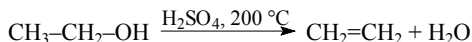
1) Дегидрировании алканов



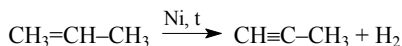
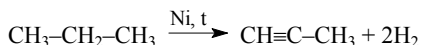
2) Гидрировании ацетиленовых или диеновых углеводородов



3) Дегидратации спиртов

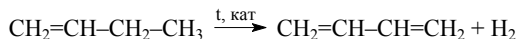


Ацетиленовые углеводороды можно получить при дегидрировании алканов или алкенов:

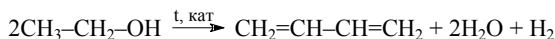


Диеновые углеводороды можно получить:

1) Дегидрированием алкенов

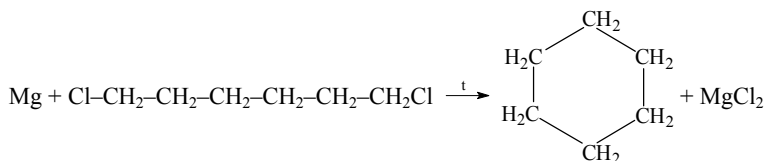


2) Одновременным дегидрированием и дегидратацией спиртов:

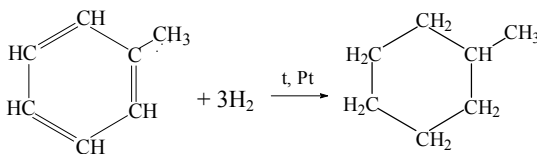


Циклопарафины можно получить:

1) Циклизацией дигалогензамещенных предельных углеводородов

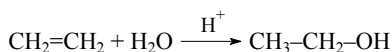


2) Гидрированием ароматических углеводородов

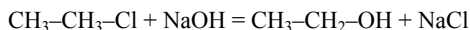
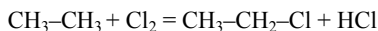


Спирты можно получить:

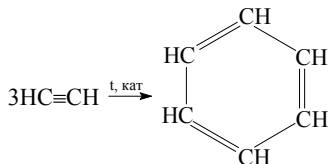
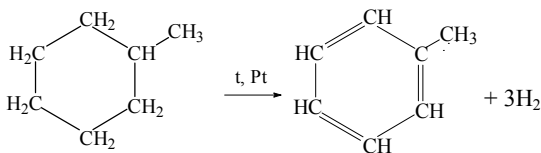
1) Присоединением воды к этиленовым углеводородам

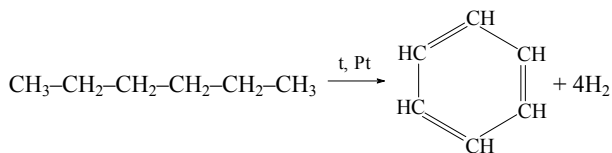


2) Из предельных углеводородов через галогенпроизводные

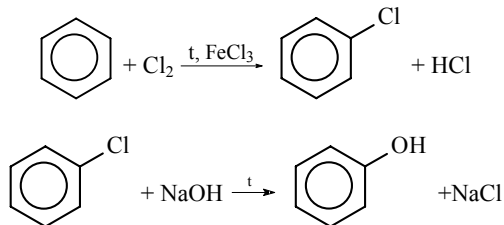


Ароматические углеводороды можно получить дегидрированием циклопарафинов или предельных углеводородов:



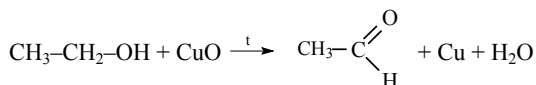


Фенолы можно получить из ароматических углеводородов через галогенопроизводные:

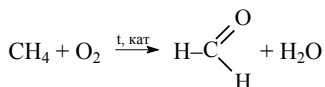


Альдегиды можно получить:

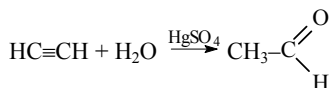
1) Окислением спиртов



2) Каталитическим окислением предельных углеводородов

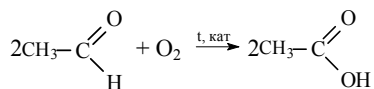


3) Уксусный альдегид можно получить присоединением воды к ацетилену

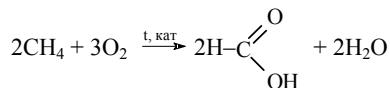


Карбоновые кислоты можно получить:

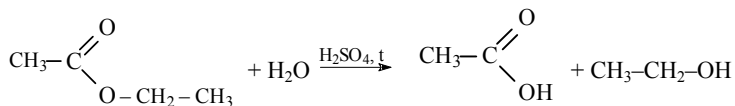
1) Окислением альдегидов



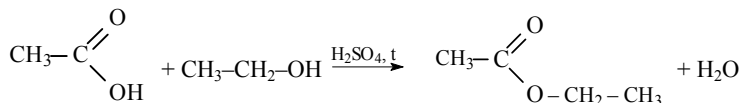
## 2) Каталитическим окислением предельных углеводородов



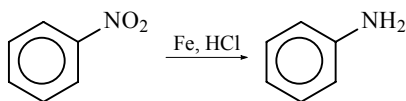
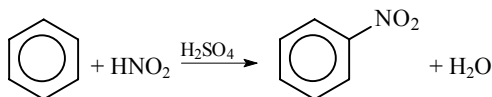
## 3) Гидролизом сложных эфиров



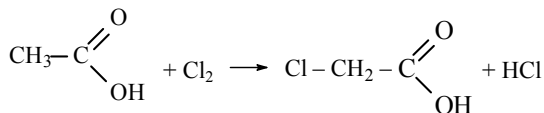
Сложные эфиры образуются при взаимодействии карбоновых кислот со спиртами (реакция этерификации)

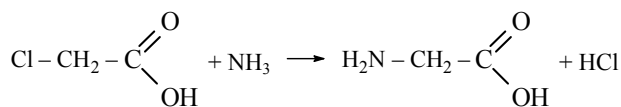


Ароматические амины можно получить из ароматических углеводородов через нитропроизводные



Аминокислоты можно получить из карбоновых кислот через галогензамещенные кислоты



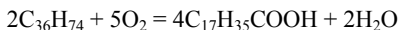


### Вопрос № 9

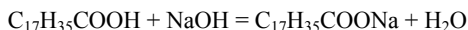
*Как на основе нефтепродуктов удается получить мыло и другие моющие средства, заменяя этим жиры? Составьте уравнения соответствующих реакций.*

#### Ответ:

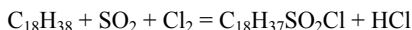
При каталитическом окислении высших углеводородов, входящих в состав нефти, образуются высшие карбоновые кислоты с числом атомов углерода в два раза меньше, чем в исходном углеводороде:



При реакции со щелочью образуются натриевые соли кислот, то есть мыло:



При реакции высших углеводородов со смесью оксида серы (IV) и хлора образуются сульфохлориды высших углеводородов, при обработке которых щелочью получают соли сульфокислот:



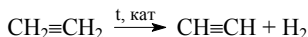
Соли сульфокислот являются более эффективными моющими средствами, чем мыло, и не теряют моющего действия в жесткой воде.

### Вопрос № 10

*Продукты переработки нефти служат сырьем для получения отдельных видов синтетического каучука. Приведите уравнения соответствующих реакций.*

#### Ответ:

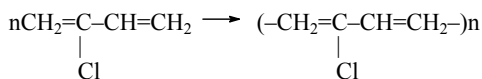
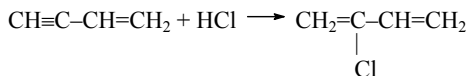
1) Побочным продуктом крекинга нефти является этилен. Этилен можно дегидрировать в ацетилен:



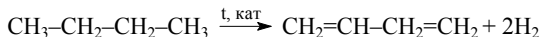
Из ацетилена в присутствии катализатора образуется винил-ацетилен (реакция димеризации ацетилена):



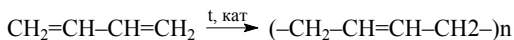
При присоединении к винилацетилену хлороводорода образуется 2-хлорбутадиен-1,3 (хлоропрен), при полимеризации которого образуется хлоропреновый каучук.



2) Одним из компонентов нефтяных газов является бутан. При дегидрировании бутана можно получить бутадиен:



При полимеризации бутадиена образуется бутадиеновый или дивиниловый каучук:

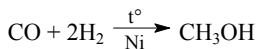


### Вопрос № 11

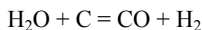
*Метанол необходим для синтеза различных продуктов. Уравнениями проиллюстрируйте, как разрешена проблема синтеза метанола с использованием углеводородного сырья.*

#### Ответ:

Метанол получают из синтез-газа – смеси оксида углерода (II) и водорода:



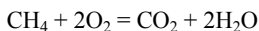
Синтез-газ можно получить, пропуская водяной пар через раскаленный уголь:



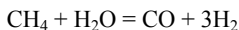
Синтез-газ получают также из смеси метана, являющегося основным компонентом природного газа, и кислорода при нагревании в присутствии катализатора. При этом протекают следующие



реакции: часть метана сгорает с образованием оксида углерода (IV) и воды.



Затем образовавшиеся вода и оксид углерода (IV) взаимодействуют с оставшимся метаном:



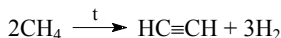
### Вопрос № 12

*Какие методы получения уксусной кислоты вам известны и которые из них являются более перспективными и почему? Подтвердите это уравнениями соответствующих реакций.*

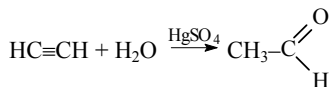
#### Ответ:

Уксусную кислоту можно получать следующими способами:

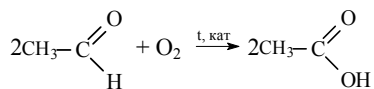
1) Из метана, являющегося основным компонентом природного газа, получают ацетилен:



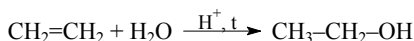
Ацетилен в присутствии сульфата ртути (II) присоединяет воду, образуется уксусный альдегид (реакция Кучерова):



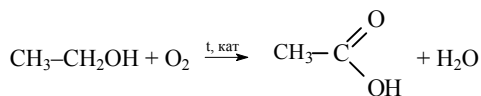
При окислении уксусного альдегида образуется уксусная кислота:



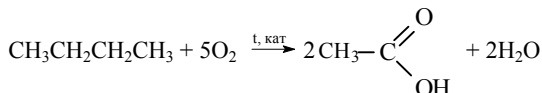
2) При гидратации этилена, являющегося побочным продуктом крекинга нефти, получают этиловый спирт:



При окислении этилового спирта получают уксусную кислоту:



3) Уксусную кислоту можно получить при окислении бутана в присутствии катализатора:



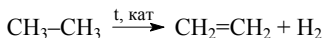
Наиболее перспективным является последний метод, так как бутан является компонентом природного газа и попутных нефтяных газов, а уксусная кислота получается в одну стадию.

### Вопрос № 13

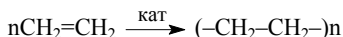
*Углеводородное сырье (нефть, каменный уголь и природный газ) являются источником для синтеза полиэтилена, фенопластов и красителей (на основе анилина). Приведите уравнения соответствующих реакций.*

#### Ответ:

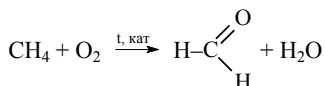
1) Этилен является побочным продуктом крекинга нефти. Кроме того, этилен можно получить при дегидрировании этана, входящего в состав природного газа:



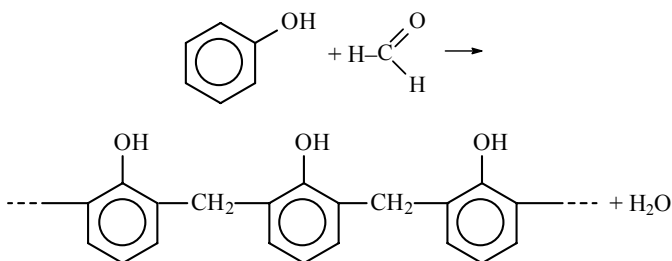
При полимеризации этилена образуется полиэтилен:



2) При окислении метана – основного компонента природного газа – образуется формальдегид (метаналь):

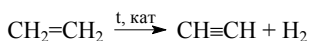


Из каменноугольной смолы, получаемой при коксовании каменного угля, выделяют фенол. При реакции фенола с формальдегидом образуется фенолформальдегидная смола:

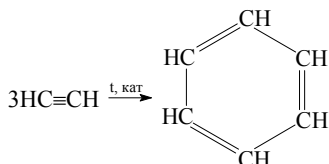


Смешивая фенолформальдегидную смолу с различными наполнителями, получают фенопласты.

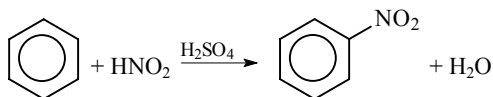
3) Этилен, образующийся как побочный продукт крекинга нефти, может быть дегидрирован в ацетилен:



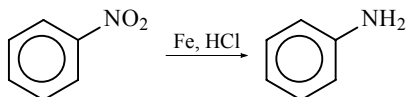
Из трех молекул ацетилена может образоваться молекула бензола (реакция тримеризации):



При действии на бензол смеси концентрированной азотной кислоты и концентрированной серной кислоты происходит замещение атома водорода на нитрогруппу и образуется нитробензол:



Нитробензол можно восстановить в аминобензол (анилин):

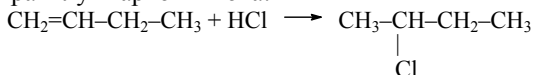


### Вопрос № 14

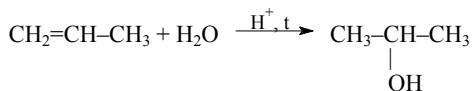
*Составьте уравнения реакций, протекающих согласно правилам В.В. Марковникова, и поясните их сущность с точки зрения современных электронных представлений.*

#### Ответ:

При присоединении галогеноводородов к непредельным углеводородам образуются галогенопроизводные. Присоединение протекает по правилу Марковникова:



В присутствии кислот алкены присоединяют воду, при этом образуются спирты. Присоединение воды также происходит по правилу Марковникова:



Объяснение правила Марковникова с точки зрения современной теории строения подробно дано при ответе на вопрос 2.

### Вопрос № 15

*Назовите наиболее известных отечественных ученых, являющихся основоположниками современных методов переработки нефти. Сущность их открытия подтвердите уравнениями химических реакций.*

#### Ответ:

1. Первый завод для очистки нефти был построен в России на Ухтинском нефтяном промысле в 1745 г.

2. Братья Дубинины в 1823 г. впервые создали устройство для перегонки нефти. С 1823 г. Дубинины стали вывозить «фотоген» (керосин) многими тысячами пудов из Моздока вглубь России.

3. Промышленный метод крекинга был разработан русским инженером В.Г. Шуховым в 1891 г.

# СИСТЕМАТИЗАЦИЯ, ОБОБЩЕНИЕ И УГЛУБЛЕНИЕ ЗНАНИЙ ПО КУРСУ ХИМИИ

## Глава II. Периодический закон и периодическая система Д.И. Менделеева на основе учения о строении атома

### Задачи к §§1-3 (стр. 70)

#### Вопрос № 1

*Сравните формулировку периодического закона, данную Д.И. Менделеевым, с современной формулировкой. Объясните, почему потребовалось такое изменение формулировки.*

#### Ответ:

Формулировка периодического закона, данная Д.И. Менделеевым, гласила: свойства химических элементов находятся в периодической зависимости от атомных масс этих элементов. Современная формулировка гласит: свойства химических элементов находятся в периодической зависимости от заряда ядра этих 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.

#### Вопрос № 2

*Почему число элементов в периодах соответствует ряду чисел 2 – 8 – 18 – 32? Разъясните эту закономерность с учетом расположения электронов по энергетическим уровням.*

#### Ответ:

Электроны в атоме могут занимать s-, p-, d- и f-орбитали. На одном электронном уровне может быть одна s-орбиталь, три p-орбитали, пять d-орбиталей, семь f-орбиталей. На одной орбитали

может находиться не более двух электронов. Таким образом, если заполнены только s-орбитали, на электронном уровне находится 2 электрона. Если заполнены s- и p-орбитали, на одном электронном уровне находится  $2 + 6 = 8$  электронов. Если заполнены s-, p- и d-орбитали, на электронном уровне находится  $2 + 6 + 10 = 18$  электронов. Наконец, если заполнены s-, p-, d-, и f-орбитали, на электронном уровне находится  $2 + 6 + 10 + 14 = 32$  электрона. Таким образом, число элементов в периодах соответствует максимально возможному числу электронов на электронном уровне.

### **Вопрос № 3**

*На основе теории строения атомов поясните, почему группы элементов разделены на главные и побочные.*

#### **Ответ:**

В элементах главных подгрупп периодической системы элементов происходит заполнение электронами орбиталей внешнего электронного уровня. В элементах побочных подгрупп происходит заполнение электронами орбиталей предпоследнего электронного уровня.

### **Вопрос № 4**

*По каким признакам различают s-, p-, d- и f-моменты?*

#### **Ответ:**

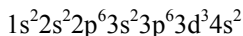
В атомах s-элементов происходит заполнение s-орбиталей, в атомах p-элементов заполняются p-орбитали, в атомах d-элементов – d-орбитали и в атомах f-элементов – f-орбитали.

### **Вопрос № 5**

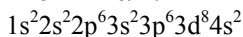
*Пользуясь таблицей периодической системы химических элементов Д.И. Менделеева, составьте схемы расположения электронов по орбиталям и энергетическим уровням в атомах элементов ванадия V, никеля Ni и мышьяка As. Какие из них относятся к p-элементам и какие – к d-элементам и почему?*

#### **Ответ:**

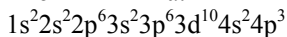
Атом ванадия:



Атом никеля:



Атом мышьяка:



В атомах ванадия и никеля заполняется 3d-подуровень, поэтому их относят к d-элементам. В атоме мышьяка заполняется 4p-подуровень, то есть мышьяк является p-элементом.

### **Вопрос № 6**

*Разъясните, почему химический знак водорода обычно помещают в главной подгруппе I группы и в главной подгруппе VII группы.*

**Ответ:**

В атоме водорода один s-электрон на внешней (и единственной) электронной оболочке, как и у атомов щелочных металлов. Поэтому водород размещают в первой группе периодической системы. С другой стороны, для заполнения внешней электронной оболочки атому водорода не хватает одного электрона, как и атомам галогенов, поэтому водород помещают также в главную подгруппу VII группы периодической системы.

### **Вопрос № 7**

*На основе закономерностей размещения электронов по орбиталям поясните, почему лантаноиды и актиноиды обладают сходными химическими свойствами.*

**Ответ:**

В атомах лантаноидов и актиноидов происходит заполнение третьего снаружи электронного уровня. Поскольку химические свойства главным образом зависят от электронов внешней оболочки, то лантаноиды и актиноиды очень похожи по свойствам.

### **Вопрос № 8**

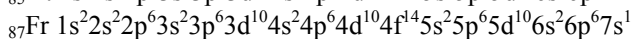
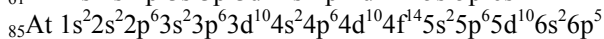
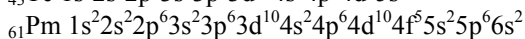
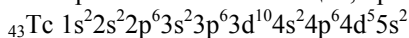
*Назовите известные вам искусственно полученные элементы, укажите их место в таблице периодической системы химических элементов Д.И. Менделеева и начертите схемы, от-*

*ражающие расположение электронов по орбиталиям в атомах этих элементов.*

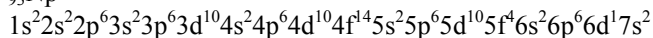
**Ответ:**

Не встречаются в природе и могут быть получены только искусственно технеций (№ 43), прометий (№ 61), астат (№ 85), франций (№ 87) и трансурановые элементы, то есть элементы находящиеся в периодической системе после урана (с номерами 93 и больше).

Электронные схемы технеция, прометия, астата и франция:



Электронная схема первого из трансурановых элементов – нептуния:



**Вопрос № 9**

*Объясните сущность понятия «валентность» с точки зрения современных представлений о строении атомов и образования химической связи.*

**Ответ:**

Валентность равна числу химических связей, которые атом данного элемента может образовать с атомами других элементов. В образовании химических связей участвуют электроны внешнего электронного уровня. Валентность можно определить также как число электронов, которые атом данного химического элемента может предоставить для образования химических связей с атомами других элементов.

**Вопрос № 10**

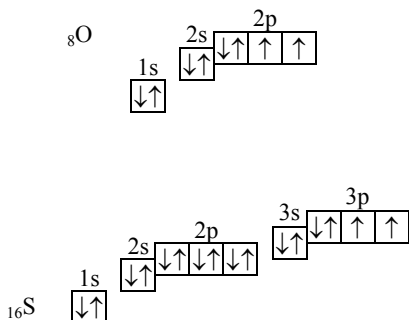
*Почему численное значение валентности не всегда совпадает с числом электронов на наружных энергетических уровнях?*



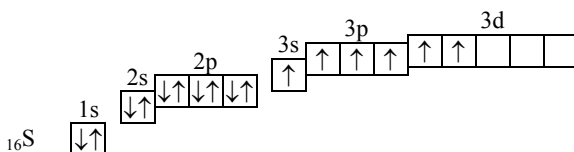
### Ответ:

Образование химических связей возможно при наличии в атоме неспаренных электронов. Во многих элементах не все электроны внешнего электронного уровня являются неспаренными.

Например, в атомах кислорода и серы по шесть электронов на внешнем уровне, но из них только два неспаренных:



Однако, в атоме серы на внешнем электронном уровне есть еще пустые 3d-орбитали, на которые могут переходить электроны с 3s- и 3p-орбиталей, в результате в атоме серы становится шесть неспаренных электронов:



Поэтому максимальная валентность серы равна шести, то есть совпадает с числом электронов на внешнем электронном уровне. В атоме кислорода на втором уровне нет d-орбиталей, поэтому нет возможности для распаривания электронов, и валентность кислорода не может быть больше двух, то есть не равна числу электронов на внешнем уровне.

### Вопрос № 11

*Почему максимальная валентность элементов 2-го периода не может превысить число 4?*

**Ответ:**

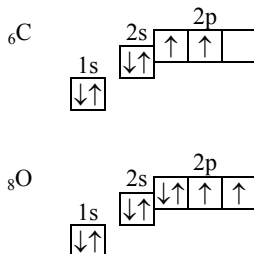
В атомах элементов второго периода может быть не более 4 неспаренных электронов, так как на втором электронном уровне есть одна s-орбиталь и три p-орбитали. Валентность равна числу неспаренных электронов, поэтому валентность элементов второго периода не может быть больше 4.

**Вопрос № 12**

*Составьте электронные схемы, отражающие валентность азота в азотной кислоте и валентность углерода и кислорода в оксиде углерода (II).*

**Ответ:**

а) Молекула оксида углерода. Строение электронных оболочек атомов углерода и кислорода:

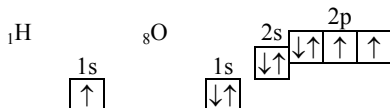


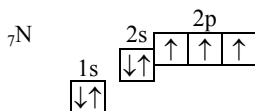
В молекуле оксида углерода две связи образованы за счет двух неспаренных электронов атома углерода и двух неспаренных электронов атома кислорода. У атома кислорода есть еще пара электронов на 2p-орбитали, а у атома углерода – свободная 2p-орбиталь. Пара электронов переходит от атома кислорода к атому углерода, образуют донорно-акцепторную связь. Электронную формулу оксида углерода (II) можно изобразить так:



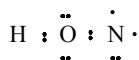
(стрелочкой обозначена донорно-акцепторная связь).

б) Молекула азотной кислоты. Электронные схемы атомов водорода, кислорода и азота:

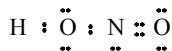




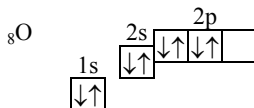
Атом водорода образует за счет единственного электрона связь с атомом кислорода. Второй электрон атома кислорода участвует в образовании связи с атомом азота:



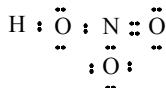
У атома азота остается два неспаренных электрона, и он образует две связи со вторым атомом кислорода:



У атома азота осталась еще электронная пара на 2s-орбитали. В третьем атоме кислорода происходит спаривание электронов, и образуется свободная орбиталь:



Пара электронов от атома азота переходит на освободившуюся орбиталь атома кислорода и образуется донорно-акцепторная связь:



### Вопрос № 13

*Почему по современным представлениям понятие о валентности неприменимо к ионным соединениям?*

#### Ответ:

Валентность равна числу образованных атомом связей и зависит от числа электронов на внешнем электронном уровне. Ионные соединения состоят из положительно и отрицательно заряженных ионов, которые удерживаются вместе силами электрического притяжения. В ионных соединениях число связей между ионами зави-

сит от строения кристаллической решетки, может быть различным и не связано с числом электронов на внешнем электронном уровне.

#### **Вопрос № 14**

*Какие закономерности наблюдаются в изменении атомных радиусов в периодах слева направо и при переходе от одного периода к другому?*

#### **Ответ:**

В периодах атомные радиусы уменьшаются слева направо. Это связано с тем, что заряд ядра увеличивается и электроны сильнее притягиваются к ядру, электронная оболочка как бы сжимается. В группах радиусы атомов увеличиваются сверху вниз, поскольку увеличивается число электронных оболочек.

#### **Вопрос № 15**

*Вспомните формулировку периодического закона, данную Д.И. Менделеевым, и современную формулировку этого закона. На конкретных примерах подтвердите, что периодически изменяются не только свойства химических элементов, но и формы и свойства их соединений.*

#### **Ответ:**

Формулировка периодического закона, данная Д.И. Менделеевым, гласила: свойства химических элементов находятся в периодической зависимости от атомных масс этих элементов. Современная формулировка гласит: свойства химических элементов находятся в периодической зависимости от заряда ядра этих элементов. Периодически изменяются также и свойства соединений химических элементов. Например, оксиды всех металлов главной подгруппы I группы ( $\text{Li}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Rb}_2\text{O}$ ,  $\text{Cs}_2\text{O}$ ) проявляют основные свойства, а оксиды всех элементов главной подгруппы IV группы ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{GeO}_2$ ,  $\text{SnO}_2$ ,  $\text{PbO}_2$ ) – кислотные свойства.

#### **Задача № 1**

*При полном сжигании 0,68 г неизвестного вещества получили 1,28 г оксида серы (IV) и 0,36 г воды. Найдите химическую формулу сжигаемого вещества.*

**Решение:**

Вычислим молярные массы воды и оксида серы (IV):

$$M(\text{H}_2\text{O}) = 1 \cdot 2 + 16 = 18 \text{ г/моль}$$

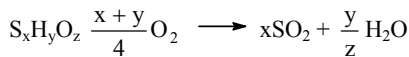
$$M(\text{SO}_2) = 32 + 16 \cdot 2 = 64 \text{ г/моль}$$

Вычислим количество вещества воды и оксида серы (IV), образовавшихся при сжигании вещества:

$$\nu(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}_2\text{O})} = \frac{0,36 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 0,02 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{SO}_2) = \frac{m(\text{SO}_2)}{M(\text{SO}_2)} = \frac{1,28 \text{ г}}{64 \text{ г/моль}} = 0,02 \text{ моль}$$

Т.к. в реакции получаются  $\text{SO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ , то в исходном веществе содержатся могут только S, H и O. Тогда исходное вещество можно схематично изобразить формулой  $\text{S}_x\text{H}_y\text{O}_z$ . Тогда уравнение реакции запишется



В 0,02 моль воды содержится  $0,02 \cdot 2 = 0,04$  моль атомов водорода. В 0,02 моль оксида серы содержится 0,02 моль атомов водорода. Вычислим массу водорода и серы в веществе:

$$m(\text{H}) = n(\text{H}) \cdot M(\text{H}) = 0,04 \text{ моль} \cdot 1 \text{ г/моль} = 0,04 \text{ г.}$$

$$m(\text{S}) = n(\text{S}) \cdot M(\text{S}) = 0,02 \text{ моль} \cdot 32 \text{ г/моль} = 0,64 \text{ г.}$$

Масса серы и водорода равна  $0,64 + 0,04 = 0,68$  г, то есть равна массе вещества, значит в веществе не содержится других элементов, кроме серы и водорода. На 0,04 моль водорода приходится 0,02 моль серы, то есть на 2 атома водорода приходится 1 атом серы, простейшая формула вещества  $\text{H}_2\text{S}$ , это сероводород.

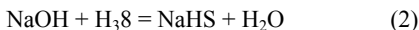
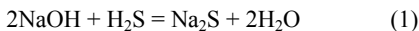
**Ответ:** сероводород  $\text{H}_2\text{S}$ .

**Задача № 2**

*Через раствор, содержащий 10 г гидроксида натрия, пропустили 20 г сероводорода. Какая соль образовалась при этом? Определите ее массу и количество.*

**Решение:**

Возможно образование двух солей – сульфида натрия по уравнению (1) и гидросульфида натрия по уравнению (2).



Вычислим молярные массы гидроксида натрия и сероводорода:

$$M(\text{NaOH}) = 23 + 16 + 1 = 40 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{H}_2\text{S}) = 1 \cdot 2 + 32 = 34 \text{ г/моль}$$

Вычислим количество вещества гидроксида натрия и сероводорода:

$$v(\text{NaOH}) = \frac{m(\text{NaOH})}{M(\text{NaOH})} = \frac{10 \text{ г}}{40 \text{ г/моль}} = 0,25 \text{ моль}$$

$$v(\text{H}_2\text{S}) = \frac{m(\text{H}_2\text{S})}{M(\text{H}_2\text{S})} = \frac{20 \text{ г}}{34 \text{ г/моль}} = 0,59 \text{ моль}$$

По уравнению (2) 1 моль гидроксида натрия реагирует с 1 моль сероводорода, значит для реакции с 0,59 моль сероводорода нужно 0,59 моль гидроксида натрия, а по условию взяли только 0,25 моль. Следовательно, сероводород взят в избытке, и образуется гидросульфид натрия, расчет ведем по гидроксиду натрия. Из 1 моль гидроксида натрия по уравнению образуется 1 моль гидросульфида натрия, следовательно из 0,25 моль гидроксида натрия получится 0,25 моль гидросульфида натрия.

Вычислим молярную массу гидросульфида натрия:

$$M(\text{NaHS}) = 23 + 1 + 32 = 56 \text{ г/моль}$$

Вычислим массу гидросульфида натрия:

$$m(\text{NaHS}) = v(\text{NaHS}) \cdot M(\text{NaHS}) = 0,25 \text{ моль} \cdot 56 \text{ г/моль} = 14 \text{ г.}$$

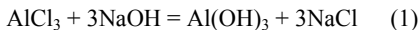
**Ответ:** получится 0,25 моль (14 г) гидросульфида натрия.

**Задача № 3**

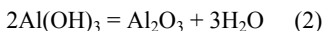
Сколько оксида алюминия в граммах можно получить из 100 г кристаллогидрата хлорида алюминия  $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ?

**Решение:**

При взаимодействии хлорида алюминия с гидроксидом натрия образуется гидроксид алюминия:



При прокаливании гидроксид алюминия разлагается с образованием оксида алюминия.



Вычислим молярную массу кристаллогидрата хлорида алюминия:

$$M(\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = 27 + 35,5 \cdot 3 + 6 \cdot (1 \cdot 2 + 16) = 241,5 \text{ г/моль}$$

Вычислим количество вещества кристаллогидрата хлорида алюминия:

$$v(\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O})}{M(\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O})} = \frac{100 \text{ г}}{241,5 \text{ г/моль}} = 0,414 \text{ моль}$$

Количество вещества хлорида алюминия, очевидно, равно количеству вещества кристаллогидрата. По уравнению (1) из 1 моль хлорида алюминия можно получить 1 моль гидроксида алюминия. По уравнению (2) из 2 моль гидроксида алюминия получится 1 моль оксида алюминия. Значит, для получения 1 моль оксида алюминия нужно 2 моль хлорида алюминия. Пусть из 0,414 моль хлорида алюминия получится  $x$  моль оксида алюминия. Составим пропорцию:

$$\frac{2}{1} = \frac{0,414}{x}, \quad x = \frac{0,414 \cdot 1}{2} = 0,207 \text{ моль}$$

Вычислим молярную массу оксида алюминия:

$$M(\text{Al}_2\text{O}_3) = 27 \cdot 2 + 16 \cdot 3 = 102 \text{ г/моль}$$

Вычислим массу оксида алюминия:

$$m(\text{Al}_2\text{O}_3) = v(\text{Al}_2\text{O}_3) \cdot M(\text{Al}_2\text{O}_3) = 0,207 \text{ моль} \cdot 102 \text{ г/моль} \approx 21,1 \text{ г.}$$

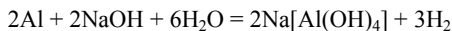
**Ответ:** можно получить 21,1 г оксида алюминия.

**Задача № 4**

*На 18 г технического алюминия действовали избытком раствора гидроксида натрия. При этом выделилось 21,4 л газа (н.у.). Определите процентное содержание примесей в техниче-*

ском алюминии, если известно, что в нем не содержалось других веществ, способных реагировать с гидроксидом натрия.

**Решение:**



Вычислим количество вещества выделившегося водорода:

$$v(\text{H}_2) = \frac{V(\text{H}_2)}{V_M} = \frac{21,4 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} \approx 0,956 \text{ моль}$$

По уравнению реакции при взаимодействии 2 моль алюминия со щелочью выделяется 3 моль водорода. Пусть при выделении 0,956 моль водорода в реакцию вступило  $x$  моль алюминия. Составим пропорцию:

$$\frac{2}{3} = \frac{x}{0,956}, \quad x = \frac{0,956 \cdot 2}{3} \approx 0,637 \text{ моль}$$

Молярная масса алюминия равна 27 г/моль. Вычислим массу прореагировавшего алюминия:

$$m(\text{Al}) = v(\text{Al}) \cdot M(\text{Al}) = 0,637 \text{ моль} \cdot 27 \text{ г/моль} = 17,2 \text{ г.}$$

Масса примесей равна  $18 \text{ г} - 17,2 \text{ г} = 0,8 \text{ г}$ . Массовая доля примесей равна  $0,8/18 = 0,044$ , или 4,4%.

**Ответ:** в техническом алюминии содержится 4,4% примесей.

## Глава III. Строение вещества

### Задачи к §§1–4 (стр. 84)

#### Вопрос № 1

*Охарактеризуйте сущность основных типов химической связи и примерами поясните зависимость свойств веществ от их строения.*

**Ответ:**

Если в состав соединения входят атомы элементов с одинаковой или не сильно отличающейся электроотрицательностью, то образуется ковалентная связь. В случае, если химическая связь образуется между атомами одного элемента, общие электроны при-



тягиваются к каждому из атомов с одинаковой силой и располагаются на одинаковом расстоянии от каждого из атомов. Такая ковалентная связь называется неполярной. неполярная ковалентная связь существует в молекулах водорода  $H_2$ , кислорода  $O_2$ , азота  $N_2$  и в молекулах газообразных простых веществ.

Если же в образовании ковалентной связи принимают участие два разных атома, то общая электронная пара притягивается к одному из атомов сильнее, чем к другому. Поэтому общие для двух атомов электроны смещены к одному из атомов. Такая ковалентная связь называется полярной. В качестве примеров соединений с полярной ковалентной связью можно привести воду  $H_2O$ , хлороводород  $HCl$ , аммиак  $NH_3$ , сероводород  $H_2S$ .

Если разница в электроотрицательности атомов, образующих химическую связь, велика, то электроны, участвующие в образовании химической связи, полностью переходят от атома с меньшей электроотрицательностью к атому с большей электроотрицательностью. Такая химическая связь называется ионной.

Примеры соединений с ионной связью – хлорид натрия  $NaCl$ , фторид кальция  $CaF_2$ .

Соединения с ионной связью обычно имеют высокие температуры плавления, а соединения с ковалентной связью – низкие.

## **Вопрос № 2**

*Даны вещества: хлорид калия, хлороводород, кислород, этанол. Чем отличаются эти вещества по своему строению и типам связи?*

## **Ответ:**

Кристаллическая решетка хлорида калия состоит из ионов  $K^+$  и  $Cl^-$ . Хлорид калия относится к веществам с ионной химической связью.

В молекуле кислорода атомы кислорода соединены неполярной ковалентной связью. В молекуле хлороводорода атомы водорода и хлора соединены полярной ковалентной связью. В молекуле этанола все связи в молекуле – полярные ковалентные.

### **Вопрос № 3**

*Приведите примеры образования органических и неорганических веществ на основе  $sp$ -  $sp^2$ -,  $sp^3$ -гибридизации.*

#### **Ответ:**

Неорганические вещества: примером соединения с  $sp$ -гибридизацией может служить фторид бериллия  $BeF_2$ , соединения с  $sp^2$ -гибридизацией – фторид бора  $BF_3$ , соединений с  $sp^3$ -гибридизацией – вода и аммиак.

Органические вещества. В молекуле этана атомы углерода находятся в состоянии  $sp^3$ -гибридизации, в молекуле этилена в состоянии  $sp^2$ -гибридизации и в молекуле ацетилена – в состоянии  $sp$ -гибридизации.

### **Вопрос № 4**

*Что общего и чем отличаются по своему строению молекулы метана, аммиака и воды?*

#### **Ответ:**

В молекулах аммиака, воды и метана центральный атом находится в состоянии  $sp^3$ -гибридизации. Однако у атома углерода в молекуле метана в образовании связей участвуют все четыре гибридные орбитали. В молекуле аммиака в образовании связей участвует только три гибридные орбитали, а на четвертой орбитали находится неподеленная электронная пара. В молекуле воды же в образовании связей участвует две гибридные орбитали, а на двух орбиталях находятся неподеленные электронные пары. За счет того, что между орбиталями, участвующими в образовании связей, и орбиталями, занятыми свободными электронными парами, действуют силы отталкивания, угол между связями в молекуле уменьшается от метана к аммиаку и еще больше – к воде.

### **Вопрос № 5**

*Примерами поясните зависимость свойств веществ от типа кристаллических решеток*

**Ответ:**

Вещества с ионными кристаллическими решетками обычно имеют высокие температуры плавления, например хлорид калия KCl, сульфат натрия  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , оксид алюминия  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Вещества с атомными кристаллическими решетками также обычно имеют высокие температуры плавления (например, углерод в виде графита или алмаза, кремний).

**Вопрос № 6**

*Приведите примеры дисперсных систем и укажите их сходные и отличительные свойства.*

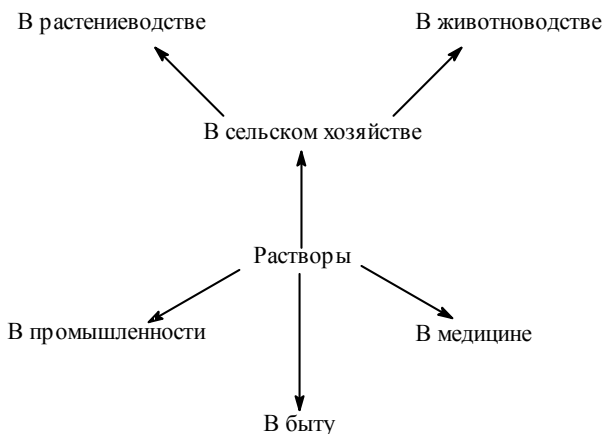
**Ответ:**

1) Дисперсные системы различаются по степени измельчения вещества. Растворы хлорида натрия или этилового спирта в воде являются примерами истинных растворов. Они прозрачны, отдельных частиц в них нельзя обнаружить даже с помощью микроскопа. Раствор белка в воде – коллоидный раствор. Коллоидные растворы прозрачны, но рассеивают свет – при пропускании света через прозрачный сосуд с раствором можно наблюдать светящийся конус. С помощью специального микроскопа в коллоидных растворах можно обнаружить отдельные частицы. Смесь глины с водой может служить примером грубодисперсной системы. Она непрозрачна, и отдельные частицы можно обнаружить при помощи обычного микроскопа.

2) Дисперсные системы различаются по тому, в каком агрегатном состоянии находятся дисперсные частицы и в какой среде они распределены. Например, в суспензиях твердые частицы находятся в жидкой среде. В эмульсиях мельчайшие капельки одной жидкости распределены в другой. Примером эмульсии может служить молоко, в котором капельки жира распределены в воде. В аэрозолях твердые или жидкие частицы распределены в газообразной среде, примером могут служить дым и туман.

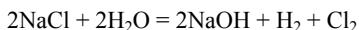
**Вопрос № 7**

*На основе своего практического и жизненного опыта приведите конкретные примеры применения растворов согласно схеме:*



**Ответ:**

В промышленности многие реакции проводят в растворах. Например, при электролизе раствора хлорида натрия получают гидроксид натрия и хлор:



В медицине лекарства часто применяют в виде растворов. В быту растворы образуются при приготовлении пищи. В сельском хозяйстве удобрения часто применяют в виде растворов. Животным дают специальные подкормки в растворенном виде.

**Вопрос № 8**

*Охарактеризуйте коллоидные растворы. Чем они отличаются от истинных растворов?*

**Ответ:**

Истинные растворы прозрачны, в них нельзя обнаружить отдельных частиц даже при помощи микроскопа. Коллоидные растворы прозрачны, но рассеивают свет – при пропускании света через прозрачный сосуд с раствором можно наблюдать светящийся конус. С помощью специального микроскопа в коллоидных растворах можно обнаружить отдельные частицы.

### **Вопрос № 9**

*Каково строение коллоидных частиц? Чем такое строение объясняется и как оно отражается на свойствах коллоидных растворов?*

#### **Ответ:**

В коллоидных растворах вещества находятся в виде частиц размером 1–100 нм. Присутствие коллоидных частиц в растворе можно обнаружить по рассеиванию света. Коллоидные частицы адсорбируют на поверхности ионы, находящиеся в растворе. Поэтому коллоидные частицы оказываются одноименно заряженными и не слипаются друг с другом (одноименные заряды отталкиваются).

### **Вопрос № 10**

*Каково значение коллоидных растворов?*

#### **Ответ:**

Коллоидные растворы широко распространены в природе. Кровь, лимфа, внутриклеточные жидкости в организме являются коллоидными растворами белков и других веществ. Коллоидными растворами являются клеи и краски. Иногда в коллоидных растворах происходит слипание частиц (коагуляция), при этом образуются гели – студенистые вещества. Примером геля могут служить фотографическая эмульсия, применяемая для изготовления фотопленок и фотобумаг, а также такие продукты, как студень, мармелад.

### **Задача № 1**

*К 200 г раствора, содержащего 40% нитрата калия, добавили 800 мл воды. Определите массовую долю и процент содержания нитрата калия в полученном растворе*

#### **Решение:**

Вычислим массу нитрата калия в исходном растворе:

$$m(\text{KNO}_3) = c_1(\text{KNO}_3) \cdot m(\text{раствора}) = 0,4 \cdot 200 \text{ г} = 80 \text{ г}.$$

Плотность воды равна 1 г/мл, значит масса добавленной воды равна 800 г. Масса раствора равна 200 г + 800 г = 1000 г. Вычислим массовую долю нитрата калия в полученном растворе:

$$c_2(\text{KNO}_3) = \frac{m(\text{KNO}_3)}{m(\text{раствора})} = \frac{80 \text{ г}}{1000 \text{ г}} = 0,08$$

**Ответ:** массовая доля нитрата калия равна 0,08 или 8%.

### Задача № 2

*В какой массе воды нужно растворить 27,8 г кристаллогидрата сульфата железа (II)  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , чтобы получить 3,8%-ный раствор сульфата железа (II)  $\text{FeSO}_4$ ?*

#### Решение:

Вычислим молярные массы сульфата железа и его кристаллогидрата:

$$M(\text{FeSO}_4) = 56 + 32 + 164 = 152 \text{ г/моль.}$$

$$\begin{aligned} M(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) &= M(\text{FeSO}_4) + 7 \cdot M(\text{H}_2\text{O}) = \\ &= 152 + 7 \cdot (1 \cdot 2 + 16) = 278 \text{ г/моль.} \end{aligned}$$

Вычислим количество вещества кристаллогидрата:

$$\nu(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O})}{M(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O})} = \frac{27,8 \text{ г}}{278 \text{ г/моль}} = 0,1 \text{ моль}$$

В 1 моль кристаллогидрата содержится 1 моль сульфата железа, значит в 0,1 моль кристаллогидрата содержится 0,1 моль сульфата железа. Вычислим массу сульфата железа:

$$m(\text{FeSO}_4) = \nu(\text{FeSO}_4) \cdot M(\text{FeSO}_4) = 0,1 \text{ моль} \cdot 152 \text{ г/моль} = 15,2 \text{ г.}$$

Пусть для получения раствора с массовой долей 3,8%, или 0,038, нужно прибавить к кристаллогидрату сульфата железа  $x$  г воды. Масса раствора будет равна 27,8 +  $x$  г, а масса растворенного вещества (сульфата железа) – 15,2 г. Составим уравнение:

$$c(\text{FeSO}_4) = \frac{m(\text{FeSO}_4)}{m(\text{раствора})} = \frac{15,2 \text{ г}}{27,8 + x \text{ г}} = 0,038$$

Отсюда

$$0,038 \cdot (27,8 + x) = 15,2,$$

$$1,0564 + 0,038x = 15,2$$

$$0,038x = 14,1436$$

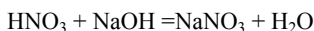
$$x = 372,2$$

**Ответ:** нужно растворить кристаллогидрат в 372,2 мл воды.

### Задача № 3

*К раствору, содержащему 12,6 г азотной кислоты, добавили раствор, содержащий 7,2 г гидроксида натрия. Сколько гидроксида по массе потребуется для полной нейтрализации?*

**Решение:**



Вычислим молярную массу азотной кислоты и гидроксида натрия:

$$M(\text{HNO}_3) = 1 + 14 + 16 \cdot 3 = 63 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{NaOH}) = 23 + 16 + 1 = 40 \text{ г/моль}$$

Вычислим количество вещества азотной кислоты и гидроксида натрия:

$$v(\text{HNO}_3) = \frac{m(\text{HNO}_3)}{M(\text{HNO}_3)} = \frac{12,6 \text{ г}}{63 \text{ г/моль}} = 0,2 \text{ моль}$$

$$v(\text{NaOH}) = \frac{m(\text{NaOH})}{M(\text{NaOH})} = \frac{7,2 \text{ г}}{40 \text{ г/моль}} = 0,18 \text{ моль}$$

По уравнению реакции 1 моль азотной кислоты реагирует с 1 моль гидроксида натрия, следовательно 0,18 моль гидроксида натрия нейтрализуют 0,18 моль азотной кислоты. Всего же в растворе находится 0,2 моль азотной кислоты, то есть  $0,2 - 0,18 = 0,02$  моль азотной кислоты не прореагирует и для ее нейтрализации нужно дополнительно прибавить еще 0,02 моль гидроксида натрия.

Вычислим массу гидроксида натрия:

$$m(\text{NaOH}) = v(\text{NaOH}) \cdot M(\text{NaOH}) = 0,02 \text{ моль} \cdot 40 \text{ г/моль} = 0,8 \text{ г.}$$

**Ответ:** для полной нейтрализации кислоты нужно еще 0,8 г гидроксида натрия.

## Глава IV. Химические реакции

### Задачи к §§1, 2 (стр. 93)

#### Вопрос № 1

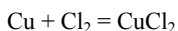
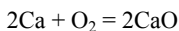
*Охарактеризуйте основные типы химических реакций по их важнейшим признакам. Приведите примеры.*

#### Ответ:

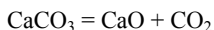
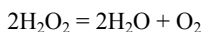
Химические реакции можно разделить по следующим признакам:

а) По составу исходных веществ и продуктов реакции.

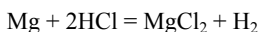
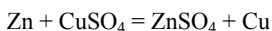
1) Реакции соединения (из нескольких простых или сложных веществ образуется одно сложное)



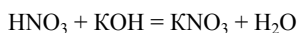
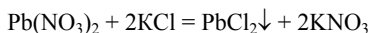
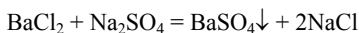
2) Реакции разложения (из одного сложного вещества образуется несколько простых или сложных)



3) Реакции замещения (из простого и сложного вещества образуется простое и сложное)

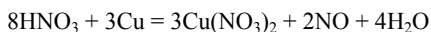


4) Реакции обмена (из двух сложных веществ образуется два сложных)

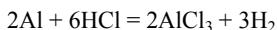


б) По изменению степени окисления элементов в ходе реакции.

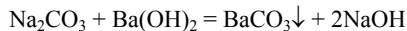
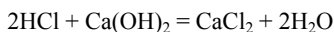
1) Окислительно-восстановительные реакции.





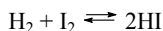
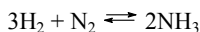


2) Реакции, в которых степень окисления не изменяется.

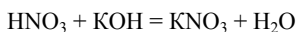


в) По обратимости.

1) Обратимые (равновесные) реакции.

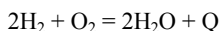


2) Необратимые реакции.

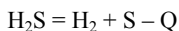


г) По тепловому эффекту.

1) Экзотермические реакции (протекающие с выделением тепла)

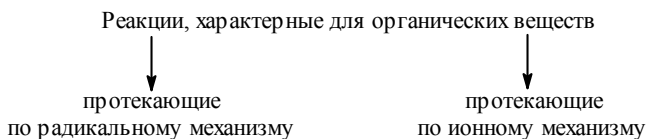
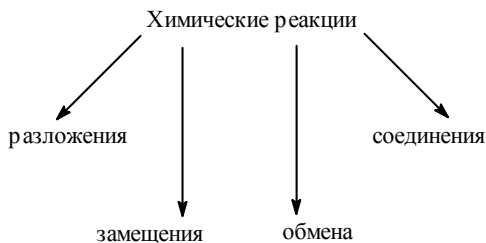


2) Эндотермические реакции (протекающие с поглощением тепла).



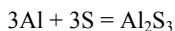
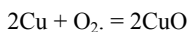
## Вопрос № 2

*Согласно схеме, приведите по два примера реакций разложения, соединения, замещения, кроме указанных в ней. Напишите уравнения этих реакций. В уравнениях окислительно-восстановительных реакций проставьте степени окисления и покажите переход электронов.*

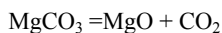
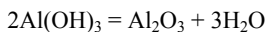


**Ответ:**

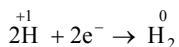
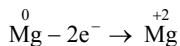
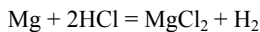
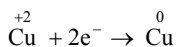
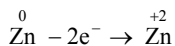
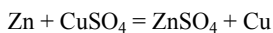
1) Реакции соединения.



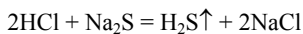
2) Реакции разложения.

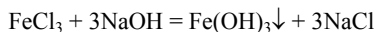


3) Реакции замещения.

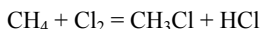
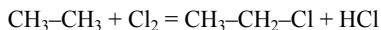


4) Реакции обмена.

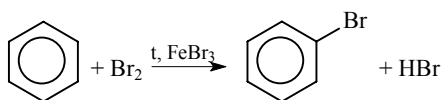
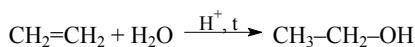
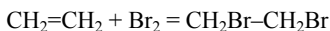




5) Органические реакции, протекающие по радикальному механизму.



6) Органические реакции, протекающие по ионному механизму.

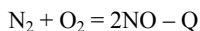
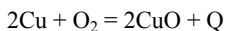


### Вопрос № 3

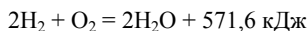
На конкретных примерах поясните, что означают понятия «тепловой эффект реакции», «теплота образования» и «теплота сгорания».

#### Ответ:

Тепловым эффектом реакции называется количество выделяющейся или поглощающейся при реакции теплоты.

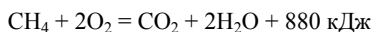


Теплотой образования называется количество теплоты, выделяющейся при образовании 1 моль вещества. Например, тепловой эффект реакции водорода с кислородом равен 571,6 кДж.



В реакции образуется 2 моль воды, значит теплота образования воды равна  $571,6/2 \text{ кДж} = 285,8 \text{ кДж}$ .

Теплотой сгорания вещества называется теплота, выделяющаяся при сгорании 1 моль вещества.



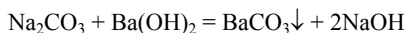
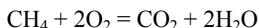
#### Вопрос № 4

Какие реакции называются обратимыми и какие – необратимыми? Приведите конкретные примеры.

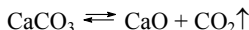
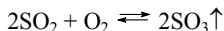
#### Ответ:

Обратимыми называются реакции, которые могут протекать как в прямом, так и в обратном направлении. Необратимыми называют реакции, протекающие до конца, то есть до тех пор, пока полностью не израсходуется одно из исходных веществ.

Необратимые реакции:



Обратимые реакции:



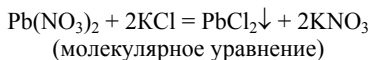
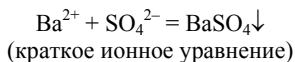
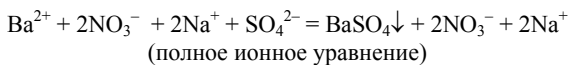
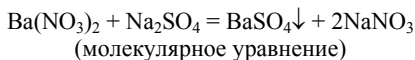
#### Вопрос № 5

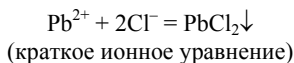
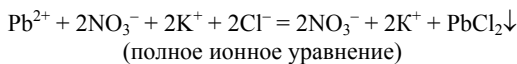
При каких условиях ионные реакции протекают до конца? Приведите в каждом случае по два примера и составьте уравнения этих реакций в молекулярном, полном и сокращенном ионном виде.

#### Ответ:

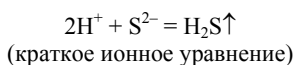
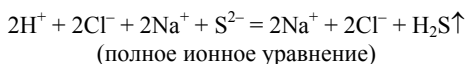
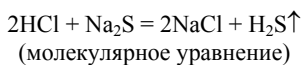
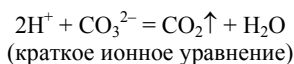
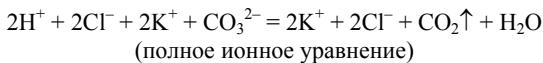
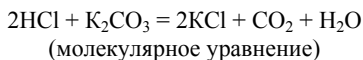
Ионные реакции протекают до конца при следующих условиях:

1) Образуется осадок.

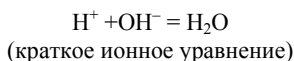
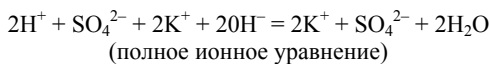
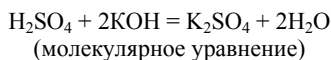
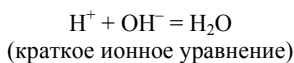
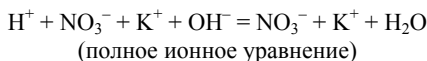
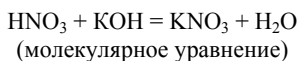




2) Выделяется газ.



3) Образуется малодиссоциированное соединение.



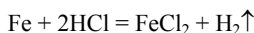
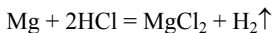
### Вопрос № 6

*На конкретных примерах укажите основные факторы, влияющие на скорость химических реакций.*

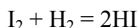
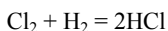
**Ответ:**

1) Скорость реакции зависит от природы реагирующих веществ.

Металлы реагируют с соляной кислотой с различной скоростью: магний реагирует быстрее железа, а медь не реагирует вовсе (за скоростью реакции легко следить по выделению пузырьков водорода).

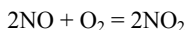


Галогены реагируют с водородом с различной скоростью, например хлор быстрее йода:



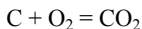
2) Для веществ в растворенном состоянии и газов скорость реакции зависит от концентрации реагирующих веществ.

Оксид азота (II) реагирует с чистым кислородом быстрее, чем с воздухом, в котором кислорода около 20% (за изменением скорости реакции легко наблюдать, так как исходные вещества бесцветны, а оксид азота (IV) окрашен в коричневый цвет).

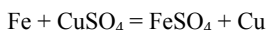


3) Для веществ в твердом состоянии скорость реакции прямо пропорциональна поверхности реагирующих веществ.

Чем сильнее измельчено твердое вещество, тем больше его поверхность. Уголь в виде больших кусков сгорает в печи медленнее, чем измельченный:

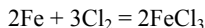


Железные опилки реагируют с раствором сульфата меди быстрее, чем железная пластинка такой же массы:

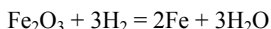


4) При повышении температуры на каждые 10°C скорость большинства реакций увеличивается в 2–4 раза.

Железо при обычной температуре реагирует с хлором очень медленно, при высокой же температуре протекает бурная реакция (железо горит в хлоре):

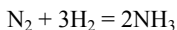


Водород восстанавливает оксиды металлов при нагревании, при комнатной температуре эта реакция не идет.

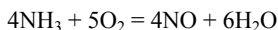


5) Скорость реакции зависит от присутствия некоторых веществ (катализаторов и ингибиторов).

Реакция синтеза аммиака из азота и водорода протекает только в присутствии катализаторов (железа со специальными добавками):



Реакция окисления аммиака также протекает только в присутствии катализатора (платины):



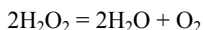
### **Вопрос № 7**

*Почему катализаторы увеличивают скорость химических реакций? Приведите конкретные примеры.*

#### **Ответ:**

Катализаторы образуют промежуточные соединения с реагирующими веществами. Затем эти соединения быстро превращаются в продукты реакции.

Например, известно что оксид марганца (IV) ускоряет реакцию разложения перекиси водорода:



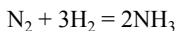
Оксид марганца образует промежуточное соединение с перекисью водорода, которое разлагается на кислород и воду легче, чем сама перекись водорода. При этом также вновь образуется оксид марганца, поэтому по окончании реакции количество оксида марганца не изменяется.

### Вопрос № 8

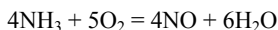
Из курсов неорганической и органической химии приведите три-четыре примера каталитических реакций.

#### Ответ:

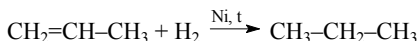
Реакция синтеза аммиака из азота и водорода протекает только в присутствии катализаторов (железа со специальными добавками):



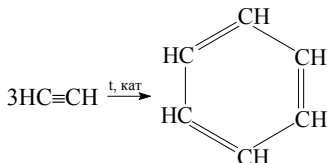
Реакция окисления аммиака также протекает только в присутствии катализатора (платины):



Гидрирование непредельных углеводородов протекает в присутствии катализатора – никеля или платины.



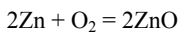
Реакция тримеризации ацетилена с образованием бензола протекает в присутствии катализатора – активированного угля:



### Задача № 1

При сгорании 3,27 г цинка выделилось 174 кДж. Вычислите теплоту образования оксида цинка (тепловой эффект).

#### Решение:



Молярная масса цинка равна 65 г/моль. Вычислим количество вещества цинка:

$$\nu(\text{Zn}) = \frac{m(\text{Zn})}{M(\text{Zn})} = \frac{3,27 \text{ г}}{65 \text{ г/моль}} \approx 0,05 \text{ моль}$$

По уравнению реакции из 2 моль цинка образуется 2 моль оксида цинка, значит из 0,05 моль цинка образуется 0,05 моль оксида



цинка. Теплотой образования называется количество теплоты, выделяющееся при образовании 1 моль вещества. При образовании 0,05 моль выделилось 174 кДж тепла. Пусть при образовании 1 моль выделится  $x$  кДж тепла. Составим пропорцию:

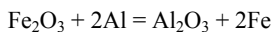
$$\frac{0,05}{174} = \frac{1}{x}, \quad x = \frac{174 \cdot 1}{0,05} = 3480 \text{ кДж}$$

**Ответ:** теплота образования оксида цинка равна 3480 кДж.

### Задача № 2

*При восстановлении железа из 100 г оксида железа (III) алюминием выделилось 476,0 кДж. Определите тепловой эффект этой реакции.*

**Решение:**



Вычислим молярную массу оксида железа (III):

$$M(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 56 \cdot 2 + 16 \cdot 3 = 160 \text{ г/моль.}$$

Вычислим количество вещества оксида железа (III):

$$\nu(\text{Fe}_2\text{O}_3) = \frac{m(\text{Fe}_2\text{O}_3)}{M(\text{Fe}_2\text{O}_3)} = \frac{100 \text{ г}}{160 \text{ г/моль}} = 0,625 \text{ моль}$$

Тепловой эффект реакции равен количеству тепла, выделяющегося при восстановлении 1 моль оксида железа (III). При восстановлении 0,625 моль оксида железа (III) выделилось 476 кДж тепла. Пусть при восстановлении 1 моль оксида железа (III) выделится  $x$  кДж тепла. Составим пропорцию:

$$\frac{0,625}{476} = \frac{1}{x}, \quad x = \frac{476 \cdot 1}{0,625} = 761,6 \text{ кДж}$$

**Ответ:** тепловой эффект реакции равен 761,6 кДж.

## Глава V. Металлы

### Задачи к §§1-10 (стр. 120)

#### Вопрос № 1

*Чем отличается строение атомов металлов от строения атомов неметаллов и как это отражается на их химических свойствах?*

#### Ответ:

Атомы большинства неметаллов имеют 4 и более электрона на внешней электронной оболочке, у атомов металлов же на внешней оболочке находится от одного до трех электронов. Поэтому атомы металлов в реакциях обычно теряют электроны и проявляют, таким образом, восстановительные свойства.

#### Вопрос № 2

*Руководствуясь строением атомов, охарактеризуйте общие и отличительные физические свойства типичных металлов. Приведите примеры.*

#### Ответ:

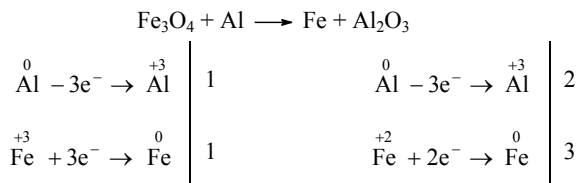
Все металлы – твердые (кроме ртути) и все они имеют металлический блеск. Все металлы в твердом состоянии являются хорошими проводниками тепла и электрического тока. Это объясняется тем, что в металлах существует так называемая металлическая связь: кристаллическая решетка образована частично положительно заряженными ионами и частично – нейтральными атомами, а оторвавшиеся от атомов электроны свободно перемещаются по кристаллу. Свободно перемещающиеся электроны обеспечивают хорошую электропроводность (для того, чтобы вещество могло проводить электрический ток, в нем должны существовать свободные заряженные частицы). Атомы и ионы, образующие кристаллическую решетку металлов, слабо связаны между собой, отдельные части кристалла легко перемещаются, сдвигаются относительно друг друга, поэтому большинство металлов пластичны.

С другой стороны, свойства отдельных металлов сильно отличаются. Некоторые металлы имеют очень высокие температуры плавления (вольфрам, молибден, ниобий), а некоторые очень низкие (ртуть жидкая при комнатной температуре, галлий плавится при 30°C). Некоторые металлы имеют высокую твердость (вольфрам, платина, хром), иные настолько мягки, что легко режутся ножом (щелочные металлы). Сильно различается плотность металлов. Самая малая плотность у щелочных металлов, очень высокую плотность имеют золото, платина, вольфрам.

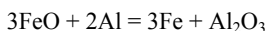
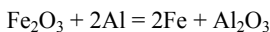
### Вопрос № 3

*Из оксида железа  $Fe_3O_4$  можно получить железо алюмини-термическим способом. Составьте уравнение этой реакции и покажите переход электронов.*

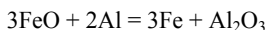
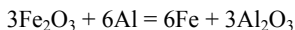
**Ответ:**



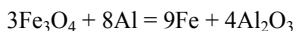
Для облегчения расстановки коэффициентов применим здесь следующий прием: запишем отдельно уравнения восстановления оксида железа (II) и оксида железа (III):



Поскольку в оксиде железа  $Fe_3O_4$  ( $FeO \cdot Fe_2O_3$ ) на 1 атом железа в степени окисления +2 приходится 2 атома железа в степени окисления +3, умножим первое уравнение на 3:



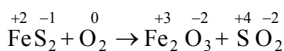
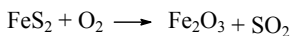
Сложив вместе оба уравнения, получим:



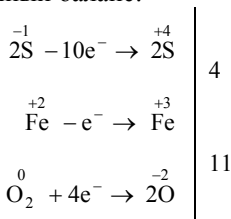
#### Вопрос № 4

Составьте уравнения реакций, при помощи которых можно получить железо из пирита  $FeS_2$ . Проставьте степени окисления и покажите переход электронов.

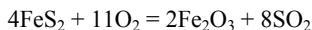
**Ответ:**



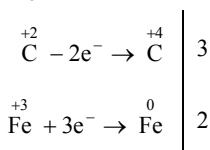
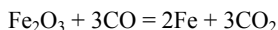
Составим электронный баланс:



(при расстановке коэффициентов учтем, что железо и кислород отдают всего  $10 + 1 = 11$  электронов).



Из оксида железа (III) можно получить железо при восстановлении, например, оксидом углерода (II).



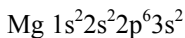
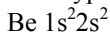
Окислителем является железо, восстановителем – углерод.

#### Вопрос № 5

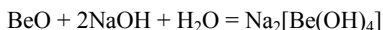
Бериллий  $Be$  и магний  $Mg$  находятся в одной группе периодической системы химических элементов Д.И. Менделеева, однако химические свойства у металлов бериллия и магния весьма различны. Поясните почему. Свой ответ подтвердите уравнениями соответствующих реакций. Охарактеризуйте применение бериллия и магния.

**Ответ:**

У бериллия и магния одинаковое строение внешнего электронного уровня:



Однако у атома бериллия радиус намного меньше, и электроны сильнее притягиваются к ядру. В связи бериллий проявляет некоторые свойства, характерные для неметаллов. Например, оксид и гидроксид бериллия реагируют со щелочами с образованием солей:



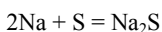
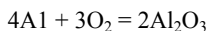
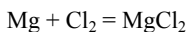
Магний благодаря малой плотности применяется для изготовления легких сплавов. Бериллий обладает свойством отражать нейтроны и поэтому применяется в атомной технике. Кроме того, бериллий входит в состав некоторых специальных сплавов, например, для изготовления пружин.

**Вопрос № 6**

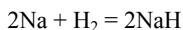
*Какими общими химическими свойствами обладают все металлы главных подгрупп, почему? Ответ подтвердите уравнения соответствующих реакций.*

**Ответ:**

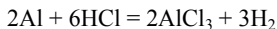
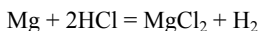
Все металлы главных подгрупп проявляют восстановительные свойства. Это объясняется тем, что на внешнем электронном уровне атомов металлов находится от одного до трех электронов, а радиус атома велик по сравнению с атомами неметаллов. Поэтому металлы легко теряют электроны. Все металлы главных подгрупп реагируют с галогенами, кислородом, серой:



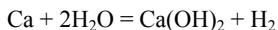
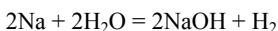
Наиболее активные металлы реагируют с водородом с образованием гидридов:



Все металлы главных подгрупп реагирует с кислотами с выделением водорода:



Наиболее активные металлы реагируют с водой:



### **Вопрос № 7**

*На основании каких свойств составлен электрохимический ряд напряжений металлов? Почему ему дано такое название? (При ответе используйте знания из курсов физики и неорганической химии).*

#### **Ответ:**

Экспериментально можно определить положение металла в ряду следующим образом: если собрать гальванический элемент из двух различных металлов, то более активный будет растворяться (окисляться). При этом возникнет электрический ток, направленный от более активного металла, теряющего электроны, к менее активному, и возникнет разность потенциалов (напряжение). Напряжение будет тем больше, чем больше различается активность металлов, то есть чем дальше они отстоят друг от друга в ряду активности. Собирая гальванические элементы из различных металлов и определяя направление тока и величину напряжения, можно расположить все металлы в ряд соответственно их активности. Поскольку составление ряда основано на измерении величины возникающего напряжения, то ряд обычно называют рядом напряжений.

### **Вопрос № 8**

*Какие из металлов главных подгрупп имеют наибольшее значение в современной технике? Охарактеризуйте их свойства и применение.*

**Ответ:**

Наиболее широко применяется алюминий. Плотность алюминия намного меньше плотности железа, а сплавы на основе алюминия обладают высокой прочностью. Поэтому алюминий применяется (в виде сплавов, в основном дюралюминия) в машиностроении для изготовления деталей автомобилей, самолетов и т.п. Алюминий имеет высокую электропроводность и применяется для изготовления электрических проводов.

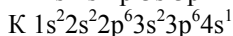
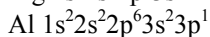
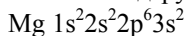
Магний благодаря малой плотности применяется для изготовления легких сплавов. Натрий, калий, кальций и магний проявляют свойства сильных восстановителей и поэтому применяются для восстановления других металлов из их соединений. Бериллий обладает свойством отражать нейтроны и поэтому применяется в атомной технике. Кроме того, бериллий входит в состав некоторых специальных сплавов, например, для изготовления пружин.

**Вопрос № 9**

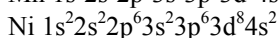
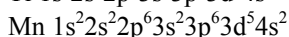
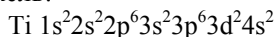
*На конкретных примерах поясните, чем отличается строение атомов элементов побочных подгрупп от строения атомов элементов главных подгрупп.*

**Ответ:**

В металлах главных групп происходит заполнение электронами s- и p-орбиталей наружного электронного уровня. В металлах побочных подгрупп происходит заполнение электронами d-подуровня предпоследнего электронного уровня. Примеры металлов главных подгрупп – магний, алюминий, калий:

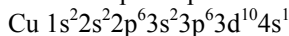
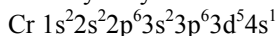


Примеры металлов побочных подгрупп – титан, марганец, никель:



Кроме того, у некоторых металлов побочных подгрупп происходит переход электронов с s-орбиталей внешнего электронного

уровня на d-орбитали предпоследнего электронного уровня. Примером могут служить атомы хрома и меди:

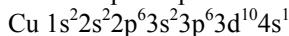
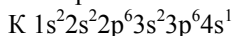


### Вопрос № 10

*Сравните свойства элементов главной и побочной подгрупп I группы. На основании строения атома и свойств меди и калия поясните, в чем проявляются сходство и отличие элементов главной и побочной подгрупп I группы.*

#### Ответ:

Электронные схемы атомов калия и меди:



Металлы побочных подгрупп проявляют восстановительные свойства, но более слабые, чем металлы главных подгрупп. Это связано с тем, что при заполнении d-орбиталей предпоследнего электронного уровня происходит уменьшение радиуса атомов по сравнению с металлами главных подгрупп, и электроны внешнего электронного уровня сильнее притягиваются к ядру.

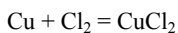
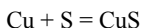
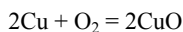
### Вопрос № 11

*Охарактеризуйте свойства и применение меди. Приведите соответствующие уравнения реакций.*

#### Ответ:

**Физические свойства.** Металл красноватого цвета, температура плавления 1083 °С, плотность 11,3 г/см<sup>3</sup>. Очень хороший проводник тепла и электрического тока.

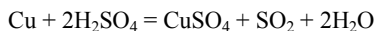
**Химические свойства.** При нагревании реагирует с кислородом, серой, галогенами.



Медь в ряду напряжений находится правее водорода, поэтому не реагирует с кислотами с выделением водорода. Однако при на-



гревании медь реагирует с концентрированной серной и азотной кислотами, проявляя восстановительные свойства.



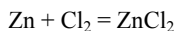
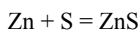
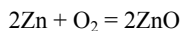
**Применение.** Медь обладает высокой электропроводностью и поэтому широко применяется в электротехнике для изготовления проводов, контактов, обмоток трансформаторов и электродвигателей и т.п. Медь входит в состав многих сплавов (бронза, латунь), применяемых в машиностроении.

### Вопрос № 12

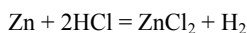
*Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства цинка как представителя побочной подгруппы II группы, и поясните, для каких целей используют цинк.*

#### Ответ:

**Химические свойства.** При повышенной температуре цинк реагирует с кислородом, серой, галогенами.



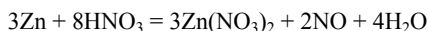
Цинк реагирует с кислотами с выделением водорода:



С концентрированной серной кислотой цинк реагирует с выделением оксида серы (IV):



С концентрированной азотной кислотой цинк реагирует с выделением оксида азота (IV), а с 30%-ной азотной кислотой – с выделением оксида азота (II).



**Применение.** Цинк применяется для защиты железа от коррозии. Сплав меди с цинком (латунь) применяют в машиностроении.

### Вопрос № 13

*На основании чего можно утверждать, что титан является одним из важнейших металлов в современной технике?*

#### Ответ:

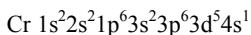
Титан обладает высокой прочностью, высокой температурой плавления, устойчив к действию кислорода. Поэтому его широко применяют для изготовления деталей самолетов, ракет, космических летательных аппаратов, кораблей, химической аппаратуры.

### Вопрос № 14

*Какие степени окисления характерны для хрома в его соединениях? Приведите примеры. Составьте схему размещения электронов по орбиталям в атоме хрома.*

#### Ответ:

Схема размещения электронов в атоме хрома:



Хром в соединениях чаще всего проявляет степени окисления +3 и +6. Примеры соединений хрома со степенью окисления +3 – оксид хрома (III)  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , хлорид хрома (III)  $\text{CrCl}_3$ , сульфат хрома (III)  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ .

Примеры соединений хрома со степенью окисления +6: оксид хрома (VI)  $\text{CrO}_3$ , хромовая кислота  $\text{H}_2\text{CrO}_4$ , хромат натрия  $\text{Na}_2\text{CrO}_4$ , бихромат калия  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ .

### Вопрос № 15

*Назовите области применения хрома.*

#### Ответ:

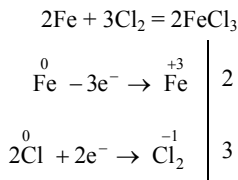
Хром применяют для защиты железа от коррозии (хромирование). Хром входит в состав нержавеющей стали, так называемой быстрорежущей стали для изготовления металлорежущих инструментов (резцы, сверла и т. п.).

### Вопрос № 16

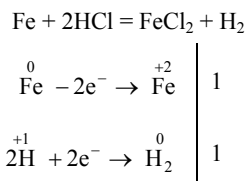
*Составьте уравнения реакций железа с простыми и сложными веществами. Покажите переход электронов и поясните, что*

окисляется и что восстанавливается, что является окислителем и что восстановителем.

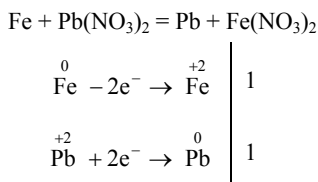
**Ответ:**



Окислителем является хлор, восстановителем – железо.



Окислителем является водород, восстановителем – железо.



Окислителем является свинец, восстановителем – железо.

### Вопрос № 17

*Почему применение чистого железа ограничено?*

**Ответ:**

Чистое железо малопрочно для изготовления инструментов, деталей машин и т.д., потому что оно слишком мягкое. Основные сплавы железа – чугуны и стали. В них основной компонент, помимо железа – углерод.

### Вопрос № 18

*Что такое сплавы и как их классифицируют?*

**Ответ:**

Сплавами называют системы из нескольких металлов или неметаллов, обладающие характерными свойствами металлов.

Сплавы классифицируют:

- 1) По числу компонентов – на двойные, тройные и т.д.
- 2) По структуре – на однофазные (гомогенные) и многофазные (гетерогенные).
- 3) На черные (основной компонент – железо) и цветные (основной компонент – какой либо другой металл).
- 4) По свойствам – на тугоплавкие, легкоплавкие, высокопрочные, жаропрочные, твердые, мягкие, коррозионно-устойчивые и т.д.
- 5) По возможности обработки – на литейные (обработка только литьем) и деформируемые (обработка штамповкой, ковкой, прокатыванием, волочением).

**Вопрос № 19**

*Охарактеризуйте состав и свойства чугунов, важнейших легированных сталей и области их применения.*

**Ответ:**

Чугун – сплав железа (96% по массе) с углеродом (4% по массе).

Чугун бывает белым и серым.

Белый чугун более хрупкий, чем серый, но более коррозионно-стойкий. Поэтому серый чугун применяют там, где нет необходимости в его коррозионной стойкости, а белый – там, где стойкость необходима (чугун применяется в промышленности).

Если медленно охлаждать расплав железа с углем, то получается белый чугун, иначе – серый.

Легированные стали содержат различные легирующие добавки, такие, как Cr, Mn, Ni, Mo, Ti, V. Они применяются для получения коррозионно-стойких сплавов (например, нержавеющая сталь содержит 37-40% Cr, Ni).

X30P20 – вид сплава, содержащий 30% Cr, 20% Ni.

**Вопрос № 20**

*Назовите важнейшие сплавы цветных металлов, примерный их состав, свойства и применение.*

**Ответ:**

Бронза: Cu (70-96%), Sn (все остальное).

Константан: Cu (55%), Ni (44%).

Латунь: Cu (54-90%), Zn (все остальное).

Нойзильбер: Cu (50-65%), Ni (8-26%), Zn (все остальное).

Применение:

Бронза – изготовление деталей машин.

Константан – материал электросопротивления.

Латунь – изготовление проводов, листов, профилей, арматуры.

Нойзильбер – материал для приборов точной механики и медицины.

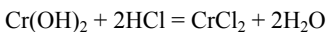
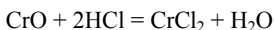
**Вопрос № 21**

*От каких факторов зависят свойства оксидов и гидроксидов металлов? Поясните на конкретных примерах.*

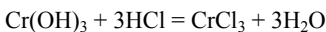
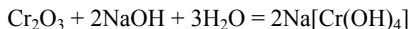
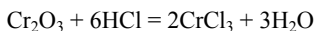
**Ответ:**

Свойства оксидов и гидроксидов металлов зависят от степени окисления металла. Чем выше степень окисления металла, тем сильнее выражены его кислотные свойства. Это хорошо видно на примере оксидов хрома.

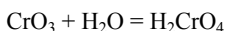
Оксид хрома (II) и гидроксид хрома (II) проявляют основные свойства. При реакциях с кислотами они образуют соли.



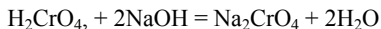
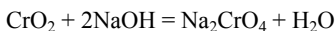
Оксид и гидроксид хрома (III) амфотерны, они реагируют как с кислотами, так и с основаниями:



Оксид хрома (VI) является кислотным оксидом, при реакции с водой образует хромовую кислоту  $\text{H}_2\text{CrO}_4$ :



При реакции хромовой кислоты или оксида хрома (VI) с основаниями образуются соли – хроматы:

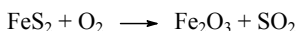


### Задача № 1

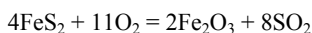
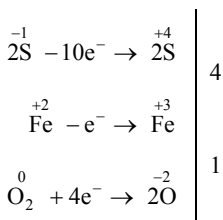
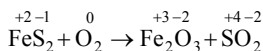
Какую массу чистого железа можно получить из 250 т руды с массовой долей пирита  $\text{FeS}_2$  0,7, если выход составляет 82%?

#### Решение:

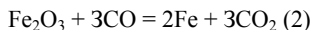
Из пирита сначала получают оксид железа (III):



Для расстановки коэффициентов воспользуемся методом электронного баланса:



Из оксида железа (III) железо можно получить при помощи любого подходящего восстановителя, например оксида углерода (II):



Вычислим массу чистого пирита в руде:

$$M(\text{FeS}_2) = w(\text{FeS}_2) \cdot m(\text{руды}) = 0,7 \cdot 250 \text{ т} = 175 \text{ т.}$$

Вычислим молярную массу пирита:

$$M(\text{FeS}_2) = 56 + 32 \cdot 2 = 120 \text{ г/моль}$$

Вычислим количество вещества пирита:

$$v(\text{FeS}_2) = \frac{m(\text{FeS}_2)}{M(\text{FeS}_2)} = \frac{175 \cdot 10^6 \text{ г}}{120 \text{ г/моль}} \approx 1,46 \cdot 10^6 \text{ моль}$$

По уравнению (1) из 4 моль пирита получится 2 моль оксида железа. По уравнению (2) из 1 моль оксида железа получается 2 моль железа. Всего, значит, из 4 моль пирита получается 4 моль железа. Следовательно, из  $1,46 \cdot 10^6$  моль пирита при теоретическом 100% выходе можно получить  $1,46 \cdot 10^6$  моль железа. Поскольку выход железа составляет 82%, или 0,82, практически можно получить  $0,82 \cdot 1,46 \cdot 10^6 \approx 1,2 \cdot 10^6$  моль. Молярная масса железа равна 56 г/моль, вычислим массу железа:

$$m(\text{Fe}) = \nu(\text{Fe}) \cdot M(\text{Fe}) = 1,2 \cdot 10^6 \text{ моль} \cdot 56 \text{ г/моль} = 67,2 \cdot 10^6 = 67,2 \text{ т.}$$

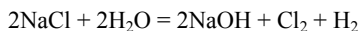
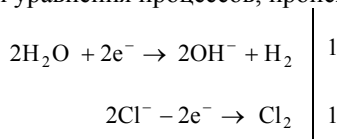
**Ответ:** можно получить 67,2 т железа.

### Задача № 2

*При электролизе раствора хлорида натрия выделилось 7,2 л водорода (н. у.). Вычислите, сколько по массе и количеству вещества образовалось гидроксида натрия в растворе.*

#### Решение:

Запишем уравнения процессов, происходящих на электродах:



Таким образом, в растворе образуется гидроксид натрия, на катоде выделяется водород, а на аноде хлор.

Вычислим количество вещества выделившегося водорода:

$$\nu(\text{H}_2) = \frac{V(\text{H}_2)}{V_M} = \frac{7,2 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} \approx 0,32 \text{ моль}$$

По уравнению реакции на 1 моль выделившегося на катоде водорода приходится 2 моль образовавшегося в растворе гидроксида натрия. Пусть при выделении 0,32 моль водорода в растворе образуется  $x$  моль гидроксида натрия. Составим пропорцию:

$$\frac{2}{1} = \frac{x}{0,32}, \quad x = \frac{0,32 \cdot 2}{1} = 0,64 \text{ моль}$$

Определим молярную массу гидроксида натрия:

$$M(\text{NaOH}) = 23 + 16 + 1 = 40 \text{ г/моль}$$

Вычислим массу гидроксида натрия:

$$m(\text{NaOH}) = \nu(\text{NaOH}) \cdot M(\text{NaOH}) = 0,64 \text{ моль} \cdot 40 \text{ г/моль} = 25,6 \text{ г.}$$

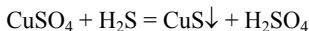
**Ответ:** в растворе образовалось 0,64 моль (25,6 г) гидроксида натрия.

### Задача № 3

*Через 1 л 18%-го раствора сульфата меди (II) ( $\rho = 1,12 \text{ г/см}^3$ ) пропустили 23,2 л сероводорода. Какое вещество и сколько по массе выпало в осадок?*

#### Решение:

В осадок выпадает сульфид меди (II):



Вычислим количество вещества сероводорода:

$$\nu(\text{H}_2\text{S}) = \frac{V(\text{H}_2\text{S})}{V_M} = \frac{23,2 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} \approx 1,036 \text{ моль}$$

Вычислим массу раствора сульфата меди:

$$m(\text{раствора}) = \rho \cdot V = 1,12 \text{ г/мл} \cdot 1000 \text{ мл} = 1120 \text{ г.}$$

Вычислим массу сульфата меди в растворе:

$$m(\text{CuSO}_4) = c(\text{CuSO}_4) \cdot m(\text{раствора}) = 0,18 \cdot 1120 \text{ г} = 201,6 \text{ г}$$

Определим молярную массу сульфата меди:

$$M(\text{CuSO}_4) = 64 + 32 + 16 \cdot 4 = 160 \text{ г/моль}$$

Вычислим количество вещества сульфата меди:

$$\nu(\text{CuSO}_4) = \frac{m(\text{CuSO}_4)}{M(\text{CuSO}_4)} = \frac{201,6 \text{ г}}{160 \text{ г/моль}} = 1,26 \text{ моль}$$

По уравнению реакции 1 моль сероводорода реагирует с 1 моль сульфата меди, значит в реакцию с 1,036 моль сероводорода вступит 1,036 моль сульфата меди, то есть сульфат меди взят в избытке и расчет ведем по сероводороду. По уравнению реакции из 1 моль сероводорода образуется 1 моль сульфида меди (II), значит из 1,036 моль сероводорода образуется 1,036 моль сульфида меди (II). Вычислим молярную массу сульфида меди (II):

$$M(\text{CuS}) = 64 + 32 = 96 \text{ г/моль.}$$



Вычислим массу сульфида меди (II):

$$m(\text{CuS}) = \nu(\text{CuS}) \cdot M(\text{CuS}) = 1,036 \text{ моль} \cdot 96 \text{ г/моль} \approx 120,96 \text{ г.}$$

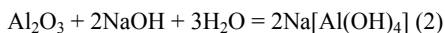
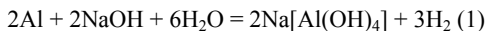
В осадок выпадает 121 г сульфида меди (II).

#### Задача № 4

При действии на 9 г смеси, состоящей из металлического алюминия и его оксида, 40%-ным раствором гидроксида натрия ( $\rho = 1,4 \text{ г/см}^3$ ) выделилось 3,36 л газа (н. у.). Определите процентный состав исходной смеси и объем раствора NaOH, вступившего в реакцию.

#### Решение:

Уравнения реакций:



Вычислим количество вещества выделившегося водорода:

$$\nu(\text{H}_2) = \frac{V(\text{H}_2)}{V_M} = \frac{3,36 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,15 \text{ моль}$$

По уравнению реакции при взаимодействии 2 моль алюминия с раствором щелочи выделяется 3 моль водорода. Пусть 0,15 моль водорода выделится при реакции  $x$  моль алюминия с раствором щелочи. Составим пропорцию:

$$\frac{2}{3} = \frac{x}{0,15}, \quad x = \frac{0,15 \cdot 2}{3} = 0,1 \text{ моль}$$

Молярная масса алюминия равна 27 г/моль, вычислим массу алюминия:

$$m(\text{Al}) = \nu(\text{Al}) \cdot M(\text{Al}) = 0,1 \text{ моль} \cdot 27 \text{ г/моль} = 2,7 \text{ г}$$

Вычислим массовую долю алюминия в смеси:

$$w(\text{Al}) = \frac{m(\text{Al})}{m(\text{смеси})} \cdot 100\% = \frac{2,7 \text{ г}}{9 \text{ г}} \cdot 100\% = 30\%$$

Вычислим массовую долю оксида алюминия в смеси:

$$w(\text{Al}_2\text{O}_3) = 100\% - w(\text{Al}) = 70\%.$$

По уравнению (1) 2 моль алюминия реагирует с 2 моль гидроксида натрия, значит 0,1 моль алюминия реагирует с 0,1 моль гид-

роксида натрия. В смеси содержится  $9 - 2,7 = 6,3$  г оксида алюминия. Вычислим молярную массу оксида алюминия:

$$M(\text{Al}_2\text{O}_3) = 27 \cdot 2 + 16 \cdot 3 = 102 \text{ г/моль.}$$

Вычислим количество вещества оксида алюминия:

$$\nu(\text{Al}_2\text{O}_3) = \frac{m(\text{Al}_2\text{O}_3)}{M(\text{Al}_2\text{O}_3)} = \frac{6,3 \text{ г}}{102 \text{ г/моль}} \approx 0,062 \text{ моль}$$

По уравнению реакции (2) 1 моль оксида алюминия реагирует с 2 моль гидроксида алюминия. Пусть 0,062 моль оксида алюминия реагирует с  $x$  моль гидроксида натрия. Составим пропорцию:

$$\frac{1}{2} = \frac{0,062}{x}, \quad x = \frac{0,062 \cdot 2}{1} = 0,124 \text{ моль}$$

Таким образом, всего необходимо  $0,1 + 0,124 = 0,224$  моль гидроксида натрия. Определим молярную массу гидроксида натрия:

$$M(\text{NaOH}) = 23 + 16 + 1 = 40 \text{ г/моль}$$

Вычислим массу гидроксида натрия:

$$m(\text{NaOH}) = \nu(\text{NaOH}) \cdot M(\text{NaOH}) = 0,224 \text{ моль} \cdot 40 \text{ г/моль} = 8,96 \text{ г.}$$

Вычислим массу раствора гидроксида натрия с концентрацией 40%, или 0,4.

$$m(\text{раствора}) = \frac{m(\text{NaOH})}{c(\text{NaOH})} = \frac{8,96 \text{ г}}{0,4} \approx 22,4 \text{ г}$$

Вычислим объем раствора: гидроксида натрия:

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{22,4 \text{ г}}{1,4 \text{ г/мл}} = 16 \text{ мл}$$

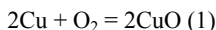
**Ответ:** в смеси содержится 30% алюминия и 70% оксида алюминия; потребуется 16 мл раствора гидроксида натрия.

### Задача № 5

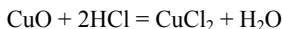
*Вещество, полученное при прокаливании 1,28 г меди в струе кислорода, превратили в хлорид меди (II). Вычислите, какой объем (в мл) 4%-ной соляной кислоты ( $\rho = 1,02 \text{ г/см}^3$ ) израсходовали и какова масса выделившегося хлорида меди (II).*

### Решение:

При прокаливании меди в кислороде образуется оксид меди (II):



При реакции оксида меди (II) с соляной кислотой образуется хлорид меди (II):



Молярная масса меди равна 64 г/моль. Вычислим количество вещества меди:

$$v(\text{Cu}) = \frac{m(\text{Cu})}{M(\text{Cu})} = \frac{1,28 \text{ г}}{64 \text{ г/моль}} = 0,02 \text{ моль}$$

По уравнению реакции (1) из 2 моль меди образуется 2 моль оксида меди (II), значит из 0,02 моль меди образуется 0,02 моль оксида меди (II). По уравнению (2) 1 моль оксида меди (II) реагирует с 2 моль хлороводорода. Пусть 0,02 моль оксида меди (II) реагирует с  $x$  моль хлороводорода. Составим пропорцию:

$$\frac{1}{2} = \frac{0,02}{x}, \quad x = \frac{0,02 \cdot 2}{1} = 0,04 \text{ моль}$$

Определим молярную массу хлороводорода:

$$M(\text{HCl}) = 1 + 35,5 = 36,5 \text{ г/моль.}$$

Вычислим массу хлороводорода:

$$m(\text{HCl}) = v(\text{HCl}) \cdot M(\text{HCl}) = 0,04 \text{ моль} \cdot 36,5 \text{ г/моль} = 1,46 \text{ г.}$$

Вычислим массу 4%-ной соляной кислоты:

$$m(\text{кислоты}) = \frac{m(\text{HCl})}{c(\text{HCl})} = \frac{1,46 \text{ г}}{0,04} = 36,5 \text{ г}$$

Вычислим объем соляной кислоты:

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{36,5 \text{ г}}{1,02 \text{ г/мл}} \approx 35,8 \text{ мл}$$

По уравнению реакции (2) из 1 моль оксида меди (II) образуется 1 моль хлорида меди (II), значит из 0,02 моль оксида меди (II) образуется 0,02 моль хлорида меди (II). Определим молярную массу хлорида меди (II):

$$M(\text{CuCl}_2) = 64 + 35,5 \cdot 2 = 135 \text{ г/моль.}$$

Вычислим массу хлорида меди (II):

$$m(\text{CuCl}_2) = v(\text{CuCl}_2) \cdot M(\text{CuCl}_2) = 0,02 \text{ моль} \cdot 135 \text{ г/моль} = 2,7 \text{ г.}$$

**Ответ:** израсходовали 35,8 мл соляной кислоты; образовалось 2,7 г хлорида меди (II).

## Глава VI. Неметаллы

### Задачи к §§1-3 (стр.140)

#### Вопрос № 1

*Чем отличается строение атомов и простых веществ неметаллов от металлов?*

#### Ответ:

а) Атомы большинства неметаллов имеют 4 и более электрона на внешней электронной оболочке, у атомов металлов же на внешней оболочке находится от одного до трех электронов.

б) Простые вещества – металлы всегда образуют так называемую металлическую кристаллическую решетку. Простые вещества – неметаллы либо образуют атомную решетку (например, углерод, кремний, сера, фосфор), либо имеют молекулярное строение (например, водород, кислород, азот).

#### Вопрос № 2

*На основе периодической системы выявите закономерности, наблюдаемые при изменении окислительно-восстановительных свойств неметаллов.*

#### Ответ:

В группах периодической системы при движении сверху вниз окислительные свойства неметаллов ослабевают, и соответственно восстановительные свойства усиливаются.

В периодах окислительные свойства неметаллов усиливаются слева направо.

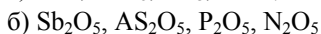
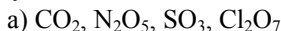
#### Вопросы №№ 4-5

*Какие закономерности наблюдаются в изменении свойств кислотных оксидов в периодах и группах? Даны формулы кислотных*

оксидов: а)  $N_2O_5$ ,  $CO_2$ ,  $Cl_2O_7$  и  $SO_3$ ; б)  $P_2O_5$ ,  $As_2O_5$ ,  $N_2O_5$  и  $Sb_2O_5$ . Расположите их в порядке возрастания кислотных свойств оксидов.

**Ответ:**

Кислотные свойства оксидов элементов усиливаются в периодах слева направо и в группах снизу вверх. Поэтому порядок будет следующим:

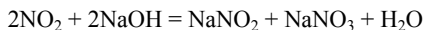
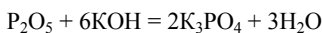
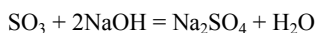


**Вопрос № 6**

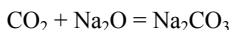
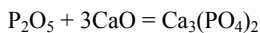
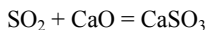
Пользуясь таблицей учебника (стр. 134), дополнительно напишите по два-три уравнения химических реакций кислотных оксидов, не представленных в таблице, с основаниями, основными оксидами, водой.

**Ответ:**

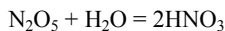
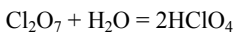
1) Реакции с основаниями:



2) Реакции с основными оксидами:



3) Реакции с водой:



**Вопрос № 7**

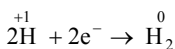
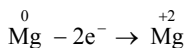
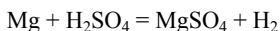
Укажите сходные и отличительные химические свойства серной и азотной кислот.

**Ответ:**

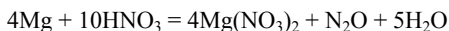
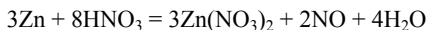
**Общие свойства.** Концентрированные серная и азотная кислоты являются сильными окислителями. В азотной кислоте окислителем служит азот в степени окисления +5, в серной кислоте – сера в степени окисления +6:



**Отличительные свойства.** Разбавленная серная кислота реагирует с металлами с выделением водорода, то есть окислителем служит водород в степени окисления +1.



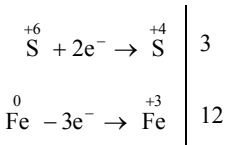
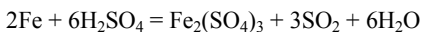
В разбавленной азотной кислоте же окислителем все равно является азот в степени окисления +5. Состав продуктов реакции зависит от концентрации кислоты и химической активности металла:



### Вопрос № 8

*При взаимодействии концентрированной серной кислоты с железом степень окисления серы изменяется от +6 до +4. Составьте уравнение.*

**Ответ:**



### Вопрос № 9

*Почему нелетучие водородные соединения так резко отличаются от летучих водородных соединений?*

**Ответ:**

Нелетучие водородные соединения образуют металлы, водород в них имеет степень окисления  $-1$ . Эти вещества имеют ионное строение. Например, гидрид натрия состоит из катионов  $\text{Na}^+$  и гидрид-ионов  $\text{H}^-$ . Летучие водородные соединения образуют неметаллы. Водород в таких соединениях имеет степень окисления  $+1$ , химическая связь в молекулах таких веществ ковалентна. Примеры – вода  $\text{H}_2\text{O}$ , сероводород  $\text{H}_2\text{S}$ , аммиак  $\text{NH}_3$ .

**Вопрос № 10**

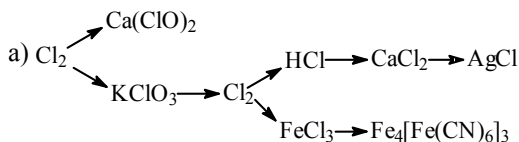
*Какие закономерности наблюдаются в изменении свойств летучих водородных соединений в периодах и группах? Охарактеризуйте их сущность.*

**Ответ:**

В периодах кислотные свойства летучих водородных соединений усиливаются слева направо. В группах кислотные свойства летучих водородных соединений усиливаются сверху вниз. Это связано с тем, что в группах радиус атомов увеличивается сверху вниз, и следовательно увеличивается радиус отрицательно заряженных ионов. Чем больше радиус отрицательно заряженных ионов, тем слабее они притягивают к себе ионы водорода. Следовательно, чем больше радиус атома, тем легче отщепляется ион  $\text{H}^+$ , то есть тем больше сила кислоты.

**Вопрос № 11**

*Составьте уравнения реакций, при помощи которых можно осуществить следующие превращения:*



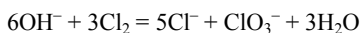
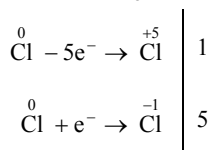
*Уравнения реакций, если это возможно, составьте в полном и сокращенном ионном виде*

**Ответ:**

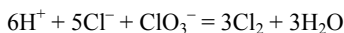
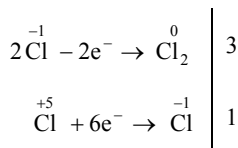
а) При реакции хлора с гидроксидом кальция образуется смесь хлорида кальция и гипохлорита кальция:



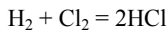
При реакции хлора с горячим раствором гидроксида калия образуется хлорат калия:



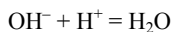
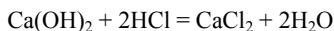
Хлорат калия является сильным окислителем, при его реакции с соляной кислотой выделяется хлор:



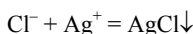
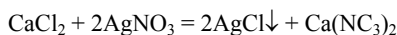
Хлор реагирует с водородом с образованием хлороводорода:



При реакции хлороводорода с гидроксидом кальция образуется хлорид кальция:

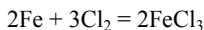


При реакции раствора хлорида кальция с раствором нитрата серебра в осадок выпадает хлорид серебра:

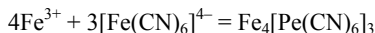
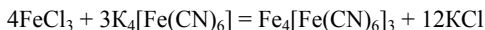




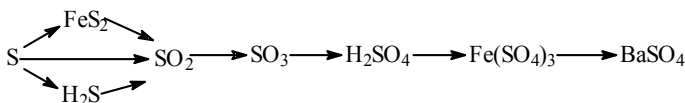
При реакции хлора с железом при нагревании образуется хлорид железа (III):



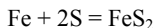
При реакции раствора хлорида железа (III) с раствором гексацианоферрата (II) калия (желтая кровавая соль) образуется осадок гексацианоферрата (II) железа (III), так называемая берлинская лазурь:



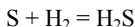
б)



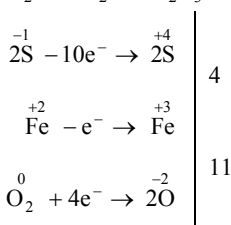
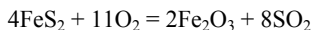
При реакции серы с железом при нагревании можно получить дисульфид железа  $\text{FeS}_2$ :



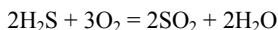
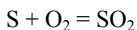
Сера реагирует при нагревании с водородом с образованием сероводорода:



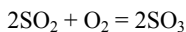
При окислении дисульфида железа образуется оксид серы (IV):



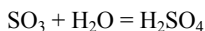
Оксид серы (IV) образуется также при сжигании серы или сероводорода:



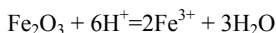
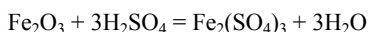
При окислении оксида серы (IV) кислородом в присутствии катализатора и при повышенной температуре образуется оксид серы (VI) (триоксид серы, серный ангидрид):



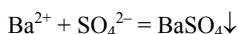
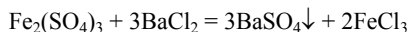
Триоксид серы бурно реагирует с водой с образованием серной кислоты:



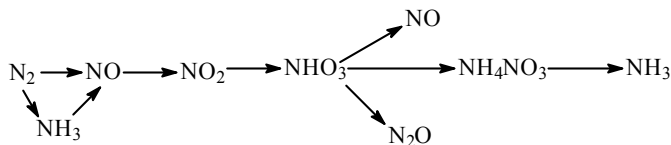
При реакции серной кислоты с оксидом железа (III) образуется сульфат железа (III):



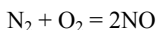
При реакции сульфата железа (III) с хлоридом бария выпадает осадок сульфата бария:



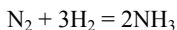
в)



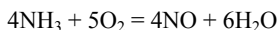
Азот реагирует с кислородом в условиях электрического разряда с образованием оксида азота (II):



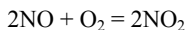
В присутствии катализатора азот реагирует с водородом с образованием аммиака:



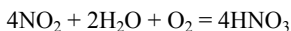
При окислении аммиака кислородом в присутствии катализатора образуется оксид азота (II):



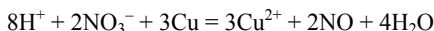
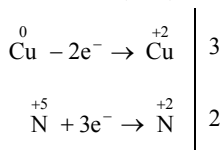
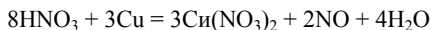
Оксид азота (II) окисляется кислородом в оксид азота (IV):



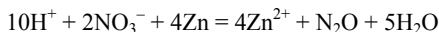
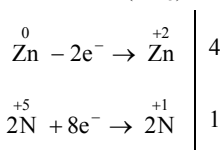
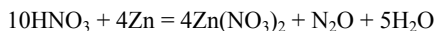
Оксид азота (IV) реагирует в присутствии кислорода с водой с образованием азотной кислоты:



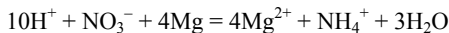
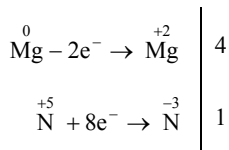
При реакции 30%-ной азотной кислоты с медью выделяется оксид азота (II):



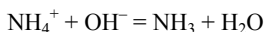
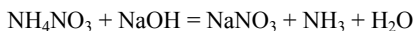
При реакции разбавленной (15%-ной) азотной кислоты с цинком выделяется оксид азота (I):



При реакции сильно разбавленной (5%-ной) азотной кислоты с магнием образуется нитрат аммония:



При действии щелочи на нитрат аммония выделяется аммиак:

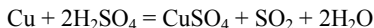


### Задача № 1

На 12,8 г меди действовали избытком концентрированной серной кислоты при нагревании. Вычислите массу, объем (н.у.) и количество выделившегося газа.

#### Решение:

Выделяется оксид серы (IV):



Молярная масса меди равна 64 г/моль. Вычислим количество вещества меди:

$$\nu(\text{Cu}) = \frac{m(\text{Cu})}{M(\text{Cu})} = \frac{12,8 \text{ г}}{64 \text{ г/моль}} = 0,2 \text{ моль}$$

По уравнению реакции при взаимодействии 1 моль меди с серной кислотой выделяется 1 моль оксида серы (IV), значит при реакции 0,2 моль меди с серной кислотой выделяется 0,2 моль оксида серы (IV). Вычислим объем оксида серы (IV):

$$V(\text{SO}_2) = \nu(\text{SO}_2) \cdot V_M = 0,2 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 4,48 \text{ л.}$$

Определим молярную массу оксида серы (IV):

$$M(\text{SO}_2) = 32 + 16 \cdot 2 = 64 \text{ г/моль.}$$

Вычислим массу оксида серы (IV):

$$m(\text{SO}_2) = \nu(\text{SO}_2) \cdot M(\text{SO}_2) = 0,2 \text{ моль} \cdot 64 \text{ г/моль} = 12,8 \text{ г.}$$

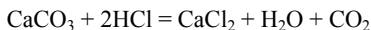
**Ответ:** выделится 0,2 моль (12,8 г; 4,48 л) оксида серы (IV).

### Задача № 2

На 0,9 моль карбоната кальция действовали 540 мл 8%-ной соляной кислоты ( $\rho = 1,04 \text{ г/см}^3$ ). Какой газ и сколько его по объему выделится?

#### Решение:

Выделяется оксид углерода (IV):



Вычислим массу соляной кислоты:

$$m(\text{кислоты}) = \rho \cdot V = 1,04 \text{ г/мл} \cdot 540 \text{ мл} = 561,6 \text{ г.}$$

Вычислим массу хлороводорода, содержащегося в соляной кислоте:

$$m(\text{HCl}) = c(\text{HCl}) \cdot m(\text{кислоты}) = 0,08 \cdot 561,6 \text{ г} \approx 44,93 \text{ г}.$$

Определим молярную массу хлороводорода:

$$M(\text{HCl}) = 1 + 35,5 = 36,5 \text{ г/моль}.$$

Вычислим количество вещества хлороводорода:

$$\nu(\text{HCl}) = \frac{m(\text{HCl})}{M(\text{HCl})} = \frac{44,93 \text{ г}}{36,5 \text{ г/моль}} \approx 1,23 \text{ моль}$$

По уравнению реакции 1 моль карбоната кальция реагирует с 2 моль хлороводорода. Пусть для реакции с 0,9 моль хлороводорода необходимо  $x$  моль хлороводорода. Составим пропорцию:

$$\frac{1}{2} = \frac{0,9}{x}, \quad x = \frac{0,9 \cdot 2}{1} = 1,8 \text{ моль}$$

Необходимо 1,8 моль хлороводорода, а имеется только 1,23 моль. Значит, карбонат кальция взят в избытке, расчет ведем по соляной кислоте. По уравнению при взаимодействии 2 моль хлороводорода с карбонатом кальция выделяется 1 моль оксида углерода (IV). Пусть при взаимодействии 1,23 моль хлороводорода с карбонатом кальция выделяется  $x$  моль оксида углерода (IV). Составим пропорцию:

$$\frac{1}{2} = \frac{x}{1,23}, \quad x = \frac{1,23 \cdot 2}{1} = 1,615 \text{ моль}$$

Вычислим объем оксида углерода (IV):

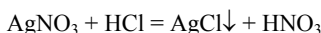
$$V(\text{CO}_2) = \nu(\text{CO}_2) \cdot V_M = 0,615 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} \approx 13,78 \text{ л}.$$

**Ответ:** выделится 13,78 л оксида углерода (IV).

### Задача № 3

*В 40 мл 6%-го раствора нитрата серебра (I) ( $\rho = 1,05 \text{ г/см}^3$ ) растворили 250 мл хлороводорода. Какое вещество и сколько по массе выпадает в осадок?*

**Решение:**



Вычислим массу раствора нитрата серебра:

$$m(\text{раствора}) = \rho \cdot V = 1,05 \text{ г/мл} \cdot 40 \text{ мл} = 42 \text{ г}.$$

Вычислим массу нитрата серебра, содержащегося в растворе:

$$m(\text{AgNO}_3) = c(\text{AgNO}_3) \cdot m(\text{раствора}) = 0,06 \cdot 42 \text{ г} = 2,52 \text{ г}.$$

Определим молярную массу нитрата серебра:

$$M(\text{AgNO}_3) = 108 + 14 + 16 \cdot 3 = 170 \text{ г/моль}.$$

Вычислим количество вещества нитрата серебра:

$$\nu(\text{AgNO}_3) = \frac{m(\text{AgNO}_3)}{M(\text{AgNO}_3)} = \frac{2,52 \text{ г}}{170 \text{ г/моль}} \approx 0,0148 \text{ моль}$$

Вычислим количество вещества хлороводорода:

$$\nu(\text{HCl}) = \frac{V(\text{HCl})}{V_M} = \frac{0,25 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} \approx 0,0112 \text{ моль}$$

По уравнению реакции 1 моль хлороводорода реагирует с 1 моль нитрата серебра, значит для реакции с 0,0148 моль нитрата серебра необходимо 0,0148 моль хлороводорода, а имеется только 0,0112 моль, значит нитрат серебра взят в избытке, расчет ведем по хлороводороду. Из 1 моль хлороводорода образуется 1 моль хлорида серебра, значит из 0,0112 моль хлороводорода образуется 0,0112 моль хлорида серебра. Определим молярную массу хлорида серебра:

$$M(\text{AgCl}) = 108 + 35,5 = 143,5 \text{ г/моль}.$$

Вычислим массу хлороводорода:

$$m(\text{AgCl}) = \nu(\text{AgCl}) \cdot M(\text{AgCl}) = 0,0112 \text{ моль} \cdot 143,5 \text{ г/моль} \approx 1,6 \text{ г}.$$

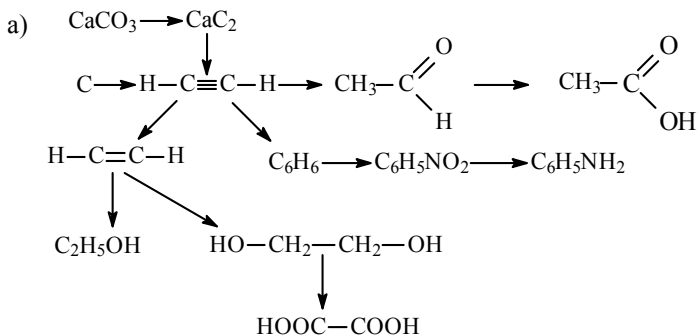
**Ответ:** в осадок выпадает 1,6 г хлорида серебра.

## **Глава VII. Генетическая связь органических и неорганических веществ**

### **Задачи к §§1, 2 (стр.144)**

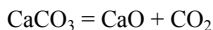
#### **Вопрос № 1**

*Составьте уравнения реакций по следующей схеме, отражающей генетическую связь между органическими и неорганическими веществами:*

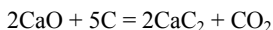


**Ответ:**

При сильном нагревании карбонат кальция разлагается на оксид кальция и оксид углерода (IV):



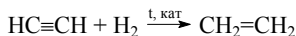
Оксид кальция при высокой температуре реагирует с углем с образованием карбида кальция:



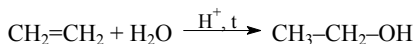
При действии на карбид кальция воды получается ацетилен:



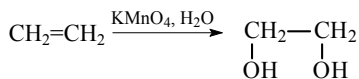
Этиловый спирт из ацетилена можно получить в две стадии. При гидрировании ацетилена в присутствии катализатора образуется этилен:



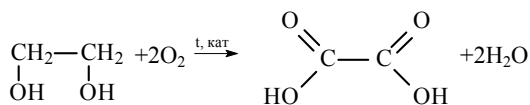
При присоединении к этилену воды в присутствии кислот образуется этиловый спирт.



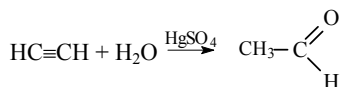
При окислении этилена раствором перманганата калия образуется этиленгликоль:



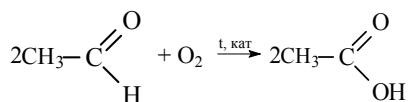
При окислении этиленгликоля образуется щавелевая кислота:



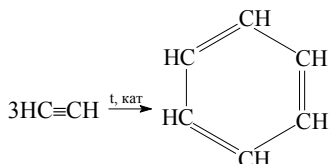
Ацетилен в присутствии сульфата ртути (II) присоединяет воду, образуется уксусный альдегид (реакция Кучерова):



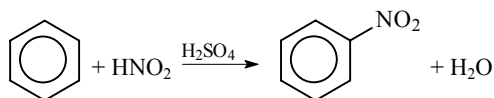
При окислении уксусного альдегида образуется уксусная кислота:



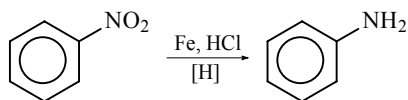
Из трех молекул ацетилена может образоваться молекула бензола (реакция тримеризации):



При действии на бензол смеси концентрированной азотной кислоты и концентрированной серной кислоты происходит замещение атома водорода на нитрогруппу и образуется нитробензол:

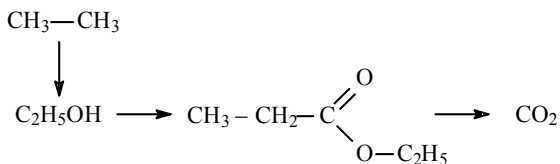


Нитробензол можно восстановить в аминбензол (анилин):

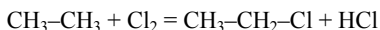




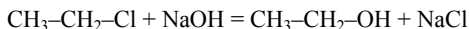
б)



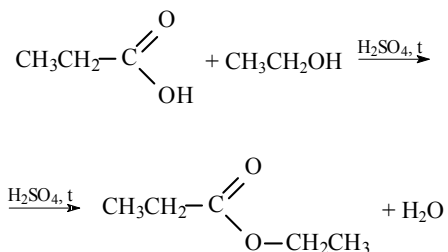
Из этана в две стадии можно получить этанол. При хлорировании этана образуется хлорэтан:



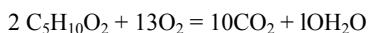
При действии на хлорэтан водного раствора щелочи происходит замещение атома хлора на гидроксильную группу и образуется этанол.



При реакции этанола с пропионовой кислотой образуется этилпропионат (этиловый эфир пропионовой кислоты):

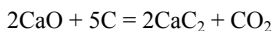


При сгорании этилпропионата образуется оксид углерода (IV). Молекулярная формула этилпропионата  $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2$ .



в)  $\text{C} \longrightarrow \text{C}_2\text{H}_2 \longrightarrow \text{C}_2\text{H}_6 \longrightarrow \text{C}_6\text{H}_{14} \longrightarrow$  циклогексан  
 $\longrightarrow$  бензол

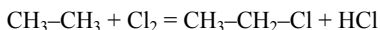
Оксид кальция при высокой температуре реагирует с углем с образованием карбида кальция:



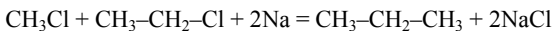
При действии на карбид кальция воды получается ацетилен:



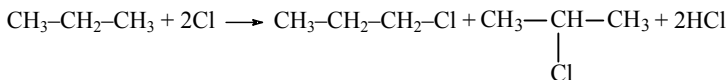
При хлорировании этана образуется хлорэтан:



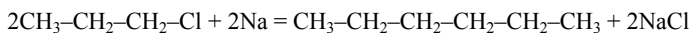
При реакции хлорэтана с хлорметаном в присутствии натрия образуется пропан:



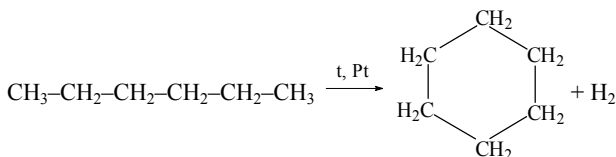
Из пропана в две стадии можно получить гексан. При хлорировании пропана образуется смесь изомеров – 1-хлорпропана и 2-хлорпропана. Изомеры имеют разные температуры кипения и их можно разделить перегонкой.



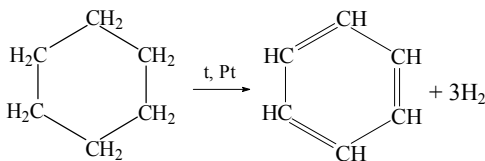
При взаимодействии 1-хлорпропана с натрием образуется гексан:



При дегидрировании гексана над катализатором образуется циклогексан:

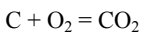


Бензол можно получить также при дегидрировании циклогексана:

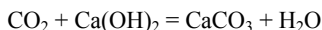


2) Составьте уравнения реакций согласно второму формату учебника «Химия-11»:

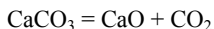
При горении угля образуется оксид углерода (IV):



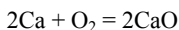
При реакции оксида углерода с гидроксидом кальция образуется оксид углерода (IV):



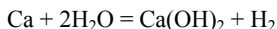
При сильном нагревании карбонат кальция разлагается на оксид кальция и оксид углерода (IV):



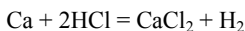
Оксид кальция образуется также при реакции кальция с кислородом:



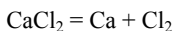
При реакции кальция с водой образуется гидроксид кальция:



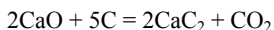
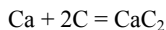
При реакции кальция с соляной кислотой образуется хлорид кальция:



Из хлорида кальция можно получить кальций электролизом расплава:



При реакции кальция или оксида кальция с углеродом при высокой температуре образуется карбид кальция:



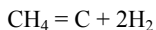
При реакции карбида кальция с водой образуется ацетилен:



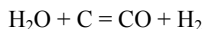
Ацетилен можно получить также из метана:



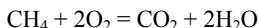
При разложении метана образуется также углерод:



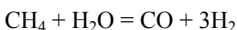
Синтез-газ можно получить, пропуская водяной пар через раскаленный уголь:



Синтез-газ получают также из смеси метана и кислорода при нагревании в присутствии катализатора. При этом протекают следующие реакции: часть метана сгорает с образованием оксида углерода (IV) и воды.

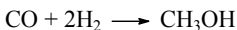


Затем образовавшиеся вода и оксид углерода (IV) взаимодействуют с оставшимся метаном:

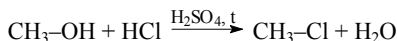


Из синтез-газа можно получить уксусный альдегид при помощи следующей последовательности реакций:

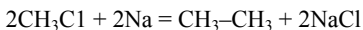
При пропускании синтез-газа над катализатором образуется метанол:



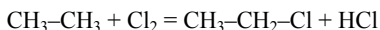
При действии на метанол хлороводорода в присутствии серной кислоты образуется хлорметан (метилхлорид):



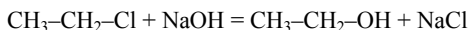
При взаимодействии хлорметана с натрием образуется этан (реакция Вюрца):



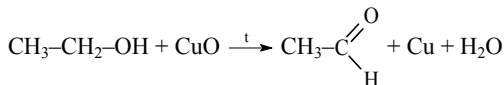
Из этана в две стадии можно получить этанол. При хлорировании этана образуется хлорэтан:



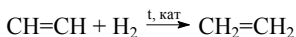
При действии на хлорэтан водного раствора щелочи происходит замещение атома хлора на гидроксильную группу и образуется этанол.



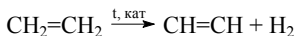
Этанол окисляется оксидом меди при нагревании в уксусный альдегид:



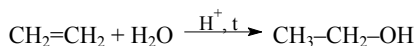
При гидрировании ацетилен в присутствии катализатора образуется этилен:



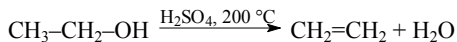
Наоборот, при дегидрировании ацетилен образуется этилен:



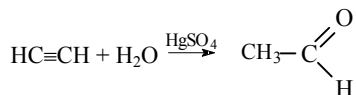
При присоединении к этилену воды в присутствии кислот образуется этиловый спирт.



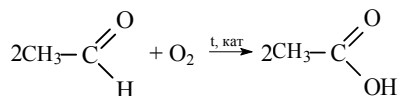
При сильном нагревании этилового спирта с серной кислотой происходит дегидратация и образуется этилен:



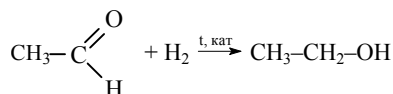
Ацетилен в присутствии сульфата ртути (II) присоединяет воду, образуется уксусный альдегид (реакция Кучерова):



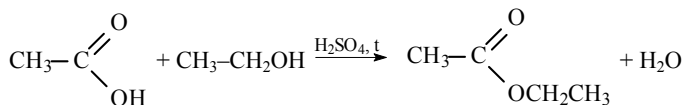
При окислении уксусного альдегида образуется уксусная кислота:



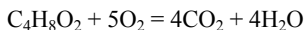
При восстановлении уксусного альдегида образуется этиловый спирт:



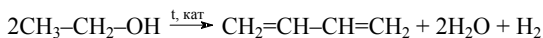
При реакции уксусной кислоты с этиловым спиртом образуется этилацетат:



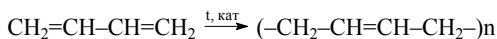
При горении этилацетата образуется оксид углерода (IV):



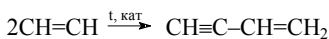
Из этилового спирта в присутствии катализаторов образуется 1,3-бутадиен:



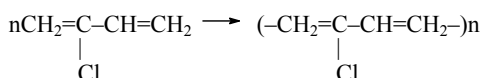
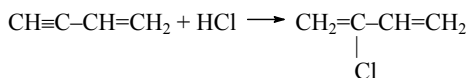
При полимеризации бутадиена получается синтетический каучук.



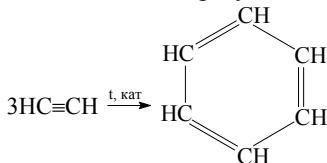
Ацетилен димеризуется с образованием винилацетилена.



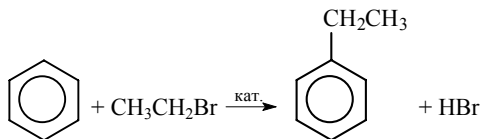
При присоединении к винилацетилену хлороводорода образуется 2-хлорбутадиен-1,3 (хлоропрен), при полимеризации которого образуется хлоропреновый каучук.



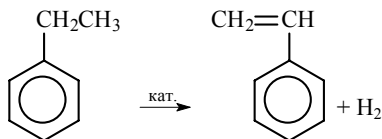
При тримеризации ацетилена образуется бензол:



При реакции бензола с бромэтаном в присутствии катализатора образуется этилбензол (алкилирование бензола):



При дегидрировании этилбензола образуется винилбензол (стирол):



При полимеризации стирола образуется полистирол:

