

Г.Е. РУДЗИТИС Ф.Г. ФЕЛЬДМАН

ХИМИЯ



Т

Ce 58 ЦЕРИЙ 140,12	Pr 59 ПРАЗЕОДИМ 140,9077	Nd 60 НЕОДИМ 144,24	Pm 61 ПРОМЕТИЙ [145]	Sm 62 САМАРИЙ 150,4	Eu 63 ЕВРОПИЙ 151,96
---------------------------------	---------------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА



Число электронов на данном энергетическом уровне

- s — элементы
- p — элементы
- d — элементы
- f — элементы

ПЕРИОДЫ	РЯДЫ	I	II	III	IV	V
1	1	1 H водород 1,008				
2	2	3 Li литий 6,941	4 Be бериллий 9,012	5 B бор 10,811	6 C углерод 12,011	7 N азот 14,00
3	3	11 Na натрий 22,990	12 Mg магний 24,308	13 Al алюминий 26,981	14 Si кремний 28,085	15 P фосфор 30,974
4	4	19 K калий 39,098	20 Ca кальций 40,08	21 Sc скандий 44,956	22 Ti титан 47,88	23 V ванадий 50,941
	5	29 Cu медь 63,546	30 Zn цинк 65,38	31 Ga галлий 69,72	32 Ge германий 72,59	33 As мышьяк 74,922
5	6	37 Rb рубидий 85,468	38 Sr стронций 87,62	39 Y иттрий 88,906	40 Zr цирконий 91,22	41 Nb ниобий 92,906
	7	47 Ag серебро 107,868	48 Cd кадмий 112,41	49 In индий 114,82	50 Sn олово 118,69	51 Sb сурьма 121,75
6	8	55 Cs цезий 132,905	56 Ba барий 137,33	57 La* лантан 138,905	72 Hf гафний 178,49	73 Ta тантал 180,84
	9	79 Au золото 196,966	80 Hg ртуть 200,59	81 Tl таллий 204,37	82 Pb свинец 207,2	83 Bi висмут 208,980
7	10	87 Fr франций [223]	88 Ra радий 226,025	89 Ac* актиний [227]	104 Ku нурчатовий [281]	105 Ns нильсборгий [281]
ВЫСШИЕ ОКСИДЫ		R ₂ O	RO	R ₂ O ₃	RO ₂	R ₂ O ₅
ЛЕТУЧИЕ ВСЕДОРОДНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ					RH ₄	RH ₃
* П Л А Н Т А Н О И Д Ы 58-71						
		58 Ce церий 140,12	59 Pr празеодим 140,908	60 Nd неодим 144,24	61 Pm прометий [145]	62 Sm самарий 150,4
		63 Eu европий 151,96	64 Gd гадолиний 157,25			
** Д К Т И Н О И Д Ы 90-103						
		90 Th торий 232,038	91 Pa протактиний 231,036	92 U уран 238,029	93 Np нептуний 237,048	94 Pu плутоний [244]
		95 Am америций [243]	96 Cm кюрий [247]			

- I энергетический уровень — K
- II " " — L
- III " " — M
- IV " " — N
- V " " — O
- VI " " — P
- VII " " — Q



У элементов, которым соответствуют простые вещества — неметаллы, порядковые номера помещены в квадратике.

У элементов, оксиды и гидроксиды которых проявляют амфотерные свойства, порядковые номера обведены полукругом.

У элементов, которым соответствуют простые вещества — металлы, порядковые номера особыми знаками не обозначены.

Э	Л	М	Е	Н	Т	О	В	
VI	VII	VIII						
8 O кислород 15,999	9 F фтор 18,998						10 Ne неон 20,179	
16 S сера 32,064	17 Cl хлор 35,453						18 Ar аргон 39,948	
24 Cr хром 51,996	25 Mn марганец 54,938	26 Fe железо 55,847	27 Co кобальт 58,933	28 Ni никель 58,70				
34 Se селен 78,96	35 Br бром 79,904						36 Kr криптон 83,86	
42 Mo молибден 95,94	43 Tc технеций [98]	44 Ru рутений 101,07	45 Rh родий 102,805	46 Pd палладий 106,4				
52 Te теллур 127,60	53 I йод 126,904						54 Xe ксенон 131,30	
74 W вольфрам 183,85	75 Re рений 186,207	76 Os осмий 190,2	77 Ir иридий 192,22	78 Pt платина 195,09				
84 Po полоний [209]	85 At астат [210]						86 Rn радон [222]	
106	107	108						
RO ₃	R ₂ O ₇	RO ₄						
H ₂ R	HR							
65 Tb тербий 158,925	66 Dy диспрозий 162,50	67 Ho гольмий 164,930	68 Er эрбий 167,26	69 Tm тулий 168,934	70 Yb иттербий 173,04	71 Lu лютеций 174,967		
97 Bk берклий [247]	98 Cf калифорний [251]	99 Es эйнштейний [254]	100 Fm фермий [257]	101 Md менделевий [258]	102 No нобелий [255]	103 Lr лоуренсий [256]		

Рукопись удостоена премии
на конкурсе школьных учебников химии

- △ Материал для повторения
- Дополнительный материал
- ? Вопросы и упражнения для самопроверки
- Задачи

Р83 Рудзитис Г. Е., Фельдман Ф. Г.
Химия-11: Органич. химия. Основы общей химии: (Обобщение и углубление знаний): Учеб. для 11 кл. сред. шк.— М.: Просвещение, 1992.— 160 с.: ил.— ISBN 5-09-004171-7.

Р 4306021500—224 инф. письмо — 92, № 154
103(03) — 92

ББК 24я72

Учебное издание

Рудзитис Гунтис Екабович
Фельдман Фриц Генрихович

ХИМИЯ 11

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Основы общей химии (Обобщение и углубление знаний)

Зав. редакцией А. Н. Соколов

Редактор Л. И. Соколова

Младший редактор Т. Н. Ключева

Художник О. М. Шмелев

Художественный редактор И. В. Короткова

Технический редактор И. Ю. Шукина

Корректор М. Ю. Сергеева

ИБ № 14230

Сдано в набор 13.06.91. Подписано к печати 26.11.91. Формат 70×90^{1/16}. Бум. офсетная. Гарнитура литерат. Печать офсетная. Усл. печ. л. 11,7+0,29 форз. Усл. кр.-отт. 25,38. Уч.-изд. л. 10,22+0,38 форз.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Просвещение» Министерства печати и информации Российской Федерации. 127521, Москва, 3-й проезд Марьиной рощи, 41.

Смоленский полиграфкомбинат Министерства печати и информации Российской Федерации. 214020, Смоленск, ул. Смольянинова, 1.

Отпечатано при посредстве В/О «Внешторгиздат».

Отпечатано Графишер Гросбетриб Пёснек ГмбХ · Эйн Мондрук-Бетриб
Gedruckt bei Graphischer Großbetrieb Poßneck GmbH · Ein Mohndruck-Betrieb

ISBN 5-09-004171-7

© Рудзитис Г. Е., Фельдман Ф. Г., 1992

Как работать с учебником!

Уважаемые учащиеся!

В начале учебника «Химия-11» дан материал, завершающий курс органической химии. Затем в этом учебнике систематизируются, обобщаются и углубляются знания о ранее изученных теориях и законах химической науки, химических процессах и производствах.

В целях приобретения прочных и глубоких знаний исключительно важно научиться не только повторять и закреплять основной учебный материал, но и самостоятельно обобщать и систематизировать его. При изучении курсов неорганической и органической химии вы уже получили первоначальные представления о том, как систематизировать и обобщать знания с помощью различных наглядных схем и таблиц, которые позволяют выделить самое главное, самое существенное.

Теперь, когда перед вами ставится задача *рассмотреть весь материал на более высоком уровне*, составление и использование систематизированных наглядных схем, таблиц приобретают первостепенное значение.

Возникает вопрос: что значит *обобщать знания*?

В качестве примера можно привести обобщение сведений о химических реакциях (см. схемы 7 и 8, с. 86 и 87). Основная цель заданий 5 и 6 на с. 81 — помочь вам провести сравнительный анализ изученных ранее типов химических реакций и получить обобщенные знания о них. Учебный материал о реакциях разложения, соединения, замещения, обмена, окислительно-восстановительных процессах, реакциях, протекающих по радикальному и ионному механизму и т. д., вы изучали в курсах неорганической и органической химии. При этом вы, может быть, и не задумались над тем, происходит ли процесс окисления-восстановления в конкретной реакции соединения или разложения, т. е. характерна ли данная реакция только для неорганических веществ или является общей как для неорганических, так и для органических веществ. Чтобы ответить на эти и другие вопросы, следует сравнить большое число конкретных химических явлений и выяснить, что в них общее и чем они отличаются друг от друга. В результате такого *сравнительного анализа* вы и сможете обобщить знания о них.

Помощь в обобщении ранее изученного учебного материала вам окажут и другие схемы и таблицы.

Так, достаточно только взглянуть на схему 4 (с. 76), чтобы вспомнить все ранее изученные типы химической связи, которые даны в сравнении друг с другом в обобщенном виде.

Одна из основных целей данного учебника — *расширение и некоторое углубление ваших знаний по химии*. Она реализуется в разделе «Систематизация, обобщение и углубление знаний». Глава I этого раздела, например, содержит учебный материал, который расширит и углубит ваши представления о таких важнейших понятиях и законах, как химический элемент, закон сохранения массы веществ, закон сохранения и превращения энергии при химических реакциях и закон постоянства состава. Материал главы II на более высоком уровне дает представления о состоянии электронов в атомах, об энергетических уровнях и подуровнях, о валентных возможностях атомов и о других вопросах.

Далее более глубоко рассматривается материал о строении вещества, об основных металлических и неметаллических элементах периодической системы химических элементов.

В конце раздела «Систематизация, обобщение и углубление знаний» даются указания по самостоятельному повторению всего курса органической химии.

Если вы сможете ответить на все вопросы, выполнить все упражнения и решить все задачи, которые даны в этом учебнике и в учебниках по курсу химии предыдущих классов, то можно надеяться, что вы хорошо подготовились для сдачи экзамена по химии и для продолжения своего образования.

Для облегчения вашей самостоятельной работы в тексте учебника даны ссылки на ранее изученный программный материал. В них курс неорганической химии VIII класса обозначен римской цифрой I, курс неорганической химии IX класса — римской цифрой II, а курс органической химии X класса — римской цифрой III.

Для повышения уровня ваших знаний по химии дополнительно используйте учебное пособие «Химия. Справочные материалы» и другую литературу по химии.

В конце книги для самостоятельного повторения учебного материала или подготовки к экзамену дан указатель, в котором римскими цифрами I—IV обозначены учебники по химии. Их вы можете взять в библиотеке.

Амины. Аминокислоты. Азотсодержащие гетероциклические соединения

Некоторые органические соединения, содержащие азот, нам уже известны. Так, например, при изучении ароматических углеводородов мы ознакомились с нитробензолом и тринитротолуолом (III, с. 56). В этих соединениях содержатся нитрогруппы, непосредственно связанные с углеводородным радикалом.

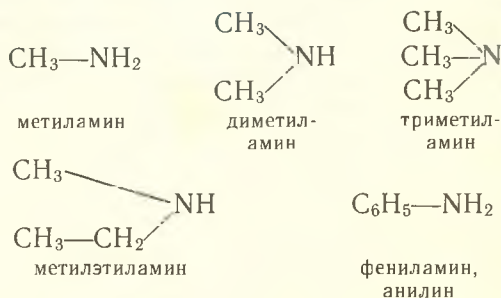
Вещества, в молекулах которых имеется одна или несколько нитрогрупп, соединенных непосредственно с углеводородным радикалом, относятся к нитросоединениям.

В молекулах нитроглицерина (III, с. 87) и нитроцеллюлозы (III, с. 135) тоже имеются подобные группы, но они связаны с углеводородным радикалом посредством атома кислорода. Такие соединения относятся к сложным эфирам.

Известны и другие соединения, содержащие азот. Важнейшими из них являются амины, аминокислоты и белки, которые рассмотрены в данной и в следующей главах.

§ 1. Амины

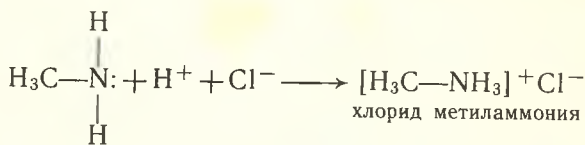
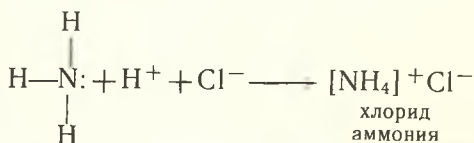
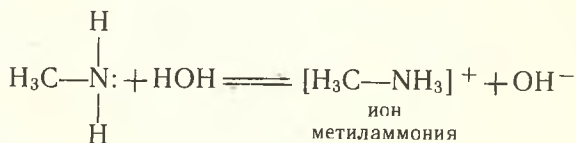
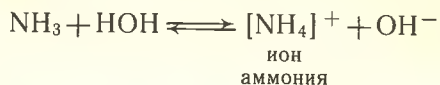
Аминами называются производные аммиака, в молекулах которого один или несколько атомов водорода замещены углеводородными радикалами:



Группа NH_2 называется *аминогруппой*.

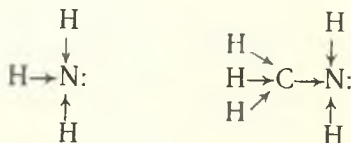
Строение молекул и химические свойства. Строение молекул аминов аналогично строению молекулы аммиака, и поэтому свойства этих веществ сходны. В их молекулах атом азота имеет одну неподеленную пару электронов.

В водном растворе и в присутствии кислот эта электронная пара взаимодействует с положительно заряженным ионом водорода и присоединяет его:



Следовательно, аммиак и амины обладают основными свойствами. Их водные растворы окрашивают раствор лакмуса в синий цвет, а раствор фенолфталеина — в малиновый.

Однако по сравнению с аммиаком амины являются более сильными основаниями. Это объясняется отличием в строении их молекул. Если в молекуле аммиака к атому азота сдвигаются электронные облака от трех атомов водорода, то, например, в молекуле метиламина CH_3-NH_2 к атому азота сдвинуты электронные облака от пяти атомов водорода (от двух атомов водорода — непосредственно, а от трех — через атом углерода):

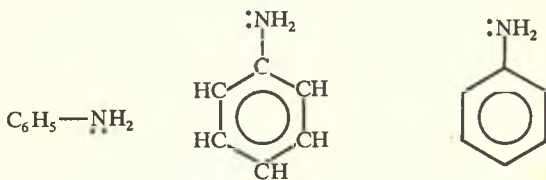


(стрелками показан сдвиг электронной плотности от атомов водорода к атомам азота). В результате атом азота в молекуле метиламина приобретает больший по значению отрицательный заряд, чем атом азота в молекуле аммиака. Благодаря избыточному отрицательному заряду атом азота в молекулах аминов сильнее притягивает к себе протоны, чем

в молекуле аммиака, т. е. амины проявляют более сильные основные свойства.

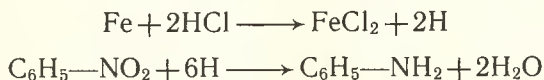
Наибольшее практическое значение имеет ароматический амин **анилин**.

Строение молекулы анилина можно изобразить несколькими способами:



В молекуле анилина у атома азота, как и в молекулах других аминов, имеется неподделенная электронная пара, обуславливающая характерные свойства аминов.

Получение анилина в промышленности основано на реакции восстановления нитробензола, которую в 1842 г. открыл русский ученый Н. Н. Зинин. Нитробензол восстанавливается в присутствии чугунных стружек и соляной кислоты. Вначале выделяется атомный водород, который и взаимодействует с нитробензолом:



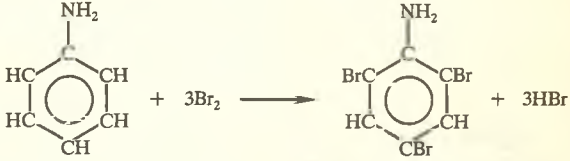
■ **Физические свойства.** Анилин — бесцветная маслянистая ядовитая жидкость, малорастворимая в воде. Хорошими растворителями для него являются спирт, эфир и бензол. Анилин затвердевает при $-6^\circ C$ и кипит при $174^\circ C$. Вследствие окисления на воздухе он быстро темнеет.

Химические свойства анилина обусловлены наличием в его молекуле аминогруппы $-NH_2$ и бензольного ядра. Подобно аминам, производным углеводов предельного ряда, анилин реагирует с кислотами с образованием солей, но окраски раствора лакмуса не изменяет. Следовательно, анилин более слабое основание, чем амины предельного ряда. Чем это можно объяснить? Чтобы ответить на этот вопрос, вспомним о взаимном влиянии атомов и атомных групп в молекулах. Как и в молекуле фенола (III, с. 90), бензольное ядро несколько оттягивает свободную электронную пару от атома азота аминогруппы. Вследствие этого электронная плотность на атоме азота в молекуле анилина уменьшается и он слабее притягивает к себе протоны, т. е. основные свойства анилина ослабевают. Важнейшие химические свойства анилина показаны в таблице 1.

Применение. Основная масса анилина используется для производства красителей. При действии на анилин окисли-



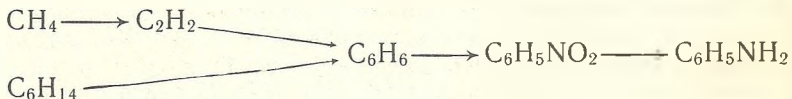
Зинин Николай Николаевич (1812—1880). Русский химик-органик, академик. Открыл (1842) реакцию восстановления ароматических нитросоединений и получил анилин. Доказал, что амины — основания, способные образовывать соли с различными кислотами. Синтезировал и изучал многие другие органические вещества. Является основателем большой школы русских химиков, среди которых были А. М. Бутлеров, Н. Н. Бекетов, А. П. Бордин и др.

Химические свойства анилина, обусловленные наличием в молекуле	
аминогруппы	бензольного ядра
<p>Реагирует с кислотами с образованием солей:</p> $\text{C}_6\text{H}_5\text{—NH}_2 + \text{HCl} \longrightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_3\text{Cl}$ <p style="text-align: center;">хлорид фенил- аммония</p> <p>Образовавшиеся соли реагируют со щелочами, и снова выделяется анилин:</p> $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_3\text{Cl} + \text{NaOH} \longrightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2 + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$	<p>Энергично участвует в реакциях замещения, например реагирует с бромной водой с образованием 2,4,6-триброманилина:</p>  <p style="text-align: center;">2,4,6-триброманилин</p>

телей последовательно образуются вещества различного цвета, например так называемый *черный анилин*.

Кроме того, анилин является исходным продуктом для синтеза многих лекарственных веществ, например сульфаниламидных препаратов, анилиноформальдегидных смол и некоторых взрывчатых веществ.

△ **Генетическая связь** анилина с другими классами органических соединений подтверждается тем, что его можно получить из различных углеводов:



Ответьте на вопросы и выполните упражнения 1—9 (с. 14). Решите задачи 1—3 (с. 14).

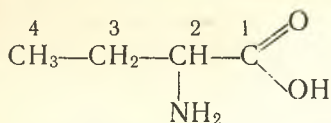
§ 2. Аминокислоты

Аминокислотами называются азотсодержащие органические соединения, в молекулах которых содержатся аминогруппы —NH₂ и карбоксильные группы —COOH.

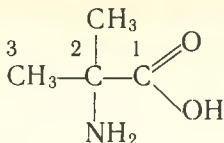
Простейшим представителем этого класса является аминокислота, или аминокислотная, кислота.

Значение аминокислот исключительно велико, так как из них построены молекулы белков, играющих важнейшую роль в жизненных процессах.

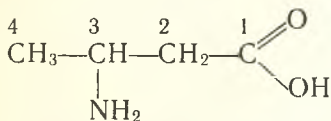
Изомерия и номенклатура. Изомерия аминокислот в основном выражается различным строением углеродной цепи и положением аминогруппы:



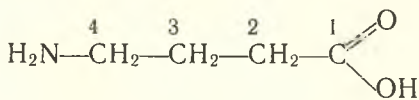
2-аминобутановая кислота



2-амино-2-метилпропановая кислота



3-аминобутановая кислота



4-аминобутановая кислота

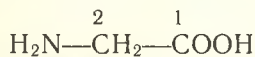
Кроме международной номенклатуры, употребляются еще названия аминокислот, в которых вместо цифр ставят буквы греческого алфавита: α , β , γ и т. д. Так, например,

2-аминобутановую кислоту $\begin{array}{ccccccc} & & & & & & \text{O} \\ & & & & & & // \\ & \gamma & \beta & \alpha & & & \\ \text{CH}_3 & -\text{CH}_2 & -\text{CH} & -\text{COOH} & & & \\ & & | & & & & \\ & & \text{NH}_2 & & & & \end{array}$ можно

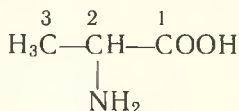
назвать также α -аминомасляной, а 3-аминобутановую

$\begin{array}{ccccccc} & & & & & & \text{O} \\ & & & & & & // \\ & \gamma & \beta & \alpha & & & \\ \text{CH}_3 & -\text{CH} & -\text{CH}_2 & -\text{COOH} & & & \\ & | & & & & & \\ & \text{NH}_2 & & & & & \end{array}$ — β -аминомасляной кислотой.

Сохранились также исторические названия кислот:

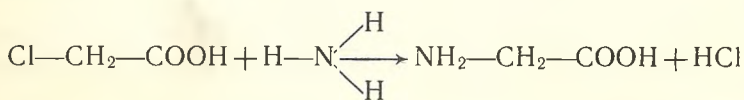


аминоуксусная кислота,
аминоэтановая,
гликокол, глицин



α -аминопропионовая
кислота, 2-аминопро-
пановая, аланин

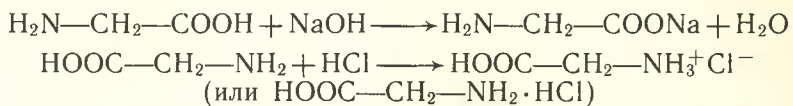
■ **Получение.** Аминокислоты, входящие в состав белков, получают путем их гидролиза подобно тому, как глюкозу получают из полисахаридов (III, с. 128). Известны также синтетические способы получения аминокислот. Так, например, в молекулах карбоновых кислот атомы водорода в радикале можно заменить на галоген, а последний действием аммиака — на аминогруппу:



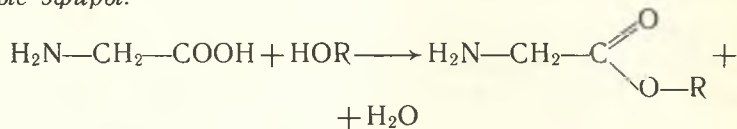
Физические свойства. Аминокислоты — бесцветные кристаллические вещества, хорошо растворимые в воде. Многие из них обладают сладким вкусом.

Химические свойства. В молекулах аминокислот содержатся карбоксильные группы, имеющие кислотные свойства, и аминогруппы, обладающие основными свойствами. Они и обуславливают характерные химические свойства этих веществ.

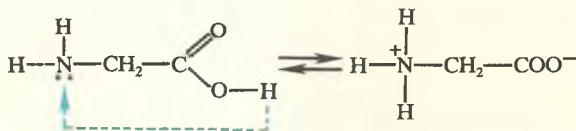
1. Аминокислоты реагируют как с основаниями, так и с кислотами, т. е. они являются амфотерными соединениями:



2. Аминокислоты реагируют со спиртами, образуя сложные эфиры:

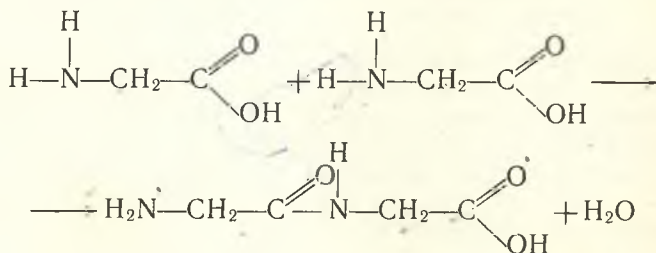


3. Наличие в молекуле одинакового числа аминогрупп и карбоксильных групп приводит к взаимной внутренней нейтрализации:



Получившаяся соль имеет два противоположных заряда и поэтому называется *биполярным ионом*, т. е. ионом, имеющим два полюса. Ее раствор нейтрален.

4. Аминокислоты реагируют друг с другом:



Образованная молекула реагирует с другой молекулой и т. д. Получаются высокомолекулярные соединения. Группа

атомов $\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{H} \\ \parallel \quad | \\ -\text{C}-\text{N}- \end{array}$ называется *пептидной* или *амидной группой*, а связь между атомами углерода и азота — *пептидной*

или амидной связью. Синтезируемые высокомолекулярные соединения называются полипептидами.

■ Полипептиды имеют очень большое значение для биологических процессов живых организмов. Учеными, например, доказано, что пептидные системы играют важнейшую роль в работе мозга. В мозгу уже открыты так называемые пептиды сна, памяти, страха и т. д. Эти исследования дадут новые мощные средства направленного, разумного воздействия на мозг, в том числе для лечения многих психических заболеваний.

Знаете ли вы, что

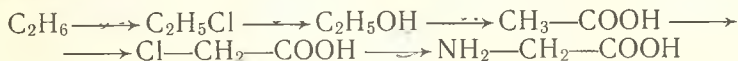
... в живых организмах аминокислоты используются для синтеза белков и других биологически важных веществ. Бактерии и растения синтезируют все для них необходимые аминокислоты. Но в организмах животных и человека некоторые аминокислоты синтезироваться не могут. Их называют незаменимыми. К ним относятся валин, лейцин, изолейцин, треонин, метионин, лизин, триптофан, фенилаланин. Эти аминокислоты должны поступать в организм с пищей, что учитывается при организации правильного питания.

Применение. Аминокислоты, преимущественно α -аминокислоты, необходимы для синтеза белков в живых организмах. Нужные для этого аминокислоты человек и животные получают в виде пищи, содержащей различные белки. Последние в пищеварительном тракте подвергаются расщеплению на отдельные аминокислоты, из которых затем синтезируются белки, свойственные данному организму. Для этой цели успешно используются также искусственно выделенные или синтезированные аминокислоты. Некоторые из них применяются в медицинских целях. Многие аминокислоты служат для подкормки животных.

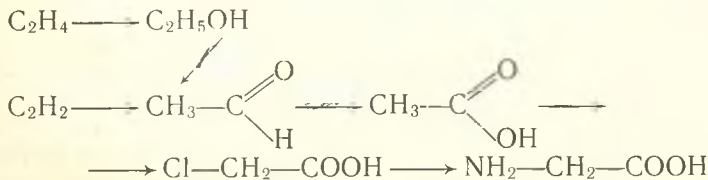
Производные аминокислот используются для синтеза волокна, например капрона (с. 34).

Взаимосвязь между важнейшими кислород- и азотсодержащими органическими соединениями. Для наглядного представления об изученных классах кислород- и азотсодержащих органических соединений приводится общий обзор о них (табл. 2).

△ **Генетическая связь** аминокислот с другими классами органических соединений. 1. *Предельные углеводороды в процессе последовательных реакций можно превратить в аминокислоты:*

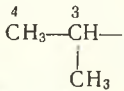
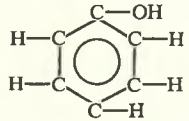
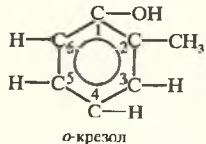
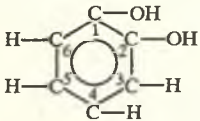
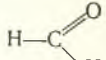
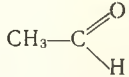
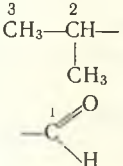
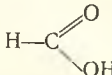
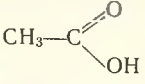
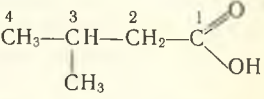
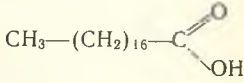


2. *Аминокислоты можно также получить из непредельных углеводов:*



Ответьте на вопросы и выполните упражнения 10—15.

Т а б л и ц а 2. Общий обзор важнейших кислород- и азотсодержащих органических соединений

Характеристика соединений	Важнейшие кислород- и азотсодержащие органические соединения			
	Одноатомные предельные спирты	Фенолы	Альдегиды	Одноосновные предельные кислоты
Общие формулы	$R-OH$	$R-OH$ $R-(OH)_n$	$R-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-H$	$R-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-OH$
Формулы отдельных представителей и их названия	CH_3-OH метанол (метиловый спирт) CH_3-CH_2-OH этанол (этиловый спирт) $CH_3-CH_2-CH_2-OH$ пропанол (пропиловый спирт)  3-метил-1-бутанол (изопентиловый спирт)	 фенол  o-крезол  1,2-бензолидиол (пирокатехин)	 метаналь (формальдегид, муравьиный альдегид)  этаналь (ацетальдегид, уксусный альдегид)  2-метилпропаналь (альдегид изомасляной кислоты)	 муравьиная (метановая) кислота  уксусная (этановая) кислота  изовалериановая (3-метилбутановая) кислота  стеариновая (октадекановая) кислота
Наиболее характерные реакции	Реагируют: а) с активными металлами б) окисляются в) взаимодействуют с кислотами г) дегидратируются	Реагируют: а) с активными металлами б) со щелочами в) с бромной водой г) с азотной кислотой	Окисляются: а) оксидом серебра (I) б) гидроксидом меди (II) Восстанавливаются водородом (гидрируются)	а) диссоциируют на ионы б) реагируют с металлами в) с основными оксидами г) с гидроксидами металлов д) с солями е) со спиртами

Сложные эфиры	Амины	Аминокислоты
$\begin{array}{l} \text{R}-\text{C} \begin{array}{l} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{O}-\text{R} \end{array} \\ \\ \text{R}-\text{C} \begin{array}{l} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{O}-\text{R}_1 \end{array} \end{array}$	$\begin{array}{l} \text{R}-\text{NH}_2 \quad \text{R} \\ \text{R} \quad \quad \quad \text{R}_1 \searrow \text{N} \\ \text{R}_1 \quad \quad \quad \text{R}_2 \nearrow \end{array}$	$\begin{array}{l} \dots-\text{CH}-\text{C} \begin{array}{l} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{OH} \end{array} \\ \quad \quad \quad \text{NH}_2 \\ \\ \dots-\text{CH}-\dots-\text{C} \begin{array}{l} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{OH} \end{array} \\ \quad \quad \quad \text{NH}_2 \end{array}$
<p> $\begin{array}{l} \text{H}-\text{C} \begin{array}{l} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{O}-\text{CH}_3 \end{array} \\ \text{метилформиат} \\ \text{(метилловый эфир} \\ \text{муравьиной кислоты)} \end{array}$ </p> <p> $\begin{array}{l} \text{CH}_3-\text{C} \begin{array}{l} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{O}-\text{C}_2\text{H}_5 \end{array} \\ \text{этилацетат} \\ \text{(этиловый эфир} \\ \text{укусной кислоты)} \end{array}$ </p> <p> $\begin{array}{l} \text{CH}_3-\text{C} \begin{array}{l} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{O}-(\text{CH}_2)_2- \\ \quad \quad \quad \text{CH}-\text{CH}_3 \\ \quad \quad \quad \\ \quad \quad \quad \text{CH}_3 \end{array} \\ \text{изопентилацетат} \\ \text{(изопентиловый эфир} \\ \text{укусной кислоты)} \end{array}$ </p> <p> $\begin{array}{l} \text{CH}_2=\text{C}-\text{C} \begin{array}{l} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{O}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} \\ \text{метилметакрилат} \end{array}$ </p>	<p> CH_3-NH_2 метиламин </p> <p> $\text{CH}_3-\text{NH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ метилэтиламин </p> <p> $\text{CH}_3-\text{NH}-\text{CH}_3$ диметиламин </p> <p> $\text{CH}_3-\text{N}-\text{CH}_3$ $\quad \quad \quad$ $\quad \quad \quad \text{CH}_3$ триметиламин </p> <p> $\text{C}_6\text{H}_5-\text{NH}_2$ анилин, фениламин </p>	<p> $\text{NH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$ аминоуксусная, аминоэтановая кислота (глицин) </p> <p> $\begin{array}{ccccccc} & & 4 & & 3 & & 2 & & 1 \\ & & \text{CH}_3 & & -\text{CH} & - & \text{CH} & - & \text{COOH} \\ & & & & & & & & \\ & & \text{CH}_3 & & & & \text{NH}_2 & & \end{array}$ α-аминоизовалериановая, β-амино-3-метилбутановая кислота (валин) </p> <p> $\text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{COOH}$ $\quad \quad \quad$ $\quad \quad \quad \text{NH}_2$ 3-аминоасляная, 3-аминобутановая кислота </p>
<p>Подвергаются гидролизу, кроме того, сложные эфиры непредельных кислот полимеризуются и участвуют в реакциях присоединения</p>	<p>Обладают основными свойствами. Реагируют с водой и кислотами. Низшие амины горят на воздухе</p>	<p>Обладают амфотерными свойствами. Реагируют с основаниями, кислотами и спиртами. Способны образовывать биполярный ион</p>

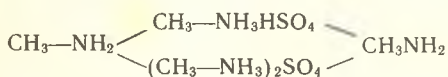
1. Напишите химические формулы веществ (по два примера), относящихся: а) к нитросоединениям; б) к сложным эфирам азотной кислоты.

2. Что такое амины и каково строение их молекул?

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

4. Даны амины: а) метиламин; б) диметил-амин; в) триметиламин. Напишите их структурные формулы и поясните, у какого из них основные свойства выражены сильнее, а у какого — слабее. Почему?

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



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.

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

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

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

10. Как получают аминокислоты? Составьте уравнения реакций.

11. При крекинге нефти (III, с. 68) образуется этилен. Какую простейшую аминокислоту можно из него синтезировать? Составьте уравнения соответствующих реакций.

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

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

14. Составьте конспект ответа, характеризующего этиламин, анилин и аминокетановую кислоту (III, с. 22—23).

15. При подготовке к зачету и экзамену, пользуясь таблицей 2, 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.

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

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

3. Сколько граммов нитробензола можно получить из 312 г бензола, если выход в массовых долях составляет 0,75, или 75%, по сравнению с теоретическим?

§ 3. Понятие об азотсодержащих гетероциклических соединениях

До сих пор мы изучали органические соединения, в циклах которых содержатся только атомы углерода. Однако гораздо больше таких соединений, в циклы которых, кроме атомов углерода, входят также атомы азота, серы, кислорода и некоторых других элементов. Такие соединения относятся к гетероциклическим.

Гетероциклическими называются такие соединения, в циклах которых наряду с атомами углерода содержатся и атомы других элементов.

Знаете ли вы, что

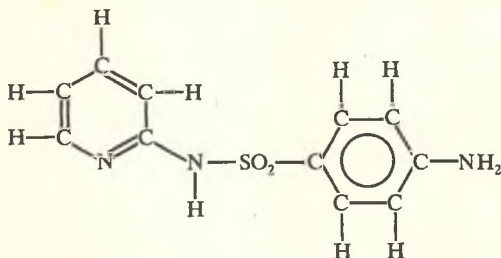
Важное биологическое значение (в частности, в медицине) имеют азотсодержащие гетероциклические соединения, т. е. органические вещества, в циклах которых, кроме атомов углерода, содержатся атомы азота. Рассмотрим некоторые из них.

Пиридин — азотсодержащее гетероциклическое соединение с шестичленным кольцом. Пиридин выделяют из каменноугольного дегтя, из костного масла, полученного при пиролизе костей. Его получают и синтетическим путем.

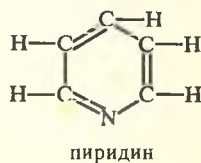
Пиридин представляет собой бесцветную жидкость, кипящую при 115°C , с сильным неприятным запахом.

Подобно аминам, пиридин обладает основными свойствами. Аналогично бензолу пиридин способен к реакциям замещения, но они протекают значительно труднее.

Ядро пиридина содержится в молекулах витамина РР, предупреждающего развитие пеллагры — заболевание кожи, с симптомами которой вы ознакомились в курсе биологии. Ядро пиридина также входит в состав известного вам лекарственного препарата — сульфидина:



... гетероциклические соединения широко распространены в природе, и они играют важную роль в биологических процессах. К ним относится примерно половина всех известных природных веществ — многие витамины, антибиотики, некоторые незаменимые аминокислоты. Среди природных гетероциклических соединений — хлорофилл растений, пенициллин, витамины В, В₆, В₁₂.



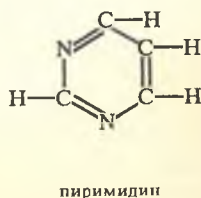
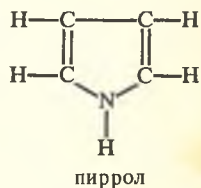
Пиррол — азотсодержащее гетероциклическое соединение с пятичленным кольцом. Пиррол выделяют из смеси веществ, образующейся при пиролизе обезжиренных костей. Его получают и синтетическим путем.

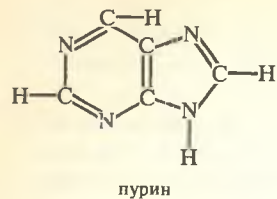
Пиррол — бесцветная жидкость, с температурой кипения 130°C , плохо растворимая в воде. Для пиррола характерен запах, напоминающий запах хлороформа.

Пиррол обладает слабыми основными и ароматическими свойствами.

Производные пиррола входят в состав гемоглобина и хлорофилла, роль которых вам известна из курса биологии.

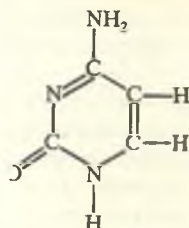
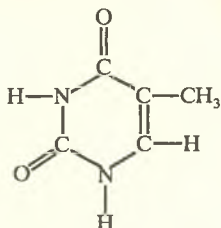
Пиримидиновые и пуриновые основания, входящие в состав нуклеиновых кислот. Гетероциклические основания *пиримидин* и *пурин* входят в состав нуклеиновых кислот, играющих чрезвычайно важную роль в процессах жизнедеятельности организма.



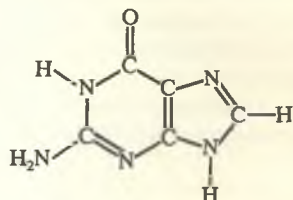
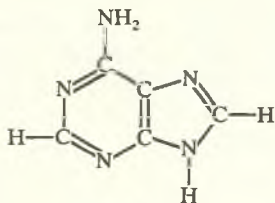


Из структурной формулы пурина видно, что его молекула состоит из двух ядер. Такие соединения относятся к конденсированным гетероциклам.

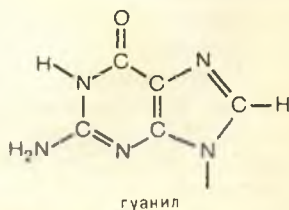
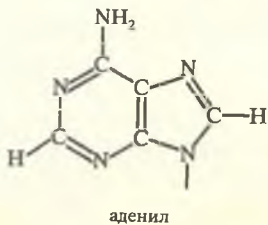
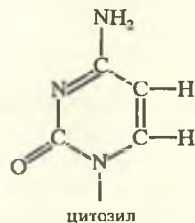
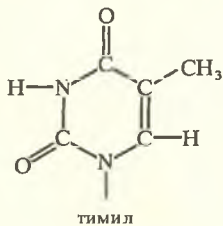
Важнейшими производными пириимидина, которые входят в состав нуклеиновых кислот, являются *тимин* и *цитозин*.



Производными же пурина, входящими в состав нуклеиновых кислот, являются *аденин* и *гуанин*.



Радикалы четырех гетероциклических оснований — тимил, цитозил, аденил, гуанил — входят в состав нуклеиновых кислот.



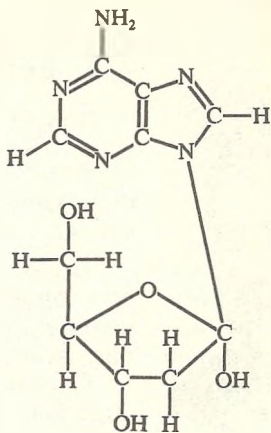
1. Поясните, какие соединения относятся к гетероциклическим. Приведите примеры и напишите их формулы и названия.

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

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

4. Исходя из приведенной структурной формулы вещества, радикал которого входит в состав нуклеиновых кислот, поясните, из каких двух вам известных веществ оно образовано. Назови-

те эти соединения и напишите их структурные формулы.



§ 1. Белки

Повторите из учебника «Общая биология» § 44.

Белки — это азотсодержащие высокомолекулярные органические вещества со сложным составом и строением молекул.

Белки наряду с углеводами и жирами являются основной составной частью нашей пищи. С белками связаны все жизненные процессы. Белки входят в состав клеток и тканей всех живых организмов.

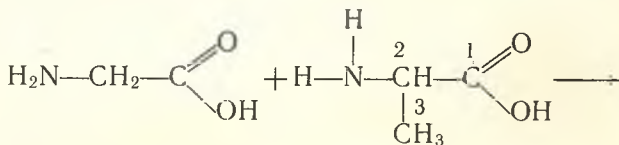
Состав и строение. В состав белков входят углерод, водород, кислород и азот. Большинство белков содержит, кроме того, серу, а иногда еще фосфор, железо и некоторые другие элементы. Относительная молекулярная масса белков очень большая. Так, например, относительная молекулярная масса белка, входящего в состав куриного яйца, равна 36 000, а одного из белков мышц достигает 150 000. У некоторых других белков относительная молекулярная масса составляет 300 000 и более.

В результате гидролиза белков чаще всего получают 20 различных аминокислот. Если в состав молекулы белка входит только по одной молекуле каждой из этих 20 аминокислот, то они, соединяясь друг с другом, могут дать свыше $2,4 \cdot 10^{18}$ различных комбинаций. Вот почему так разнообразны и сложны по строению молекулы белков.

В 1888 г. русский биохимик А. Я. Данилевский указал на то, что в молекулах белков содержатся повторяющиеся пептидные группы атомов —C—N—. В начале XX столетия



немецкому ученому Э. Фишеру и другим исследователям удалось синтезировать соединения, в молекулы которых входило 18 остатков различных аминокислот, соединенных пептидными связями. Эти полипептиды по некоторым свойствам напоминали белки. Упрощенно синтез полипептидов можно изобразить так:



аминоуксусная кислота, или гликокол, или глицин

2-аминопропановая кислота, или аланин

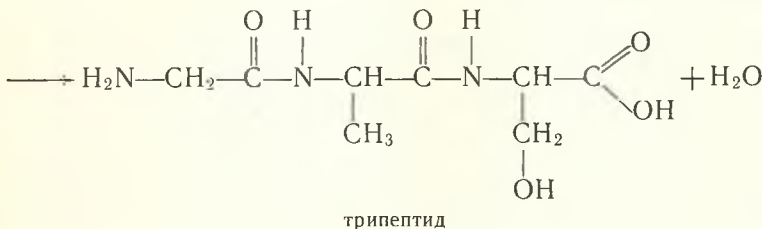
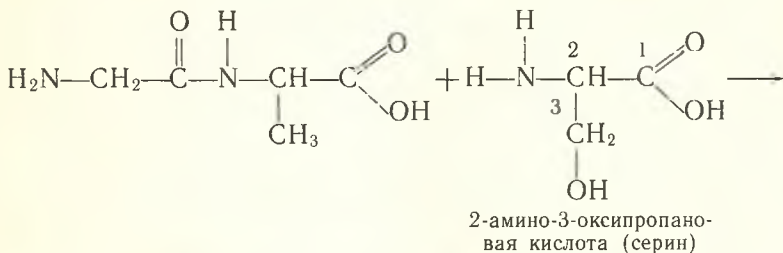
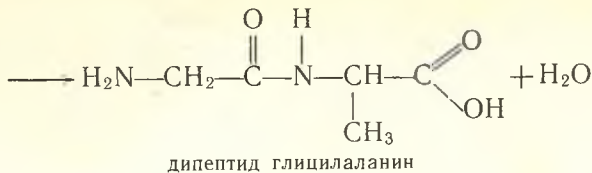


Данилевский Александр Яковлевич (1838—1923). Академик. Один из основоположников отечественной биохимии.

В 1888 г. предложил теорию строения белковой молекулы. Экспериментально доказал, что действие сока поджелудочной железы на белки представляет собой гидролиз. Изучал белки мышц (миозин), обнаружил антипепсин и антитрипсин.

Знаете ли вы, что

... в 1936 г. советский ученый-химик А. Н. Белозерский впервые обнаружил ДНК в клетках растений.



Фишер Эмиль Герман (1852—1919). Немецкий химик-органик. Лауреат Нобелевской премии (1902). Научные работы посвящены химии углеводов, белков, пуриновых соединений. В продуктах расщепления белков в 1901 г. открыл валин, пролин. В 1902 г. экспериментально доказал, что аминокислоты связываются, образуя соединения, названные им полипептидами.

Первое исходное вещество — глицин — образуется при гидролизе клея, полученного из субпродуктов животных, второе — аланин — можно получить почти из всех белков.

В молекулах белков аминокислотные остатки повторяются многократно в строгой последовательности. Эта последовательность аминокислотных звеньев в линейной полипептидной цепи называется *первичной структурой* белковой молекулы (рис. 1).

Пространственная конфигурация белковой молекулы, напоминающая спираль, образуется благодаря многочисленным *водородным связям* между группами —CO— и —NH— (рис. 2). Такая структура белка называется *вторичной*.

В пространстве закрученная в спираль полипептидная цепь образует *третичную структуру* белка (рис. 3). Она поддерживается взаимодействием разных функциональных групп полипептидной цепи. Так, например, между атомами серы часто образуется *дисульфидный мостик* (—S—S—), между карбоксильной группой и гидроксильной группой имеется *сложноэфирный мостик*, а между карбоксильной группой и аминогруппой может возникнуть *солевой мостик*. Для этой структуры характерны и водородные связи. Третичная структура белка во многом обуславливает специфическую биологическую активность белковой молекулы.

Знаете ли вы, что

... согласно данным Международной организации по продовольствию и сельскому хозяйству при ООН больше половины человечества не получает с пищей необходимого количества белков. Недостаток белков в пище вызывает тяжелые заболевания.

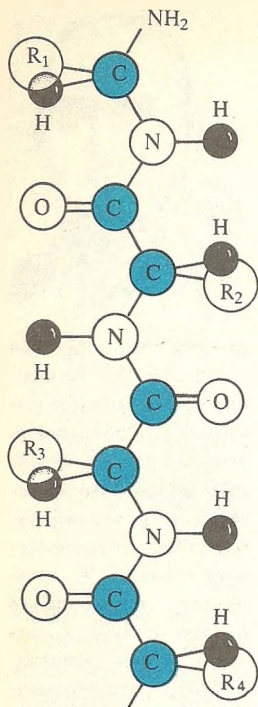


Рис. 1. Первичная структура белков.

Некоторые белковые макромолекулы могут соединяться друг с другом и образовывать относительно крупные агрегаты. Подобные полимерные образования белков, где мономерами являются макромолекулы белка, называются *четвертичными структурами*. Примером такого белка является гемоглобин, который представляет комплекс из четырех макромолекул (рис. 4). Оказывается, что только при такой структуре гемоглобин способен присоединять и транспортировать кислород в организме.

Белок — высшая форма развития органических веществ. В нем объединяются признаки разных классов органических соединений, что в своем сочетании дает совершенно новые качества, выполняющие большую роль в жизненных процессах организма. Подробнее о коллоидных растворах см. на с. 80.

Физические свойства. Белки бывают растворимые в воде и нерастворимые. Некоторые из них с водой образуют коллоидные растворы.

Химические свойства. 1. Для белков характерны реакции, в результате которых выпадает осадок. В одних случаях полученный осадок при избытке воды вновь растворяется, а в других — происходит необратимое свертывание белков, т. е. *денатурация*, в результате чего их молекулы подвергаются необратимым химическим изменениям. Так, например, этанол осаждает белки по-разному. Если на белок яйца кратковременно подействовать его разбавленным раствором, то полученный осадок можно растворить в воде. Но если на белок подействовать неразбавленным спиртом, то происходит денатурация.

Белки с солями легких металлов и аммония (NaCl, MgSO₄, ZnSO₄, (NH₄)₂SO₄ и др.) образуют осадок, который можно опять растворить. Но при действии солей тяжелых металлов (Fe, Pb, Hg и др.), а также концентрированной азотной кислотой происходит необратимое свертывание белков. Такой же результат получается и при нагревании белков.

2. **Цветные реакции белков:** 1) если к небольшому количеству раствора белков прилить немного гидроксида натрия и по каплям добавлять раствор сульфата меди (II), то появляется красно-фиолетовая окраска. Такая же реакция происходит и с другими соединениями, которые содержат пептидные группы;

2) при действии концентрированной азотной кислотой белки окрашиваются в желтый цвет. Эта реакция доказывает, что в состав белков входят остатки ароматических аминокислот;

3) если к раствору белков прилить ацетат свинца (II), а затем гидроксид натрия и нагреть, то выпадает черный осадок, что указывает на содержание S.

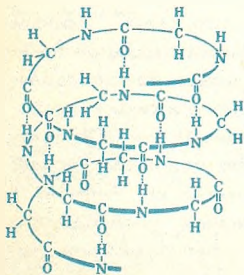


Рис. 2. Вторичная структура белков.

3. *Гидролиз белков.* При нагревании белков со щелочами или кислотами происходит гидролиз:

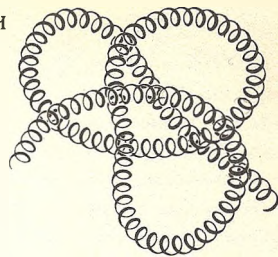
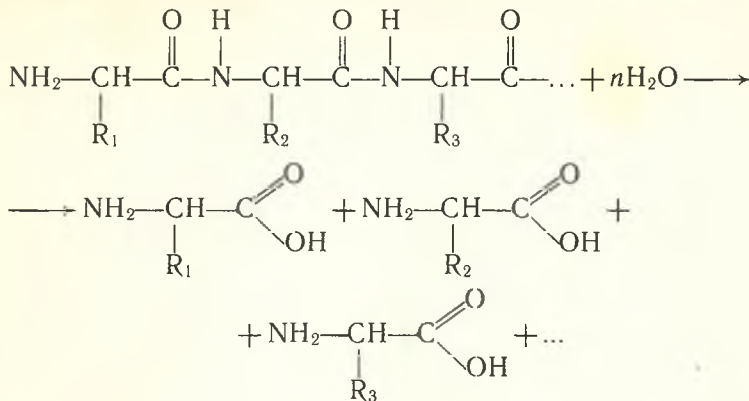


Рис. 3. Третичная структура белков.

Превращение белков в организме. В организмах животных и человека под влиянием ферментов (пепсина, трипсина, эрепсина и др.) происходит гидролиз белков. В результате этого образуются аминокислоты, которые всасываются ворсинками кишечника в кровь и используются для образования белков, специфических данному организму. Синтез белков идет с поглощением энергии. Эту энергию доставляют молекулы АТФ. (Повторите из учебника «Общая биология» § 42.) В организме одновременно с синтезом белков непрерывно происходит и полное их разрушение, вначале до аминокислот, а затем до оксида углерода (IV), аммиака, мочевины и воды. При этих процессах выделяется энергия, но в меньшем количестве, чем при распаде углеводов и жиров.

Успехи в изучении и синтезе белков. Уже первое ознакомление с белками дает некоторое представление о чрезвычайно сложном строении их молекул. На современном этапе развития химической науки еще очень трудно выявить структуры молекул белков. Первый белок, у которого в 1954 г. удалось расшифровать первичную структуру, был *инсулин* (регулирует содержание сахара в крови). Для этого потребовалось почти 10 лет. Молекула инсулина состоит из двух полипептидных цепочек. Одна из них содержит 21, а другая — 30 аминокислотных остатков. В настоящее время осуществлен синтез инсулина. Для получения одной из полипептидных цепочек потребовалось провести 89 реакций, а для получения другой — 138. В живых организмах синтез белков происходит очень быстро (иногда почти мгновенно), поэтому ученые настойчиво изучают его механизм.

Синтез белков в условиях лабораторий и химических заводов — задача очень сложная. Решение ее является вели-

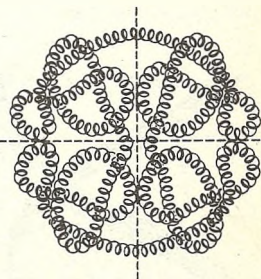


Рис. 4. Четвертичная структура белков.

чайшей победой всего человечества, которая откроет невиданные ресурсы получения разнообразных веществ и материалов для использования в медицине, технике и т. д. Осуществится проблема биохимического и синтетического получения пищи.

Широкие исследования в области создания микробиологической промышленности по производству искусственных пищевых продуктов принадлежат известному советскому ученому А. Н. Несмеянову. Его работу продолжают другие ученые. В настоящее время уже разработаны пути получения более 120 разных видов искусственных мясных и рыбных продуктов. Практическое осуществление этих путей ведется в двух основных направлениях. Одно из них основано на использовании белков растений, например сои, другое — на использовании белков продуктов, полученных микробиологическим путем из нефти.

Ответьте на вопросы и выполните упражнения 1—8 (с. 24).

§ 2. Нуклеиновые кислоты

Нуклеиновые кислоты — важнейшие компоненты (составные части) всех живых клеток. Эти вещества регулируют передачу наследственных признаков в ряду поколений. Им принадлежит ведущая роль в процессе биосинтеза белков.

Состав нуклеиновых кислот исключительно сложный. Их относительная молекулярная масса очень большая и колеблется в пределах 20 000—10 000 000. Нуклеиновые кислоты являются полимерами (полинуклеотидами), состоящими из множества мононуклеотидов. Это установлено путем их гидролиза. Следовательно, *мономерным звеном нуклеиновых кислот являются мононуклеотиды, куда входят остатки пиримидиновых или пуриновых оснований (с. 15), углеводного компонента — рибозы или дезоксирибозы (III, с. 130) и остатки ортофосфорной кислоты.* Если в состав нуклеиновых кислот входят нуклеотиды, содержащие остатки рибозы, то такие нуклеиновые кислоты называют *рибонуклеиновыми* или сокращенно — РНК, а если остатки дезоксирибозы, то *дезоксирибонуклеиновыми* кислотами или сокращенно — ДНК.

Мононуклеотиды связаны между собой сложноэфирными связями в полимерную цепь. Схематически это можно показать так:

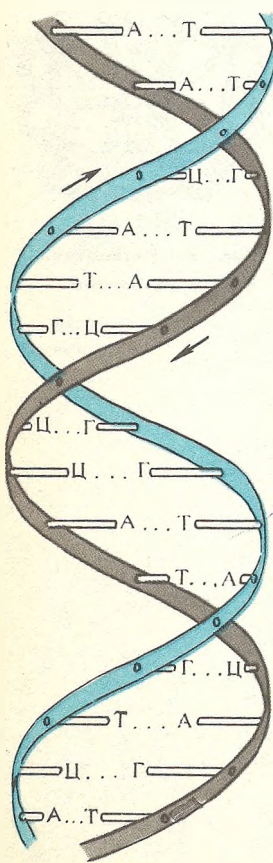
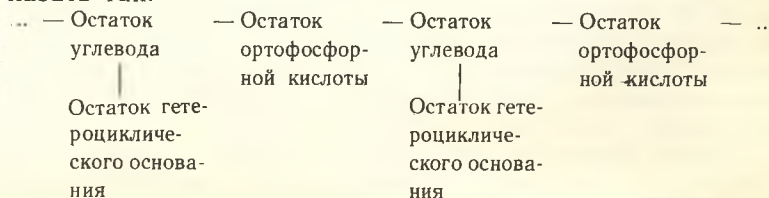
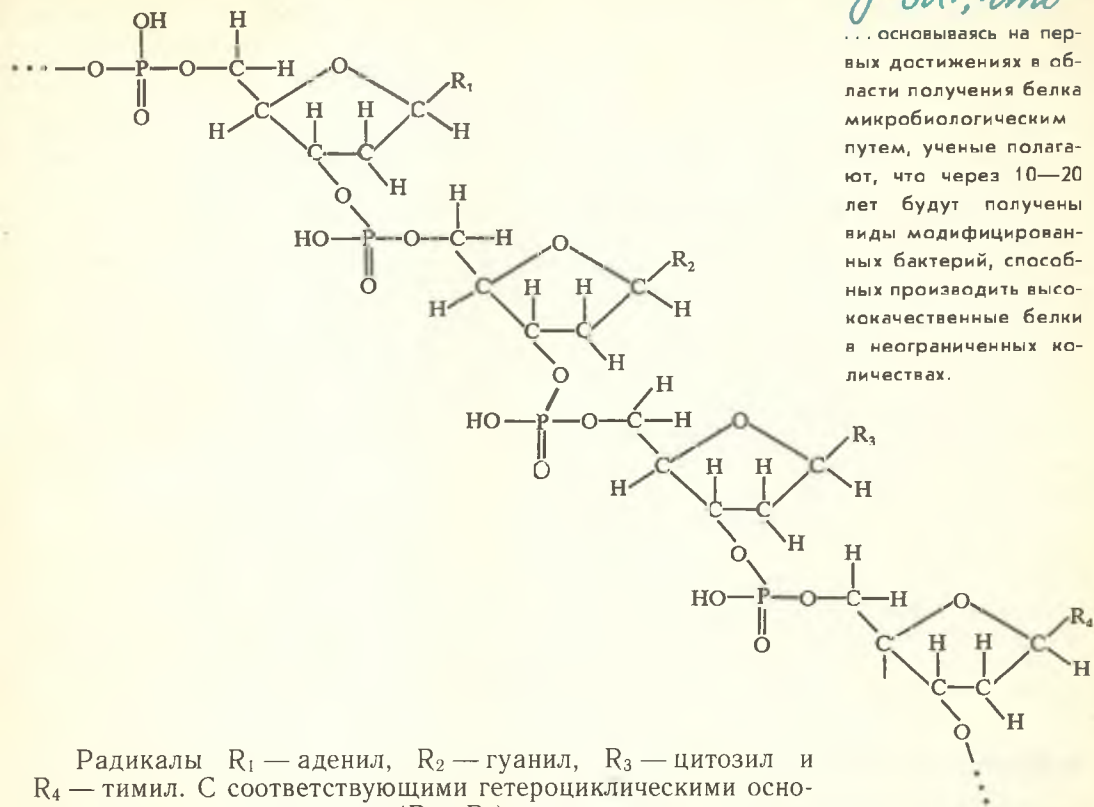


Рис. 5. Схема строения ДНК (двойная спираль).

Согласно приведенной схеме фрагмент цепи ДНК будет выглядеть так:



Радикалы R₁ — аденил, R₂ — гуанил, R₃ — цитозил и R₄ — тимил. С соответствующими гетероциклическими основаниями и их радикалами (R₁—R₄) мы уже ознакомились ранее (с. 16).

Мы рассмотрели только фрагмент одной цепи ДНК. Однако по данным рентгеноструктурного анализа макромолекулы ДНК, а также РНК представляют собой две взаимосвязанные спиральные цепи, фрагмент которой показан на рисунке 5. Обе спиральные цепи связаны водородными связями, возникающими в результате взаимодействия радикала гетероциклического основания одной цепи с радикалом гетероциклического основания другой цепи. *Основания, образующие пары, связанные водородными связями, называются комплементарными или взаимно дополняющими.* При образовании таких взаимно связанных пар соблюдается следующая закономерность: *одно основание обязательно должно быть пуриновое, а другое — пиримидиновое.* Причем *тимин непременно находится в паре с аденином, а цитозин — с гуанином.*

Ответьте на вопросы и выполните упражнения 9—13 (с. 24).

Знаете ли вы, что

... основываясь на первых достижениях в области получения белка микробиологическим путем, ученые полагают, что через 10—20 лет будут получены виды модифицированных бактерий, способных производить высококачественные белки в неограниченных количествах.

Знаете ли вы, что

... открытие нуклеиновых кислот принадлежит швейцарскому химику Ф. Мишеру. Он в 1869 г. обнаружил в лейкоцитах новое химическое соединение, которое назвал нуклеином (лат. nucleus — ядро).

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

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

3. Где белки встречаются в природе и каково их значение?

4. Опишите физические и химические свойства белков.

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

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

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

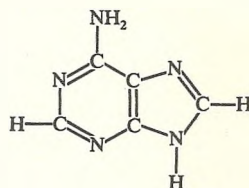
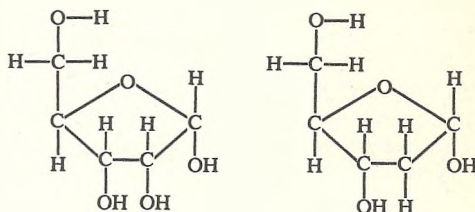
8. В чем состоят трудности синтеза белков? Как химики в настоящее время решают эту проблему? Какие в этой области имеются достижения и какие практические задачи предлагают решить ученые в ближайшее будущее?

9. Как ученым удалось установить состав нуклеиновых кислот?

10. Охарактеризуйте строение нуклеотидов и отдельных звеньев РНК и ДНК.

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

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



13. В чем заключается сущность комплементарности?

Лабораторный опыт

1. Цветные реакции на белки

Биуретовая реакция. Влейте в пробирку 2—3 мл раствора белка и добавьте несколько миллилитров раствора гидроксида натрия, а затем немного раствора сульфата меди (II).

Ксантопротеиновая реакция. В пробирку налейте 2—3 мл раствора белка и добавьте 0,5—

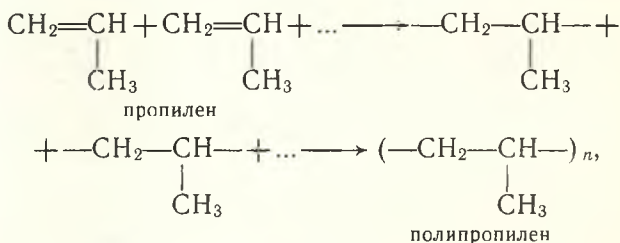
1 мл концентрированной азотной кислоты. (Осторожно!)

Задания для самостоятельных выводов.

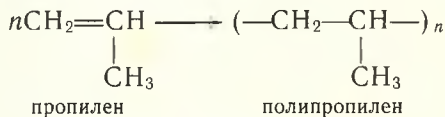
1. Как можно доказать наличие белков в пищевых продуктах? 2. Какова сущность цветных реакций белков?

§ 1. Понятие о высокомолекулярных соединениях

Полимеры, получаемые в реакциях полимеризации. Строение молекул. В X классе вы уже ознакомились с реакцией полимеризации этилена. Она характерна для многих органических веществ, в молекулах которых имеются двойные или тройные связи, например:

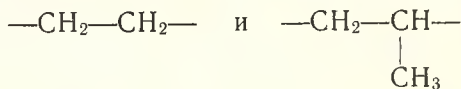


или сокращенно:



В результате таких реакций образуются высокомолекулярные соединения, которые называются *полимерами* (греч. «поли» — много, «мерос» — часть). Вещества, из которых получают полимеры, называются *мономерами*, а молекулы полимеров — *макромолекулами* (греч. «макрос» — большой, длинный).

Буква *n* показывает, сколько молекул мономера взаимно соединилось в процессе полимеризации; ее называют *степенью полимеризации*, а многократно повторяющиеся в макромолекуле группы атомов — *структурными звеньями*. Например, структурные звенья полиэтилена и полипропилена такие:



Характерно, что степень полимеризации не является величиной постоянной. Так, при полимеризации этилена могут образоваться макромолекулы, у которых число *n* колеблется

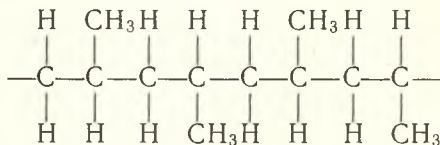
Знаете ли вы, что

... в настоящее время нет необходимости говорить о важной роли полимеров. Напомним только, что все живое состоит из полимеров: полисахариды (целлюлоза, крахмал) и белки — это материал, из которого построены живые организмы. И в повседневной жизни на каждом шагу мы сталкиваемся с разнообразными синтетическими материалами.

от 300 до 100 000. Поэтому обычно указываемая для данного полимера относительная молекулярная масса является его средней молекулярной массой.

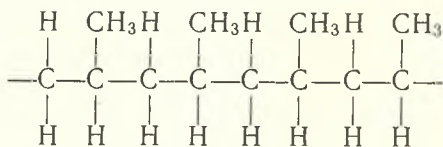
Рассмотрим два представителя полимеров — *полиэтилен* и *полипропилен*. Они относятся к так называемым линейным полимерам, хотя фактически имеют зигзагообразное строение (III, с. 15). Их молекулы сильно изогнуты в различных направлениях, иногда даже свернуты в клубки.

В процессе полимеризации, например пропилена, может образоваться полимер со *стереонерегулярной структурой*:

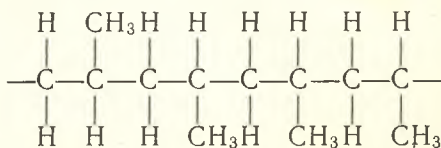


Стереонерегулярной эта структура называется потому, что радикалы —CH₃ в ней размещены хаотически — по одну и другую стороны цепи. Обычно в процессе полимеризации образуются полимеры со стереонерегулярной структурой.

Ученые установили, что качество полимеров значительно улучшается, если образовавшийся полимер имеет *стереорегулярную структуру*. Но для получения таких полимеров требовалось изыскать особые условия (специфические катализаторы, оптимальные температура и давление). Таким путем удалось, например, синтезировать полипропилен со стереорегулярной структурой. Для полипропилена стереорегулярность обусловлена двумя вариантами строения углеродной цепи в макромолекуле. В одном случае метильные радикалы расположены только по одну сторону углеродной цепи:



В другом случае метильные радикалы расположены по обе стороны углеродной цепи, но строго регулярно:



Этот пример еще раз подтверждает тезис А. М. Бу т л е р о в а о том, что свойства веществ, в том числе и полимеров, зависят от их строения.

Знаете ли вы, что

... для создания искусственного сердца, впервые пересаженного человеку в 1982 г. в США, ученые использовали различные материалы. Корпус сердца был изготовлен из алифатического полиуретанового термоэластопласта, кольца, удерживающие клапаны сердца — из поликарбоната, а сами клапаны — из титана. Все детали были покрыты полиуретаном, на который «привили» гепарин — вещество, предотвращающее образование тромбов в крови.

Получение. Еще недавно полиэтилен ($(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)_n$) получали под высоким давлением при повышенной температуре. Реализация такого производственного процесса была весьма сложной. В последнее время полимеризацию проводят при атмосферном давлении и комнатной температуре в присутствии *триэтилалюминия* и *хлорида титана (IV)*.

Синтезированный таким путем полиэтилен плавится при более высокой температуре и обладает большей механической прочностью, так как имеет большую молекулярную массу и меньше ответвлений. Подобным образом получают полипропилен, поливинилхлорид, полистирол, полиметилметакрилат и некоторые другие полимеры (табл. 4, с. 30).

Физические свойства. Полиэтилен значительно легче воды, его плотность примерно $0,92 \text{ г/см}^3$. Он эластичен, в тонком слое бесцветный, прозрачный, на ощупь несколько жирный, напоминающий парафин. Если кусочек полиэтилена нагреть, то уже при температуре 110°C он становится мягким и легко изменяет форму. При охлаждении полиэтилен затвердевает и сохраняет приданную ему форму.

Свойство тел изменять форму в нагретом состоянии и сохранять ее после охлаждения называют термопластичностью.

При очень сильном нагревании полиэтилен разлагается. Полипропилен (отдельные его виды) отличается от полиэтилена более высокой температурой плавления (плавится при температуре $160-180^\circ\text{C}$) и большей механической прочностью.

Химические свойства. Полиэтилен и полипропилен обладают свойствами предельных углеводородов. При обычных условиях эти полимеры не реагируют ни с серной кислотой, ни со щелочами. (Концентрированная (дымящая) азотная кислота разрушает полиэтилен, особенно при нагревании.) Они не обесцвечивают бромную воду и раствор перманганата калия даже при нагревании.

Применение. Полиэтилен и полипропилен химически устойчивы, механически прочны, поэтому их широко применяют при изготовлении оборудования в различных отраслях промышленности (аппараты, трубы, сосуды и т. д.). Они обладают высокими электроизоляционными свойствами. Полиэтилен и полипропилен в тонком слое хорошо пропускают ультрафиолетовые лучи. Пленки из этих материалов используются вместо стекла в парниках и теплицах. Их применяют также для упаковки разных продуктов.

Если в молекуле этилена все атомы водорода замещены атомами фтора, то получается тетрафторэтилен $\text{CF}_2=\text{CF}_2$. При полимеризации последнего образуется *политетрафторэтилен*, или *тефлон* ($(-\text{CF}_2-\text{CF}_2-)_n$), — механически прочное и химически очень стойкое вещество. Тефлон по хими-

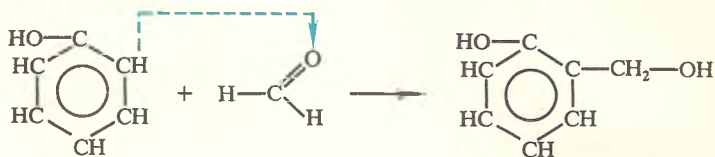
Знаете ли вы, что

... по данным департамента науки и техники Японии, на планете в 1990 г. искусственные кости и суставы получили примерно $1,5 \cdot 10^4$ человек, кровеносные сосуды — $2,4 \cdot 10^6$, клапаны сердца — $9,0 \cdot 10^5$ и искусственную почку — $1,1 \cdot 10^6$.

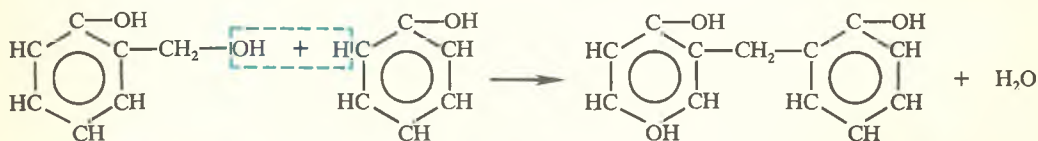
ческой устойчивости превосходит все металлы, даже золото и платину. Он выдерживает температуру до 260°C , не горит и является отличным диэлектриком.

Полимеры, получаемые в реакциях поликонденсации.

Строение молекул. С реакциями поликонденсации мы уже ознакомились при изучении свойств полисахаридов (III, с. 133), аминокислот (с. 8). Теперь рассмотрим, как при реакции поликонденсации образуются фенолформальдегидные смолы. Нам уже известно, что в молекуле фенола в положениях 2, 4 и 6 атомы водорода весьма подвижны, а для альдегидов характерны реакции присоединения, обусловленные наличием в них π -связи. В связи с этим реакцию фенола с формальдегидом можно отразить так:



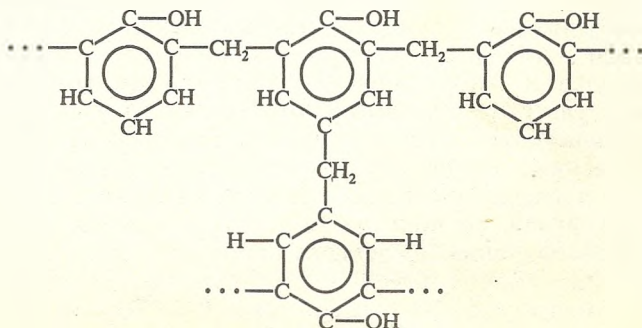
Это промежуточное соединение затем реагирует с другими молекулами фенола:



Знаете ли вы, что

... очень ценными полимерными материалами являются пенопласты (поропласты). Пенопласты непроницаемы для воды, газов и похожи на застывшую пену. Пенопласты необычайно легки, ибо они состоят из огромного количества замкнутых пузырьков, заполненных воздухом или азотом. Некоторые из них в 25 раз легче пробки, в 100 раз легче воды. Они используются в стенах вагонов.

Далее образовавшийся продукт реагирует с другими молекулами метанала, а затем — с молекулами фенола и т. д. В результате этих реакций получают высокомолекулярное вещество — фенолформальдегидная смола и побочный продукт — вода. Так как в молекулах фенола подвижные атомы водорода находятся не только в положении 2, но и в положениях 4 и 6, то в реакции с метаналом участвуют и эти атомы водорода. Поэтому синтезируется полимер разветвленного строения:



При повышенной температуре и давлении между разветвленными молекулами полимера происходит химическое взаимодействие и образуется полимер с пространственной структурой. Такой материал теряет термопластичность и становится более прочным.

Полимеры, которые при повышенной температуре не размягчаются и не плавятся в отличие от термопластичных полимеров, называются термореактивными.

Применение. Из фенолформальдегидного полимера (смолы), добавляя различные наполнители (древесная мука, хлопчатобумажная ткань, стеклянное волокно, различные красители и т. д.), получают фенолформальдегидные пластмассы, которые сокращенно называют *фенопластами* (табл. 3).

Знаете ли вы, что

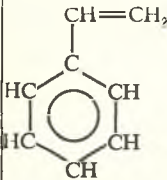
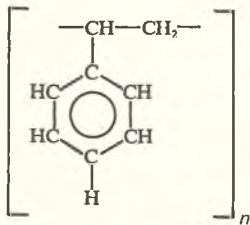
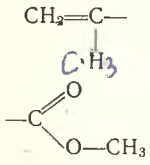
... в недалеком будущем значительно возрастет выпуск красивых пластмассовых легковых автомобилей, моторных лодок, новых легких образцов мебели, прочной обуви, новых красивых тканей, не боящихся дождя.

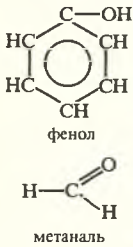
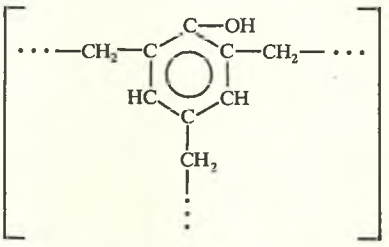
Таблица 3. Важнейшие фенопласты*

Характеристика фенопластов	Виды фенопластов				
	Текстолит	Волокнит	Гетинакс	Стеклопласт	Карболит
<i>Исходные вещества и материалы</i>	Хлопчатобумажная ткань, пропитанная фенолформальдегидной смолой и спрессованная при повышенной температуре	Очески хлопка, отходы тканей, пропитанные фенолформальдегидной смолой	Бумага, пропитанная фенолформальдегидной смолой и спрессованная	Стеклопласт и стеклянное волокно, пропитанные фенолформальдегидной смолой и спрессованные	Древесная мука, пропитанная фенолформальдегидной смолой и спрессованная
<i>Свойства</i>	Устойчив к нагрузкам. Легко поддается механической обработке	Износостойчив	Хороший электроизолятор	Механически и коррозионноустойчивый материал	Хороший электроизолятор. Устойчив против коррозии
<i>Применение</i>	Изготавливают шарикоподшипники и шестерни для машин, предусмотренных для больших нагрузок. В качестве смазки деталей можно использовать воду	Изготавливают тормозные накладки для автомашин и мотоциклов, ступеньки для эскалаторов и т. д.	Широко применяют в радио- и электротехнике в качестве хорошего электроизоляционного материала	Изготавливают детали больших размеров (автоцистерны, кузовы автомобилей и т. д.)	Изготавливают телефонные аппараты, электрические контактные платы

* Для производства текстолита, волокнита и других пластмасс применяются и другие полимеры.

Т а б л и ц а 4. Общий обзор важнейших полимеров

Название	Исходные вещества (мономеры)	Формула полимера	Способ получения	Применение
Полиэтилен	$\text{CH}_2=\text{CH}_2$ этилен	$(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)_n$	Полимеризация	Для производства деталей различных аппаратов, водопроводных, дренажных и других труб, различных пленок (в том числе для парников), предметов бытового назначения
Полипропилен	$\text{CH}_2=\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}$ пропилен	$(-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-)_n$	»	По сравнению с полиэтиленом обладает большей прочностью. Используется для производства деталей различных аппаратов, пленок, канатов, труб, высокопрочных изоляционных материалов
Полivinилхлорид	$\text{CH}_2=\underset{\text{Cl}}{\text{CH}}$ винилхлорид	$(-\text{CH}_2-\underset{\text{Cl}}{\text{CH}}-)_n$	»	Для производства искусственной кожи, плащей, клеенки, труб, изоляционного материала для электрических проводов
Полистирол	$\text{CH}=\text{CH}_2$  стирол, или винилбензол		»	Для изготовления электроизоляционных материалов, кислотоупорных труб, разных бытовых изделий, а также пенопластов (легкие пористые материалы)
Полиметилметакрилат	$\text{CH}_2=\text{C}-$  метилметакрилат	$(-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}-\overset{\text{O}}{\text{C}}-\text{O}-\text{CH}_3)_n$	»	Для производства прозрачных пластмасс, в том числе органического стекла, превосходящего в десятки раз прочность обычного, силикатного. Органи-

Название	Исходные вещества (мономеры)	Формула полимера	Способ получения	Применение
				ческое стекло применяют в самолетах и в различных аппаратах и приборах (в виде предохранительного стекла)
Фенолформальдегидная смола	 <p>фенол</p> <p>метаналь</p>		Поликонденсация	О применении фенолформальдегидной смолы см. таблицу 3

В таблице 4 дается только общий обзор о важнейших полимерах, применяемых для изготовления различных пластических материалов.

Ответьте на вопросы и выполните упражнения 1—9.

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

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

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

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

5. Опишите свойства полиэтилена, полипро-

пилена и тефлона. Где они применяются?

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

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

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

9. Какие полимеры называют термопластическими, а какие — терморезистивными? Приведите примеры.

§ 2. Синтетические каучуки

С природным каучуком, его строением, физическими и химическими свойствами вы уже ознакомились (III, с. 42). Строение и свойства синтетических каучуков сходны со

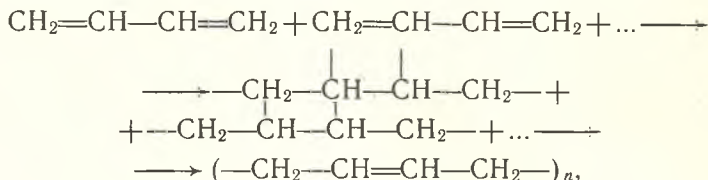
Знаете ли вы, что

... в нашей стране нет природных источников сырья для получения натурального каучука, поэтому в первые годы советской власти встала проблема синтеза каучука. Под руководством академика С. В. Лебедева в 1932 г. впервые в мире было осуществлено промышленное производство синтетического каучука из 1,3-бутадиена. Его получили из этилового спирта, исходным сырьем которого служили зерно и картофель.

строением и свойствами природного каучука. Теперь рассмотрим важнейшие синтетические каучуки, их получение, специфические свойства и применение.

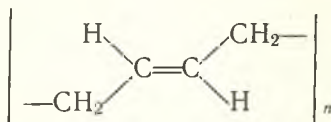
Получение. В настоящее время для получения синтетических каучуков в основном используются углеводороды, содержащиеся в нефтяных газах и продуктах переработки нефти.

Производство бутадиенового каучука основывается на полимеризации 1,3-бутадиена в присутствии катализатора:



где n может достигать нескольких тысяч.

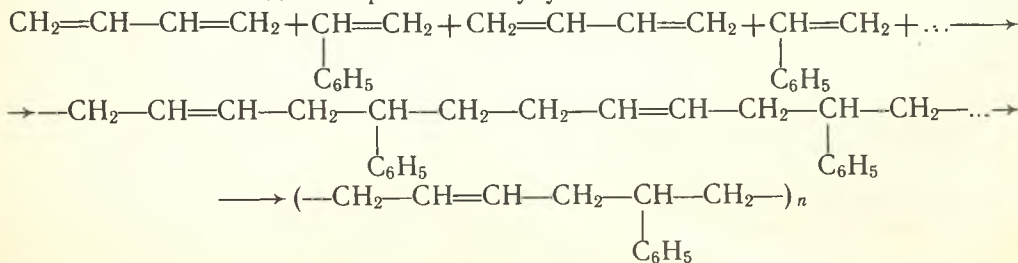
Однако оказалось, что группы $-\text{CH}_2-$ в звеньях макромолекул в отличие от природного каучука расположены по разные стороны двойной связи, т. е. находятся в *транс*-положении:



Впоследствии на основе изучения пространственного строения природного каучука ученым удалось решить проблему синтеза дивинилового и изопренового каучуков стереорегулярного строения (табл. 5).

Механизм образования природного (изопренового) каучука разбирался в курсе X класса (III, с. 43). Уравнение реакции образования синтетического изопренового каучука аналогично уравнению реакции образования природного каучука.

Некоторые синтетические каучуки получают из различных мономеров в результате их совместной полимеризации, называемой *сополимеризацией*. Так, например, при сополимеризации 1,3-бутадиена со стиролом синтезируют бутадиенстирольный каучук:



Т а б л и ц а 5. Важнейшие виды синтетических каучуков, их свойства и применение

Название	Исходные вещества (мономеры)	Формула полимера	Важнейшие свойства и применение
Бутадиеновый каучук	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$ 1,3-бутадиен	$\left[\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{CH}_2- \\ \diagdown \quad / \\ \text{C}=\text{C} \\ / \quad \diagdown \\ -\text{CH}_2 \quad \text{H} \end{array} \right]_n$ нерегулярное строение	Характерна водо- и газонепроницаемость. По эластичности отстает от природного каучука. Для производства кабелей, обуви, принадлежностей быта
Дивиниловый каучук*	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$ 1,3-бутадиен	$\left[\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \diagdown \quad / \\ \text{C}=\text{C} \\ / \quad \diagdown \\ -\text{CH}_2 \quad \text{CH}_2- \end{array} \right]_n$ регулярное строение	По износоустойчивости и эластичности превосходит природный каучук. В производстве шин
Изопреновый каучук	$\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)-\text{CH}=\text{CH}_2$ 2-метил-1,3-бутадиен	$\left[\begin{array}{c} \text{CH}_3 \quad \text{H} \\ \diagdown \quad / \\ \text{C}=\text{C} \\ / \quad \diagdown \\ -\text{CH}_2 \quad \text{CH}_2- \end{array} \right]_n$ регулярное строение	По эластичности и износоустойчивости сходен с природным каучуком. В производстве шин
Хлорпреновый каучук	$\text{CH}_2=\text{C}(\text{Cl})-\text{CH}=\text{CH}_2$ 2-хлор-1,3-бутадиен	$(-\text{CH}_2-\text{C}(\text{Cl})=\text{CH}-\text{CH}_2-)_n$	Устойчив к воздействиям высоких температур, бензинов и масел. В производстве кабелей, трубопроводов для перекачки бензина, нефти
Бутадиенстирольный каучук	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$ 1,3-бутадиен $\text{CH}=\text{CH}_2$ C_6H_5 стирол	$(-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{C}_6\text{H}_5)-\text{CH}_2-)_n$	Характерна газонепроницаемость, но недостаточная жароустойчивость. В производстве лент для транспортеров, автокамер

* Чтобы отличить этот каучук от бутадиенового, не имеющего регулярного строения, его называют дивиниловым.

Важнейшие виды синтетических каучуков, их свойства и применение показаны в таблице 5.

Процесс вулканизации синтетических каучуков аналогичен процессу вулканизации природного каучука (III, с. 44).

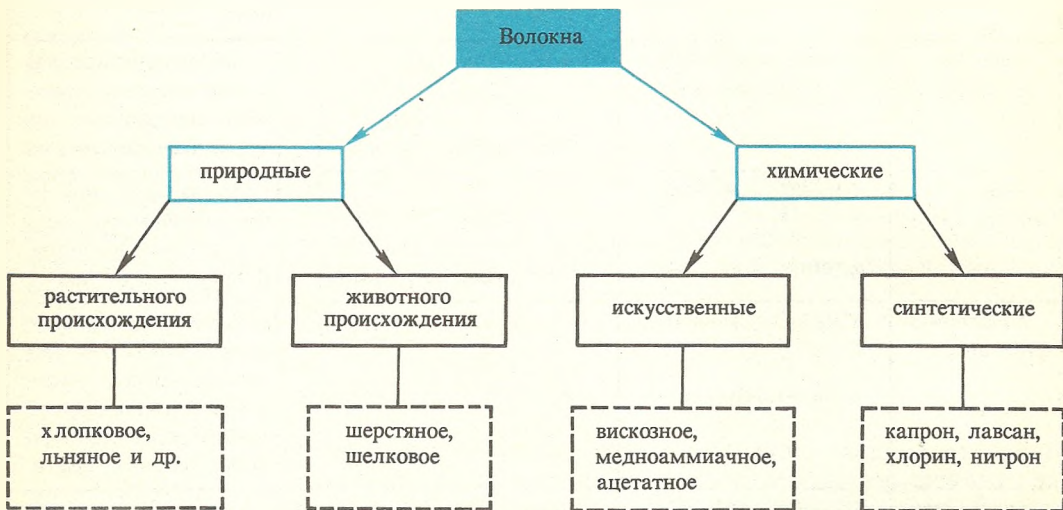
Ответьте на вопросы и выполните упражнения 1—6 (с. 36).

§ 3. Синтетические волокна

Из жизненного опыта вам известны природные волокна (льняные, шерстяные, хлопковые, шелковые). При изучении химических свойств целлюлозы вы ознакомились с представителем искусственных волокон — ацетилцеллюлозой (ацетатным шелком).

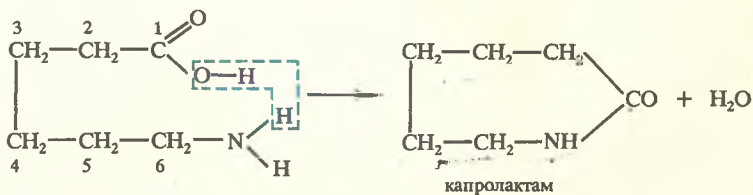
Классификация важнейших видов волокон показана на схеме 1.

С х е м а 1



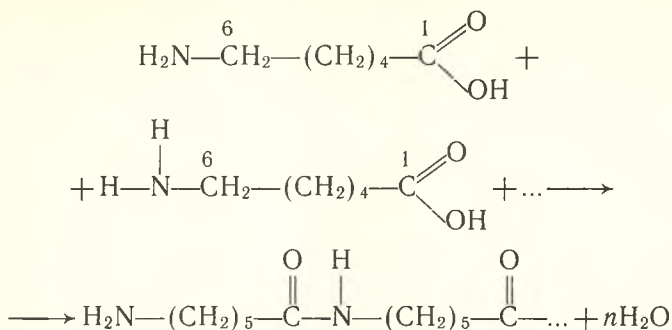
Рассмотрим важнейшие представители синтетических волокон.

Капрон относится к полиамидным волокнам. Для его производства используются некоторые производные аминокислот, например капролактам. Его можно рассматривать как продукт внутримолекулярного взаимодействия карбоксильной группы и аминогруппы молекулы 6-аминогексановой кислоты:

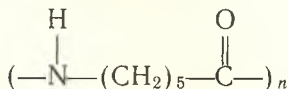


Упрощенно превращение капролактама в полимер, из которого производят капроновое волокно, можно представить следующим образом. Капролактам в присутствии воды

превращается в 6-аминогексановую кислоту, молекулы которой реагируют друг с другом:



В результате этой реакции образуется высокомолекулярное вещество, макромолекулы которого имеют линейную структуру. Отдельные звенья полимера являются остатками 6-аминогексановой кислоты:



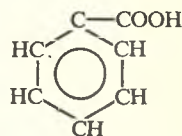
Полимер представляет собой смолу. Для получения волокон ее плавят, пропускают через фильеры. Струи полимера охлаждаются потоком холодного воздуха и превращаются в волокна, при скручивании которых образуются нити.

Капроновые ткани устойчивы к истиранию и не мнутся при деформациях. Однако они разрушаются кислотами и не выдерживают высоких температур, поэтому их нельзя гладить горячим утюгом.

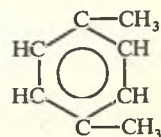
Из капрона делают кордную ткань, которая служит каркасом для авто- и авиапокрышек. Шины с кордом из капрона более износоустойчивы, чем шины с вискозным и хлопчатобумажным кордом.

Капроновая смола используется для получения пластмасс. Из них изготавливают различные детали машин, шестерни, вкладыши для подшипников и т. д. Предметы из капроновых пластмасс обладают исключительно большой прочностью и износоустойчивостью.

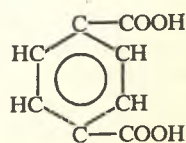
Лавсан — полиэфирное волокно. По своему составу лавсан — сложный эфир терефталевой кислоты и этиленгликоля. С этиленгликолем вы уже знакомы — это двухатомный спирт $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$ (III, с. 86). Чтобы понять, что такое терефталевая кислота, вспомним процесс окисления толуола, в результате которого образуется бензойная кислота (III, с. 57). Сходным образом окисляется *n*-ксилол с образованием терефталевой кислоты. При взаимодей-



бензойная кислота

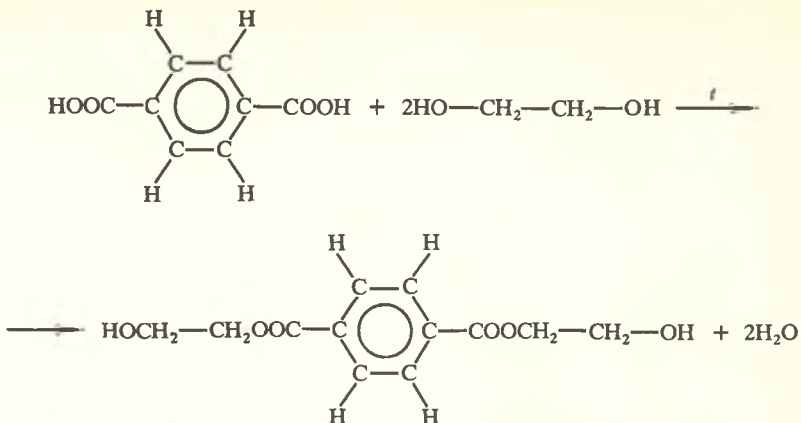


1,4-диметилбензол,
или *n*-ксилол

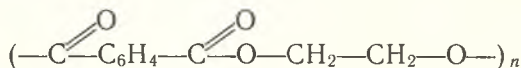


терефталевая кислота

вии последней с этиленгликолем получается сложный эфир:



При поликонденсации этого сложного эфира (процесс сопровождается отщеплением побочного продукта — этиленгликоля) образуется высокомолекулярное вещество — *лавсан*:



Промышленный процесс получения лавсана более сложный. Он рассматривается в специальных курсах химической технологии.

Волокно лавсан добавляют к шерсти для изготовления немнущихся высококачественных тканей и трикотажа. Его применяют также для производства транспортерных лент, ремней, занавесей, парусов и т. д.

Ответьте на вопросы и выполните упражнения 7—12.

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

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

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

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

5. Чем отличаются каучуки от резины?

6. Какие условия следует соблюдать при долгом хранении автокамер, шин, резиновых

трубопроводов и других изделий? Почему?

7. Какие основные виды волокон вам известны? Приведите примеры.

8. Чем отличаются искусственные волокна от синтетических? Приведите примеры.

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

10. Составьте уравнение реакции окисления *n*-ксилола. Для каких целей используется продукт реакции?

11. По какому признаку лавсан относят к полиэфирным волокнам?

12. Каковы характерные свойства лавсана? Где его применяют?

Лабораторные опыты

2. Изучение свойств термопластичных полимеров

Свойства полиэтилена. 1. Поместите кусочек полиэтилена в стакан и налейте немного воды.

2. Кусочек полиэтиленовой трубки или другого изделия (но не пленки) положите на асбестированную сетку и осторожно нагрейте. При помощи стеклянной палочки измените форму изделия.

3. Дайте кусочку полиэтилена остыть и еще раз попытайтесь изменить его форму.

4. Кусочек полиэтилена при помощи тигельных щипцов внесите в пламя и подожгите его.

5. Несколько мелких кусочков полиэтилена поместите в пробирку: а) с бромной водой; б) с раствором перманганата калия. Содержимое обеих пробирок подогрейте.

6. Несколько кусочков полиэтилена поместите в пробирку: а) с концентрированной серной кислотой; б) с концентрированным раствором азотной кислоты; в) с разбавленным раствором гидроксида натрия. Все пробирки осторожно нагрейте.

Задания для самостоятельных выводов.

1. Почему полиэтилен не действует на бромную воду и не обесцвечивает раствор перманганата калия? 2. Каково отношение полиэтилена к действию кислот и щелочей?

Свойства полистирола. Прodelайте с полистиролом такие же опыты, какие вы проделали с полиэтиленом (1—6). При изучении свойств полистирола пользуйтесь таблицей 6 (с. 38).

Задания для самостоятельных выводов.

1. Чем полистирол отличается от полиэтилена по химическим свойствам? 2. Как объяснить, что полистирол в отличие от полиэтилена обесцвечивает бромную воду? (Вспомните учение А. М. Бутлерова о взаимном влиянии атомов и атомных групп в молекулах.)

3. Определение хлора в поливинилхлориде

1. Внесите кусочек поливинилхлорида в пламя, обратите внимание на запах продуктов горения и цвет пламени.

2. Поместите несколько кусочков поливинилхлорида в пробирку, закройте ее пробкой с газоотводной трубкой, конец которой опустите в другую пробирку с 1—2 мл раствора нитрата серебра (1). Конец газоотводной трубки держите в 0,5—1,0 см от поверхности раствора. Содержимое первой пробирки сильно нагрейте.

Задания для самостоятельных выводов.

1. Как можно отличить поливинилхлорид от полиэтилена по характеру горения? 2. Почему образовался белый осадок при пропускании продуктов разложения поливинилхлорида через раствор нитрата серебра (1)?

4. Изучение свойств синтетических волокон

Свойства капрона. 1. Тигельными щипцами внесите образец капронового волокна в пламя горелки.

2. Поднесите влажную красную лакмусовую бумажку к выделяющимся газам.

3. Поместите немного капронового волокна в фарфоровую чашку и нагрейте ее.

4. Из расплава волокна стеклянной палочкой попытайтесь вытянуть нить.

5. Поместите в четыре пробирки немного капронового волокна. В первую пробирку прилейте азотную кислоту ($\rho = 1,4 \text{ г/см}^3$), во вторую — серную кислоту ($\rho = 1,84 \text{ г/см}^3$), в третью — раствор гидроксида натрия, а в четвертую — ацетон. Через 10 мин содержимое пробирок перемешайте стеклянной палочкой.

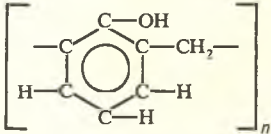
Задания для самостоятельных выводов.

1. Как можно определить капрон по продуктам его термического разложения? 2. Как влияют на капрон вещества в первой, второй, третьей и четвертой пробирках?

Пользуясь таблицей 7 (с. 42), исследуйте состав нитрона и лавсана.

Задания для самостоятельных выводов.

1. Как можно отличить волокна лавсана и нитрона от волокон капрона? 2. Как на практике вы отличаете капроновые ткани от тканей из лавсана и нитрона?

Пласт-масса	Формула	Внешние признаки
Полиэти-лен	$(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)_n$	<p>По внешне-му виду схо-ден с парафи-ном. Относи-тельно мягкий и эластичный материал. Тон-кие пленки прозрачные. Цвет различ-ный</p>
Поливи-нилхлорид	$\begin{array}{c} (-\text{CH}_2-\text{CH}-)_n \\ \\ \text{Cl} \end{array}$	<p>Относитель-но мягкий ма-териал. При по-ниженной тем-пературе ста-новится твер-дым и хруп-ким. Цвет раз-личный</p>
Полисти-рол	$\begin{array}{c} (-\text{CH}_2-\text{CH}-)_n \\ \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$	<p>Твердый, хрупкий, почти прозрачный или непрозрачный материал. Мо-жет быть раз-ного цвета</p>
Фенол-формальде-гидные (фе-нопласты)		<p>Твердые, хрупкие мате-риалы темного цвета с блестящей поверх-ностью</p>

Т а б л и ц а 6. Распознавание пластмасс

Отношение к нагреванию, горению	Реакции на продукты разложения	Действие растворителей		
		ацетона	бензола	дихлорэтана
При нагревании размягчается — можно вытянуть нити. Горит синим пламенем, при этом плавится и образует капли	Не обесцвечивает растворы $KMnO_4$ и Vg_2	Не растворяется		
При нагревании размягчается. Горит небольшим пламенем, образуя черный хрупкий шарик. Вне пламени гаснет. При горении чувствуется острый запах	Выделяющийся хлороводород окрашивает лакмусовую бумажку в красный цвет, с раствором $AgNO_3$ образует осадок белого цвета	Не растворяется	Набухает, становится рыхлым	
При нагревании размягчается, легко вытягивается в нити	Обесцвечивает растворы $KMnO_4$ и Vg_2	Набухает	Растворяется (растворяется также в толуоле и в ксилоле)	
При сильном нагревании разлагаются. Горят, распространяя резкий запах фенола, вне пламени постепенно гаснут	—	Не растворяются		

Капрон	$\left \begin{array}{c} \text{—N—(CH}_2\text{)}_5\text{—C—} \\ \qquad \qquad \qquad \\ \text{H} \qquad \qquad \qquad \text{O} \end{array} \right _n$	Эластичный, прозрачный материал. Легко окрашивается красками для тканей
Аминопласты	—	Твердые, хрупкие материалы разного цвета
Полиметилметакрилат	$\left(\text{—CH}_2\text{—} \begin{array}{c} \\ \text{C—COOCH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} \right)_n$	Относительно твердый, прозрачный материал
Целлюлоид	—	Эластичный, относительно мягкий, прозрачный материал

При сильном нагревании плавится. При горении образует твердый блестящий шарик темного цвета, распространяя неприятный запах	Образуются соединения, содержащие аминокислоты, окрашивают красную лакмусовую бумажку в синий цвет	Не растворяется (растворяется в конц. HNO_3 , H_2SO_4 и в расплавленном феноле)	
При сильном нагревании разлагаются. Почти не горят, обугливаются, распространяя резкий запах	Окрашивают красную лакмусовую бумажку в синий цвет	Не растворяются	
При нагревании размягчается. Горит желтым с синей каймой у краев пламени, с характерным потрескиванием, распространяя специфический запах сложных эфиров	Обесцвечивает растворы KMnO_4 и Br_2	Набухает	Растворяется (растворяется также в тетрагидрометане)
При нагревании разлагается. Очень легко загорается и быстро сгорает, оставляя следы золы	—	Растворяется	Не растворяется

Волокно	Формула	Сжигание	Реакции на продукты разложения
Хлопок (хлопчатобумажная ткань)	$(C_6H_{10}O_5)_n$	Горит быстро с запахом жженой бумаги. Остается черный пепел	Окрашивает синюю лакмусовую бумажку в красный цвет
Шерсть, натуральный шелк	—	Горят медленно с запахом жженных волос, образуя шарик черного цвета, который растирается в порошок	Окрашивают красную лакмусовую бумажку в синий цвет
Вискозное	$(C_6H_{10}O_5)_n$	Горит быстро с запахом жженой бумаги. Остаются следы золы	Окрашивает синюю лакмусовую бумажку в красный цвет
Ацетатное	$\left[\begin{array}{l} (C_6H_7O_2) \begin{cases} \text{—OCOCH}_3 \\ \text{—OCOCH}_3 \\ \text{—OCOCH}_3 \end{cases} \\ \text{или} \\ (C_6H_7O_2) \begin{cases} \text{—OCOCH}_3 \\ \text{—OCOCH}_3 \\ \text{—OH} \end{cases} \end{array} \right]_n$	Горит быстро, образуя шарик темно-бурого цвета. Вне пламени не горит	Окрашивает синюю лакмусовую бумажку в красный цвет
Нитрон	$(-CH_2-CH-)_n$ $\begin{array}{c} \\ C \equiv N \end{array}$	Горит, образуя темный не блестящий рыхлый шарик	Окрашивает красную лакмусовую бумажку в синий цвет
Хлорин	$(-CH_2-CH-CH-)_n$ $\begin{array}{c} \quad \\ Cl \quad Cl \\ \\ -CH-)_n \\ \\ Cl \end{array}$	При поджигании горит небольшим коптящим пламенем, образуя черный хрупкий шарик. Вне пламени не горит. При горении распространяет острый запах	Образующийся хлороводород окрашивает влажную синюю лакмусовую бумажку в красный цвет, дает осадок с $AgNO_3$
Лавсан	$(-C \begin{array}{c} \text{O} \\ // \end{array} C_6H_4 - C \begin{array}{c} \text{O} \\ // \end{array} CH_2 - CH_2 - O -)_n$	Горит коптящим пламенем и образует твердый блестящий шарик темного цвета	На стенках пробирки образуется желтое кольцо
Капрон	$(-N \begin{array}{c} H \\ \end{array} - (CH_2)_5 - C \begin{array}{c} O \\ \end{array} -)_n$	Плавится, образуя твердый блестящий шарик темного цвета. Чувствуется неприятный запах	Окрашивает красную лакмусовую бумажку в синий цвет

Действие кислот и щелочей (н. у.)			Действие растворителей	
HNO_3 ($\rho = 1,4 \text{ г/см}^3$)	H_2SO_4 ($\rho = 1,84 \text{ г/см}^3$)	NaOH (10%)	ацетона	расплавленного фенола
Растворяется, образуя бесцветный раствор	Растворяется	Набухает, но не растворяется	Не растворяется	
Набухают и окрашиваются в желтый цвет	Разрушаются	Растворяются	Не растворяются	
Растворяется, образуя бесцветный раствор	Растворяется, образуя красно-коричневый раствор	Сильно набухает и растворяется	Не растворяется	
Растворяется, образуя бесцветный раствор	Растворяется	Образуется желтоватый раствор	Растворяется	Не растворяется
Не растворяется (растворяется в дымящей HNO_3)	Растворяется	Не растворяется (при кипячении краснеет)	Не растворяется	
Не растворяется	Не растворяется	Не растворяется	Растворяется	Не растворяется
Не растворяется (растворяется в дымящей HNO_3)	Растворяется	Не растворяется	Не растворяется	Растворяется
Растворяется, образуя бесцветный раствор		Не растворяется	Не растворяется	Растворяется

Практическая работа 1

Распознавание пластмасс и волокон. Прежде чем приступить к выполнению практической работы, ознакомьтесь со свойствами пластмасс и волокон (табл. 6 и 7, с. 38—43). После этого получите задание от учителя.

Распознавание пластмасс следует начать с внешнего осмотра, а затем перейти к исследованию их отношения к нагреванию и горению. Потом испытывают действие на них растворителей.

Распознавание волокон начинают с их сжигания. При этом прослеживают, с какой скоростью происходит горение, исследуют запах продуктов разложения, свойства остатка, кото-

рый образуется после сгорания. Затем проверяют действие на волокна кислот, щелочей и растворителей.

1. В четырех пакетах находятся пластмассы: а) поливинилхлорид, аминопласт, целлулоид и фенопласт; б) полиэтилен, полистирол, полиметилметакрилат и капрон. Определите, какая пластмасса находится в каждом из пакетов.

2. В четырех пакетах находятся волокна: а) натуральный шелк (или шерсть), вискозное волокно, нитрон и лавсан; б) хлопчатобумажная ткань, ацетатное волокно, хлорин и капрон. Определите, какое вещество находится в каждом из пакетов.

При изучении курса органической химии вы ознакомились со многими в практической жизни важными соединениями, в том числе с такими сложными веществами, как белки и нуклеиновые кислоты. Этот большой фактический материал объединяется ведущими теориями и закономерностями, в разработке которых главная роль принадлежит ведущим ученым мира, в том числе и русскому ученому А. М. Бутлерову.

Теперь попытаемся в обобщенном и систематизированном виде наглядно показать значение этих ведущих теорий и закономерностей в изучении всего курса органической химии.

§ 1. Основные положения теории химического строения

Основные положения теории химического строения, разработанные А. М. Бутлеровым, вам уже известны. Теперь после изучения всего курса органической химии вы можете полнее и глубже оценить сущность и значение этой теории. Это потребует от вас умения применять приобретенные знания в объяснении строения и свойств ранее изученных вами веществ на более высоком уровне. Схема 2 поможет вам использовать основные положения теории химического строения при повторении всего курса органической химии.

Выполните упражнение 1 и ответьте на вопрос 2 (с. 53).

§ 2. Виды изомерии

Сущность явления изомерии была вскрыта А. М. Бутлеровым (см. в схеме 2 второе положение его теории). При изучении основных классов органических соединений мы встречались с разными видами изомерии. Рассмотренные нами виды изомерии условно можно классифицировать по определенным признакам.

```
graph TD; A[Все атомы, образующие молекулы органических веществ, связаны в определенной последовательности согласно их валентностям] --> B[Это положение относится к строению молекул всех веществ. Так, например, в молекуле тимина (как и в молекуле любого другого]
```

Все атомы, образующие молекулы органических веществ, связаны в определенной последовательности согласно их валентностям

Это положение относится к строению молекул всех веществ. Так, например, в молекуле тимина (как и в молекуле любого другого

С х е м а 2

Основные положения теории
химического строения органических веществ

Свойства веществ зависят не только от того, какие атомы и сколько их входят в состав молекул, но и от порядка соединения атомов в молекулах (явление изомерии)

По свойствам данного вещества можно определить строение его молекулы, а по строению предвидеть свойства

Атомы и группы атомов в молекулах веществ взаимно влияют друг на друга

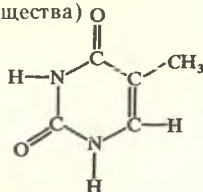
П р и м е р ы

Явление изомерии относится не только к бутану и изобутану (III, с. 9), но и ко всем классам органических соединений. Например, мо-

Например, из молекулы этанола натрий вытесняет только один атом водорода. Следовательно, этот атом водорода более подвижен. От-

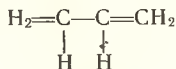
Взаимное влияние атомов и атомных групп ярко проявляется у галогенопроизводных углеводов, гомологов бензола, фенола, анили-

вещества)

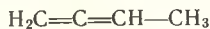


все атомы связаны в строгой последовательности согласно их валентностям. В связи с этим при составлении структурных формул строго нужно следить, чтобы не было нарушено правило о четырехвалентности углерода, а также соблюдать валентность других элементов

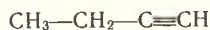
лекулярной формуле C_4H_6 соответствуют четыре нам известных вещества (изомеры):



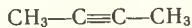
1,3-бутадиен



1,2-бутадиен

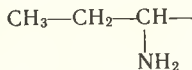


1-бутин

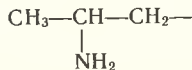


2-бутин

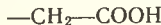
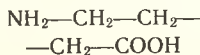
Молекулярной формуле $C_4H_9O_2N$ соответствуют три аминокислоты:



2-аминобутановая кислота

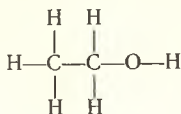


3-аминобутановая кислота



4-аминобутановая кислота

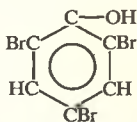
сюда можно вывести структурную формулу этанола:



Наоборот, зная структурную формулу этанола, можно предвидеть, что натрий будет вытеснять только один атом водорода, который связан с атомом кислорода.

Изучая свойства глюкозы, вы убедились, что в ее молекуле пять групп —ОН и одна альдегидная группа. Наоборот, зная структурную формулу глюкозы, можно предвидеть, что глюкоза будет проявлять свойства альдегидов и спиртов

на, карбоновых кислот. Так, например, в молекуле фенола бензольное ядро влияет на группу —ОН, ослабляя в ней связь между атомами водорода и кислорода. Гидроксильная же группа влияет на бензольное кольцо, ослабляя связь между атомами водорода в положениях 2, 4 и 6. Это, например, наблюдается при образовании 2,4,6-трибромфенола:



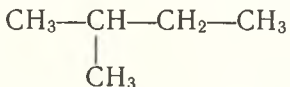
Это влияние получило дальнейшее объяснение на основе современных представлений о сдвигах электронных плотностей от атомов с большей электроотрицательностью к атомам с меньшей электроотрицательностью

1. Изомерия цепи атомов углерода в различных органических соединениях

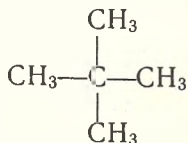
Впервые с этим видом изомерии мы встретились при изучении предельных углеводородов. Например, молекулярной формуле C_5H_{12} соответствуют три вещества:



пентан

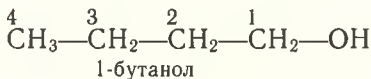


2-метилбутан

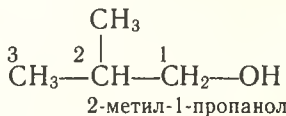


2,2-диметилпропан

Этот вид изомерии встречается не только у предельных углеводородов, но и у других классов органических соединений. Так, например, в зависимости от строения углеродной цепи одной и той же молекулярной формуле C_4H_9OH соответствуют два спирта:

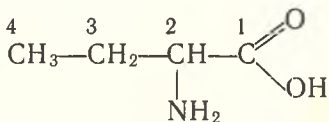


1-бутанол

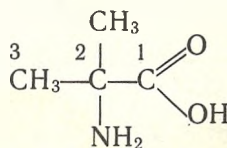


2-метил-1-пропанол

Другой пример. Одной и той же молекулярной формуле $C_4H_9O_2$ в зависимости от строения углеродной цепи соответствуют две аминокислоты:



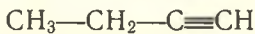
2-аминобутановая
кислота



2-амино-2-метил-
пропановая
кислота

2. Изомерия положения двойной или тройной связи в молекуле

С этим видом изомерии мы встретились при изучении непредельных углеводородов. Так, например, молекулярной формуле C_4H_6 в зависимости от места расположения тройной связи соответствуют два вещества:

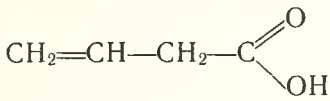


1-бутин

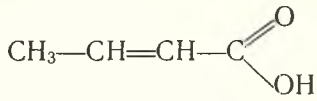


2-бутин

Другой пример. Одной и той же молекулярной формуле $C_4H_6O_2$ в зависимости от места двойной связи соответствуют две непредельные карбоновые кислоты:



винилуксусная кислота

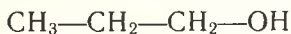


кротоновая кислота

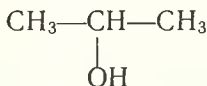
3. Изомерия положения функциональной группы или отдельных атомов в молекуле

С этим видом изомерии мы ознакомились при изучении спиртов, аминокислот, а также галогенопроизводных углеводородов. Рассмотрим несколько примеров.

Молекулярной формуле C_3H_7OH в зависимости от положения гидроксильной группы в молекуле соответствуют два вещества:

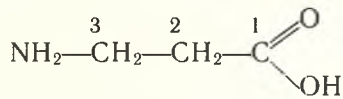


1-пропанол

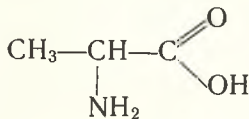


2-пропанол

Молекулярной формуле $C_3H_7O_2N$ в зависимости от положения аминогруппы $-NH_2$ в молекуле соответствуют два вещества:

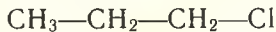


3-аминопропановая кислота



2-аминопропановая кислота

Молекулярной формуле C_3H_7Cl в зависимости от положения атома хлора в молекуле тоже соответствуют два вещества:



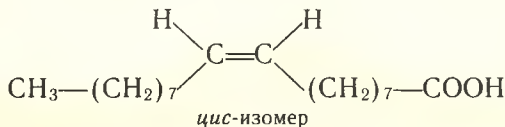
1-хлорпропан

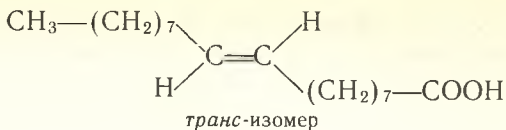


2-хлорпропан

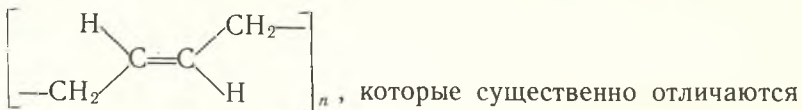
4. Пространственная, или стереоизомерия

Этот вид изомерии встречается у непредельных углеводородов, в составе которых имеются разные атомы или группы атомов, способные занимать различные положения в пространстве. Например, олеиновая кислота $C_{17}H_{33}COOH$ существует в двух изомерных формах:





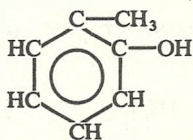
Этим же видом изомерии обусловлена стереорегулярность и стереонерегулярность различных полимеров. Характерным примером регулярного строения является



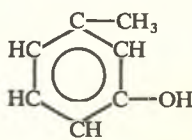
по своим свойствам.

5. Изомерия, характерная для органических соединений, в молекулах которых имеется бензольное кольцо

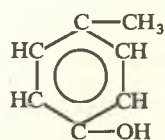
Этот вид изомерии возможен при наличии двух заместителей в бензольном кольце. В зависимости от расположения заместителей в бензольном кольце различают орто-, мета- и пара-изомерию. Так, например, если в бензольном кольце имеется два заместителя — радикал метил и гидроксильная группа, то такое вещество называется крезолом. И в зависимости от расположения этих групп в бензольном кольце существует три различных вещества:



о-крезол

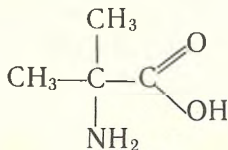


м-крезол

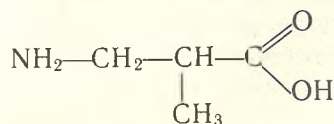


п-крезол

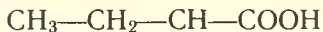
Следует учесть, что многие соединения, имеющие одну и ту же молекулярную формулу, могут отличаться между собой различными видами изомерии, например:



2-амино-2-метилпропановая кислота



3-амино-2-метилпропановая кислота



2-аминобутановая
кислота

Эти изомерные вещества отличаются одновременно изомерией углеродной цепи и изомерией положения функциональной группы $-\text{NH}_2$.

Ответьте на вопросы и выполните упражнения 3—5 (с. 53).

§ 3. Электронная природа химических связей

Мы уже знаем, что для органических соединений наиболее характерна ковалентная неполярная связь, которая образуется перекрыванием электронных облаков. Нам также известно, что электронные облака имеют различную форму, которая может изменяться в результате гибридизации. Причем и *p*-облака, и гибридные электронные облака могут по-разному располагаться в пространстве. Так, например, в молекуле метана гибридные электронные облака атома углерода располагаются в пространстве так, что их вытянутые концы направлены к вершинам тетраэдра (III, с. 13).

Возникновение ковалентных связей объясняется тем, что при перекрывании электронных облаков увеличивается их плотность между положительными ядрами атомов, вступающих в химическое взаимодействие. Увеличение плотности электронного облака между положительными ядрами можно условно сравнить с ролью цемента, скрепляющего кирпичи. Наблюдается следующая закономерность: *чем больше (полнее) перекрываются электронные облака, тем прочнее образуется химическая связь.*

Полнота перекрывания электронных облаков зависит от их формы и направления. При других равных условиях более прочная связь образуется при перекрывании *p*-облаков и гибридных электронных облаков, ибо они более вытянуты в сторону перекрывания, чем *s*-облака. Но эффект перекрывания в основном зависит от направления. Наивысший эффект перекрывания и, следовательно, *наиболее прочная химическая связь образуются в тех случаях, когда перекрывание электронных облаков происходит по линии, соединяющей оба ядра атомов.* В этих случаях образуется σ -связь. Если же из-за соответствующей направленности электронных облаков их перекрывание происходит вне линии, соединяющей ядра обоих атомов, тогда образуется π -связь, например в молекулах этилена и ацетилена. На примере бензола мы убедились также, что при замыкании

π -связей в цикл образуется единая π -электронная система. Это приводит к упрочнению химических связей, в результате чего бензольное кольцо становится химически более устойчивым.

Нам известно, что ковалентные связи могут различаться своей полярностью. Это обстоятельство тоже отражается на свойствах химической связи. *Если ковалентная связь обладает незначительной полярностью, то ее разрыв происходит преимущественно по радикальному механизму.*

Мы также знаем, что свойства веществ зависят не только от электронного строения, но и от различного расположения атомов и атомных групп в пространстве, т. е. от их пространственного строения (с. 77).

Ответьте на вопрос и выполните упражнения 6—7 (с. 54).

§ 4. Генетическая связь органических соединений

В курсе «Химия-10» в конце каждой главы даны схемы и соответствующие упражнения о генетических связях веществ данного класса с другими классами органических соединений. При обобщающем повторении еще раз необходимо использовать этот материал. На основе этих схем и соответствующих рисунков вы должны уметь составлять уравнения химических реакций, отражающих все генетические связи (они указаны синими и черными стрелками). При повторении используйте схемы генетических связей, которые даны в учебнике «Химия-10» (см. и второй форзац).

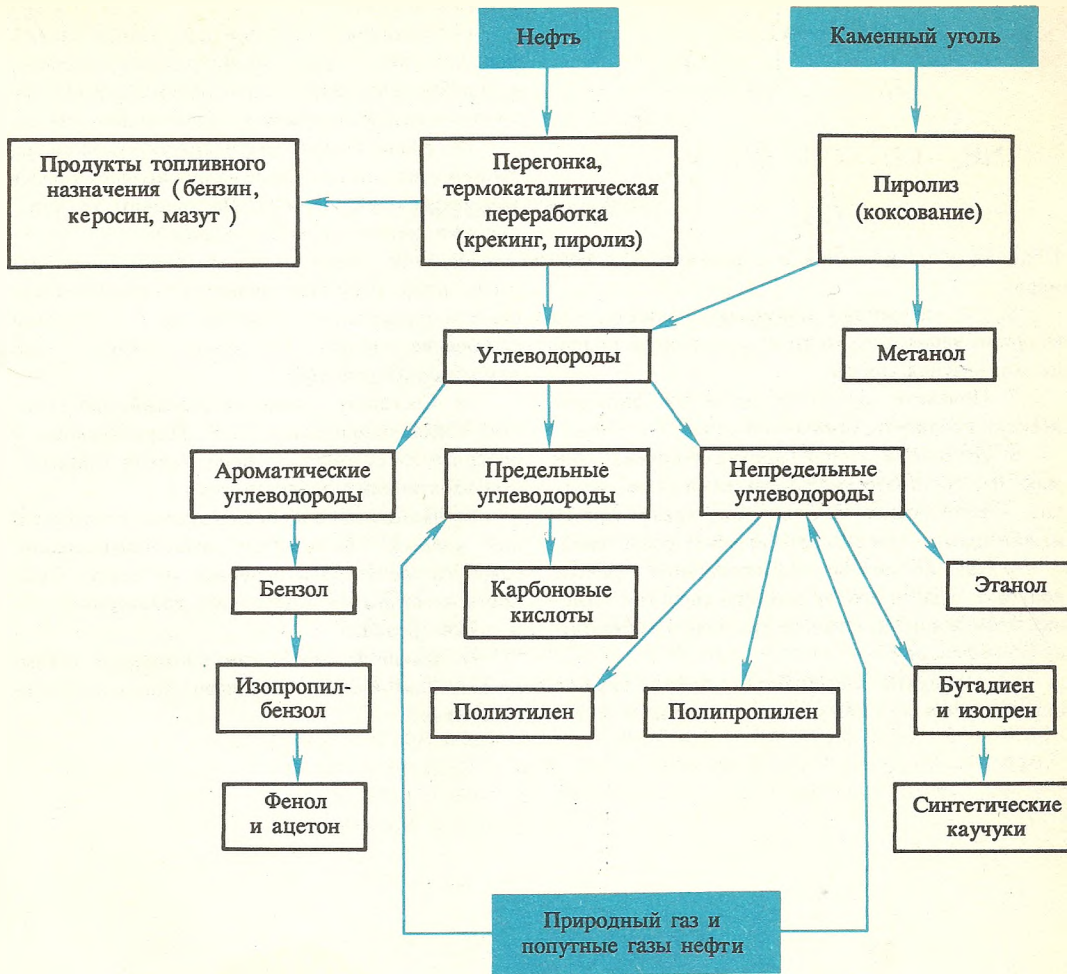
Выполните упражнение 8 (с. 54).

§ 5. Важнейшие промышленные синтезы на основе переработки нефти и другого углеводородного сырья

При дальнейшем развитии энергетики в мире удельный вес нефти в топливном балансе впредь будет сокращен и нефть все больше будет служить источником для синтеза различных промышленных продуктов.

Со значением природного газа, попутных газов нефти и продуктов ее переработки, а также каменного угля для осуществления важнейших промышленных синтезов вы уже ознакомились. В целях обобщения знаний об этих процессах можно использовать схему 3.

Ответьте на вопросы и выполните упражнения 9—16 (с. 54).



1. Кроме указанных примеров в схеме 2, приведите еще два-три примера, подтверждающих каждое из положений теории А. М. Бутлерова.

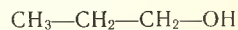
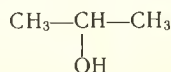
2. В чем сущность правила В. В. Марковникова с точки зрения современных электронных представлений?

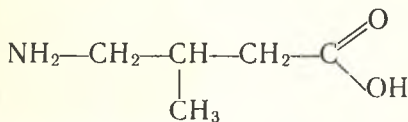
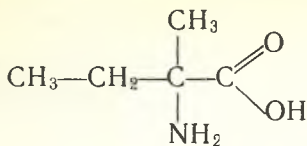
3. Составьте структурные формулы двух-трех непредельных углеводородов, имеющих одну и ту же молекулярную формулу, но отличающихся строением углеродной цепи. В качестве приме-

ров используйте углеводороды ряда этилена и ряда ацетиленов.

4. Составьте структурные формулы всех соединений, молекулярная формула которых C_4H_9Cl . Назовите эти вещества и поясните, к какому виду изомерии они относятся.

5. Даны попарно формулы следующих веществ:





Подпишите их названия и определите вид изомерии.

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

7. Поясните, от каких основных факторов зависит прочность химической связи.

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

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

10. Продукты переработки нефти служат сырьем для получения отдельных видов синтети-

ческого каучука. Приведите уравнения соответствующих реакций.

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

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

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

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

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

16. Какие исследования проводятся учеными-химиками в области производства искусственного мяса?

СИСТЕМАТИЗАЦИЯ, ОБОБЩЕНИЕ И УГЛУБЛЕНИЕ ЗНАНИЙ

ГЛАВА I

Важнейшие химические понятия и законы

§ 1. Химический элемент

Одно из важнейших понятий в химии — *химический элемент*.

Химический элемент — вид атомов (химически не связанных друг с другом) с одинаковым зарядом ядра, т. е. совокупность изотопов.

Из определения следует, что *химический элемент — это не один какой-либо атом, а определенный вид атомов с одинаковым зарядом ядра*. Так, например, элемент хлор состоит из двух видов атомов, отличающихся по массе, — из атомов ^{37}Cl и из атомов ^{35}Cl . Понятие же «элемент хлор» мыслится как совокупность этих изотопов, так же как понятия «элемент водород», «элемент кислород» и т. д.

Современное представление о химическом элементе позволяет разграничивать понятия «химический элемент» и «простое вещество». Отличить их можно, сравнивая свойства простых и сложных веществ. Так, например, мы знаем, что в состав воды входят водород и кислород, но не в виде простых веществ, а в виде атомов водорода и кислорода, т. е. вода состоит из атомов двух *химических элементов* — водорода и кислорода.

Закон сохранения массы веществ (I, с. 33) был открыт русским ученым М. В. Ломоносовым в 1748 г. и доказан экспериментально (прокаливанием металлов в запаянных ретортах) в 1756 г. Современная формулировка закона следующая:

Масса веществ, вступивших в химическую реакцию, равна массе веществ, образовавшихся в результате реакции.

С точки зрения атомно-молекулярной теории суть этого закона совершенно понятна. Ведь в результате химических реакций происходит только перегруппировка атомов, т. е. разрушаются связи, существующие между атомами, и образуются новые, но *число атомов до и после реакции остается*

Знаете ли вы, что

... при превращении белого фосфора в красный выделяется 20,934 Дж/моль, при этом убыль в массе составляет $2 \cdot 10^{-10}$ г.

неизменным. Поэтому общая масса веществ в химических реакциях изменяться не должна.

Однако М. В. Ломоносов в этот закон понимал гораздо глубже, о чем свидетельствует данная им формулировка:

Все перемены, в натуре случающиеся, такого суть состояния, что, сколько чего у одного тела отнимается, столько присовокупляется к другому. Так, ежели где убудет несколько материи, то умножится в другом месте. Сей всеобщий естественный закон простирается и в самые правила движения, ибо тело, движущее своею силою другое, столько же оные у себя теряет, сколько сообщает другому, которое движение получает.

Из этой формулировки видно, что М. В. Ломоносов закон сохранения массы веществ рассматривал в единстве с законом сохранения энергии и понимал его как всеобщий закон природы.

Закон сохранения энергии впервые сформулировал немецкий ученый Р. Майер.

Взаимосвязь массы и энергии доказал А. Эйнштейн своим знаменитым математическим уравнением

$$E = mc^2$$

где E — энергия покоя свободного тела, m — масса тела и c — скорость света в вакууме.

Возникает вопрос: почему же изменение массы за счет выделения энергии нельзя было обнаружить в химических реакциях? Ответить на этот вопрос можно, если вспомнить, что величина c^2 исключительно большая. В связи с этим энергии, которая выделяется или поглощается в химических реакциях, соответствует очень маленькая масса. Так, например, при образовании одного моля хлороводорода HCl в результате реакции хлора с водородом выделяется 92,3 кДж. Этой энергии соответствует масса всего лишь 10^{-9} г.

Практически справедливость уравнения А. Эйнштейна, т. е. взаимосвязь массы и энергии, удалось доказать при осуществлении ядерных реакций, в которых выделенная энергия в миллионы раз больше, чем при химических реакциях.

Как вам известно, закон сохранения массы — один из основных законов химии. На его основе составляют уравнения химических реакций и проводят различные расчеты.

На основе закона сохранения и превращения энергии составляют термохимические уравнения, учитывающие не только массу, но и энергию, которая выделяется или поглощается в химических реакциях (I, с. 57).

Ответьте на вопросы 1—4 (с. 57).

Закон постоянства состава веществ был открыт и сформулирован на основе представлений, что все вещества состоят из молекул. Дальнейшие исследования показали, что *лишь около 5% из всех неорганических веществ имеет молекулярное строение*. И только для них справедлив закон постоянства состава. Вещества немолекулярного строения этому закону в полной мере не подчиняются. Так, например, на основе точных современных исследований установлено, что состав сульфида железа (II) следует изображать не формулой FeS , а формулой Fe_{1-x}S , где x меняет значения от 0 до 0,05, а оксида титана (IV) — не формулой TiO_2 , а формулой $\text{TiO}_{1,9-2,0}$. Но эти отклонения незначительны, и при составлении химических формул мы их учитывать не будем.

Современная формулировка закона постоянства состава следующая:

Всякое чистое вещество молекулярного строения независимо от способа получения имеет постоянный качественный и количественный состав.

Вещества немолекулярного строения не обладают строго постоянным составом. Их состав зависит от условий получения.

Современные представления о молекулярном и немолекулярном строении вещества позволяют уточнить и другие важные понятия химии. Так, например, если принято валентность определять числом связей, то это касается только органических веществ и небольшого числа неорганических, имеющих молекулярное строение. Поэтому для веществ с немолекулярным строением следует предпочтительно применять понятие «степень окисления», а для веществ с молекулярным строением — «валентность». Все это необходимо учитывать и при использовании понятия «структурная формула». Часто это понятие, так же как и понятие «молекула», условно относят и к веществам немолекулярного строения.

? 1. Какое значение имеет закон сохранения массы в химической науке и практике?

2. Кто первый предвидел единство закона сохранения массы и закона сохранения и превращения энергии и кто обнаружил взаимосвязь массы и энергии и обосновал это математи-

чески? Каково значение этих научных открытий?

3. Какими экспериментами в физике и химии доказана взаимосвязь массы и энергии?

4. Вспомните формулировку закона постоянства состава веществ и поясните, почему эту формулировку потребовалось уточнить.

Знаете ли вы, что

... отклонения от закона постоянства состава для веществ немолекулярного строения были обнаружены академиком Н. С. Курнаковым. По его предложению вещества молекулярного строения, которые подчиняются закону постоянства состава, названы дальтонидами (в память английского ученого Дж. Дальтона), а вещества немолекулярного строения — бертоллидами (в память французского химика К. Бертолле, который предвидел существование таких соединений).

Классификация неорганических веществ подробно рассмотрена ранее (I, с. 85—105).

Периодический закон и периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева на основе учения о строении атомов

При изучении неорганической химии вы ознакомились с открытием периодического закона (I, с. 108) Д. И. Менделеевым и с данной им формулировкой этого закона. Вы узнали также о строении ядер атомов и о расположении электронов по орбиталиям или энергетическим уровням. Вы должны помнить, что на основе теории строения атомов периодический закон Д. И. Менделеева формулируется так:

Свойства химических элементов и образуемых ими простых и сложных веществ находятся в периодической зависимости от заряда ядра атомов этих элементов.

Так теория строения атомов позволила уточнить формулировку периодического закона и более глубоко раскрыть его сущность.

Определение закономерностей размещения электронов по энергетическим уровням дало возможность выяснить сущность явления периодичности: с возрастанием заряда ядра атомов периодически повторяются сходные свойства элементов, атомы которых имеют одинаковое число валентных электронов.

До создания современной теории строения атомов нельзя было объяснить и другие закономерности, проявляющиеся в периодическом законе и периодической системе химических элементов Д. И. Менделеева. Так, например, непонятно было, почему число элементов в периодах возрастает согласно ряду чисел 2—8—18—32, т. е. почему в 1-м периоде только два элемента, во 2-м и 3-м — по восьми, в 4-м и 5-м — по восемнадцати, а в 6-м — тридцать два. Нельзя было объяснить и сущность отличительных свойств элементов главных и побочных подгрупп. Ответ на эти вопросы был получен только после выяснения состояния электронов в атомах, которые с учетом характера их движения и энергии делятся на *s*-, *p*-, *d*- и *f*-электроны.

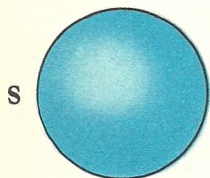


Рис. 6. Форма *s*-электронного облака.

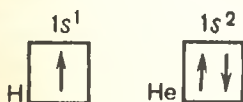


Рис. 7. Схема, показывающая расположение электронов в атомах водорода и гелия по энергетическим уровням и орбиталиям.

§ 1. Особенности размещения электронов по орбиталиям в атомах малых и больших периодов. *s*-, *p*-, *d*-, *f*- электроны

Основные сведения о *s*-, *p*- и *d*-электронах и *s*-, *p*- и *d*-элементах даны в курсе неорганической химии (I, с. 119).

Напомним, что *s*-электронные облака имеют шаровую

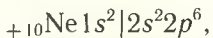
форму и, следовательно, занимают одно положение в пространстве (рис. 6 и 7).

На s -орбитали может находиться не более двух электронов (если там находятся два электрона, то их спины противоположны), поэтому в 1-м периоде имеется всего два элемента — водород и гелий.

p -электронное облако имеет гантелеобразную форму (рис. 8). При заданном квантовом числе таких облаков три. Они могут располагаться в трех взаимно перпендикулярных направлениях (рис. 9). А так как и p -электроны тоже отличаются своими спинами, то на данном энергетическом уровне может поместиться от одного до шести p -электронов.

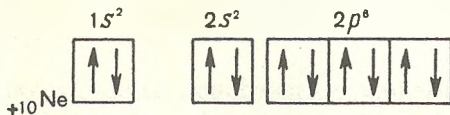
В соответствии с известной вам формулой $N = 2n^2$ всего на втором энергетическом уровне может поместиться восемь электронов, два из которых являются s -электронами, а шесть — p -электронами. Этим и объясняется, почему во 2-м периоде может быть восемь элементов.

2-й период заканчивается элементом неонem Ne. Размещение s - и p -электронов в атоме неона можно отразить электронной формулой



где цифра перед буквой — главное квантовое число, которое характеризует среднее расстояние между электроном, заселяющим данную орбиталь, и ядром, т. е. размер орбитали и в значительной степени ее энергию. Буквы s , p , d отражают форму электронного облака (и также в какой-то степени и энергию) соответствующего энергетического подуровня. Цифра справа над буквой указывает на число электронов на данном энергетическом подуровне.

С помощью электронных облаков графически изображают область пространства, которую принято называть *орбиталью*. Ради наглядности их часто обозначают квадратиками. Тогда расположение электронов по орбиталям, например в атоме неона, можно показать и так:



Элементом неонem Ne заканчивается 2-й период и заканчивается заполнение электронами второго энергетического уровня.

3-й период начинается одиннадцатым элементом — натрием Na. Так как второй энергетический уровень электронов уже заполнен, то с элемента натрия начинается заполнение третьего энергетического уровня. Оно протекает более сложно, ибо на нем в соответствии с формулой $N = 2n^2$ может поместиться восемнадцать электронов.

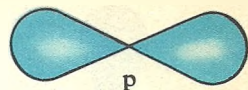


Рис. 8. Форма p -электронного облака.

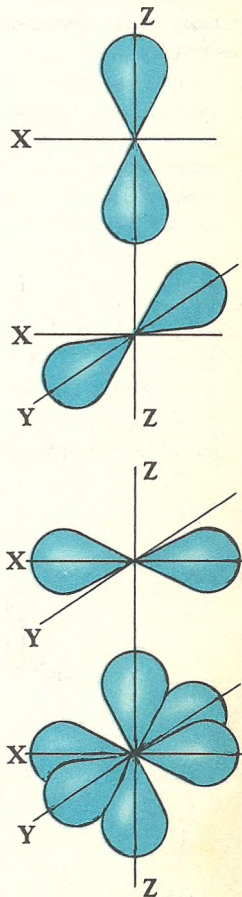


Рис. 9. Возможные направления p -электронных облаков в пространстве.

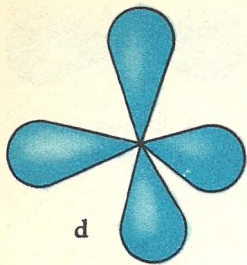
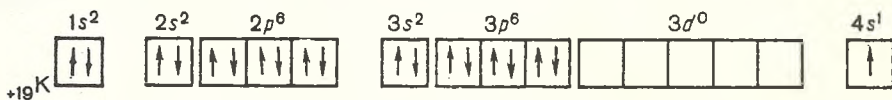


Рис. 10. Форма d -облаков более сложная, чем у p -облаков и похожа на лепесток цветка.

Заполнение третьего энергетического уровня, начиная с одиннадцатого элемента — натрия Na до восемнадцатого элемента — аргона Ar, протекает аналогично заполнению электронами второго энергетического уровня. Девятнадцатый же электрон у элемента калия K и двадцатый электрон у элемента кальция Ca помещаются на четвертом энергетическом уровне, хотя третий энергетический уровень электронами еще не заполнен. Далее, у следующих по порядку десяти элементов, начиная от двадцать первого элемента — скандия Sc до тридцатого элемента — цинка Zn, следующие по порядку электроны помещаются на третьем энергетическом уровне. Этим завершается его заполнение до восемнадцати электронов.

Может возникнуть вопрос: что представляют собой десять электронов, которыми заполняются энергетические уровни у атомов элементов от скандия до цинка? Оказывается, эти электроны при своем движении в области пространства образуют облака еще более сложной формы (рис. 10). Доказано, что такой формы облака располагаются в пространстве по пяти различным направлениям. Учитывая, что электроны могут обладать противоположными (антипараллельными) спинами, их может быть в атомах от одного до десяти. Электроны с такой формой облаков называются d -электронами. Следовательно, на третьем энергетическом уровне может разместиться два s -электрона, шесть p -электронов и десять d -электронов, т. е. всего восемнадцать электронов. Зная все это, рассмотрим, как происходит заполнение электронами энергетических уровней у атомов элементов 4-го, большого, периода.

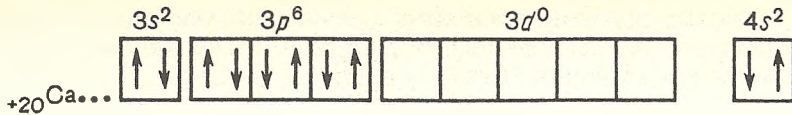
Как уже было выяснено, у атомов элементов калия и кальция девятнадцатый и двадцатый электроны помещаются на четвертом энергетическом уровне, а третий остается незаполненным:



Часто размещение электронов по орбитальям показывают в сокращенном виде:



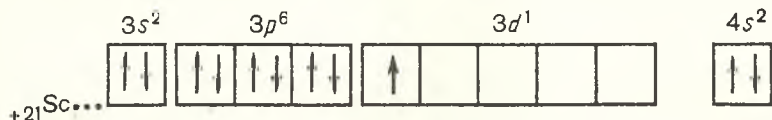
У атомов элемента кальция Ca (порядковый номер 20) двадцатый электрон тоже помещается на четвертом энергетическом уровне, заполняя орбиталь $4s$:



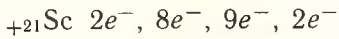
Знаете ли вы, что

... на основе периодической системы Н. Бором и другими учеными в 20-х гг. XX в. основана теория формирования электронных конфигураций в атомах элементов. Согласно этой теории по мере роста заряда ядра заполнение электронных энергетических уровней и подуровней в атомах элементов, входящих в периоды периодической системы, происходит согласно следующей схеме:

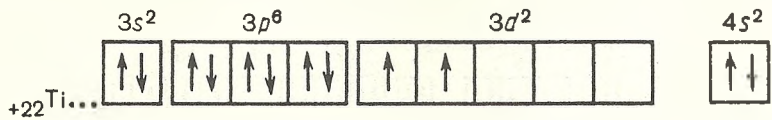
Начиная с элемента скандия Sc (порядковый номер 21) возобновляется заполнение электронами третьего энергетического уровня и двадцать первый электрон помещается на d -орбитали третьего энергетического уровня, а на четвертом сохраняются два s -электрона:



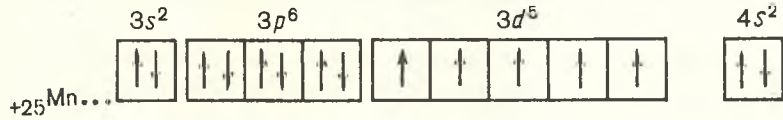
Расположение электронов по энергетическим уровням у атомов элемента Sc следующее:



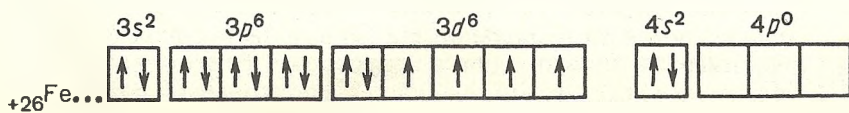
У следующих элементов, вплоть до тридцатого — цинка Zn, электронами заполняются d -орбитали третьего энергетического уровня. При этом соблюдается такая закономерность: *вначале заполняются электронами свободные орбитали поодиночке (в данном случае $3d$ -орбитали) и только тогда, когда в каждой орбитали уже имеется по одному электрону, начинается их спаривание.* Например, в атомах элемента титана Ti (порядковый номер 22) двадцать второй электрон не спаривается с двадцать первым, а занимает свободную d -орбиталь:



У атомов элемента марганца Mn (порядковый номер 25) таких неспаренных d -электронов уже пять, т. е. в каждой $3d$ -орбитали имеется по одному электрону:

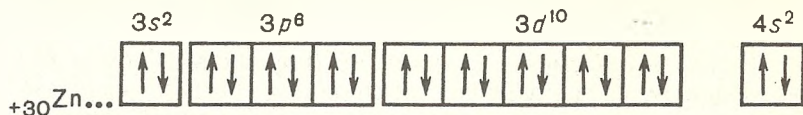


Поэтому в атомах следующего элемента — железа Fe (порядковый номер 26) начинается спаривание электронов:

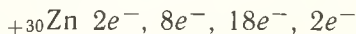


1	2	3	номера периодов
1s	2s2p	3s3p	
4	5		
4s3d4p	5s4d5p		
6	7		
6s4f5d6p	7s5f6d7p		

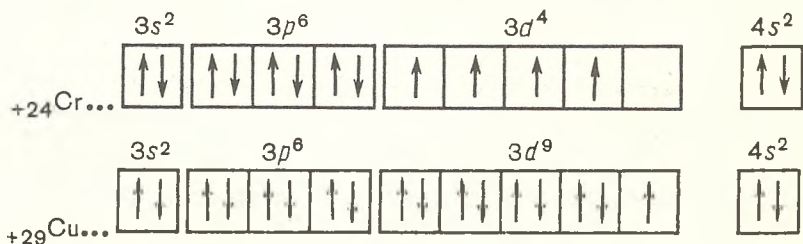
У последующих элементов спаривание электронов продолжается и заканчивается у атомов элемента цинка Zn (порядковый номер 30):



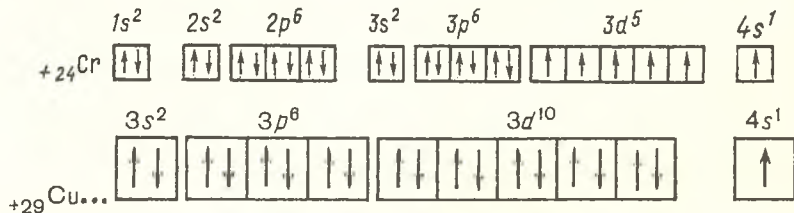
Расположение электронов по энергетическим уровням в атомах цинка следующее:



В последовательности заполнения орбиталей электронами имеются и исключения. Так, например, в атомах элементов хрома Cr и меди Cu согласно общей закономерности электроны по орбиталям следовало бы расположить так:



Однако в атомах этих элементов один электрон с четвертого энергетического уровня переходит на третий энергетический уровень и фактическое расположение электронов по орбиталям в атомах элементов хрома и меди следующее:

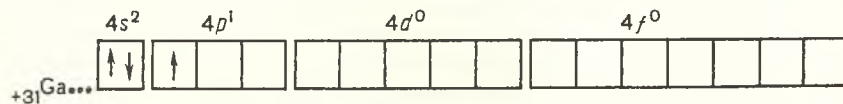


Такое явление называют перескоком или «провалом» электрона. Оно наблюдается и у атомов некоторых других элементов.

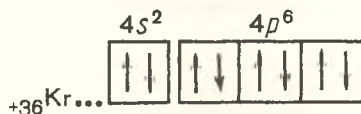
Следовательно, на одном и том же энергетическом уровне могут находиться *s*-, *p*- и *d*-электроны. Но хотя они и находятся на одном уровне, их энергии связи с ядром несколько отличаются. Поэтому *энергетические уровни подразделяются на подуровни*. На первом энергетическом уровне имеется только один *s*-подуровень. В этом случае понятия «энергетический уровень» и «подуровень» совпадают.

На втором энергетическом уровне имеются s - и p -подуровни, а на третьем — s -, p - и d -подуровни. Здесь наблюдается такая закономерность: число энергетических подуровней соответствует номеру энергетического уровня. Действительно, на четвертом энергетическом уровне, кроме s -, p - и d -электронов, находятся также электроны, образующие в своем движении электронные облака еще более сложной формы, чем d -электронные облака. Эти электроны названы f -электронами. Их электронные облака могут располагаться в пространстве по семи различным направлениям. А так как электроны отличаются спинами, то всего может быть четырнадцать f -электронов. С учетом этого на четвертом энергетическом уровне может разместиться два s -электрона, шесть p -электронов, десять d -электронов и четырнадцать f -электронов, т. е. всего тридцать два электрона.

Чтобы была видна общая вместимость четвертого энергетического уровня, размещение электронов по орбитальям в атомах элемента галлия Ga (порядковый номер 31) можно наглядно изобразить так:

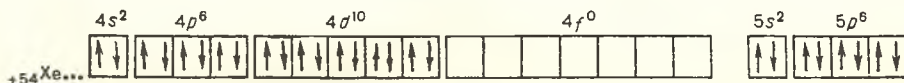


Далее, как уже было сказано, каждый последующий электрон помещается в свободную p -орбиталь, а затем происходит спаривание электронов до элемента криптона Kr:

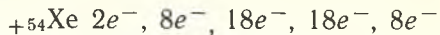


Разумеется, пользуясь такими сокращенными записями, всегда необходимо четко представлять, что в этих схемах означает многоточие.

У атомов элементов 5-го периода рубидия Rb и стронция Sr очередные электроны (тридцать седьмой и тридцать восьмой) помещаются на пятом энергетическом уровне по s -орбитальям. От элемента иттрия Y (порядковый номер 39) до элемента кадмия Cd (порядковый номер 48) заполняются электронами $4d$ -орбитали. С элемента индия In (порядковый номер 49) до элемента ксенона Xe (порядковый номер 54) очередные электроны размещаются на пятом энергетическом уровне по p -орбитальям:

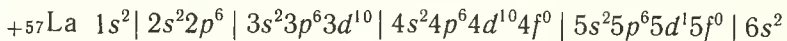


Размещение электронов в атомах элемента ксенона по энергетическим уровням следующее:



У атомов элементов 6-го периода цезия Cs и бария Ba пятьдесят пятый и пятьдесят шестой электроны помещаются на шестом энергетическом уровне по $6s$ -орбиталям.

В атомах элемента лантана La (порядковый номер 57) пятьдесят седьмой электрон помещается на $5d$ -орбитали.



Начиная с элемента церия Ce (порядковый номер 58) до элемента лютеция Lu (порядковый номер 71) идущие по порядку электроны в атомах этих элементов размещаются на четвертом энергетическом уровне по f -подуровням. Так как у этих элементов происходит заполнение электронами глубинного $4f$ -подуровня (третьего снаружи), а строение наружного электронного уровня остается неизменным, то эти элементы, называемые лантаноидами, обладают близкими химическими свойствами.

В атомах элементов от гафния Hf (порядковый номер 72) до ртути Hg (порядковый номер 80) продолжается заполнение пятого энергетического уровня ($5d$ -подуровня), после чего у элементов от таллия Tl (порядковый номер 81) до радона Rn (порядковый номер 86) электроны заполняют шестой p -подуровень. Элементом радоном Rn заканчивается 6-й период. В нем — тридцать два элемента.

Заполнение 7-го незавершенного периода аналогично 6-му.

Теперь, когда мы ознакомились с закономерностями расположения электронов по энергетическим уровням, полнее выявляется связь периодического закона и периодической системы химических элементов с теорией строения атомов.

Мы выяснили, что по характеру движения электронов в атомах различают s -, p -, d - и f -электроны и соответственно существуют, s -, p -, d - и f -подуровни. В связи с этим принято говорить о s -, p -, d - и f -элементах. К последним относятся лантаноиды и актиноиды. На первом форзаце учебника s -элементы обозначены красным, p -элементы — желтым, d -элементы — синим, а f -элементы — зеленым цветом.

Оказывается, число элементов в периодах (2—8—18—32) соответствует максимально возможному числу электронов на соответствующих энергетических уровнях: на первом — два, на втором — восемь, на третьем — восемнадцать, а на четвертом — тридцать два электрона.

К главным подгруппам относятся s - и p -элементы, а к побочным — d -элементы.

Ответьте на вопросы и выполните упражнения 1—5 (с. 70).

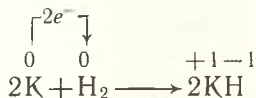
§ 2. Положение в периодической системе химических элементов Д. И. Менделеева водорода, лантаноидов, актиноидов и искусственно полученных элементов

Положение водорода в периодической системе химических элементов Д. И. Менделеева. Вы, вероятно, заметили, что химический знак водорода обычно помещен и в главной подгруппе I группы, и в главной подгруппе VII группы. Возникает вопрос: почему это так? Чтобы ответить на него, вспомним основные химические свойства простого вещества водорода.

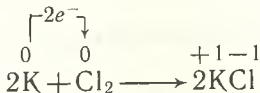
Водород является восстановителем, т. е. донором электронов.

Учитывая аналогию свойств водорода и элементов металлического характера, химический знак водорода помещают в главной подгруппе I группы.

Однако водород реагирует и с металлическими элементами главной подгруппы I группы. В этих реакциях водород проявляет окислительные свойства и приобретает степень окисления -1 :



Сходный процесс происходит при взаимодействии металлических элементов главной подгруппы I группы:



На основе этого химический знак водорода помещают и в главную подгруппу VII группы. Так как для водорода более характерны восстановительные свойства, чем окислительные, его химический символ в VII группе обычно пишут в скобках.

Положение лантаноидов и актиноидов в периодической системе химических элементов Д. И. Менделеева. К лантаноидам относятся четырнадцать химических элементов — от церия Ce до лютеция Lu (порядковые номера 58—71). Так как в их атомах содержатся f -электроны, лантаноиды относятся к f -элементам.

В свободном состоянии лантаноиды — типичные металлы.

К актиноидам относятся четырнадцать химических элементов — от тория Th до лоуренсия Lr (порядковые номера 90—103). Так как в атомах этих элементов также присутствуют f -электроны, то актиноиды, как и лантаноиды, относятся к f -элементам.

Знаете ли вы, что

... практически важным лантаноидом является церий. Его сплав с железом при трении легко искрит, поэтому из него изготавливают камни для зажигалок. Сплавы с небольшими добавками церия улучшают их коррозионную стойкость, жаростойкость, твердость, прочность и пластичность.

Знаете ли вы, что

... соединения различных лантаноидов применяются в электронно-вычислительных устройствах. Стекла, содержащие соединения лантаноидов, задерживают ультрафиолетовые лучи. Поэтому из таких стекол изготавливают защитные очки для сварщиков, стеклодувов и металлургов, а также сосуды для хранения лекарств.

Как и в случае лантаноидов, у атомов элементов семейства актиноидов происходит заполнение третьего снаружи энергетического уровня ($5f$ -подуровня). Строение же наружного и, как правило, предшествующего электронных уровней остается неизменным. Поэтому лантаноиды сходны по химическим свойствам.

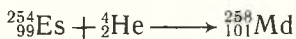
■ Все актиноиды радиоактивны. Торий Th, протактиний Pa и уран U встречаются в природе в виде изотопов с большим периодом полураспада. Остальные актиноиды в основном получены искусственным путем.

Уран U, плутоний Pu и некоторые другие актиноиды используются для получения ядерной энергии.

Химические знаки лантаноидов и актиноидов обычно помещают в два ряда в периодической системе под группами химических элементов (см. первый форзац).

Искусственно получаемые химические элементы образуются в ядерных реакциях (I, с. 113). В таблице периодической системы химических элементов Д. И. Менделеева они помещены в соответствии с электронным строением их атомов.

Синтезировано уже много химических элементов. В частности, элемент менделевий Md (порядковый номер 101) был получен в 1955 г. действием α -частиц на атомы эйнштейния:



Ответьте на вопросы и выполните упражнения 6—8 (с. 70).

§ 3. Валентность и валентные возможности атомов

Валентность. Понятие «валентность» относится к важным понятиям химии (I, с. 28). Развитие учения о химической связи дало возможность выяснить физический смысл этого понятия:

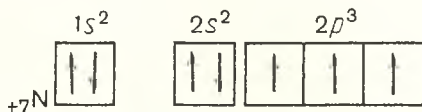
В настоящее время валентность химических элементов принято определять числом ковалентных связей, которыми данный атом соединен с другими атомами.

В образовании химической связи в основном участвуют электроны наружных незавершенных энергетических уровней. Поэтому в большинстве случаев максимальная валентность элементов, т. е. максимальное число ковалентных связей, определяется числом электронов, находящихся на этом энергетическом уровне. Эти электроны, как правило, способны образовывать с наружными электронами атомов других элементов общие электронные пары. Поэтому *валентность элементов определяют также числом электронных пар, образующих химическую связь.*

Валентные возможности атомов. Вам известно, что в большинстве случаев численное значение валентности соответствует номеру группы в периодической системе химических элементов Д. И. Менделеева. Однако есть и исключения.

Так, например, этому правилу не подчиняются элементы 2-го периода — азот N, кислород O и фтор F. Почему наблюдается такое отступление? Разберем этот вопрос на конкретных примерах.

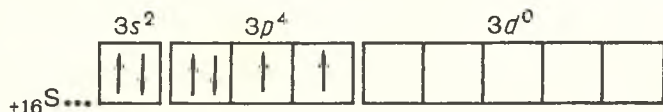
Выясним, почему фосфор P проявляет высшую валентность +5, соответствующую номеру группы, а азоту N она несвойственна. Объясняется это тем, что в атоме азота имеется только три неспаренных электрона и азот, например в соединениях с водородом, трехвалентен. Распаривание же электронов невозможно, ибо на наружном энергетическом уровне в атоме азота нет свободных орбиталей:



Высшая валентность азота может быть равна только четырем, как это показано на рисунке 11. На нем видно, что три ковалентные связи между атомом азота и тремя атомами водорода возникают при обобществлении неспаренных электронов с антипараллельными спинами. Четвертая же ковалентная связь появляется за счет общей электронной пары атома азота и свободной s-орбитали иона водорода H^+ . Теперь понятно, почему атом азота не может проявить более высокую валентность.

Разберем еще один пример. Кислород обычно двухвалентен, хотя находится в VI группе, валентность же серы соответствует номеру группы. Почему?

В атомах серы расположение электронов по орбиталям следующее:



Как видно из схемы, в атоме серы два неспаренных электрона. Действительно, известны соединения двухвалентной серы, например сероводород H_2S . Так как в атомах серы на наружном энергетическом уровне имеются свободные d-орбитали, то в результате распаривания 3p- и 3s-электронов может образоваться четыре или шесть неспаренных электронов:

Знаете ли вы, что

... понятие «валентность» было введено английским ученым Э. Франклендом в 1853 г., а в 1858 г. немецкий химик А. Кекуле высказал идею о четырехвалентности атома углерода, что имело важнейшее значение для развития органической химии.

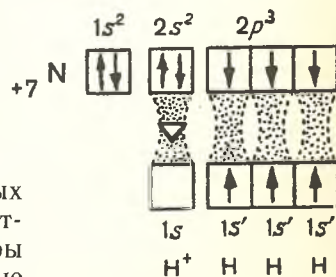
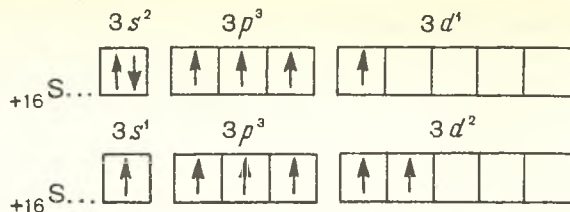
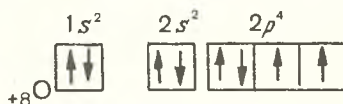


Рис. 11. Образование иона аммония.



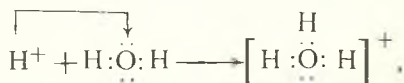
Отсюда понятно, почему сера может быть четырехвалентна, например в оксиде серы (IV) SO_2 , и шестивалентна, например в оксиде серы (VI) SO_3 .

Расположение электронов по орбиталям в атоме кислорода следующее:

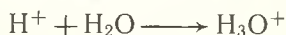


В атоме кислорода, как и в атоме серы, тоже два неспаренных электрона, но так как на наружном энергетическом уровне нет свободных орбиталей, то распаривания электронов не происходит. Поэтому кислород обычно двухвалентен.

Нам уже известно, что атом кислорода может передать одну из неподеленных электронных пар в вакантную орбиталь иона водорода и образовать ион гидроксония. Процесс образования иона гидроксония сходен с процессом образования иона аммония (II, с. 7):



или:



Из схемы видно, что атом кислорода подобно атому азота при образовании иона аммония предоставляет общую электронную пару, т. е. является *донором*, а ион H^+ — *акцептором*. Таким образом, на схеме изображена ковалентная связь с донорно-акцепторным механизмом. Следовательно, в ионе гидроксония кислород трехвалентен.

Процесс образования ионов аммония и гидроксония позволяет сделать следующий вывод:

Валентные возможности атомов определяются не только числом неспаренных электронов, но и числом неподеленных электронных пар, способных переходить на свободные орбитали атомов другого элемента.

Но так как валентность принято определять числом связей, которыми данный атом соединен с другими атомами, то такое определение относится только к соединениям

с ковалентной связью, ибо в ионных соединениях число связей между ионами не соответствует числу единиц валентностей.

Периодическое изменение валентности и размеров атомов. Периодическое изменение валентности элементов и, следовательно, их свойств обусловлено тем, что с возрастанием зарядов ядер атомов периодически повторяются элементы со сходной электронной структурой, например литий Li, натрий Na и калий K; бериллий Be, магний Mg и т. д.

В периодической последовательности возрастают атомные радиусы этих элементов. Так, например, во 2-м периоде от элемента лития Li до элемента фтора F происходит постепенное уменьшение атомных радиусов, а от элемента фтора F к элементу натрию Na — резкое увеличение атомных радиусов. Объясняется это явление так.

При переходе от лития Li к фтору F постепенно возрастают заряды ядер атомов этих элементов. В связи с этим в ряду постепенно увеличивается сила притяжения наружных электронов к ядру и размеры атомов уменьшаются. А с переходом от элемента фтора F к элементу натрию Na последующий электрон помещается на более удаленный от ядра третий энергетический уровень. Поэтому размеры атомов элемента натрия Na сильно возрастают.

Размеры атомов, в свою очередь, влияют на их свойства. Так, например, атомы элементов лития Li, натрия Na, калия K обладают наибольшими размерами по сравнению с атомами других элементов в тех же периодах. В связи с этим наружные электроны в атомах щелочных металлов находятся дальше от ядра, слабее притягиваются к нему и могут легко удаляться. Этим и объясняется, почему щелочные металлы являются донорами электронов, т. е. сильными восстановителями. При переходе в периодах от типичных металлических элементов к галогенам размеры атомов уменьшаются, сила притяжения наружных электронов к ядру увеличивается, что и приводит к уменьшению восстановительных и увеличению окислительных свойств.

В связи с периодическим изменением валентности химических элементов периодически изменяются также формы (состав, строение) и свойства оксидов и водородных соединений (гидридов) химических элементов. Так, например, оксид лития Li_2O , оксид натрия Na_2O , оксид калия K_2O сходны не только по составу и строению, но и по свойствам. Все они бурно реагируют с водой с образованием соответствующих оснований, обладающих сильнощелочными свойствами. Однако между этими оксидами имеются и различия. От оксида лития к оксиду калия, т. е. в группе сверху вниз, основные свойства оксидов усиливаются. Например, оксид калия образует сравнительно более сильную щелочь, чем оксид натрия.

Знаете ли вы, что

... имеются и такие соединения, в которых кислород проявляет свою максимальную валентность: 4. Эти соединения изучаются в курсе высшей школы.

Такая же закономерность наблюдается и в других группах. Так, например, высшие оксиды IV группы — главной подгруппы — оксид углерода (IV) CO_2 , оксид кремния (IV) SiO_2 , оксид германия (IV) GeO_2 , оксид олова (IV) SnO_2 , оксид свинца (IV) PbO_2 — сходны по составу и по некоторым свойствам. Однако оксид углерода (IV) CO_2 — это кислотный оксид. У оксида кремния (IV) SiO_2 кислотные свойства выражены слабее. А оксиды олова (IV) и свинца (IV) амфотерны — у них кислотные свойства выражены еще слабее.

Периодически изменяются также формы и свойства гидридов. Металлы I—III групп главных подгрупп с водородом образуют *нелетучие водородные соединения*. Так, например, гидрид лития LiH , гидрид натрия NaH , гидрид калия KH сходны между собой как по форме, так и по свойствам.

Элементы IV—VII групп главных подгрупп образуют *летучие водородные соединения*. Формы и свойства этих соединений тоже изменяются периодически. Так, например, водородные соединения галогенов — фтороводород HF , хлороводород HCl , бромоводород HBr , йодоводород HI — сходны как по форме, так и по свойствам.

Ответьте на вопросы и выполните упражнения 9—15 (с. 70—71). Решите задачи 1—4 (с. 71).

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

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

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

4. По каким признакам различают *s*-, *p*-, *d*- и *f*-элементы?

5. Пользуясь таблицей периодической системы химических элементов Д. И. Менделеева, составьте схемы расположения электронов по орбиталиям 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?

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

7. На основе закономерностей размещения электронов по орбиталиям объясните, почему лантаноиды и актиноиды обладают сходными химическими свойствами.

8. Назовите известные вам искусственно полученные элементы, укажите их место в таблице периодической системы химических элементов Д. И. Менделеева и начертите схемы, отражающие расположение электронов по орбиталиям в атомах этих элементов.

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

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

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

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

13. Почему по современным представлениям

понятие о валентности неприменимо к ионным соединениям?

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

○ 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.

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

3. Сколько оксида алюминия в граммах мож-

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.

но получить из 100 г кристаллогидрата хлорида алюминия $AlCl_3 \cdot 6H_2O$?

4. На 18 г технического алюминия действовали избытком раствора гидроксида натрия. При этом выделилось 21,4 г газа (н. у.). Определите процентное содержание примесей в техническом алюминии, если известно, что в нем не содержалось других веществ, способных реагировать с гидроксидом натрия.

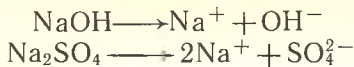
§ 1. Основные типы химической связи

Из курса химии VIII класса вам известно, что атомы могут соединяться друг с другом с образованием как простых, так и сложных веществ. При этом возникают различного рода химические связи: *ионная*, *ковалентная* (неполярная и полярная), *металлическая* и *водородная*. Напомним, что один из существенных показателей, определяющих, какая связь образуется между атомами — ионная или ковалентная, — это *электроотрицательность*. т. е. способность атомов притягивать к себе электроны от других атомов. При этом следует учесть, что электроотрицательности атомов элементов изменяются постепенно. В периодах периодической системы слева направо численные значения электроотрицательностей возрастают, а в группах сверху вниз — уменьшаются. Так как тип связи зависит от разности значений электроотрицательностей соединяющихся атомов элементов, то провести резкую границу между отдельными типами химической связи нельзя. В зависимости от того, к какому из предельных случаев химическая связь ближе по своему характеру, ее относят к ионной или ковалентной полярной.

Ионная связь. *Ионная связь образуется при взаимодействии атомов, которые сильно различаются по электроотрицательностям.* Например, типичные металлы — литий Li, натрий Na, калий K, кальций Ca, стронций Sr, барий Ba — образуют ионную связь с типичными неметаллами, в основном с галогенами.

■ Следует учесть, что при взаимодействии даже щелочных металлов с такими электроотрицательными элементами, как кислород и сера, ионная связь в полном смысле этого понятия не возникает. Так, например, в соединениях Li_2O , Na_2S существует не ионная, а ковалентная сильнополярная связь.

Кроме галогенидов самых активных металлов, ионная связь характерна для щелочей и солей, в которые входят атомы кислорода и активных металлов. Например, в гидроксиде натрия NaOH и в сульфате натрия Na_2SO_4 ионными являются только связи между атомами натрия и кислорода. Остальные связи ковалентные полярные. В разбавленном водном растворе щелочи и соли диссоциируют так:

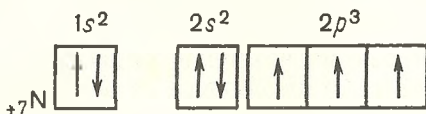


Между ионами существуют сильные электростатические силы притяжения. Поэтому ионные соединения обладают сравнительно высокими температурами плавления.

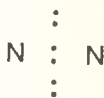
Ковалентная неполярная связь. При соединении атомов с одинаковыми электроотрицательностями образуются молекулы с ковалентной неполярной связью. Вспомним, что такая связь, например, существует в молекулах газообразных веществ, состоящих из одинаковых атомов: H_2 , F_2 , Cl_2 , O_2 , N_2 . В этих случаях химические связи образуются за счет общих электронных пар, т. е. при перекрывании соответствующих электронных облаков, обусловленном электронно-ядерным взаимодействием, которое осуществляется при сближении атомов.

Рассмотрим последовательность составления электронных формул веществ с ковалентной неполярной связью (на примере молекулы азота N_2).

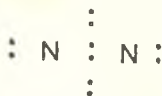
1. Рисуют схему распределения электронов по энергетическим уровням и подуровням в атоме азота:



2. Отмечают, что в атоме азота имеется три неспаренных электрона, которые образуют между атомами азота три связывающие электронные пары:



3. Оставшуюся на наружном электронном уровне электронную пару у каждого атома азота изображают в виде неподеленной:



Приводя электронные формулы веществ, всегда необходимо помнить, что общая электронная пара, обозначаемая точками, представляет собой новое облако, образующееся при перекрывании соответствующих электронных облаков. В молекуле азота перекрываются p -электронные облака и образуются одна σ - и две π -связи. В данном случае образуется прочная тройная связь.

В отличие от взаимодействия ионов силы притяжения между отдельными нейтральными молекулами малы, поэтому

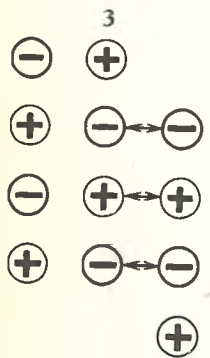
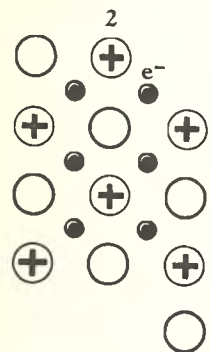
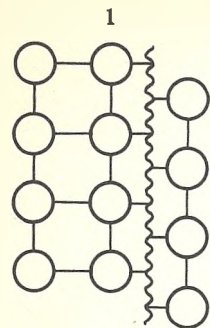


Рис. 12. Связь строения кристаллических решеток с механической прочностью соответствующих веществ: 1 — атомная решетка; 2 — ионная решетка; 3 — металлическая решетка.

вещества с ковалентной неполярной связью обладают низкими температурами плавления.

Ковалентная полярная связь. При взаимодействии атомов, электроотрицательности которых отличаются незначительно, происходит смещение общей связывающей электронной пары к более электроотрицательному атому и образуется ковалентная полярная связь.

Так как между полярными молекулами также существуют силы электростатического притяжения, то температуры плавления и кипения этих соединений гораздо выше, чем у веществ с ковалентной неполярной связью.

К ковалентным полярным относятся и те связи, которые образованы по донорно-акцепторному механизму, например в ионах гидроксония и аммония.

Ковалентная полярная связь — наиболее распространенный тип химической связи, встречающаяся как в неорганических, так и в органических соединениях.

Металлическая связь. Связь, которую осуществляют относительно свободные электроны между ионами металлов в кристаллической решетке, называется металлической связью.

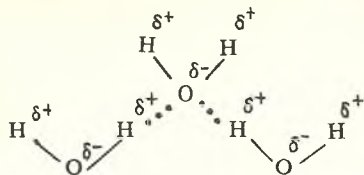
Сущность образования металлической связи состоит в следующем. Атомы металлов легко отдают наружные электроны, и некоторые из них превращаются в положительно заряженные ионы. Оторвавшиеся от атомов электроны относительно свободно перемещаются между возникшими положительными ионами металлов. Между этими частицами возникает металлическая связь, т.е. электроны как бы цементируют положительные ионы в металлической решетке (рис. 12). Таким строением металлов обусловлены и их характерные физические свойства.

Проводимость электричества и теплоты зависит от наличия в металлических решетках свободных электронов. Ковкость и пластичность металлов объясняются тем, что ионы и атомы металлов в металлической решетке друг с другом непосредственно не связаны и отдельные их слои могут свободно перемещаться один относительно другого.

Водородная связь. Связь между атомами водорода одной молекулы и сильноотрицательными элементами (O, N, F) другой молекулы называется водородной связью.

Может возникнуть вопрос: почему именно водород способен образовывать такие специфические химические связи? Это связано с тем, что атом водорода обладает очень маленьким радиусом и при смещении или отдаче единственного электрона водород приобретает относительно сильный положительный заряд, который действует на электроотрицательные элементы в молекулах веществ. Рассмотрим некоторые примеры. Мы привыкли состав воды изображать формулой H_2O , но правильнее было бы состав воды обозначать формулой $(H_2O)_n$, где n равно 2, 3, 4 и т.д., так как

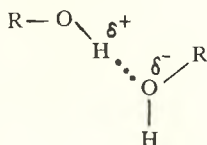
отдельные молекулы воды соединены водородными связями, которые схематически изображают точками:



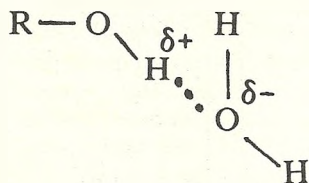
Водородная связь гораздо более слабая, чем ионная или ковалентная, но более сильная, чем межмолекулярное взаимодействие.

Образованием водородных связей объясняется, почему объем воды в отличие от объемов других веществ при понижении температуры увеличивается.

При изучении органической химии возникал и такой вопрос: почему у спиртов температуры кипения гораздо выше, чем у соответствующих углеводородов? Оказывается, между молекулами спиртов тоже происходит химическое взаимодействие с возникновением водородных связей:



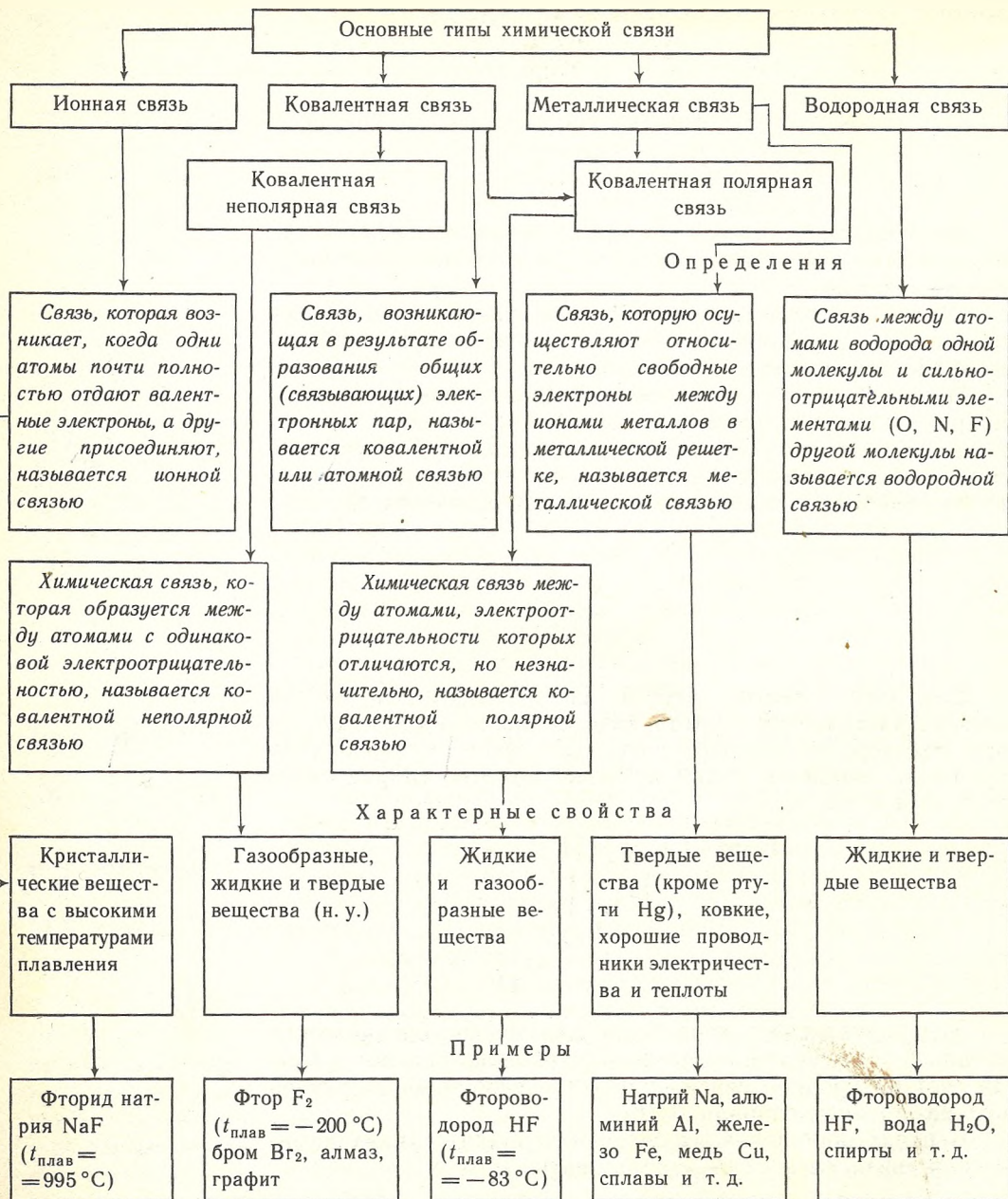
Вам уже известно, что Д. И. Менделеев изучал процесс растворения спирта в воде. Он пришел к выводу, что при растворении одновременно происходят и химические процессы, например взаимодействие молекул спирта с молекулами воды:



Водородная связь характерна для многих органических соединений (фенолов, альдегидов, карбоновых кислот и др.). За счет водородной связи образуется вторичная структура белков, двойная спираль ДНК.

В целях обобщения учебного материала о типах химической связи вы можете использовать схему 4.

Ответьте на вопросы 1—2 (с. 84).



§ 2. Пространственное строение молекул неорганических и органических веществ

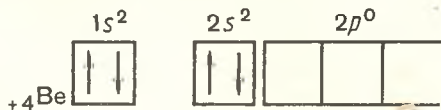
Направленность ковалентной связи как фактор, обуславливающий пространственное строение молекул. В зависимости от того, какую форму и какое направление имеют электронные облака в пространстве, при их взаимном перекрывании могут образовываться соединения с линейной и угловой формами молекул.

Из курсов неорганической и органической химии вам известно, что направленность химических связей объясняется различным расположением электронных облаков в пространстве.

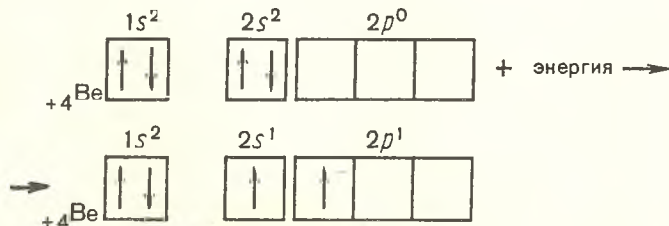
Вам уже известно также, что электронные облака могут изменить свою форму в результате гибридизации (II, 80). Гибридные электронные облака тоже могут по-разному располагаться в пространстве.

При изучении курса органической химии вы ознакомились с sp^3 , sp^2 и sp -гибридизацией. Эти виды гибридизации наблюдаются и в некоторых неорганических соединениях. В зависимости от различного расположения гибридных облаков в пространстве тоже могут образовываться молекулы линейного и углового строения.

■ При образовании фторида бериллия BeF_2 , например, наблюдается sp -гибридизация. Объясняется это так. Размещение электронов в атомах бериллия следующее:



Так как в атоме бериллия на втором энергетическом уровне имеются свободные p -орбитали, то возможно сравнение $2s^2$ -электронов:



Как известно, s -электронное облако имеет шаровую форму, а p -электронное — гантелеобразную. Гибридизация этих электронных облаков показана на рисунке 13.

Образовавшиеся sp -гибридные облака из-за электростатического отталкивания отодвигаются по возможности даль-

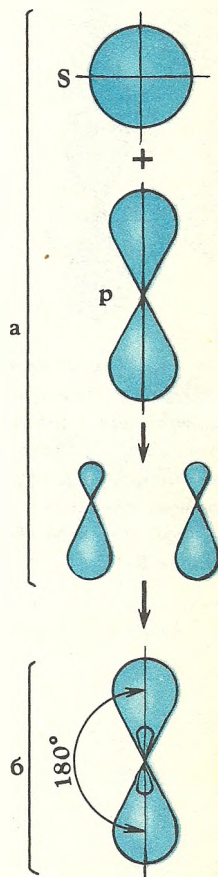


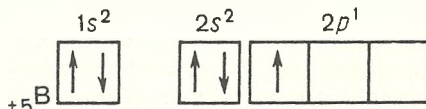
Рис. 13. Гибридизация одного s - и одного p -облаков (sp -гибридизация) и расположение sp -гибридных облаков под углом 180° .



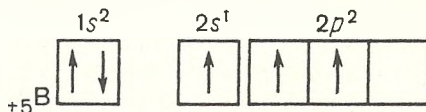
ше друг от друга и располагаются в направлениях, ориентированных под углом 180° (см. рис. 13). В таком положении sp -гибридные электронные облака атома бериллия перекрываются с p -электронными облаками атома фтора. В результате образуется молекула линейной формы BeF_2 (рис. 14).

При изучении курса химии IX класса мы убедились, что молекулы NH_3 имеют угловую форму строения (II, с. 48).

Примером молекулы, строение которой объясняется sp^2 -гибридизацией, является молекула хлорида бора BCl_3 . Расположение электронов по орбиталям в атоме бора следующее:



При поступлении энергии происходит распаривание $2s^2$ -электронов и в атоме бора появляется три неспаренных электрона:



При sp^2 -гибридизации образуются три гибридных облака, которые лежат в одной плоскости и ориентированы друг к другу под углом 120° (рис. 15). Эти три гибридных электронных облака перекрываются с p -электронными облаками атома хлора, и образуется плоская молекула треугольной формы — BCl_3 (рис. 16).

В процессе sp^3 -гибридизации образуются четыре гибридные орбитали, вытянутые концы которых направлены к вершинам тетраэдра, т. е. ориентированы под углом $109^\circ 28'$ друг к другу. Как вам известно, такая гибридизация происходит при образовании молекул метана (III, с. 13).

Угол между связями в молекуле воды равен $104,5^\circ$. В молекуле NH_3 (рис. 17) этот угол еще больше ($107,3^\circ$), т. е. ближе к тетраэдрическому ($109^\circ 28'$). Чем это можно объяснить? Ведь у атома кислорода в образовании химической связи участвуют два неспаренных p -электрона, а у атома азота — три неспаренных p -электрона, облака которых гантелеобразны. А как вам уже известно, гантелеобразные облака p -электронов располагаются в пространстве взаимно перпендикулярно. Поэтому угол между ними должен быть 90° , а не $104,5^\circ$ или $107,3^\circ$. Задумываясь над этим вопросом, ученые пришли к выводу, что при образовании молекул воды и аммиака, так же как и при образовании молекул метана, характерна гибридизация орбиталей по типу sp^3 .

Рис. 14. Перекрывание гибридных электронных облаков с p -электронными облаками атомов фтора и образование линейной молекулы фторида бериллия BeF_2 .

Возникает и такой вопрос: если для молекул воды и аммиака характерна sp^3 -гибридизация, то почему угол между связями получается значительно меньше по сравнению с тетраэдрическим? Чтобы ответить на этот вопрос, обратимся к схемам строения молекул метана CH_4 , аммиака NH_3 и воды H_2O (см. рис. 17). Как видно из рисунка 17, а, у атома углерода все четыре sp^3 -гибридные орбитали заполнены связывающими электронными парами. У атома азота (рис. 17, б) только три sp^3 -гибридные орбитали заполнены связывающими электронными парами, а четвертая sp^3 -гибридная орбиталь заполнена неподеленной электронной парой. У атома же кислорода (рис. 17, в) связывающими электронными парами заняты только две sp^3 -гибридные орбитали, а две другие заполнены поделенными электронными парами. Следовательно, отклонение от тетраэдрического угла ($109^\circ 28'$) обусловлено действием неподеленных электронных пар, находящихся на sp^3 -гибридных орбиталях. У атома азота одна такая пара, поэтому угол отклонения от тетраэдрического небольшой и составляет $107,3^\circ$. У атома кислорода их уже две, поэтому угол отклонения от тетраэдрического больше и составляет $104,5^\circ$.

sp^3 -Гибридизация вам хорошо известна на примере метана из курса органической химии.

При изучении строения непредельных углеводородов (III, с. 33) вы узнали, что молекулы при наличии *цис*- и *транс*-изомерии могут иметь различное пространственное строение и это один из основных факторов, определяющих специфические свойства полимеров.

Ответьте на вопросы и выполните упражнения 3—4 (с. 84).

§ 3. Типы кристаллических решеток и свойства веществ

Вещества в твердом состоянии, как правило, имеют кристаллическое строение, для которого характерно правильное, строго периодическое расположение частиц в пространстве. Если обозначить все частицы в виде точек и соединить эти точки пересекающимися прямыми линиями, то образуется как бы пространственный каркас — *кристаллическая решетка*.

В зависимости от того, какая частица находится в узлах решетки, различают *ионные, атомные, молекулярные* и *металлические кристаллические решетки* (схема 5, с. 81).

Свойства кристаллических веществ зависят от типа химической связи, существующей между частицами.

Основные типы кристаллических решеток и зависимость свойств кристаллических веществ от характера сил взаимо-

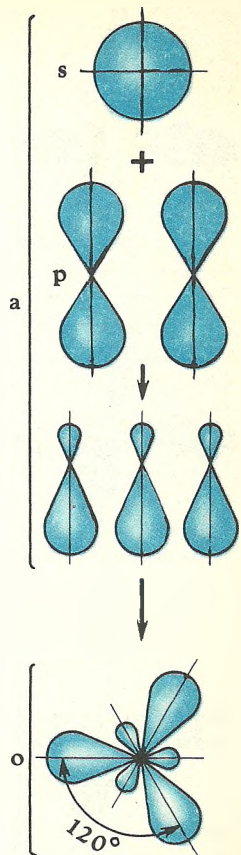


Рис. 15. Три sp^2 -гибридные орбитали.

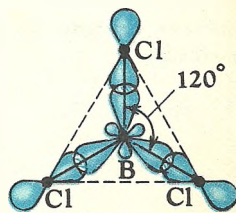


Рис. 16. Плоская треугольная молекула трихлорида бора BCl_3 .

действия между частицами вам известны из курса неорганической химии.

Ответьте на вопрос 5 (с. 84).

§ 4. Дисперсные системы

При изучении неорганической химии вы приобрели первые представления о растворах и процессе растворения веществ в воде. Там же упоминалось, что при смешивании веществ с водой образуются и *однородные системы* (характерное свойство растворов), и *неоднородные*, т. е. *суспензии* и *эмульсии*. Задумались ли вы, почему одни вещества с водой образуют однородную систему, а другие — неоднородную? Чтобы ответить на этот вопрос, следует выяснить, что происходит в процессе растворения веществ в воде. При растворении вещества измельчаются — дробятся. Поэтому истинные растворы, а также суспензии и эмульсии относят к *дисперсным системам* (*диспергирование* означает раздробление). Дисперсных систем известно много. Они различаются между собой в зависимости от того, какие частицы (твердые, жидкие, газообразные) и в какой среде (жидкой, газообразной) распределены. Так, например, одной из таких дисперсных систем являются дым или пыль в воздухе: воздух — смесь газов, а частицы — мелкоизмельченные твердые вещества. Туман — это дисперсная система, где среда — воздух, диспергированные частицы — мелкие капли жидкости. Обе дисперсные системы относятся к типу аэрозолей.

Наибольшее значение в практике имеют дисперсные системы, в которых средой являются вода и другие жидкости. Эти системы в зависимости от размеров частиц подразделяются на *истинные растворы*, или просто *растворы*, *коллоидные растворы* и *грубодисперсные системы*, или *суспензии* и *эмульсии* (табл. 8). Следовательно, истинные растворы тоже относятся к дисперсным системам, но в них диспергированные частицы исключительно малы. Именно поэтому истинные растворы называют однородными системами, ибо их неоднородность нельзя обнаружить даже с помощью ультрамикроскопа. В истинных растворах диспергированными частицами являются отдельные молекулы, ионы или их гидраты. Размеры этих частиц меньше 1 нм (10^{-9} м).

Области применения *истинных растворов* весьма обширны. Они вам в основном знакомы (схема 6). Работая в школьной химической лаборатории, вы убедились, что для проведения реакций между солями, кислотами, щелочами, как правило, используются водные растворы этих веществ. Вам также известно, что растения усваивают минеральные

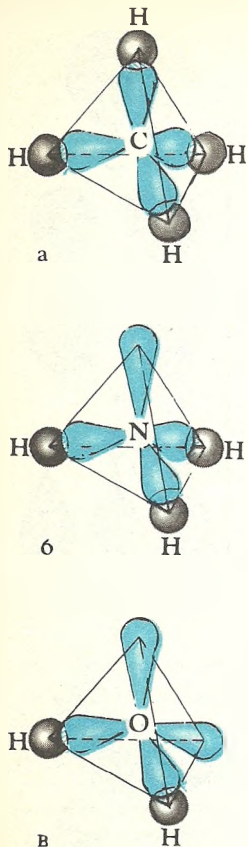
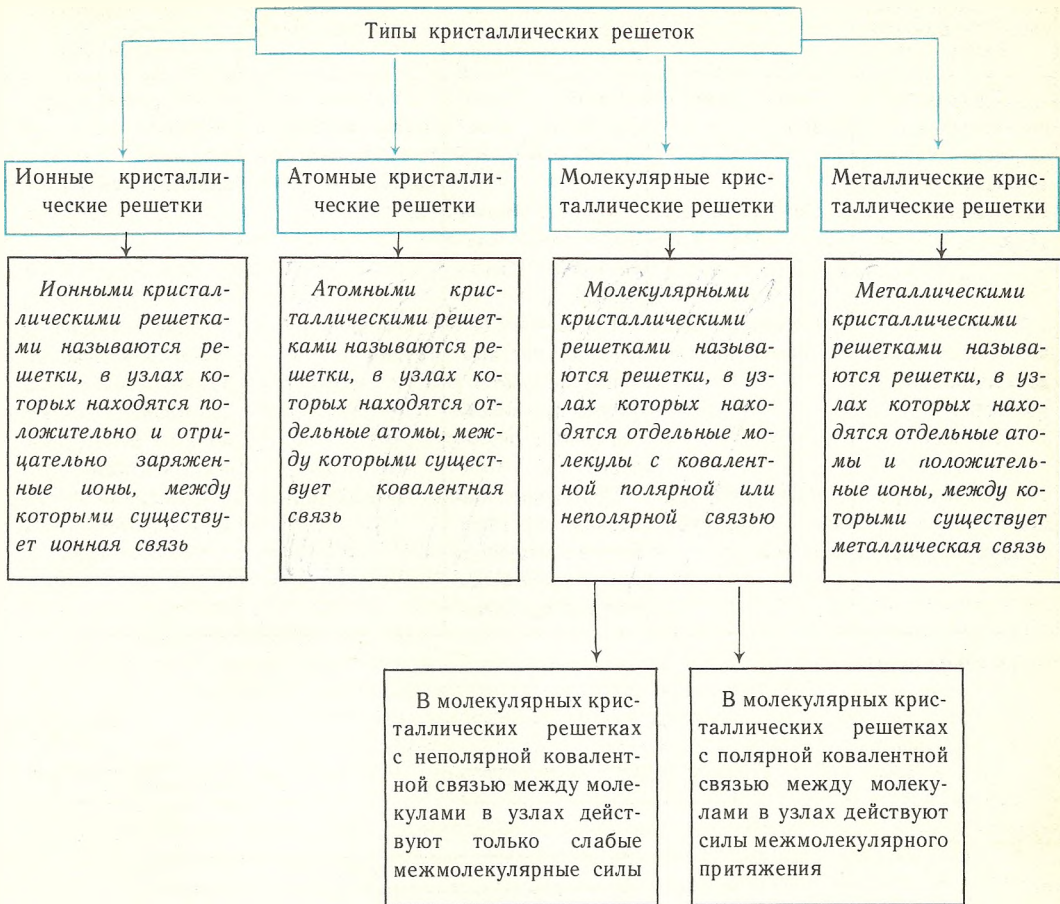


Рис. 17. Образование молекул метана (а), аммиака (б) и воды (в) в результате перекрытия *s*-орбиталей атомов водорода с *sp*³-гибридными орбиталями центрального атома.



Примеры веществ в твердом состоянии

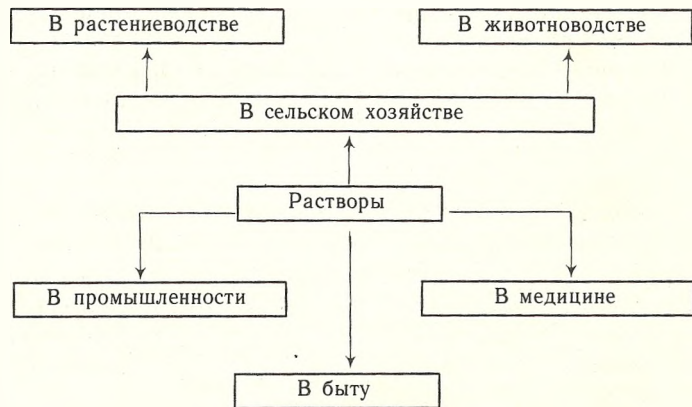
<p>Большинство солей, щелочей и некоторые оксиды типичных металлов</p>	<p>Углерод в форме алмаза, кремний, германий, бор</p>	<p>Большинство неметаллов (H_2, N_2, O_2, Cl_2, P_4, S_8 и т. д., кроме Si и C)</p>	<p>Большинство неорганических и органических веществ (H_2O, HCl, H_2S)</p>	<p>Все металлы (Na, Ca, Fe, Al, Cu, кроме Hg), сплавы и т. д.</p>
--	---	---	---	---

Таблица 8. Дисперсные системы

Виды дисперсных систем и размеры частиц, нм*	Примеры	Внешний вид дисперсных систем и видимость частиц	Способность осаждаться	Способность задерживаться фильтрами
1. Грубодисперсные системы: а) суспензии (больше 100 нм) б) эмульсии (больше 100 нм)	Смесь глины с водой Смесь растительного масла или бензина с водой	Мутные. Частицы видны невооруженным глазом Мутные. Отдельные капельки видны невооруженным глазом	Осаждаются легко, иногда в течение нескольких минут	Задерживаются обычными фильтрами, например фильтровальной бумагой
2. Тонкодисперсные системы: а) коллоидные растворы (1—100 нм) б) истинные растворы (меньше 1 нм)	Раствор яичного белка в воде Раствор сахара или поваренной соли в воде	Прозрачные. Отдельные частицы обнаруживаются только при помощи ультрамикроскопа Прозрачные. Отдельные частицы нельзя обнаружить даже при помощи ультрамикроскопа	Осаждаются с трудом Не осаждаются	Задерживаются только ультрафильтрами с очень маленькими порами (пергаментная бумага, животный пузырь) Фильтрами не задерживаются

* 1 нм (нанометр) = 10^{-9} м.

Схема 6



удобрения только в растворенном виде. Поэтому очень важно в целях получения высоких урожаев и защиты растений от вредителей и болезней уметь приготавливать растворы соответствующих веществ.

Большое значение имеют и *коллоидные растворы*. Как следует из данных таблицы 8, они отличаются от истинных растворов размерами частиц растворенного вещества и специфическими свойствами. Если в истинных растворах диаметр частиц меньше 1 нм, то размеры частиц в коллоидных растворах составляют от 1 до 100 нм и даже больше. Эти частицы обычно состоят из множества молекул или атомов.

Так как размеры молекул некоторых высокомолекулярных веществ превышают 1 нм, то растворы этих веществ, например белков, тоже коллоидные растворы. Из курса общей биологии вам известно, что частицы такого размера можно обнаружить при помощи ультрамикроскопа, в котором используется принцип рассеивания света. Благодаря этому коллоидная частица в нем кажется яркой точкой на темном фоне.

Коллоидные растворы образуются при растворении в воде некоторых высокомолекулярных веществ, например белков, а также при химических реакциях. Так, при взаимодействии растворов силикатов с кислотами выделяется кремниевая кислота, которая с водой образует коллоидный раствор.

Характерное свойство коллоидных растворов — их прозрачность. В этом они сходны с истинными растворами. Но если пропустить луч света через эти растворы, то можно обнаружить их отличие: при прохождении луча через коллоидный раствор появляется светящийся конус (рис. 18), так как коллоидные частицы крупнее частиц в истинных растворах и поэтому способны рассеивать проходящий свет.

Наиболее распространенным растворителем является вода. Кроме воды, в качестве растворителей используют и другие жидкости.

В отличие от суспензий и эмульсий *коллоидные растворы* не отстаиваются в течение длительного времени, так как их частицы сравнительно малы и находятся в постоянном движении в результате действия молекул растворителя. (Повторить из курса физики материал о броуновском движении.)

Почему при взаимных столкновениях коллоидные частицы не слипаются? Это объясняется тем, что вещества в коллоидном, т. е. в мелкоизмельченном, состоянии обладают большой поверхностью. На этой поверхности адсорбируются либо положительно, либо отрицательно заряженные ионы. Например, кремниевая кислота адсорбирует отрицательные ионы SiO_3^{2-} , которых в растворе много вследствие диссоциации силиката натрия:

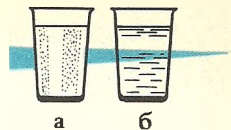
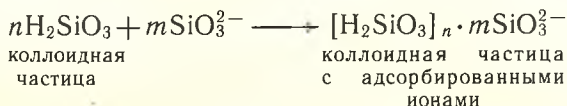
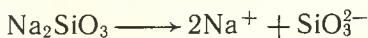


Рис. 18. Пропускание луча света через растворы: 1 — истинный раствор хлорида натрия; 2 — коллоидный раствор гидроксида железа (III).

Знаете ли вы, что

... во многих продуктах питания (молоко, какао) также содержатся коллоиды. Вещества в коллоидном состоянии используют в качестве катализаторов. Тонкоизмельченные краски обладают лучшей кроющей способностью. Хорошо измельченные пищевые продукты быстрее усваиваются организмом.

Знаете ли вы, что

... аэрозолями называются такие дисперсные системы, где в газовой среде диспергированы твердые или жидкие частицы.

Знаете ли вы, что

Частицы же с одноименными зарядами взаимно отталкиваются и поэтому не слипаются.

При кипячении некоторых коллоидных растворов происходит *десорбция* заряженных ионов, т. е. коллоидные частицы теряют заряд, начинают укрупняться и оседают. То же самое наблюдается при приливании какого-либо электролита. В этом случае коллоидная частица притягивает к себе противоположно заряженный ион и ее заряд нейтрализуется.

Слипание коллоидных частиц и их оседание из раствора называется коагуляцией.

Коллоидные растворы широко распространены в природе и играют важную роль в жизненных процессах. Так, например, яичный белок, плазма крови представляют собой коллоидные растворы, в которых осуществляются физиологические процессы. Не меньшее значение имеют коллоидные растворы почвы.

Очень велика роль коллоидных растворов на производстве. Различные клеи, лаки и краски в основном коллоидные растворы.

Некоторые коллоидные растворы при коагуляции образуют студнеобразную массу, которую называют *гелем* (студнем). Например, 3%-ный раствор желатина в теплой воде превращается в гель, или студень. Это объясняется тем, что коллоидные частицы связывают множество молекул воды.

Многие гели вам известны из повседневной жизни (желе, мармелад, мясной студень и др.).

Ответьте на вопросы 6—10. Решите задачи 1—3.

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

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

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

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

5. Примерами поясните зависимость свойств

веществ от типа кристаллических решеток.

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

7. На основе своего практического и жизненного опыта приведите конкретные примеры применения растворов согласно схеме 6.

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

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

10. Каково значение коллоидных растворов?

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

2. В какой массе воды нужно растворить 27,8 г кристаллогидрата сульфата железа (II)

$FeSO_4 \cdot 7H_2O$, чтобы получить 3,8%-ный раствор сульфата железа (II) $FeSO_4$?

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?

§ 1. Классификация химических реакций

Закон сохранения массы, закон сохранения и превращения энергии при химических реакциях рассмотрены на с. 55. В курсах неорганической и органической химии вы ознакомились также с различными типами химических реакций. Теперь обобщим этот учебный материал.

Изученные вами химические реакции можно классифицировать по следующим признакам: *изменению степени окисления атомов, входящих в состав реагирующих веществ* (окислительно-восстановительные реакции); *числу и составу исходных и образующихся веществ* (реакции разложения, соединения, замещения, обмена); *тепловому эффекту* (экзотермические и эндотермические реакции); *признаку обратимости* (обратимые и необратимые реакции).

I. По изменению степени окисления

1. Все химические реакции подразделяются на такие, в которых *происходит* изменение степени окисления, и на такие, в которых степени окисления *не изменяются*.

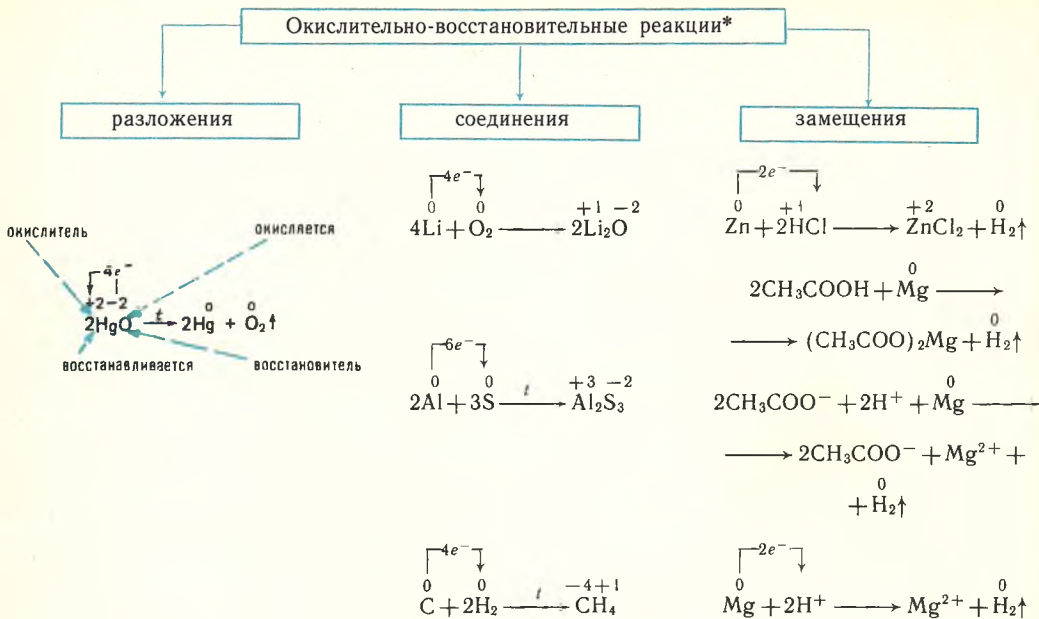
Процессы, в результате которых происходит изменение степени окисления, т. е. переход или смещение (более распространенный случай) электронов от атомов с меньшей электроотрицательностью к атомам с большей электроотрицательностью, называются окислительно-восстановительными реакциями.

Примеры различных окислительно-восстановительных реакций показаны на схеме 7 (с. 86).

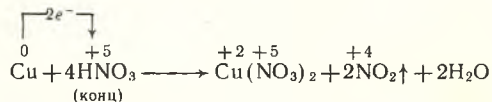
II. По числу и составу исходных и образующихся веществ (схема 8, с. 87).

В схеме 8 даны только отдельные примеры соответствующих реакций. Основная цель этой схемы — помочь проанализировать любое уравнение химической реакции. Причем особое внимание следует уделить таким вопросам:

1. *Выяснить, не относится ли данная реакция к окислительно-восстановительным.* Если составленное вами уравнение отображает окислительно-восстановительный процесс, обязательно нужно проставить над соответствующими знаками химических элементов степени окисления, показать переход электронов и пояснить, что окисляется и что восстанавливается, что является окислителем и что восстановителем.



Есть и такие окислительно-восстановительные реакции, которые к указанным типам не относятся, например:



* По указанному образцу можно анализировать уравнения всех окислительно-восстановительных реакций.

2. Обратить внимание, не нужно ли приведенное вами уравнение химической реакции изобразить не только в молекулярном, но и в ионном виде. Если данная реакция обмена или замещения протекает в водном растворе и в ней участвуют ионы, то, кроме молекулярного уравнения, необходимо составить также полное и сокращенное ионное уравнения.

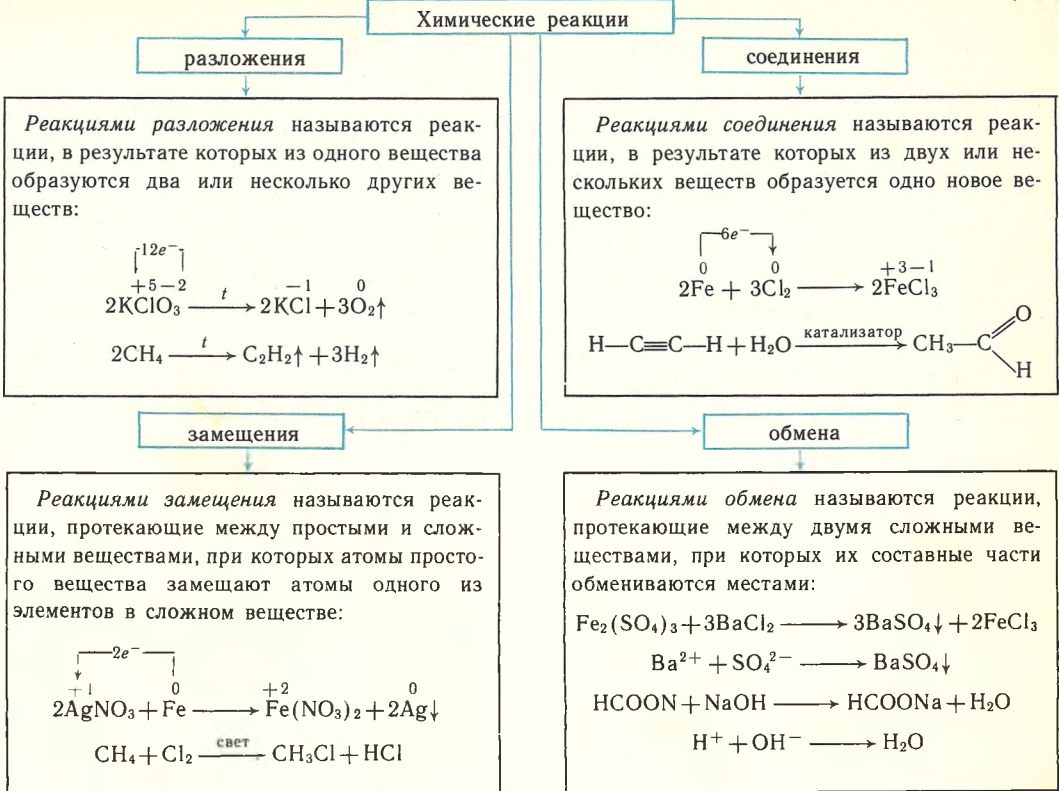
III. По тепловому эффекту

Как вам известно, одни химические реакции протекают с выделением теплоты, а другие — с поглощением.

Количество теплоты, которое выделяется в результате реакции, называется тепловым эффектом данной химической реакции.

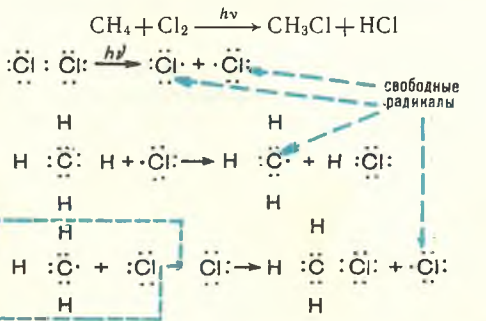
По тепловому эффекту химические реакции подразделяют на две группы: экзотермические и эндотермические.

Схема 8. Классификация химических реакций по числу и составу исходных и образующихся веществ

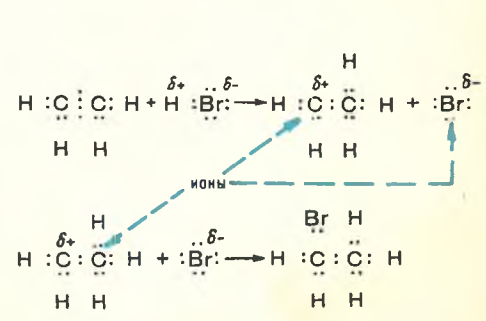


Реакции, характерные для органических веществ

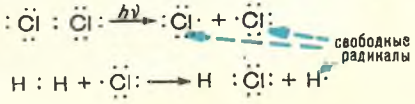
протекающие по радикальному механизму*



протекающие по ионному механизму



*В неорганической химии некоторые реакции тоже протекают по радикальному механизму, например взаимодействие хлора с водородом:



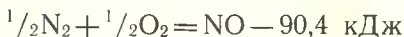
Экзотермическими называются реакции, которые протекают с выделением теплоты.

Пример:



Эндотермическими называются реакции, которые протекают с поглощением теплоты.

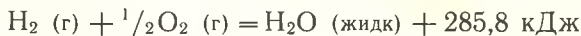
Пример:



На практике пользуются понятиями «теплота образования» и «теплота сгорания». Эти понятия относятся к одному молю вещества.

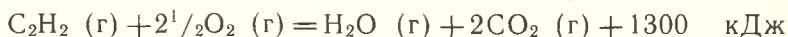
Теплотой образования называется количество теплоты, которое выделяется или поглощается при образовании одного моля соединения из простых веществ.

Так, например, теплота образования одного моля жидкой воды из 2 г (один моль) водорода и 16 г (0,5 моль) кислорода равна 285,8 кДж:



Теплотой сгорания называется количество теплоты, которое выделяется при сгорании одного моля вещества.

Например, теплота сгорания ацетилена равна 1300 кДж:



Химические уравнения, в которых указано количество теплоты, выделяемое или поглощаемое при реакции, называются термохимическими.

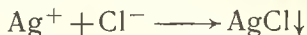
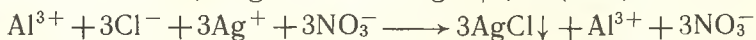
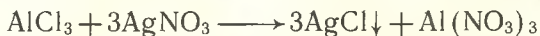
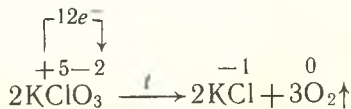
Теплоты образования и сгорания — это важные физические величины, и их численные значения можно найти в соответствующих справочниках.

IV. По признаку обратимости

С обратимыми и необратимыми реакциями вы уже ознакомились.

Необратимыми называются такие реакции, которые протекают до конца, т. е. до полного израсходования одного из реагирующих веществ.

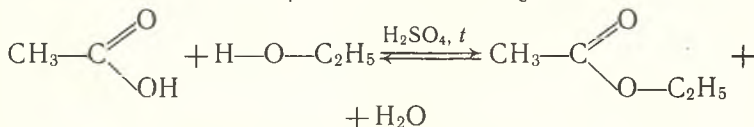
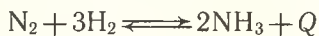
Примеры:



Условия протекания ионных реакций до конца вам известны (II, с. 14—15).

Химические реакции, протекающие при данных условиях во взаимно противоположных направлениях, называются обратимыми.

Примеры:



Ответьте на вопросы и выполните упражнения 1—5 (с. 93).

§ 2. Скорость химических реакций. Катализ

В курсе неорганической химии (II, с. 33) с понятием «скорость химических реакций» вы ознакомились. Теперь рассмотрим его более подробно.

На практике вы встречались с реакциями, которые протекают в растворах и в газообразном состоянии, например между азотом и водородом при синтезе аммиака. В этих случаях среда однородная, т. е. *гомогенная*. Вам известны и такие реакции, в которых реагирующие вещества не образуют гомогенную среду. Примером является горение угля и других твердых веществ. Оно происходит в неоднородной, т. е. *гетерогенной*, среде. В связи с этим при рассмотрении вопроса о скорости химической реакции необходимо различать реакции, протекающие в гомогенной и гетерогенной системах.

Определение скорости химических реакций уже давалось (II, с. 33). Более точное ее определение следующее:

Скорость гомогенной реакции измеряется числом молей веществ, вступивших в реакцию или образовавшихся в результате реакции за единицу времени в единице объема.

В математической форме это определение можно отразить так:

$$v_{\text{гомог}} = \frac{\Delta v}{V \Delta t}$$

где $v_{\text{гомог}}$ — скорость реакции в гомогенной системе; v — число молей одного из вступивших в реакцию или образующегося в результате реакции вещества; V — объем газа; t — время; $\Delta v = v_2 - v_1$ — изменение числа молей за время Δt .

Знаете ли вы, что

... в 1812 г. химик К. С. Кирхгоф обнаружил, что при нагревании крахмала с разбавленной серной кислотой образуется глюкоза, причем серная кислота по завершении реакции остается неизрасходованной. Такие реакции Й. Я. Берцелиусом были названы каталитическими.

Так как отношение числа молей к объему представляет собой концентрацию c , то $\frac{\Delta v}{V} = \Delta c$. Следовательно,

$$v_{\text{гомог}} = - \frac{\Delta c}{\Delta t}$$

Скорость химической реакции выражают так: $\frac{\text{моль}}{\text{л} \cdot \text{с}}$.

Учитывая это, скорость гомогенных реакций можно определить и так:

Скорость гомогенной реакции определяется изменением концентрации одного из вступивших в реакцию или образующихся в результате реакции веществ в единицу времени.

Руководствуясь этим определением скорости гомогенной реакции, следует учитывать, что по приведенным выше математическим формулам можно вычислять среднюю скорость только *гомогенной* реакции, так как ее скорость зависит от концентрации реагирующих веществ, которая с течением времени изменяется.

Если реакция протекает между веществами в *гетерогенной* системе, то реагирующие вещества соприкасаются между собой не по всему объему, а только на поверхности. Так, например, при горении угля молекулы кислорода реагируют только с теми атомами углерода, которые находятся на поверхности. При измельчении угля его поверхность возрастает и скорость горения увеличивается. В связи с этим определение скорости гетерогенной реакции следующее:

Скорость гетерогенной реакции определяется числом молей веществ, вступивших в реакцию или образующихся в результате реакции в единицу времени на единице поверхности.

В математической форме это определение можно отразить так:

$$v_{\text{гетерог}} = - \frac{\Delta v}{S \Delta t}$$

где S — площадь поверхности.

Факторы, влияющие на скорость гомогенных и гетерогенных реакций. Основные факторы, влияющие на скорость химических реакций, указаны в таблице 9.

Явление катализа и влияние различных факторов на протекание обратимых реакций рассмотрим более подробно.

Катализаторы и катализ. В ускорении химических реакций исключительно большая роль принадлежит катализаторам, например, при производстве серной кислоты, аммиака, азотной кислоты, этанола, этанала и других веществ.

Таблица 9. Основные факторы, влияющие на скорость химических реакций

Знаете ли вы, что

Условия	Примеры	Теоретическое обоснование
<p>1. <i>Скорость химических реакций зависит от природы реагирующих веществ</i></p>	<p>Металлы (калий, натрий) с одним и тем же веществом — водой — реагируют с различной скоростью (в одинаковом состоянии и при равных условиях)</p>	<p>Сущность реакций металлов с водой заключается в том, что атомы металлов отдают электроны, т. е. окисляются. Атомы калия обладают большим атомным радиусом, чем атомы натрия, и поэтому отдают электроны гораздо энергичнее</p>
<p>2. <i>Для веществ в растворенном состоянии и газов скорость химических реакций зависит от их концентрации</i></p>	<p>Горение веществ в чистом кислороде происходит активнее, чем в воздухе, где концентрация кислорода почти в пять раз меньше</p>	<p>Чтобы произошла реакция, необходимо столкновение молекул реагирующих веществ. Частота же столкновений зависит от числа молекул в единице объема, т. е. от концентрации</p>
<p>3. <i>Для веществ в твердом состоянии скорость химических реакций прямо пропорциональна поверхности реагирующих веществ</i></p>	<p>Вещества железо и сера в твердом состоянии реагируют достаточно быстро лишь при предварительном измельчении и перемешивании</p>	<p>При измельчении вещества увеличивается поверхность соприкосновения реагирующих веществ</p>
<p>4. <i>При повышении температуры скорость большинства химических реакций увеличивается*</i></p>	<p>Со многими веществами кислород начинает реагировать с заметной скоростью уже при обыкновенной температуре (медленное окисление). При повышении температуры скорость окисления резко увеличивается и начинается бурная реакция (горение)</p>	<p>При столкновении реагируют только те молекулы, которые обладают достаточной кинетической энергией. При повышении температуры доля активных молекул все возрастает</p>
<p>5. <i>Скорость химических реакций зависит от присутствия некоторых ве-</i></p>	<p>Разложение бертолевой соли и пероксида водорода ускоряется оксидом марганца (IV).</p>	<p>Под действием катализаторов молекулы становятся реакционноспособными при более низ-</p>

... первые научные представления о катализе возникли почти одновременно с развитием атомной теории строения вещества. В 1806 г. Н. Клеман и Ш. Дезорм опубликовали подробные данные об ускорении процесса окисления SO_2 в присутствии оксидов азота при камерном производстве серной кислоты. Шесть лет спустя К. С. Кирхгоф писал об ускоряющем влиянии разбавленных минеральных кислот на гидролиз крахмала. Этим для тех времен необычным химическим явлениям И. Я. Берцелиус в 1835 г. дал общее название — катализ (греч. «каталоо» — разрушать).

Условия	Примеры	Теоретическое обоснование
<i>ществ.</i> Вещества, которые ускоряют химические реакции, но сами в итоге не расходуются, называются <i>катализаторами</i> , а вещества, которые замедляют скорость химических реакций, — <i>ингибиторами</i>	В присутствии ингибиторов соляная кислота становится инертной по отношению к металлам	кой температуре. Например, бертолетова соль становится реакционно-способной только при 400 °С, а в присутствии MnO_2 — при 200 °С

* При повышении температуры на каждые 10 °С скорость химических реакций возрастает в среднем в два — четыре раза, что можно выразить

и математически: $v_{t_2} = v_{t_1} \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}}$, где v_{t_2} — скорость реакции при повышенной температуре; v_{t_1} — скорость реакции при начальной температуре; γ — температурный коэффициент.

Обобщим основные сведения о катализе, катализаторах и каталитических реакциях.

Явление ускорения химических реакций благодаря присутствию некоторых веществ носит название катализа, а замедление — ингибирования.

Вещества, которые ускоряют химические реакции, активно участвуют в них, но сами в итоге не расходуются, называются катализаторами.

Вещества, которые замедляют скорость химических реакций, называются ингибиторами.

Реакции, протекающие под действием катализаторов, называются каталитическими.

Может возникнуть вопрос: как объяснить сущность явления катализа?

При рассмотрении действия катализаторов следует учесть, что реакции могут протекать в *гомогенной* и *гетерогенной* средах. Независимо от того, в какой среде протекает химическая реакция, сущность действия катализаторов одна и та же: катализаторы активно участвуют в данной химической реакции с образованием различных промежуточных соединений. В качестве примера рассмотрим известную вам реакцию этилена с водой, т. е. получения этанола из этилена.

Для осуществления реакции этилена с водой применяются различные катализаторы. Наиболее эффективным

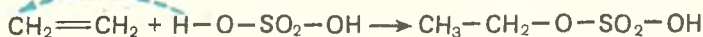
Знаете ли вы, что

... твердые катализаторы легко теряют свою активность — отравляются в присутствии определенных веществ, называемых ядами катализаторов. Поэтому применяются промоторы — вещества, повышающие активность катализаторов.

Знаете ли вы, что

... в 1918 г. на складах в Нижнем Новгороде и других местах скопились огромные массы нефтяных отходов в виде солярового масла и мазута. В том же году Н. Д. Зелинскому удалось с помощью катализатора — хлорида аммония — раздробить крупные молекулы солярового масла на более мелкие и в конце процесса получить смесь, близкую по составу к бензину. Через полгода производство бензина по методу Н. Д. Зелинского на заводе в Кускове уже действовало. Н. Д. Зелинский любил говорить: «Неосуществимых реакций нет, а если реакция не идет, то еще не найден катализатор».

катализатором при производстве этанола является ортофосфорная кислота, а в лабораторных условиях — серная. Окальзывается, что этилен с водой непосредственно не реагирует, но с серной кислотой реакция протекает:



этилсульфат

Этилсульфат реагирует с водой:



Из уравнения видно, что этилсульфат является промежуточным соединением, которое увеличивает скорость реакции.

Ответьте на вопросы и выполните упражнения 6—8. Решите задачи 1—2.

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

2. Согласно схеме 8 приведите по два примера реакций разложения, соединения и замещения, кроме указанных в ней. Напишите уравнения этих реакций. В уравнениях окислительно-восстановительных реакций проставьте степени окисления и покажите переход электронов.

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

4. Какие реакции называются обратимыми и

какие — необратимыми? Приведите конкретные примеры.

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.

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

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

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

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

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

Знаете ли вы, что

... в древности и в средние века считалось, что существует только семь металлов: золото, серебро, медь, олово, свинец, железо, ртуть. В 1789 г. французский химик в список простых веществ включил все известные тогда семнадцать металлов (Sb, Ag, As, Bi, Co, Cu, Sn, Fe, Mn, Hg, Mo, Ni, Au, Pt, Pb, W, Zn). В первой половине XIX в. были открыты платиновые металлы, путем электролиза получены некоторые щелочные, щелочноземельные и редкоземельные металлы. В начале 60-х гг. XIX столетия были открыты Rb, Cs, In, Te, а затем — Ga, Sc, Ge. В конце XIX в. начались поиски радиоактивных элементов. Методом радиоактивных превращений начиная с середины XX в. были получены не существующие в природе радиоактивные элементы.

Закономерности изменения свойств элементов в периодах и группах периодической системы химических элементов Д. И. Менделеева вам известны. В соответствии с этими закономерностями металлические элементы в основном расположены в левой и нижней частях периодической системы. Вам известно также, что деление элементов на металлы и неметаллы условно (I, с. 104).

Атомы металлических элементов в отличие от неметаллических обладают значительно большими размерами атомных радиусов. Поэтому атомы металлических элементов сравнительно легко отдают валентные электроны. Вследствие этого они обладают способностью образовывать положительно заряженные ионы, а в соединениях проявляют только положительную степень окисления. Многие металлические элементы, например медь Cu, железо Fe, хром Cr, титан Ti, проявляют в соединениях разную степень окисления.

Так как атомы металлов сравнительно легко отдают валентные электроны, то в свободном состоянии они являются восстановителями. Восстановительная способность разных металлов неодинакова. В электрохимическом ряду напряжений металлов она возрастает от золота Au до калия K (схема 9, с. 95).

Общность физических свойств металлов (высокая электрическая проводимость, теплопроводность, ковкость, пластичность) объясняется общностью строения их кристаллических решеток. По некоторым характерным физическим свойствам металлы в значительной степени отличаются друг от друга, например по плотности, твердости, температурам плавления.

Самый легкий из металлов — литий Li ($\rho = 0,53 \text{ г/см}^3$), а самый тяжелый — осмий Os ($\rho = 22,6 \text{ г/см}^3$). Металлы, плотность которых меньше 5 г/см^3 , условно принято называть легкими металлами, а металлы с плотностью больше 5 г/см^3 — тяжелыми.

Металлы отличаются и по твердости. Самые мягкие — щелочные металлы. Они легко режутся ножом.

Весьма разнообразны температуры плавления металлов. Самый легкоплавкий металл — ртуть Hg: ее температура плавления равна — $38,9^\circ\text{C}$. Температуры плавления цезия Cs и галлия Ga соответственно равны 29°C и $29,8^\circ\text{C}$. Самый тугоплавкий металл — вольфрам W: его температура плавления

§ 1. Общие способы получения металлов

С общими способами получения металлов вы ознакомились в курсе неорганической химии. В обобщенном виде они отражены в таблице 10.

Ответьте на вопросы и выполните упражнения 1—4 (с. 120).

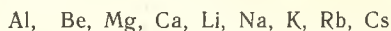
Т а б л и ц а 10. Реакции, лежащие в основе получения металлов

Восстановление металлов			
углем и оксидом углерода (II)	электрическим током (электролиз)	алюминием (алюминотермия)	водородом
$\begin{array}{c} \downarrow -2e^- \\ \begin{array}{cccc} +2 & 0 & 0 & +2 \\ \text{ZnO} + \text{C} & \rightarrow & \text{Zn} + \text{CO} \uparrow \end{array} \end{array}$ $\begin{array}{c} \begin{array}{cc} +2 & +2 \\ \text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{CO} & \rightarrow \\ 0 & +4 \\ \rightarrow 2\text{Fe} + 3\text{CO}_2 \uparrow \end{array} \end{array}$ $\begin{array}{c} +3 & 0 \\ 2\text{Fe} + 6e^- & \rightarrow 2\text{Fe} \end{array} \left \begin{array}{l} 1 \\ 3 \end{array} \right.$ $\begin{array}{c} +2 & +4 \\ \text{C} - 2e^- & \rightarrow \text{C} \end{array} \left \begin{array}{l} 1 \\ 3 \end{array} \right.$	$\text{NiSO}_4 \rightarrow \text{Ni}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$ $\text{HOH} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$ <p><i>У анода:</i></p> $\text{OH}^- - e^- \rightarrow \text{OH}^0$ $4\text{OH}^0 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \uparrow$ <p><i>У катода:</i></p> $\text{Ni}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Ni}^0 \downarrow$ <p>(концентрация ионов Ni^{2+} должна быть больше концентрации ионов H^+)</p>	$\begin{array}{c} \downarrow -12e^- \\ \begin{array}{ccc} 0 & +4 & \\ 4\text{Al} + 3\text{MnO}_2 & \rightarrow & \\ +3 & 0 & \\ \rightarrow 2\text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{Mn} \end{array} \end{array}$ $\begin{array}{c} 0 & +3 \\ \text{Al} - 3e^- & \rightarrow \text{Al} \end{array} \left \begin{array}{l} 4 \\ 3 \end{array} \right.$ $\begin{array}{c} +4 & 0 \\ \text{Mn} + 4e^- & \rightarrow \text{Mn} \end{array} \left \begin{array}{l} 4 \\ 3 \end{array} \right.$	$\begin{array}{c} \downarrow -6e^- \\ \begin{array}{ccc} +6 & 0 & \\ \text{WO}_3 + 3\text{H}_2 & \rightarrow & \\ 0 & +1 & \\ \rightarrow \text{W} + 3\text{H}_2\text{O} \end{array} \end{array}$ $\begin{array}{c} \downarrow -2e^- \\ \begin{array}{cc} +2 & 0 \\ \text{CoO} + \text{H}_2 & \rightarrow \\ 0 & +1 \\ \rightarrow \text{Co} + \text{H}_2\text{O} \end{array} \end{array}$

§ 2. Обзор металлических элементов главных подгрупп

Общее химическое свойство металлических *s*- и *p*-элементов — это их способность легко отдавать валентные электроны вследствие гораздо большего атомного радиуса по сравнению с неметаллическими элементами. Поэтому образованные ими простые вещества в химических реакциях выполняют функцию восстановителей.

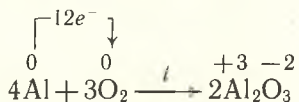
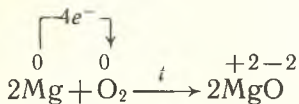
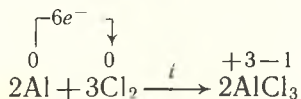
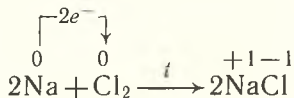
По возрастанию восстановительных свойств наиболее важные металлы можно расположить в следующий ряд:



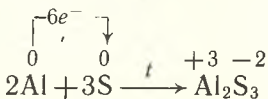
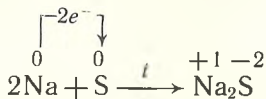
Восстановительная способность возрастает

При эксперименте следует учитывать, что восстановительные свойства цезия Cs, рубидия Rb, калия K и даже натрия Na настолько сильны, что реакции, в которых участвуют эти металлы с простыми и сложными веществами, иногда протекают со взрывом.

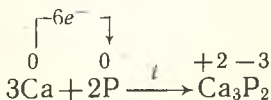
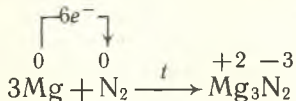
Взаимодействие металлов с простыми веществами. Наиболее энергично восстановительные способности металлов проявляются в их *реакциях с галогенами и кислородом*:



Менее энергично металлы реагируют с серой:



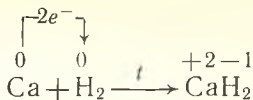
Еще труднее, чем с серой, металлы *реагируют с неметаллами V группы — азотом и фосфором*:



Наиболее активные металлы главных подгрупп являются настолько сильными восстановителями, что восстанавливают даже водород до степени окисления -1 и образуют *гидриды*:

Знаете ли вы, что

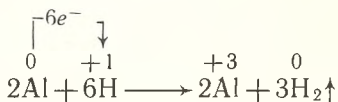
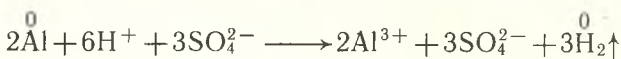
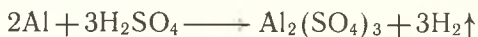
... недавно австралийские ученые научились защищать металлические вышки в море: через металлические конструкции пропускается ток, и на поверхности металла появляется пленка из соединений химических элементов, растворенных в морской воде.



Взаимодействие металлов со сложными веществами. Восстановительные свойства металлы проявляют и в реакциях со сложными веществами — кислотами, солями и водой.

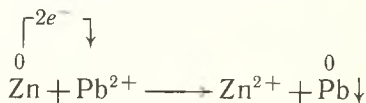
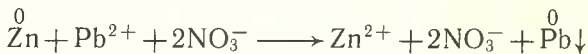
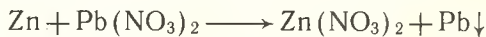
Металлы с кислотами реагируют по-разному (схема 9).

Металлы, которые в электрохимическом ряду напряжений металлов находятся до водорода, восстанавливают ионы водорода из разбавленных кислот (за исключением ионов водорода в HNO_3 — II, с. 60), а те, которые находятся после водорода, восстанавливают атом основного элемента, образующего данную кислоту, например:



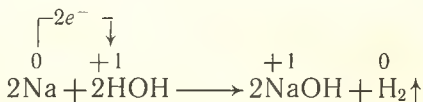
При взаимодействии с водными растворами солей металлов, находящиеся в электрохимическом ряду напряжений металлов левее, восстанавливают металлы, находящиеся в этом ряду правее от них.

Эта закономерность характерна для металлов как главных, так и побочных подгрупп, например:



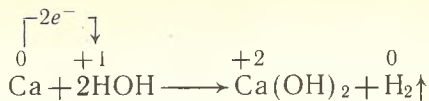
Однако следует учесть, что металлы с сильными восстановительными свойствами (например, Li, Na, K, Ca) в этих условиях будут восстанавливать водород воды, а не металл соответствующей соли.

Самые активные металлы (от Cs до Ca) реагируют с водой при обычных условиях. В этих реакциях образуются растворимые в воде основания (щелочи) и выделяется водород:



Знаете ли вы, что

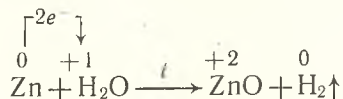
... уже в средние века рудокопы знали, что если железный предмет попадет в «купоросную воду» медных рудников, то он покроется красным слоем меди. Были известны и другие подобные факты. Если в разбавленный раствор нитрата серебра (I) добавить немного ртути, то вырастет прекрасное серебряного цвета деревце... Поясните почему.



Знаете ли вы, что

... металлы могут химически взаимодействовать друг с другом и образовывать интерметаллические соединения, или металлиды. Многие из них имеют важное техническое значение. Металлид SmCo_5 — наилучший материал для сильных магнитов. Металлид Nb_3Ge является рекордным по сверхпроводимости, а AlSb и InSb — отличные полупроводники.

Менее активные металлы реагируют с водой при повышенной температуре с выделением водорода и с образованием оксида соответствующего металла:



Для облегчения самостоятельной учебной работы по повторению и систематизации учебного материала о важнейших металлах I, II и III групп главных подгрупп даны обобщающие таблицы 11, 12 и 13 (с. 100—104). При характеристике свойств обратите внимание на число наружных электронов в атомах соответствующих металлов. Планом, который дан в таблицах 11, 12 и 13, следует руководствоваться при повторении и обобщении учебного материала. В таблицах также приведены характерные примеры, отражающие важнейшие химические свойства металлов главных подгрупп. Пользуясь этими таблицами, вы сможете самостоятельно составить уравнения сходных химических реакций.

Ответьте на вопросы и выполните упражнения 5—8 (с. 120). Решите задачи 1—2 (с. 121).

§ 3. Общий обзор металлических элементов побочных подгрупп

Металлические элементы побочных подгрупп являются d -элементами. У их атомов, как правило, на наружном энергетическом уровне сохраняются два s -электрона, а очередные, или порядковые, электроны помещаются не на наружных, а на предпоследних энергетических уровнях. У некоторых, например у атомов хрома Cr и меди Cu , происходит так называемый «провал» наружных электронов и на наружном уровне остается только по одному электрону (с. 62). Этим и объясняются их отличительные свойства.

Закономерности изменения химической активности у элементов побочных подгрупп в направлении сверху вниз иные, нежели в главных подгруппах. В побочных подгруппах химическая активность (с некоторыми исключениями) соответствующих металлов уменьшается. Так, например, золото химически менее активно по сравнению с медью.

Таблица 11. Литий, натрий, калий — металлические элементы I группы главной подгруппы

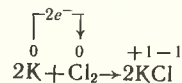
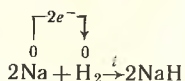
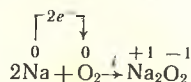
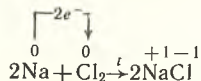
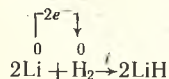
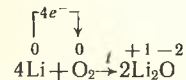
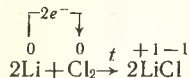
Литий Li	Натрий Na	Калий K
<i>Размещение электронов по орбиталям</i>		
$_{+3}\text{Li}$	$_{+11}\text{Na}$	$_{+19}\text{K}$
<i>Физические свойства простых веществ</i>		

Металлы серебристо-белого цвета с незначительными оттенками, легкие (легче воды), мягкие (можно резать ножом), с низкими температурами плавления. Температуры плавления закономерно снижаются от лития к цезию (Li — 179,0 °C; Na — 97,8 °C; K — 63,5 °C)

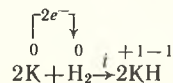
Химические свойства

Восстановительные (металлические) свойства усиливаются

1. Взаимодействие с простыми веществами

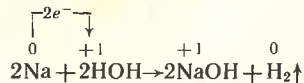
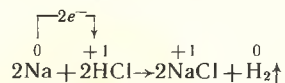
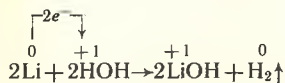
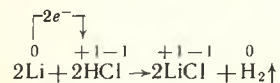


С кислородом образуются кислородные соединения различного состава (K_2O , K_2O_2 , K_2O_4)



С кислотами и водой реакции протекают очень бурно, даже со взрывом. От их проведения в лабораториях воздерживаются

2. Взаимодействие со сложными веществами

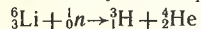


Применение

1. Охладитель в ядерных реакторах

2. В металлургии для удаления азота, серы и других примесей

3. Для получения трития:



1. Охладитель в ядерных реакторах в виде сплавов с калием

2. В сплавах (со свинцом) для вкладышей подшипников скольжения

3. Катализатор во многих органических синтезах

4. Восстановитель при получении некоторых тугоплавких металлов

5. Для получения пероксида натрия Na_2O_2

1. Охладитель в ядерных реакторах в виде сплава с натрием

2. Из калия получают пероксид калия KO_2 , используемый в подводных лодках и космических кораблях для поглощения CO_2 и регенерации кислорода. Для той же цели пригоден Na_2O_2

3. В некоторых органических синтезах

Т а б л и ц а 12. Бериллий, магний, кальций — металлические элементы II группы главной подгруппы

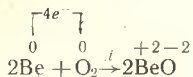
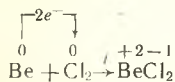
Бериллий Be	Магний Mg	Кальций Ca
<i>Размещение электронов по орбиталям</i>		
${}_{+4}\text{Be}$ <div style="display: inline-block; margin-right: 20px;"> $1s^2$ </div> <div style="display: inline-block;"> $2s^2$ </div>	${}_{+12}\text{Mg}$ <div style="display: inline-block; margin-right: 20px;"> $1s^2$ </div> <div style="display: inline-block; margin-right: 20px;"> $2s^2$ </div> <div style="display: inline-block; margin-right: 20px;"> $2p^6$ </div> <div style="display: inline-block;"> $3s^2$ </div>	${}_{+20}\text{Ca}$ <div style="display: inline-block; margin-right: 20px;"> $3s^2$ </div> <div style="display: inline-block; margin-right: 20px;"> $3p^6$ </div> <div style="display: inline-block; margin-right: 20px;"> $3d^0$ </div> <div style="display: inline-block;"> $4s^2$ </div>
<i>Физические свойства простых веществ</i>		

Металлы серебристо-белого цвета, причем блеск не изменяют только бериллий и магний. Все они значительно легче алюминия. Температуры плавления выше и твердость больше, чем у щелочных металлов. У магния температура плавления 651°C

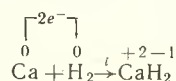
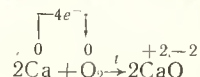
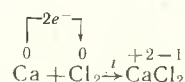
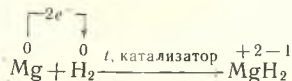
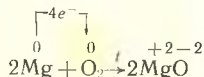
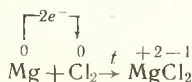
Химические свойства

Восстановительные (металлические) свойства усиливаются

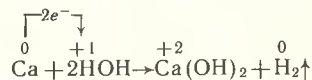
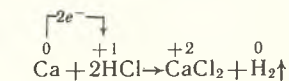
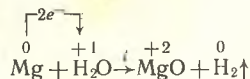
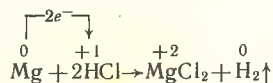
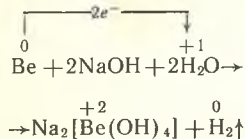
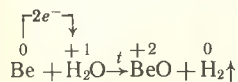
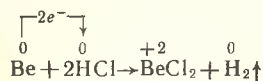
1. Взаимодействие с простыми веществами



BeH₂ получают только косвенным путем



2. Взаимодействие со сложными веществами



Применение

1. Для производства легких и твердых сплавов при изготовлении деталей летательных аппаратов
2. Для получения нейтронов в атомной технике

1. Для получения легких и сверхлегких сплавов (самолетостроение, производство автомобилей)
2. Восстановитель при получении титана, урана, циркония и других металлов
3. В органических синтезах
4. Для изготовления осветительных и зажигательных ракет

Для изготовления свинцово-кальциевых сплавов, необходимых при производстве подшипников

Размещение электронов по орбиталям

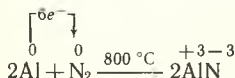
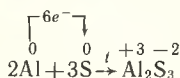
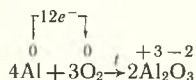
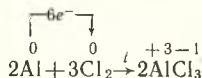


Физические свойства простого вещества

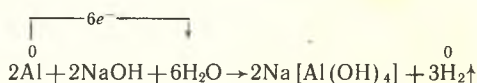
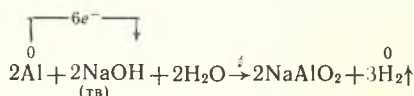
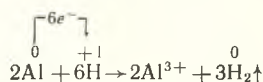
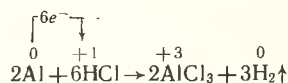
Алюминий — серебристо-белого цвета, легкий металл ($\rho = 2,7 \text{ г/см}^3$), плавится при 660°C , очень пластичен, легко вытягивается в проволоку и прокатывается в листы и фольгу. По электрической проводимости алюминий уступает лишь серебру и меди

Химические свойства

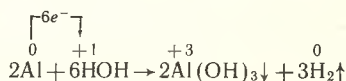
1. Взаимодействие с простыми веществами 2. Взаимодействие со сложными веществами



С водородом алюминий непосредственно не реагирует, но его гидрид AlH_3 получен косвенным путем



Амальгамированный алюминий реагирует с водой при обычных условиях:



Применение

1. Для получения легких сплавов (дюралюминий — в самолето- и ракетостроении, в строительстве)
2. Для производства электрических проводов
3. Для алитирования (насыщение верхнего слоя) стальных и чугунных изделий
4. В металлургии для получения других металлов методом алюминотермии
5. Для изготовления бытовых предметов

Однако отдельные общие закономерности проявляются и у металлических элементов побочных подгрупп. Отметим важнейшие из них.

1. У *p*-элементов III—VII групп максимальная положительная степень окисления совпадает с номером группы.

2. Некоторые *d*-элементы VIII группы, например рутений Ru и осмий Os, также образуют соединения, в которых их максимальная степень окисления равна +8, т. е. соответствует номеру группы.

3. С увеличением степени окисления атомов металлов побочных подгрупп основные свойства их оксидов и гидроксидов уменьшаются, а кислотные — усиливаются. Например, CrO — основной оксид, Cr₂O₃ — амфотерный оксид, CrO₃ — кислотный оксид. Последнему оксиду соответствуют следующие кислоты и соли: H₂CrO₄ — хромовая кислота; Na₂CrO₄, K₂CrO₄ — хроматы, H₂Cr₂O₇ — двуххромовая кислота; Na₂Cr₂O₇, K₂Cr₂O₇ — дихроматы.

Из металлов побочных подгрупп наибольшее практическое значение имеют медь Cu, цинк Zn, титан Ti, хром Cr и железо Fe. Их свойства и применение рассмотрим отдельно.

Ответьте на вопросы 9—10 (с. 120—121).

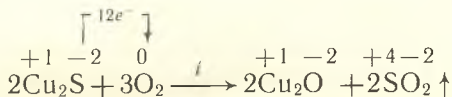
§ 4. Медь

Положение меди в периодической системе химических элементов и строение атома. Медь — элемент побочной подгруппы I группы. Его электронная формула следующая:
 $+_{29}\text{Cu } 1s^2 | 2s^2 2p^6 | 3s^2 3p^6 3d^{10} | 4s^1$

Так как в атомах меди десятый *d*-электрон поместился на третий *d*-подуровень в результате «провала» с четвертого *s*-подуровня, то этот электрон подвижный. Поэтому медь в соединениях проявляет степени окисления +1 (например, Cu₂O) и +2 (например, CuO).

■ **Нахождение в природе.** Медь встречается в природе в основном в связанном виде и входит в состав следующих минералов: *медный блеск* Cu₂S, *куприт* Cu₂O, *медный колчедан* CuFeS₂, *малахит* (CuOH)₂CO₃. (Тут и далее химической формулой обозначена основная составная часть минерала.)

Получение. Процесс получения меди весьма сложный. Упрощенно процесс ее производства из медного блеска отразить можно так:

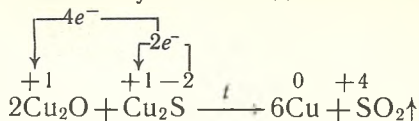


Байков Александр Александрович (1870—1946). Отечественный химик и металлург, академик (1932). Исследовал свойства сплавов меди и сурьмы. Изучал процессы травления железа хлороводородом. Развил теорию окислительно-восстановительных процессов.

Знаете ли вы, что

... медь встречается в природе иногда в виде самородков заметных размеров. Например, в 1857 г. в США в районе Великих Озер нашли самородок массой 420 т. Выступавшие его части были отбиты еще каменными топорами. Тридцать лет назад самородок меди в 7 т был обнаружен в Кемеровской области.

Затем оксид меди (I) вступает в реакцию с оставшимся медным блеском — получается медь:

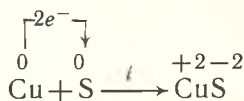
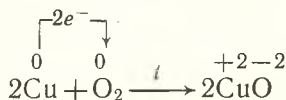
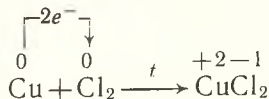


Полученная таким способом медь содержит примеси. Более чистый продукт образуется при электролизе.

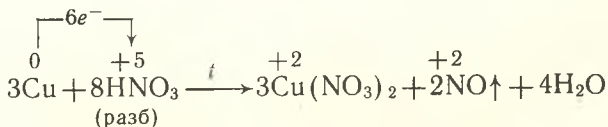
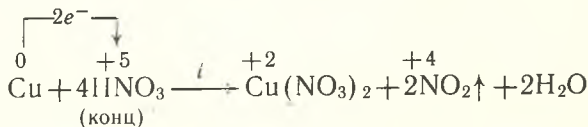
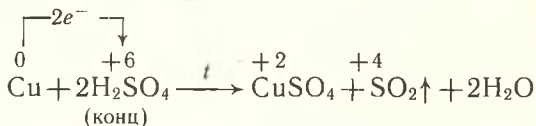
Физические свойства. Медь — металл светло-розового цвета, тягучий, вязкий, легко прокатывается. Температура плавления 1083 °С. Отличный проводник электрического тока (уступает только серебру).

Химические свойства. В сухом воздухе и при обычной температуре медь почти не изменяется. При повышенной температуре медь может вступать в реакции как с простыми, так и со сложными веществами.

Взаимодействие с простыми веществами:



Взаимодействие со сложными веществами:

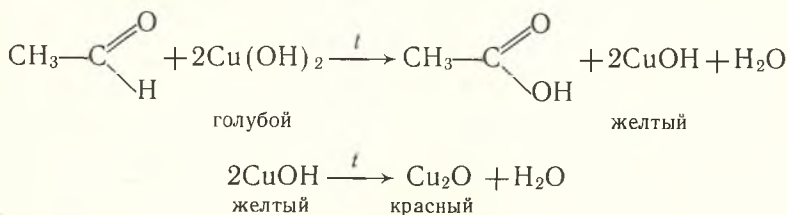


Применение. Чистая медь (99,9% Cu) используется в электротехнической промышленности для изготовления электродов.

Знаете ли вы, что

... многие минералы меди ярко и красиво окрашены. Кусочки ковеллина (он и медный индиго) отливают всеми цветами радуги. Медный блеск имеет синевато-стальной цвет. Халькопирит отливают золотом. Азурит густо-синего цвета, а землистый азурит — ярко-голубого.

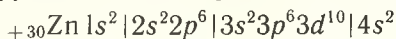
трических проводов, кабелей и в теплообменных аппаратах. Она входит в состав различных сплавов (с. 117). Широко применяются соединения меди. Например, кристаллогидрат сульфата меди (II) (медный купорос) $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ необходим для борьбы с вредителями и болезнями растений. А гидроксидом меди (II) $\text{Cu}(\text{OH})_2$, как вам известно, определяют альдегидную группу в органических соединениях:



Ответьте на вопрос 11 (с. 121).

§ 5. Цинк

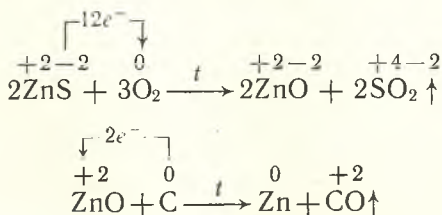
Положение цинка в периодической системе химических элементов и строение атома. Цинк — элемент побочной подгруппы II группы. Его электронная формула следующая:



Так как в атомах цинка предпоследний d -подуровень полностью завершен, то цинк в соединениях проявляет только степень окисления $+2$.

Нахождение в природе. Цинк в природе встречается только в соединениях. Важнейшие из них — минерал *цинковая обманка* ZnS и *цинковый шпат* ZnCO_3 .

Получение. Как уже ранее было сказано (с. 105), если металл встречается в природе в соединении с серой, то для получения его в свободном состоянии руду обжигают и из оксида восстанавливают металл:

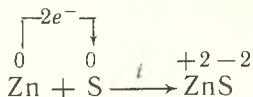
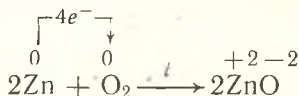
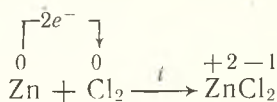


Физические свойства. Цинк — голубовато-серебристый металл. При обычной температуре хрупок. При $100\text{—}150^\circ\text{C}$ хорошо прокатывается в листы. Выше 200°C становится очень хрупким. Плавится при $419,5^\circ\text{C}$.

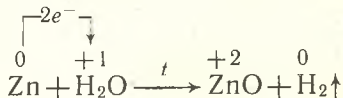
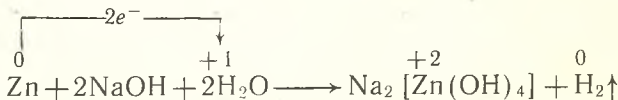
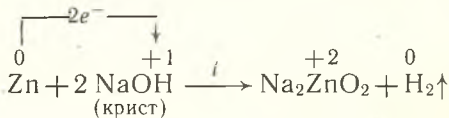
Знаете ли вы, что

... медь с очень давних времен используется для изготовления монет. Самой крупной медной монетой была шведская монета массой около 20 кг. В петровское время в России из меди изготавливались монеты достоинством в 1, 2, 5 и 10 коп. Некоторые из них были достаточно крупные. Так, из 16 кг меди изготавливались денежные знаки всего на сумму примерно 10—15 руб.

Химические свойства. Цинк на воздухе устойчив, так как покрывается тонким слоем оксида, предохраняющего его от дальнейшего окисления. Вода практически при обычной температуре на цинк не действует. При повышенной температуре цинк становится активным и реагирует с простыми веществами — с галогенами, кислородом и серой:



Со сложными веществами — с растворами кислот, щелочей и водой — в зависимости от условий цинк реагирует по-разному. Уравнения реакций цинка с серной и азотной кислотами рассмотрены на с. 136. Здесь приведем уравнения реакций цинка со щелочью и водой:



Из приведенных примеров видно, что цинк (как и алюминий) обладает двойственной природой, а его оксид и гидроксид — амфотерными свойствами.

Применение. Так как на цинк при обычных условиях не действуют ни кислород воздуха, ни вода, то основная масса цинка расходуется на защитные покрытия железных листов и стальных изделий. Цинк применяют для получения технически важных сплавов: с медью (латуни), алюминием и никелем, а также для производства цинково-угольных гальванических элементов, которые используют в батареях разного назначения.

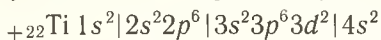
Ответьте на вопрос 12 (с. 121).

Знаете ли вы, что

... древние греки, египтяне умели изготавливать латунь, но чистый цинк получать не умели. Это потому, что при нагревании оксида ZnO с углем при температуре 1000—1100 °C образуется пар цинка, который в воздухе воспламеняется и опять превращается в этот же оксид. Мастера древней Индии и Китая научились конденсировать пары цинка без доступа воздуха. В Европе подобный метод разработал (1746) немецкий химик А. С. Маргграф. Цинк получается также из раствора соли ZnSO₄ путем электролиза.

§ 6. Титан

Положение титана в периодической системе химических элементов и строение атома. Титан — элемент главной подгруппы IV группы. Его электронная формула следующая:

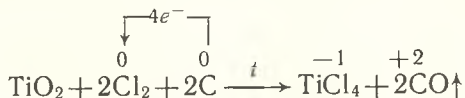


Как и у многих других d -элементов, в атоме титана Ti подвижными являются не только электроны наружного энергетического уровня, но и два электрона d -подуровня. Поэтому титан в соединениях проявляет степени окисления $+2$ и $+4$ (реже $+3$).

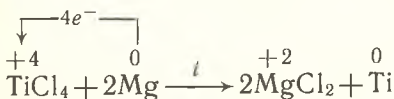
■ **Нахождение в природе.** Важнейшими минералами, содержащими титан, являются: *титаномагнетиты* $\text{FeTiO}_3 \cdot n\text{Fe}_2\text{O}_4$, *ильменит* FeTiO_3 , *рутил* TiO_2 и др.

Титановые руды распространены относительно широко, но содержание в них титана небольшое.

Получение. Поскольку богатых титановых руд в земной коре нет, их приходится обогащать. Для получения титана концентрат обогащенных руд обрабатывают хлором в присутствии углерода:



Затем титан из хлорида титана (IV) восстанавливают натрием или магнием:



Полученный титан содержит примеси. Для выделения чистого титана образующуюся смесь нагревают в вакууме. При этом магний и хлорид магния испаряются. Выделившийся титан переплавляют и получают компактный ковкий металл. Так как при этом производственном процессе используется дорогой металл магний Mg , себестоимость титана сравнительно велика.

Физические свойства. Титан — серебристо-белый металл. Сравнительно легкий — немного тяжелее алюминия, но примерно в три раза прочнее его. Тугоплавкий (1665°C). В обычных условиях отличается высокой прочностью и вязкостью. Поддается различным видам обработки.

Химические свойства. Титан, как и алюминий, довольно активный металл. Однако благодаря образованию на поверхности металла плотной защитной оксидной пленки он обладает исключительно высокой стойкостью против

Знаете ли вы, что

... в последние годы цинком защищают стартовые конструкции при запуске ракет. Тепло реактивной струи ракеты частично поглощается при испарении цинкового покрытия, и пусковые конструкции сохраняются.

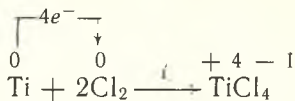
Знаете ли вы, что

... независимо друг от друга английский ученый У. Грегор (1789) и немецкий ученый М. Клапорт (1795—97) открыли оксид TiO_2 . В 1825 г. шведский химик Й. Я. Берцелиус впервые получил этот металл, но в нечистом виде. Лишь в 1925 г. голландским ученым А. ван Аркелю и И. де Буру удалось получить титан в чистом виде.

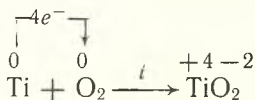
Знаете ли вы, что

... хорошо обработанные прозрачные кристаллы рутила TiO_2 применяют в качестве ювелирных украшений.

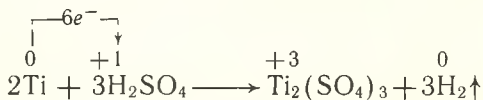
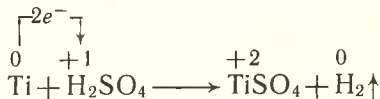
коррозии, превышающей стойкость нержавеющей стали. При обычных условиях на титан не действуют ни кислород воздуха, ни морская вода, ни даже царская водка. При повышенной температуре его химическая активность повышается. Так, например, титан реагирует с хлором:



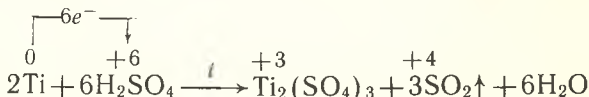
При высокой температуре реагирует с кислородом:



Азотная кислота на титан не действует (кроме порошка), но серная кислота реагирует с ним. С 50%-ной серной кислотой без нагревания одновременно протекают следующие реакции:



С концентрированной серной кислотой при нагревании реакция происходит так:



Применение. Титан и его сплавы в связи с их легкостью, прочностью, термической и коррозионной стойкостью применяются для изготовления деталей самолетов, космических кораблей, ракет, подводных лодок, трубопроводов, котлов высокого давления, различных аппаратов для химической промышленности. Титан широко используется в виде листов для обшивки корпусов судов, обеспечивающих высокую прочность и стойкость в морской воде.

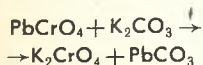
Титан, как и тантал, не действует на живые ткани организма, поэтому он применяется в хирургии для скрепления костей при переломах.

Высокой кроющей способностью обладают титановые белила, основной составной частью которых является оксид титана (IV) TiO_2 .

Ответьте на вопрос 13 (с. 121).

Знаете ли вы, что

... хром впервые был получен (1797) французским ученым Л. Вокленом из красной свинцовой руды $PbCrO_4$. Вначале он осуществил реакцию согласно уравнению



При нагревании K_2CrO_4 с соляной кислотой он получил $CrCl_3$, затем — Cr_2O_3 , из которого путем сильного нагревания с углем он выделил хром.

§ 7. Хром

Положение хрома в периодической системе химических элементов и строение атома. Хром возглавляет побочную подгруппу VI группы. Его электронная формула следующая:

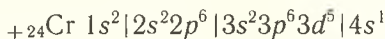
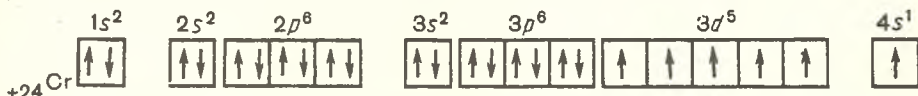


Схема расположения электронов по энергетическим уровням и орбиталям в атоме хрома такая:

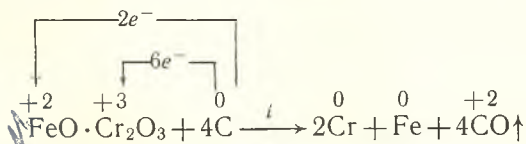


Согласно закономерностям заполнения энергетических уровней и подуровней (орбиталей) у атома хрома на четвертом энергетическом уровне (s -подуровне) должно быть два электрона. Однако один из двух электронов переходит на третий энергетический уровень, на незаполненную d -орбиталь. Такое явление наблюдается у атомов и некоторых других элементов побочных подгрупп.

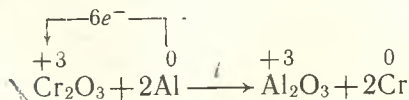
Хром может проявлять степени окисления от $+1$ до $+6$. Наиболее устойчивыми являются соединения хрома со степенями окисления $+2$, $+3$, $+6$.

Нахождение в природе. В нашей стране наиболее распространенной хромовой рудой является хромистый железняк, или хромит железа, $\text{Fe}(\text{CrO}_2)_2$. В природе встречаются также оксид хрома (III) Cr_2O_3 и некоторые другие соединения хрома.

Получение. При сильном нагревании хромистого железняка с углем происходит восстановление хрома и железа:



В результате этой реакции образуется сплав хрома с железом — феррохром. Для получения чистого хрома его восстанавливают из оксида хрома (III) алюминием:



Обычно используют смесь оксидов Cr_2O_3 и CrO_3 .

Физические свойства. Хром — металл серебристо-белого цвета с металлическим блеском, по внешнему виду похо-



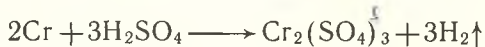
Воклен (Вокёлен) Луи Никола (1763—1829). Французский химик, академик. Его научные работы относятся в основном к аналитической химии. Открыл (1797) в сибирской красной свинцовой руде (PbCrO_4) новый элемент хром и получил (1798) его в свободном состоянии.

Знаете ли вы, что

... чистая платина в природе встречается очень редко. Самый крупный самородок массой 9,63 кг до наших дней не сохранился. Другой самородок массой 8,395 кг найден в начале нашего века в бассейне реки Исы (хранится в коллекции Алмазного фонда).

жий на сталь. Его плотность $7,19 \text{ г/см}^3$, температура плавления 1890°C .

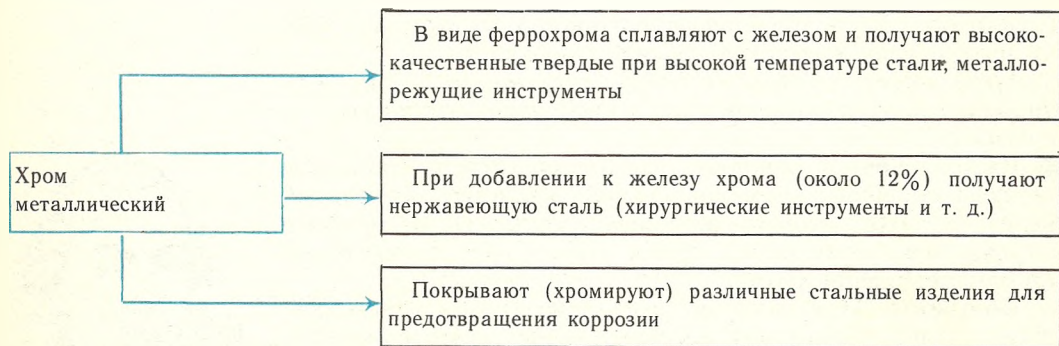
Химические свойства. Поверхность хрома покрыта очень тонкой (и поэтому прозрачной) пленкой оксида. Она химически весьма устойчива — даже кислоты разрушают ее с трудом. Благодаря этой пленке хром является одним из самых коррозионно-стойких металлов. Даже во влажном воздухе он совершенно не изменяется. Разбавленная соляная и серная кислоты с хромом начинают реагировать только через некоторое время (после разрушения пленки):



Азотная кислота пассивирует хром (закрепляет оксидную пленку).

Применение хрома показано на схеме 10.

Схема 10



Ответьте на вопросы 14—15 (с. 121).

Знаете ли вы, что

... в начале прошлого века была сконструирована горелка, в которой водород, образующийся при взаимодействии серной кислоты с цинком, загорался только благодаря влиянию порошка платины — катализатора реакции горения.

§ 8. Железо, никель, платина

В побочных подгруппах VIII группы находится всего девять элементов, из них самое большое практическое значение имеет железо. Для железа наиболее характерны соединения, в которых его степени окисления равны $+2$ и $+3$. Имеются и соединения, в которых железо проявляет степень окисления $+6$, но они неустойчивы. Основные свойства железа отражены в таблице 14.

Кроме железа, из элементов побочных подгрупп VIII группы большое практическое значение имеют никель Ni и платина Pt.

Для никеля характерны соединения, в которых он проявляет степени окисления $+2$ и $+3$. В отличие от

железа соединения, в которых никель проявляет степень окисления +3, неустойчивы.

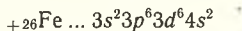
Для платины наиболее характерны соединения, в которых она проявляет степени окисления +2 и +4.

Важнейшие свойства этих металлов и их применение отражены в таблице 15.

Ответьте на вопросы и выполните упражнения 16—17 (с. 121).

Т а б л и ц а 14. Железо

Электронная формула



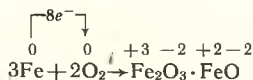
Физические свойства

Металл серебристо-белого цвета. Чистое железо — мягкий, пластичный металл. Плотность 7,87 г/см³, температура плавления 1539 °С. В отличие от многих других металлов железо обладает магнитными свойствами

Химические свойства

Взаимодействие с простыми веществами

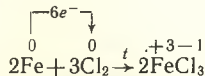
1. С кислородом:



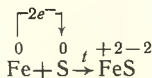
(или Fe(FeO₂)₂ — феррит железа (II))

С кислородом во влажном воздухе образуется Fe₂O₃ · nH₂O

2. С хлором:

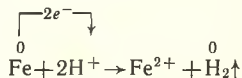
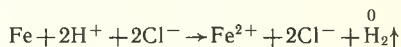
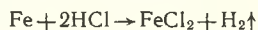


3. С серой:

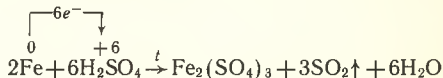


Взаимодействие со сложными веществами

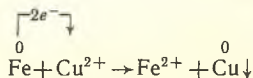
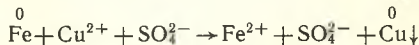
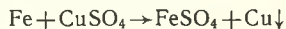
1. С разбавленными кислотами:



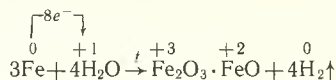
2. С концентрированной серной кислотой:



3. С солями (в водном растворе):



4. С парами воды:

*Применение*

Чистое железо способно быстро намагничиваться и размагничиваться, поэтому его применяют для изготовления трансформаторов, электромоторов и мембран микрофонов. Основная масса железа на практике используется в виде сплавов — чугуна и стали (с. 115)

Т а б л и ц а 15. Никель и платина — металлы VIII группы побочной подгруппы

Никель Ni	Платина Pt
<i>Электронная формула</i>	
$+_{28}\text{Ni} \dots 3s^2 3p^6 3d^8 4s^2$	$+_{78}\text{Pt} \dots 5s^2 5p^6 5d^9 6s^1$
<i>Физические свойства</i>	
Серебристо-белый, очень твердый металл. Хорошо куется и полируется. Подобно железу притягивается магнитом. Обладает довольно высокой температурой плавления (1453 °С)	Белый, пластичный и ковкий металл, с высокой температурой плавления (1769 °С). Один из наиболее тяжелых металлов ($\rho = 21,5 \text{ г/см}^3$)
<i>Химические свойства</i>	
<u>Химическая активность уменьшается</u>	
1. Взаимодействие с простыми веществами	
Из-за оксидной пленки с кислородом, галогенами, серой реагирует только при повышенной температуре:	Химически очень устойчив. При обычных условиях с простыми веществами (Cl_2 , S, O_2) не реагирует. В мелкоизмельченном виде при повышенной температуре реагирует с хлором и серой
$ \begin{array}{ccc} & \overbrace{}^{-2e^-} & \\ & \downarrow & \\ 0 & 0 & +2-1 \\ \text{Ni} + \text{Cl}_2 & \rightarrow & \text{NiCl}_2 \end{array} $	
$ \begin{array}{ccc} & \overbrace{}^{-4e^-} & \\ & \downarrow & \\ 0 & 0 & +2-2 \\ 2\text{Ni} + \text{O}_2 & \rightarrow & 2\text{NiO} \end{array} $	
2. Взаимодействие со сложными веществами	
При обычных условиях медленно реагирует с разбавленными кислотами:	Кислоты на платину не действуют. Реагирует только с царской водкой
$\text{Ni} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{NiCl}_2 + \text{H}_2\uparrow$	

Никель Ni	Платина Pt
$\begin{array}{c} -2e^- \\ \\ 0 \end{array} \quad \downarrow$ $\text{Ni} + 2\text{H}^+ \rightarrow \overset{0}{\text{Ni}^{2+}} + \text{H}_2\uparrow$ $\text{Ni} + \text{H}_2\text{SO}_4 \xrightarrow{i} \text{NiSO}_4 + \text{H}_2\uparrow$ $\begin{array}{c} -2e^- \\ \\ 0 \end{array} \quad \downarrow$ $\text{Ni} + 2\text{H}^+ \rightarrow \overset{0}{\text{Ni}^{2+}} + \text{H}_2\uparrow$ <p>С азотной кислотой реагирует по разному (с. 136)</p>	
<i>Применение</i>	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Для производства различных сплавов (с. 117) 2. Для покрытия поверхности других металлов (никелирование) 3. В качестве катализатора при многих химических процессах 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Для изготовления коррозионно-стойких деталей аппаратуры, применяемой на различных производствах и в лабораториях 2. Для изготовления нагревательных элементов лабораторных электропечей, высокотемпературных датчиков, термоизмерительных приборов 3. В качестве катализатора в разных химических производствах 4. Для изготовления химически устойчивой лабораторной посуды

§ 9. Сплавы металлов

Теперь, когда вы ознакомились со свойствами важнейших металлов главных и побочных подгрупп, можно сформулировать общее понятие о сплавах:

К сплавам относятся системы, состоящие из двух или нескольких металлов, а также из металлов и неметаллов, обладающие свойствами, присущими металлическому состоянию.

Сплавы можно классифицировать по следующим признакам:

- 1) по числу компонентов — на *двойные*, *тройные* и т. д.;
- 2) по структуре — на *гомогенные* (однофазные) и *гетерогенные* (смеси), состоящие из нескольких фаз;
- 3) по характеру металла, являющегося основой сплава, — на *черные* (сталь, чугун — с. 117), *цветные* (сплавы алюминия, меди, никеля и т. д.);

Знаете ли вы, что

... нихромы (сплавы с никелем) и хроматы (сплавы с алюминием и железом) обладают высоким электросопротивлением и используются для изготовления нагревателей в электрических печах.



4) по характерным свойствам — на *тугоплавкие, легкоплавкие, жаропрочные, высокопрочные, твердые, коррозионно-устойчивые*;

5) по технологическим признакам — на *литейные* (для изготовления деталей путем литья) и *деформируемые* (подвергаемые ковке, штамповке, прокату, прессованию и другим видам обработки).

С составом, свойствами и применением чугуна, легированных сталей и некоторых сплавов цветных металлов вы можете ознакомиться по таблицам 16, 17 и 18.

Ответьте на вопросы 18—20 (с. 121).

§ 10. Оксиды и гидроксиды металлов

Аносов Павел Петрович (1799—1851). Русский металлург, горный инженер. Он был первым исследователем, применившим еще в 1831 г. микроскоп для изучения структуры стали. Изобрел способ закалки стальных изделий в струе сжатого воздуха. Получил литую сталь и усовершенствовал многие заводские механизмы и печи.

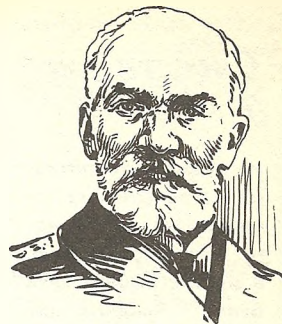
Химические свойства оксидов и гидроксидов зависят как от положения соответствующего элемента в периодической системе химических элементов Д. И. Менделеева, так и от его степени окисления. Вам уже известно, что в группах сверху вниз увеличиваются атомные радиусы элементов и, следовательно, возрастают металлические свойства. Особенно это характерно для элементов главных подгрупп. В том же направлении усиливаются основные свойства оксидов и гидроксидов соответствующих элементов. В этом можно убедиться при сравнении свойств элементов, их оксидов и гидроксидов, отраженных в таблице 19.

Существует следующая закономерность: *чем выше степень окисления элемента, тем более сильно выражены его кислотные свойства*. Это наглядно проявляется при сравнении свойств оксидов и гидроксидов хрома (табл. 20).

Таблица 16. Виды и свойства чугунов

Вид чугуна	Состав	Свойства	Применение
<i>Серый чугун</i> (с высоким содержанием кремния)	Содержит 1,7—4,3% С, 1,25—4,0% Si и до 1,5% Mn. Большое содержание кремния снижает растворимость углерода. Поэтому углерод выделяется в виде графита	Сравнительно мягкий и поддающийся механической обработке. Свободный углерод придает чугуно мягкость	Различные литые детали (шестерни, колеса, трубы и т. д.)
<i>Белый чугун</i> (с небольшим содержанием кремния)	Содержит 1,7—4,3% С, более 4% Mn, но очень мало кремния. Углерод в основном содержится в виде <i>цементита</i> — карбида железа Fe ₃ C	Твердый и хрупкий. Эти свойства придает цементит, который обладает большой твердостью	Переработка в сталь

Легированный элемент	Свойства, которые легированный элемент придает стали	Применение
Хром	Твердость и устойчивость против коррозии	Инструменты, резцы, зубила
Никель	Вязкость, механическая прочность и устойчивость против коррозии	Турбины электростанций и реактивных двигателей, измерительные приборы, детали, используемые при высоких температурах
Марганец	Твердость, механическая прочность, устойчивость против ударов и трений	Детали дробильных установок, железнодорожные рельсы, зубья ковшей экскаваторов
Титан	Жаростойкость, механическая прочность при высоких температурах, устойчивость против коррозии	В самолето-, ракето- и судостроении. Химическая аппаратура
Вольфрам	Твердость и жаропрочность, износоустойчивость	Быстрорежущие инструменты, пилы, фрезы, штампы, нити электрических ламп
Молибден	Эластичность, жаростойкость, устойчивость против коррозии	В производстве лопастей турбин реактивных самолетов и автомобилей, броневые плиты, лабораторная посуда, детали электронных ламп
Кремний	Устойчивость к воздействию кислот	Трансформаторы, кислотоупорные аппараты и приборы
Ванадий	Высокая прочность, упругость и устойчивость к ударам	В производстве инструментальных сталей. Детали автомобильные, тракторные и других машин, подвергающиеся ударам



Чернов Дмитрий Константинович (1839—1921). Русский металлург. Разработал (1868) наилучшие условия отливки,ковки и термической обработки стали. С тех пор стальные орудия вытеснили бронзовые. Предсказал преимущество применения кислородного дутья в конверторном процессе.

Знаете ли вы, что

... платина в переводе с испанского означает «серебришко». Выделение из природной платины ее спутников осуществлялось в 1803—1804 гг., а рутений еще 40 лет оставался неизвестным. Открытие рутения принадлежит казанскому химику К. К. Клаусу. Рутений в переводе с латинского означает «русинский» («русский»).

Т а б л и ц а 18. Сплавы некоторых цветных металлов

Название	Состав, %	Температура плавления, °С	Применение
Алюминиево-марганцевая бронза	Cu (~90), Al (8,5—9,5), Mn (1,5—2)	1060	Детали машин

Знаете ли вы, что

... кроме метеоритного, встречается самородное железо земного происхождения. В начале нашего века близ Владивостока был найден самородный чугун, содержащий около 3,2% углерода. Особое самородное железо было обнаружено в лунном грунте. Оно не корродировало на воздухе, не реагировало с кислородом. Это объясняется тем, что поверхность металла долгое время в условиях вакуума облучалась солнечным ветром.

Название	Состав, %	Температура плавления, °C	Применение
Бериллиевая бронза	Cu (97,4—98), Be (2—2,6)	1000	Пружины и инструменты, не образующие при ударе искр, струны музыкальных инструментов
Латунь	Cu (57—60), Zn (40—43)	900	Детали механизмов и предметов быта
Нейзильбер	Cu (~65), Zn (20), Ni (15)	1040	Монеты
Константан	Cu (~60), Ni (39—41), Mn (0,4—0,6)	1270	Электронизмерительные приборы
Мельхиор	Cu (~80), Ni (18,5—20,5), Fe (0,1—1)	1170	Монеты и детали различных машин и инструментов
Никелин	Cu (65—67), Ni (33—35), Mn (0,4—0,6)	1250	Электрические нагреватели
Легкоплавкий сплав	Bi (36), Pb (28), Cd (6), Hg (30)	48	Автоматические огнетушители и средства сигнализации, которая включается при достижении определенной температуры
Сплав Вуда	Bi (50), Pb (25), Sn (12,5), Cd (12,5)	60,5	
Электрон	Mg (86,5—96,6), Al (3—10), Zn (0,2—3), Mn (0,15—0,5)	625	В ракетной технике, авиа- и автостроении

Таблица 19. Свойства металлов II группы главной подгруппы и характеристика их оксидов и гидроксидов

Название и химический знак элемента	Взаимодействие металлов			Характеристика оксидов и гидроксидов
	с кислотами	со щелочами	с водой	
Бериллий Be	$\begin{array}{c} \overline{2e^-} \\ \downarrow \\ \begin{array}{c} 0 \quad +1 \\ \text{Be} + 2\text{HCl} \rightarrow \\ \downarrow \\ \begin{array}{c} +2 \quad 0 \\ \text{BeCl}_2 + \text{H}_2 \uparrow \end{array} \end{array} \end{array}$	$\begin{array}{c} \overline{2e^-} \\ \downarrow \\ \begin{array}{c} 0 \\ \text{Be} + 2\text{NaOH} \rightarrow \\ \downarrow \\ \begin{array}{c} 0 \\ \text{Na}_2\text{BeO}_2 + \text{H}_2 \uparrow \end{array} \end{array}$ <p style="text-align: center;">бериллат натрия</p> $\begin{array}{c} \overline{2e^-} \\ \downarrow \\ \begin{array}{c} 0 \\ \text{Be} + 2\text{NaOH} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \\ \downarrow \\ \begin{array}{c} +2 \\ \text{Na}_2[\text{Be}(\text{OH})_4] + \\ \text{тетрагидроксбериллат натрия} \\ \downarrow \\ 0 \\ + \text{H}_2 \uparrow \end{array} \end{array}$	<p>При обыкновенной температуре не реагирует</p>	<p>Амфотерны:</p> $\text{BeO} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{BeCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{BeO} + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{BeO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ <p>BeO с водой не реагирует, Be(OH)₂ в воде практически нерастворим</p>
Магний Mg	<p>С кислотами реагирует более энергично, чем Be</p>	<p>Не реагирует</p>	<p>С холодной водой реагирует слабо</p>	<p>Обладают только основными свойствами. MgO с водой реагирует слабо. Растворимость Mg(OH)₂ весьма незначительна</p>
Кальций Ca	<p>С кислотами реагирует энергичнее, чем Mg</p>	<p>»</p>	<p>Реагирует при обычной температуре:</p> $\begin{array}{c} \overline{2e^-} \\ \downarrow \\ \begin{array}{c} 0 \quad +1 \\ \text{Ca} + 2\text{HON} \rightarrow \\ \downarrow \\ \begin{array}{c} 0 \\ \text{Ca}(\text{OH})_2 + \\ \downarrow \\ 0 \\ + \text{H}_2 \uparrow \end{array} \end{array}$	<p>Обладают только основными свойствами. CaO с водой реагирует энергично. Растворимость Ca(OH)₂ мала, но больше, чем Mg(OH)₂</p>
Стронций Sr	<p>С кислотами реагирует более энергично, чем Ca</p>	<p>»</p>	<p>Реагирует энергичнее, чем Ca</p>	<p>Обладают только основными свойствами. SrO с водой реагирует энергичнее CaO. Растворимость Sr(OH)₂ больше, чем Ca(OH)₂</p>
Барий Ba	<p>С кислотами реагирует энергичнее, чем Sr</p>	<p>»</p>	<p>Реагирует энергичнее, чем Sr</p>	<p>Обладают только основными свойствами. BaO с водой реагирует энергичнее SrO. Ba(OH)₂ является более сильным основанием по сравнению с Sr(OH)₂</p>

Металлические свойства усиливаются

Основные свойства усиливаются

Оксид	Свойства	Гидроксид	Свойства
Оксид хрома (II) CrO	Реагирует только с кислотами (проявляет только основные свойства): $\text{CrO} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CrCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$	Гидроксид хрома (II) $\text{Cr}(\text{OH})_2$	Реагирует только с кислотами (проявляет только основные свойства): $\text{Cr}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CrSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ Более сложные реакции соединений хрома (II) рассматриваются в курсе высшей школы
Оксид хрома (III) Cr_2O_3	Проявляет амфотерные свойства: $\text{Cr}_2\text{O}_3 + 6\text{HNO}_3 \xrightarrow{t} 2\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ $\text{Cr}_2\text{O}_3 + 2\text{NaOH} \xrightarrow{t} 2\text{NaCrO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	Гидроксид хрома (III) $\text{Cr}(\text{OH})_3$	Проявляет амфотерные свойства: $\text{Cr}(\text{OH})_3 + 3\text{HCl} \rightarrow \text{CrCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ $\text{Cr}(\text{OH})_3 + \text{NaOH} \xrightarrow{t} \text{NaCrO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ В растворе: $\text{Cr}(\text{OH})_3 + 3\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6]$
Оксид хрома (VI) CrO_3	Проявляет только кислотные свойства: $\text{CrO}_3 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{CrO}_4 + \text{H}_2\text{O}$	Кислоты хромовая H_2CrO_4 и двухромовая $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ существуют только в водных растворах	Кислотам H_2CrO_4 и $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ соответствуют соли — <i>хроматы</i> и <i>дихроматы</i> . Эти соли получают при окислении соединений хрома (III), а также при нейтрализации хромовой и двухромовой кислот основаниями

Кислотные свойства уславняются

Ответьте на вопрос 21. Решите задачи 3—5 (с. 121).

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

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

3. Из оксида железа Fe_3O_4 можно получить железо алюминотермическим способом. Составьте уравнение этой реакции и покажите переход электронов.

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

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 под-

твердите уравнениями соответствующих реакций. Охарактеризуйте применение бериллия и магния.

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

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.)

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

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

10. Сравните свойства элементов главных и побочных подгрупп I группы. На основе строения атома и свойств меди и калия поясните, в чем проявляются сходство и отличие элементов главных и побочных подгрупп I группы.

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

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

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

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

1. Какую массу чистого железа можно получить из 250 т руды, содержащей в массовых долях 0,7 пирита FeS_2 , если выход составляет 82%?

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.

3. Через 1 л 18%-ного 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?

15. Назовите области применения хрома.

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.

17. Почему применение чистого железа ограничено?

18. Что такое сплавы и как их классифицируют?

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

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

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

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.

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).

§ 1. Обзор неметаллов

Неметаллических элементов по сравнению с металлическими элементами относительно немного. Их размещение в периодической системе химических элементов Д. И. Менделеева отражено в таблице 21.

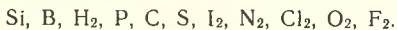
Как видно из таблицы 21, неметаллические элементы в основном расположены в правой верхней части периодической системы. Так как в периодах слева направо у атомов элементов увеличиваются заряды ядер и уменьшаются атомные радиусы, а в группах сверху вниз атомные радиусы также возрастают, то понятно, почему атомы неметаллов сильнее, чем атомы металлов, притягивают наружные электроны. В связи с этим у неметаллов преобладают окислительные свойства. Особенно сильные окислительные свойства, т. е. способность присоединять электроны, проявляют неметаллы, находящиеся во 2-м и 3-м периодах VI—VII групп. Самым сильным окислителем является фтор. В соответствии с численными значениями относительных электроотрицательностей (I, с. 126) окислительные

Таблица 21

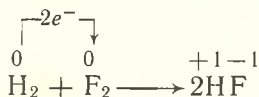
Период	Размещение неметаллических элементов в периодической системе по группам							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII (благородные газы*)
1	H							He
2								Ne
3			B	C	N	O	F	Ar
4				Si	P	S	Cl	Kr
5					As	Se	Br	Xe
6						Te	I	Rn
7								

* В атомах благородных газов наружные электронные уровни заполнены электронами полностью, поэтому они обладают особыми свойствами.

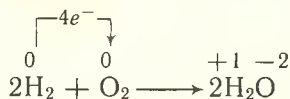
способности неметаллов увеличиваются в следующем порядке:



Следовательно, энергичнее всего взаимодействует с водородом и металлами фтор:



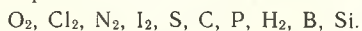
Менее энергично реагирует кислород:



Фтор — самый типичный неметалл, которому нехарактерны *восстановительные свойства*, т. е. способность отдавать электроны в химических реакциях.

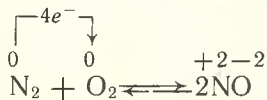
Кислород же, судя по его соединениям с фтором (OF_2 , O_2F_2), может проявлять и положительную степень окисления, т. е. являться восстановителем.

Все остальные неметаллы проявляют восстановительные свойства. Причем эти свойства постепенно возрастают от кислорода к кремнию:

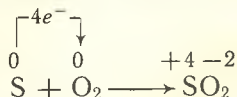


Так, например, хлор непосредственно с кислородом не соединяется, но косвенным путем можно получить его оксиды

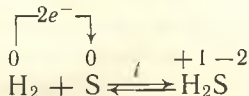
($\overset{+1}{\text{Cl}}_2\overset{-2}{\text{O}}$, $\overset{+4}{\text{Cl}}\overset{-2}{\text{O}}_2$, $\overset{+7}{\text{Cl}}\overset{-2}{\text{O}}_7$), в которых хлор проявляет положительную степень окисления. Азот при высокой температуре непосредственно соединяется с кислородом и, следовательно, проявляет восстановительные свойства:



Еще легче с кислородом реагирует сера:



Сера проявляет и окислительные свойства. Так, например, при нагревании паров серы с водородом происходит реакция





Строение простых веществ — неметаллов. Самые типичные неметаллы имеют молекулярное строение, а менее типичные — немолекулярное. Этим и объясняется резкое отличие их свойств. Наглядно это отражено в схеме 11.

Свойства и применение углерода и кремния, а также неметаллов с молекулярным строением рассмотрены при изучении соответствующих глав курса неорганической химии. Кристаллический бор В (как и кристаллический кремний) обладает очень высокой температурой плавления (2075 °С) и большой твердостью. Электрическая проводимость бора с повышением температуры сильно увеличивается, что дает возможность широко применять его в полупроводниковой технике. Добавка бора к стали и к сплавам алюминия, меди, никеля и др. улучшает их механические свойства. Изотоп бора ^{10}B используется в ядерной технике.

Бориды (соединения бора с некоторыми металлами, например с титаном: TiB , TiB_2) необходимы при изготовлении деталей реактивных двигателей, лопаток газовых турбин.

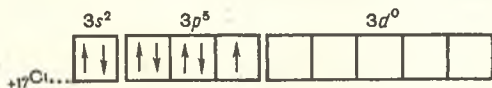
Как видно из схемы 11, углерод С, кремний Si, бор В имеют сходное строение и обладают некоторыми общими свойствами. Как простые вещества они встречаются в двух видоизменениях — в кристаллическом и аморфном. Кристаллические видоизменения этих элементов очень твердые, с

высокими температурами плавления. Кристаллический кремний обладает полупроводниковыми свойствами. Все эти элементы образуют соединения с металлами — *карбиды*, *силициды* и *бориды* (CaC_2 , Al_4C_3 , Fe_3C , Mg_2Si , TiB , TiB_2). Некоторые из них обладают большой твердостью, например Fe_3C , TiB . Карбид кальция, как вам известно, используется для получения ацетилена (III, с. 46).

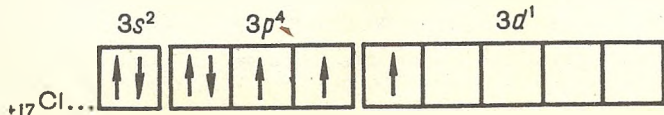
Для облегчения самостоятельной учебной работы по повторению и систематизации учебного материала о свойствах и применении важнейших неметаллов IV, V, VI и VII групп используйте таблицы 22, 23, 24 и 25 (с. 127—130).

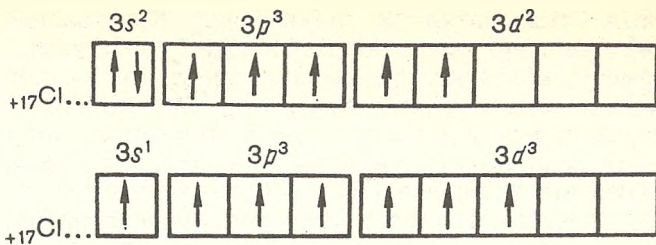
Как пользоваться таблицами 22, 23, 24 и 25? Помещенный в них учебный материал не предназначен для простого заучивания. Руководствуясь им, вы должны повторить и обобщить самое важное, самое существенное об элементах, расположенных в группах периодической системы, о их соединениях, свойствах и применении. Например, следует только взглянуть на схемы распределения электронов по орбиталям фтора F и хлора Cl (табл. 25) — и вы вспомните их общие и отличительные химические свойства. Из этих схем видно, что в атомах фтора и хлора в нормальном состоянии имеется по одному неспаренному электрону. Этим и объясняются *общие свойства* этих элементов: фтор, хлор и другие галогены в свободном состоянии образуют двухатомные молекулы — F_2 , Cl_2 , Br_2 , I_2 — и проявляют валентность I; в соединениях же с металлами и водородом — NaF^{-1} , NaCl^{-1} , HCl^{-1} и т. д. — все галогены проявляют степень окисления —1.

Если сравнить расположение электронов по орбиталям в атомах фтора, хлора и других галогенов, то можно судить и об их *отличительных свойствах*. У атома фтора свободных орбиталей нет. Поэтому атомы фтора могут проявить только валентность I и степень окисления —1. В атомах других галогенов, например в атоме хлора, на том же энергетическом уровне имеются свободные *d*-орбитали:



Благодаря этому может произойти распаривание электронов, как это показано в приведенных схемах:





На основании этого делают следующие выводы:

В первом случае хлор может проявить степень окисле-

ния $+3$ и образовать хлористую кислоту HClO_2 , которой соответствуют соли — хлориты, например хлорит калия KClO_2 .

Во втором случае хлор может образовать соединения, в которых степень окисления хлора $+5$. К таким соединениям относятся хлорноватая кислота HClO_3 и ее соли — хлораты, например хлорат калия KClO_3 (бертолетова соль).

В третьем случае хлор проявляет степень окисления $+7$, например в хлорной кислоте HClO_4 и в ее солях — перхлоратах, например в перхлорате калия KClO_4 .

В таблице 25 даны примеры уравнений наиболее характерных реакций. Вы же должны вспомнить и другие химические реакции, в которых участвуют хлор и другие галогены.

Характеризуя применение хлора и прочих галогенов, следует вспомнить те свойства, на которых основывается их применение, и составить уравнения соответствующих реакций.

Подобным же образом вы можете использовать и остальные таблицы.

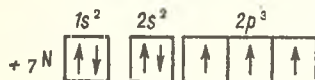
Ответьте на вопросы и выполните упражнения 1—3 (с. 140). Решите задачу 1 (с. 140).

Углерод С	Кремний Si
<i>Размещение электронов по орбиталям</i>	
$ \begin{array}{c} 1s^2 \quad 2s^2 \quad 2p^2 \\ \begin{array}{ c c c } \hline \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow & \uparrow \quad \uparrow \\ \hline \end{array} \end{array} $	$ \begin{array}{c} 3s^2 \quad 3p^2 \quad 3d^0 \\ \begin{array}{ c c c c c } \hline \uparrow\downarrow & \uparrow & \uparrow & & \\ \hline \end{array} \end{array} $
<i>Характерные химические свойства</i>	
1. Окислительные свойства:	1. Окислительные свойства:
$ \begin{array}{c} \begin{array}{ c c } \hline \downarrow 2e^- \downarrow \\ \hline \end{array} \\ \begin{array}{c} 0 \quad 0 \\ \hline \end{array} \\ 2C + Ca \xrightarrow{+2-1} CaC_2 \end{array} $	$ \begin{array}{c} \begin{array}{ c c } \hline \downarrow 4e^- \downarrow \\ \hline \end{array} \\ \begin{array}{c} 0 \quad 0 \\ \hline \end{array} \\ Si + 2Mg \xrightarrow{+2-4} Mg_2Si \end{array} $
$ \begin{array}{c} \begin{array}{ c c } \hline \downarrow 4e^- \downarrow \\ \hline \end{array} \\ \begin{array}{c} 0 \quad 0 \\ \hline \end{array} \\ C + 2H_2 \xrightarrow{-4+1} CH_4 \end{array} $	
2. Восстановительные свойства:	2. Восстановительные свойства:
$ \begin{array}{c} \begin{array}{ c c } \hline \downarrow 4e^- \downarrow \\ \hline \end{array} \\ \begin{array}{c} 0 \quad 0 \\ \hline \end{array} \\ C + O_2 \xrightarrow{+4-2} CO_2 \end{array} $	$ \begin{array}{c} \begin{array}{ c c } \hline \downarrow 4e^- \downarrow \\ \hline \end{array} \\ \begin{array}{c} 0 \quad 0 \\ \hline \end{array} \\ Si + 2F_2 \xrightarrow{+4-1} SiF_4 \end{array} $
$ \begin{array}{c} \begin{array}{ c c } \hline \downarrow 4e^- \downarrow \\ \hline \end{array} \\ \begin{array}{c} 0 \quad 0 \\ \hline \end{array} \\ 2C + O_2 \xrightarrow{+2-2} 2CO \\ \text{(неполное сгорание)} \end{array} $	$ \begin{array}{c} \begin{array}{ c c } \hline \downarrow 4e^- \downarrow \\ \hline \end{array} \\ \begin{array}{c} 0 \quad 0 \\ \hline \end{array} \\ Si + O_2 \xrightarrow{+4-2} SiO_2 \end{array} $
$ \begin{array}{c} \begin{array}{ c c } \hline \downarrow 4e^- \downarrow \\ \hline \end{array} \\ \begin{array}{c} 0 \quad +2-2 \quad +4 \quad 0 \\ \hline \end{array} \\ C + 2CuO \rightarrow CO_2\uparrow + 2Cu \end{array} $	$ \begin{array}{c} \begin{array}{ c c c } \hline \downarrow 4e^- \downarrow \\ \hline \end{array} \\ \begin{array}{c} 0 \quad +1 \quad +1 \\ \hline \end{array} \\ Si + 2NaOH + H_2O \rightarrow \\ \begin{array}{c} +4 \quad 0 \\ \hline \end{array} \\ \rightarrow Na_2SiO_3 + 2H_2\uparrow \end{array} $
<i>Применение соответствующих простых веществ</i>	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Алмазы — для бурения горных пород 2. Графит — электроды, замедлители нейтронов в атомных реакторах, смазочный материал в технике 3. Уголь — адсорбент, для получения жидкого топлива, карбида кальция, черной краски 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Производство кислотоупорных сталей 2. Производство полупроводников 3. Для получения фотоэлементов 4. Для получения карборунда 5. В качестве выпрямителя переменного тока <p>Кислоты (за исключением смеси HF и HNO₃) на кремний не действуют</p>

Азот N

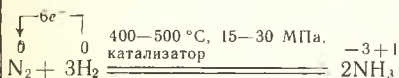
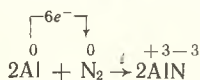
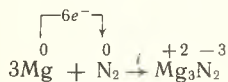
Фосфор P

Размещение электронов по орбиталям

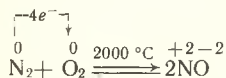


Характерные химические свойства

1. Окислительные свойства:



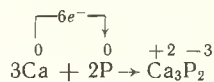
2. Восстановительные свойства:



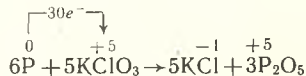
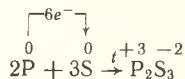
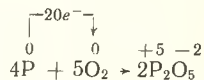
Применение соответствующих простых веществ

1. В основном для синтеза аммиака, а последний — для производства азотной кислоты и азотсодержащих минеральных удобрений
2. Для заполнения электрических ламп

1. Окислительные свойства:



2. Восстановительные свойства:

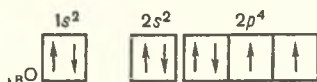


1. Для получения фосфидов (GaP, InP), используемых в качестве полупроводников
2. Красный фосфор применяется при производстве спичек

Кислород O

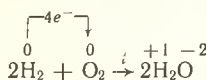
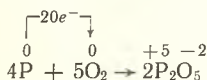
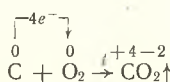
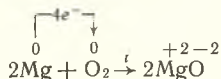
Сера S

Размещение электронов по орбиталям

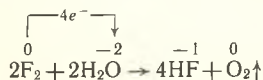


Характерные химические свойства

1. Окислительные свойства:



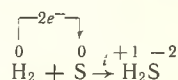
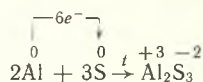
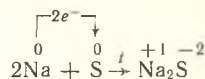
2. Восстановительные свойства кислорода проявляются только в реакциях с фтором:



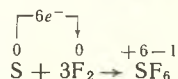
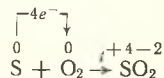
Применение соответствующих простых веществ

1. Для ускорения химических реакций, в том числе в металлургии
2. Для резки и сварки металлов
3. В жидком виде в ракетных двигателях
4. В авиации и в подводных лодках для дыхания
5. В медицине

1. Окислительные свойства:



2. Восстановительные свойства:



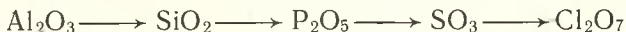
1. В производстве серной кислоты
2. Для вулканизации каучука
3. В борьбе с вредителями и болезнями растений
4. В производстве сероуглерода
5. В медицине
6. В производстве спичек

Фтор F	Хлор Cl
<i>Размещение электронов по орбиталям</i>	
$ \begin{array}{ccc} 1s^2 & 2s^2 & 2p^5 \\ \begin{array}{ c } \hline \uparrow\downarrow \\ \hline \end{array} & \begin{array}{ c c } \hline \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow \\ \hline \end{array} & \begin{array}{ c c c } \hline \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow & \uparrow \\ \hline \end{array} \\ {}_{9}\text{F} & & \end{array} $	$ \begin{array}{ccc} 3s^2 & 3p^5 & 3d^0 \\ \begin{array}{ c } \hline \uparrow\downarrow \\ \hline \end{array} & \begin{array}{ c c c } \hline \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow & \uparrow \\ \hline \end{array} & \begin{array}{ c c c c } \hline & & & \\ \hline \end{array} \\ {}_{17}\text{Cl} \dots & & \end{array} $
<i>Характерные химические свойства</i>	
<p>1. Окислительные свойства (сильнейший окислитель):</p>	<p>1. Окислительные свойства:</p>
$ \begin{array}{c} \begin{array}{ c c } \hline \downarrow 4e^- \\ \hline \end{array} \\ \begin{array}{ccc} 0 & 0 & +4-1 \\ 2\text{F}_2 + \text{Xe} & \xrightarrow{\quad} & \text{XeF}_4 \end{array} \end{array} $	$ \begin{array}{c} \begin{array}{ c c } \hline \downarrow 2e^- \\ \hline \end{array} \\ \begin{array}{ccc} 0 & 0 & +1-1 \\ 2\text{Na} + \text{Cl}_2 & \xrightarrow{\quad} & 2\text{NaCl} \end{array} \end{array} $
$ \begin{array}{c} \begin{array}{ c c } \hline \downarrow 4e^- \\ \hline \end{array} \\ \begin{array}{ccc} 0 & -2 & +1-1 \quad 0 \\ 2\text{F}_2 + 2\text{H}_2\text{O} & \xrightarrow{\quad} & 4\text{HF} + \text{O}_2\uparrow \end{array} \end{array} $	$ \begin{array}{c} \begin{array}{ c c } \hline \downarrow 6e^- \\ \hline \end{array} \\ \begin{array}{ccc} 0 & 0 & +3-1 \\ 2\text{Fe} + 3\text{Cl}_2 & \xrightarrow{\quad} & 2\text{FeCl}_3 \end{array} \end{array} $
$ \begin{array}{c} \begin{array}{ c c } \hline \downarrow 2e^- \\ \hline \end{array} \\ \begin{array}{ccc} 0 & 0 & +1-1 \\ \text{F}_2 + \text{H}_2 & \xrightarrow{\quad} & 2\text{HF} \end{array} \end{array} $	$ \begin{array}{c} \begin{array}{ c c } \hline \downarrow 2e^- \\ \hline \end{array} \\ \begin{array}{ccc} 0 & 0 & +1-1 \\ \text{H}_2 + \text{Cl}_2 & \xrightarrow{\quad} & 2\text{HCl} \end{array} \end{array} $
$ \begin{array}{c} \begin{array}{ c c c } \hline \downarrow 2e^- \\ \hline \end{array} \\ \begin{array}{ccc} +1 & -1 & 0 \\ 2\text{NaI} + \text{Cl}_2 & \xrightarrow{\quad} & 2\text{NaCl} + \text{I}_2 \end{array} \end{array} $	$ \begin{array}{c} \begin{array}{ c c c } \hline \downarrow 2e^- \\ \hline \end{array} \\ \begin{array}{ccc} +1 & -1 & 0 \\ 2\text{NaI} + \text{Cl}_2 & \xrightarrow{\quad} & 2\text{NaCl} + \text{I}_2 \end{array} \end{array} $
<p>2. Восстановительными свойствами фтор не обладает</p>	<p>2. Восстановительные свойства проявляются только в реакциях, в которых участвуют вещества, содержащие кислород:</p>
$ \begin{array}{c} \begin{array}{ c c } \hline \downarrow 12e^- \\ \hline \end{array} \\ \begin{array}{ccc} +5 & -2 & -1 \quad 0 \\ 2\text{KClO}_3 & \xrightarrow{\quad} & 2\text{KCl} + 3\text{O}_2\uparrow \end{array} \end{array} $	$ \begin{array}{c} \begin{array}{ c c } \hline \downarrow 12e^- \\ \hline \end{array} \\ \begin{array}{ccc} +5 & -2 & -1 \quad 0 \\ 2\text{KClO}_3 & \xrightarrow{\quad} & 2\text{KCl} + 3\text{O}_2\uparrow \end{array} \end{array} $
<i>Применение соответствующих простых веществ</i>	
<ol style="list-style-type: none"> Для производства фторопластов (тефлона) Для производства различных фторсодержащих соединений, которые применяются в борьбе с вредителями сельского хозяйства Для получения криолита Na_3AlF_6 Для получения фтороводородной (плавиковой) кислоты Для получения дифтордихлорметана CF_2Cl_2 (фреона), который пока используют в холодильных машинах 	<ol style="list-style-type: none"> Для хлорирования органических соединений (получение пластмасс, красителей, медикаментов) Для отбеливания тканей, бумаги Для обеззараживания питьевой воды Для синтеза хлороводорода Окислитель в химических лабораториях

§ 2. Оксиды неметаллов и кислородсодержащие кислоты

Оксиды неметаллов. Как вам уже известно, в периодах слева направо свойства *высших оксидов* (т. е. оксидов, в состав которых входит элемент данной группы с высшей степенью окисления) *постепенно изменяются от основных к кислотным*.

В качестве примера рассмотрим изменение свойств оксидов элементов 3-го периода от алюминия Al до хлора Cl:



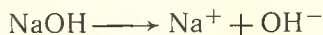
Оксид алюминия Al_2O_3 обладает амфотерными свойствами (I, с. 105). Оксиду кремния (IV) SiO_2 соответствует очень слабая кислота, упрощенная формула которой H_2SiO_3 . У оксидов P_2O_5 , SO_3 и Cl_2O_7 кислотные свойства все усиливаются. Оксиду серы (VI) SO_3 соответствует серная кислота H_2SO_4 , которая принадлежит к сильным кислотам. Оксиду хлора (VII) Cl_2O_7 соответствует одна из самых сильных кислот — хлорная кислота HClO_4 .

В группах сверху вниз кислотные свойства высших оксидов постепенно ослабевают. Об этом можно судить по свойствам кислот, соответствующих этим оксидам. В качестве примеров рассмотрим постепенное изменение свойств кислотных оксидов и соответствующих им кислот, образуемых элементами VI и V групп главных подгрупп (табл. 26 и 27).

Почему в ряду $\text{Na}_2\text{O} \longrightarrow \text{MgO} \longrightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 \longrightarrow \text{SiO}_2 \longrightarrow \text{P}_2\text{O}_5 \longrightarrow \text{SO}_3 \longrightarrow \text{Cl}_2\text{O}_7$ кислотные свойства оксидов усиливаются? Чтобы ответить на этот вопрос, сравним состав веществ, которые образуются при взаимодействии этих оксидов с водой.

При взаимодействии оксида натрия Na_2O с водой образуется сильное основание — гидроксид натрия NaOH . Проставим в химической формуле гидроксида натрия над

химическими знаками степени окисления: $\overset{+1}{\text{Na}}-\overset{-2}{\text{O}}-\overset{+1}{\text{H}}$. Так как ион водорода имеет очень маленький атомный радиус, то его действие на ион кислорода более сильное и связь между ионами водорода и кислорода более прочная, чем между ионами натрия и кислорода. Поэтому в водном растворе и в расплавленном состоянии связь между ионами натрия и кислорода разрывается и гидроксид натрия диссоциирует как сильное основание:



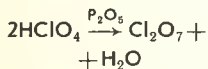
Гидроксид магния $\text{Mg} \begin{matrix} \diagup \text{O}-\text{H} \\ \diagdown \text{O}-\text{H} \end{matrix}$ является более слабым

Знаете ли вы, что

... кристалл кремния, очищенный от примесей, становится диэлектриком, а при их введении — полупроводником.

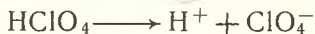
Знаете ли вы, что

... хлорная кислота HClO_4 — самая сильная из всех кислот. При воздействии на нее водоотнимающих веществ образуется оксид хлора (VII) Cl_2O_7 :



основанием. Это объясняется тем, что ион магния по сравнению с ионом натрия обладает более сильным положительным зарядом, и поэтому связь между ионами магния и кислорода упрочняется, и диссоциация по типу оснований затрудняется.

С возрастанием положительного заряда ядра центрального иона, например в хлорной кислоте $\overset{+1}{\text{H}}\overset{+7}{\text{Cl}}\overset{-2}{\text{O}_4}$, упрочняется связь иона хлора с отрицательно заряженным ионом кислорода и ослабляется его связь с положительно заряженным ионом водорода. Поэтому происходит диссоциация по типу кислот:



Следовательно, *возрастание кислотных свойств высших оксидов соответствующих элементов в периодах слева направо объясняется постепенным возрастанием положительного заряда ионов этих элементов.*

В главных подгруппах периодической системы химических элементов в направлении сверху вниз кислотные свойства высших оксидов неметаллов уменьшаются. Так, например, в главной подгруппе V группы оксид азота (V) обладает более сильными кислотными свойствами (образует одну из сильнейших кислот — азотную кислоту HNO_3), чем оксид фосфора (V) P_2O_5 . Это объясняется тем, что атом фосфора имеет больший атомный радиус по сравнению с атомом азота. Поэтому действие положительных ионов фосфора на ионы кислорода и водорода слабее, чем соответствующее действие положительных ионов азота, размер которых значительно меньше.

Чтобы облегчить вашу самостоятельную учебную работу при повторении, химические свойства кислотных оксидов даны в таблице 28.

Из соленобразующих (безразличных) оксидов вам знакомы оксид азота (II) NO и оксид углерода (II) CO . Их нельзя отнести ни к кислотным, ни к основным оксидам. Их характерное химическое свойство — способность окисляться и превращаться в кислотные оксиды:

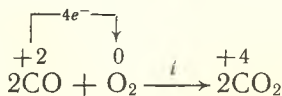
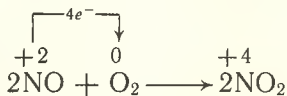


Таблица 26. Сравнительная характеристика кислотных оксидов и соответствующих им кислот, образуемых элементами подгруппы кислорода

Химический знак элемента	Физические свойства простого вещества	Соединения с кислородом	
		Химическая формула	Свойства
O S	O ₂ — бесцветный газ Кристаллическое вещество желтого цвета. Электрический ток не проводит	—	Бесцветный газ. При взаимодействии с водой образуется <i>сернистая кислота</i> (средней силы)
		SO ₂	
		H ₂ SO ₃	
Se	Кристаллическое вещество серого цвета. Электрический ток проводит, но слабо (полупроводник)	SO ₃	Бесцветная летучая жидкость. При взаимодействии с водой образуется <i>серная кислота</i> (сильная кислота)
		H ₂ SO ₄	
		SeO ₂	
		H ₂ SeO ₃	
		SeO ₃	
Te	Кристаллическое вещество серебристо-белого цвета с металлическим блеском. Электрический ток проводит лучше, чем селен	H ₂ SeO ₄	Кристаллическое вещество. При взаимодействии с водой образуется <i>селеновая кислота</i> (по силе и свойствам сходная с серной кислотой)
		TeO ₂	
		H ₂ TeO ₃	
		TeO ₃	
		H ₂ TeO ₄ · 2H ₂ O (H ₆ TeO ₆)	

Кислотные свойства ослабевают

Таблица 27. Сравнительная характеристика высших оксидов и соответствующих им кислот, образуемых элементами подгруппы азота

Химический знак элемента	Физические свойства простого вещества	Кислородные соединения с высшей степенью окисления	
		Химическая формула	Свойства
N	N ₂ — бесцветный газ, малорастворим в воде. Температура кипения — 196 °С	N ₂ O ₅	Бесцветное кристаллическое вещество. При взаимодействии с водой образуется <i>азотная кислота</i>
		HNO ₃	
P	Существует в виде нескольких аллотропных видоизменений. Важнейшие из них:	P ₂ O ₅ (P ₄ O ₁₀)	Белое порошкообразное гигроскопическое вещество. При взаимодействии с водой при обычной температуре образуется <i>метафосфорная кислота</i> , а при нагрева-
		HPO ₃	

Химический знак элемента	Физические свойства простого вещества	Кислородные соединения с высшей степенью окисления	
		Химическая формула	Свойства
	1) белый фосфор — бесцветное твердое вещество, режется ножом (под водой); 2) красный фосфор — порошкообразное вещество; 3) черный фосфор — твердое вещество, напоминает графит	H_3PO_4	нии — <i>ортофосфорная</i> (обе кислоты гораздо слабее азотной и относятся к кислотам средней силы)
As	Хрупкое кристаллическое вещество с металлическим блеском	As_2O_5	Белое стекловидное вещество, расплывающееся на воздухе. При взаимодействии с водой образуется <i>мышьяковая кислота</i> (она слабее H_3PO_4)
Sb	Хрупкое кристаллическое вещество с металлическим блеском	H_3AsO_4 Sb_2O_5	Желтоватый порошок. Судя по составу солей, этому оксиду соответствует слабая <i>одноосновная сурьмяная кислота</i> . Известны ее соли — $KSb(OH)_6$ и др.
Bi	Хрупкое кристаллическое вещество красновато-белого цвета	Bi_2O_5 $HBiO_3$	В чистом виде не получен. Судя по составу солей (висмутат натрия $NaBiO_3$ и др.), этому оксиду соответствует неустойчивая и слабая <i>висмутовая кислота</i>

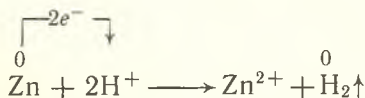
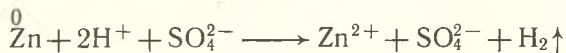
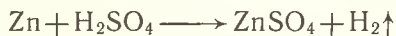
Кислотные свойства ослабевают

Т а б л и ц а 28. Химические свойства кислотных оксидов

Химические свойства кислотных оксидов	Примеры
Кислотные оксиды реагируют:	
1) с основаниями	$Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 \downarrow + H_2O$ $Cu(OH)_2 + SO_2 \rightarrow CuSO_4 + H_2O$
2) с основными оксидами	$CaO + SiO_2 \xrightarrow{t} CaSiO_3$ $Li_2O + N_2O_5 \rightarrow 2LiNO_3$ $H_2O + SO_3 \rightarrow H_2SO_4$
3) с водой (большинство кислотных оксидов)	$3H_2O + P_2O_5 \xrightarrow{t} 2H_3PO_4$ $H_2O + P_2O_5 \rightarrow 2HPO_3$ $H_2O + SO_2 \rightleftharpoons H_2SO_3$
4) с некоторыми солями (менее летучие кислотные оксиды вытесняют из солей более летучие)	$CaCO_3 + SiO_2 \xrightarrow{t} CaSiO_3 + CO_2 \uparrow$ $Ca_3(PO_4)_2 + 3SiO_2 \xrightarrow{t} 3CaSiO_3 + P_2O_5$

Кислородсодержащие кислоты. Сравнительная характеристика некоторых кислородсодержащих кислот дана в таблицах 26 и 27 (с. 133—134). Из кислот наибольшее народнохозяйственное значение имеют *серная* и *азотная*. Их окислительные свойства рассмотрим более подробно.

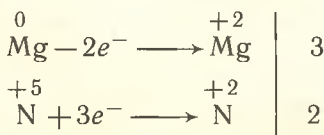
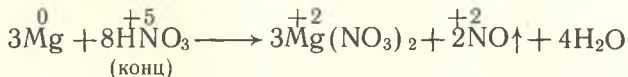
О взаимодействии разбавленной серной кислоты с металлами, находящимися в электрохимическом ряду напряжений металлов до водорода, вам известно (II, с. 114). В этих реакциях окислителями являются ионы водорода, например:



Взаимодействие концентрированной серной кислоты с металлами при повышенной температуре протекает более сложно. В этих реакциях окислителем является сера со степенью окисления +6 (табл. 29).

Специфические свойства азотной кислоты рассмотрены в курсе неорганической химии. Теперь ознакомимся с окислительными свойствами азотной кислоты более подробно. Может возникнуть вопрос: чем объясняется характер взаимодействия азотной кислоты с металлами, т. е. почему в этих реакциях вместо водорода преимущественно выделяются различные оксиды азота и даже азот и аммиак? (При действии наиболее активных металлов на разбавленные водные растворы азотной кислоты происходит и частичное выделение водорода.) Все это связано с исключительно сильными окислительными свойствами атома азота со степенью окисления +5, который, окисляя атомы металлов, изменяет свою степень окисления до +4, +2, +1 и даже до 0 и -3 (табл. 30, с. 136). Рассмотрим примеры.

1. *Взаимодействие азотной кислоты с активными металлами (Ca, Mg, Zn):*



(Оксид азота (II) собирают без доступа воздуха методом вытеснения воды.)

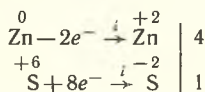
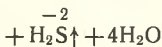
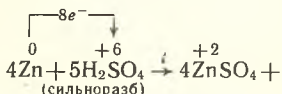
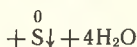
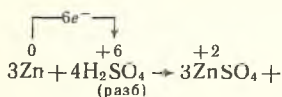
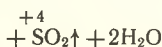
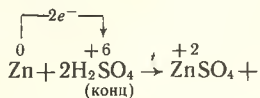


Андреев Иван Иванович (1880—1919). Русский химик-технолог. Основные научные исследования посвящены прикладной химии и химической технологии. Разработал (1915) способ получения азотной кислоты окислением аммиака в присутствии платинового катализатора, построил опытную установку в Макеевке. По его проекту в Юзовке (Донецке) введен в эксплуатацию (1917) первый в России завод по производству азотной кислоты и нитрата аммония.

Взаимодействие концентрированной серной кислоты с металлами, которые в электрохимическом ряду напряжений металлов находятся

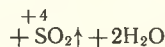
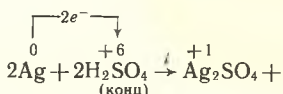
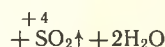
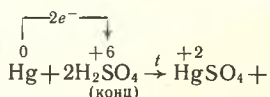
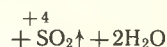
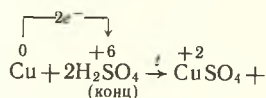
до водорода

В зависимости от активности металла и от условий протекания реакций могут выделяться SO_2 , S или H_2S :



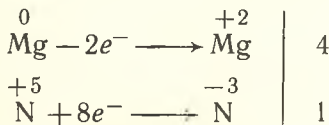
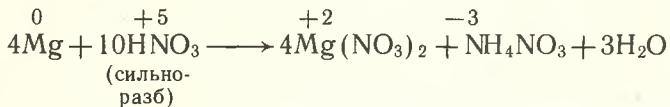
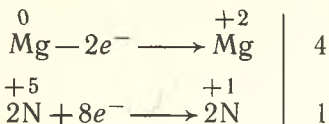
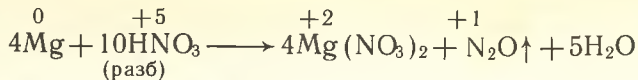
после водорода

В этих реакциях сера восстанавливается от степени окисления +6 только до степени окисления +4 (выделяется SO_2):

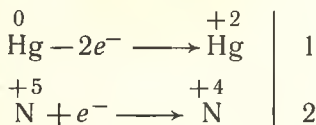
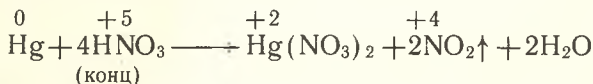


Т а б л и ц а 30. Взаимодействие азотной кислоты с металлами

Взаимодействие азотной кислоты с металлами							благородными (Au, Pt, Os, Ir)
активными (Ca, Mg, Zn)			средней активности (Fe, Cr, Ni)		малоактивными (Pb, Cu, Hg, Ag)		
Выделяется NO , если HNO_3 концентрированная	Выделяется N_2O или N_2 , если HNO_3 разбавленная	Выделяется NH_3 (соли аммония), если HNO_3 очень разбавленная	Не реагирует, если HNO_3 концентрированная	Выделяются NO_2 , NO , N_2O , если HNO_3 разбавленная	Выделяется NO_2 , если HNO_3 концентрированная	Выделяется NO , если HNO_3 разбавленная	Не реагирует



2. Взаимодействие азотной кислоты с малоактивными металлами (Pb, Cu, Hg, Ag):



Ответьте на вопросы и выполните упражнения 4—8 (с. 140).
Решите задачу 2 (с. 140).

§ 3. Водородные соединения неметаллов

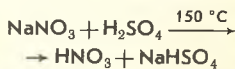
Общие формулы водородных соединений по группам периодической системы химических элементов приведены в таблице 31.

Т а б л и ц а 31. Общие формулы водородных соединений (гидридов)

Общие формулы водородных соединений по группам						
I	II	III	IV	V	VI	VII
$\overset{+1-1}{\text{RH}}$	$\overset{+2-1}{\text{RH}_2}$	$\overset{+3-1}{\text{RH}_3}$	$\overset{-4+1}{\text{RH}_4}$	$\overset{-3+1}{\text{RH}_3}$	$\overset{+1-2}{\text{H}_2\text{R}}$	$\overset{+1-1}{\text{H R}}$
<i>Нелетучие водородные соединения</i>			<i>Летучие водородные соединения</i>			

Знаете ли вы, что

... самый древний метод получения HNO_3 осуществлялся согласно уравнению



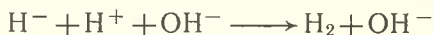
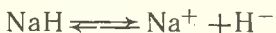
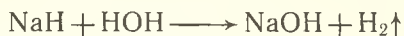
Образующаяся HNO_3 испаряется. Пары ее конденсируют и собирают. В России еще во время Петра I азотную кислоту называли «крепкой водкой».

Знаете ли вы, что

... атом N все время перемещается и попеременно оказывается то над плоскостью основания, то под ней.

С таким явлением (инверсией) связано электромагнитное излучение строго определенной частоты. На основе этого Н. Г. Басов и А. М. Прохоров (1955) создали новый вид генераторов — так называемый мазер. Аммиачный мазер позволил определить, что продолжительность земных суток ежегодно возрастает в среднем на 0,00043 с.

С металлами водород образует (за некоторым исключением) нелетучие соединения, которые являются твердыми веществами молекулярного строения. Поэтому их температуры плавления сравнительно высоки. Эти вещества подвергаются полному гидролизу:



С неметаллами водород образует летучие соединения молекулярного строения. В обычных условиях это газы или летучие жидкости.

Проследим сначала, как изменяются свойства летучих водородных соединений неметаллов в периодах слева направо. Так, например, рассмотрим свойства водородных соединений элементов 2-го периода — азота и фтора. Аммиак NH_3 обладает основными свойствами, а фтороводород HF — кислотными. Такими же свойствами обладают водородные соединения элементов 3-го периода — фосфин PH_3 и хлороводород HCl .

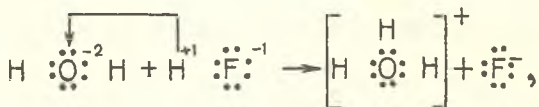
Следовательно, в периодах слева направо кислотные свойства летучих водородных соединений неметаллов в водных растворах усиливаются.

Чем это можно объяснить?

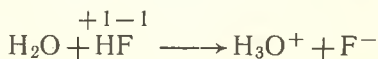
При изучении теории электролитической диссоциации мы ознакомились с процессом взаимодействия хлороводорода с водой. Аналогичный процесс происходит при растворении фтороводорода в воде. Так как ионы кислорода имеют свободные электронные пары, а ионы водорода — свободную орбиталь, то происходит процесс, который схематически можно показать так:

Знаете ли вы, что

... фосфин PH_3 содержит примеси дифосфина P_2H_4 , который воспламеняется в воздухе. Смесь фосфинов иногда выделяется из могил, где разлагаются трупы. Образующиеся огоньки над могилами обуславливаются самовоспламенением PH_3 . Такие вспышки раньше пугали суеверных людей.



или в упрощенном виде:



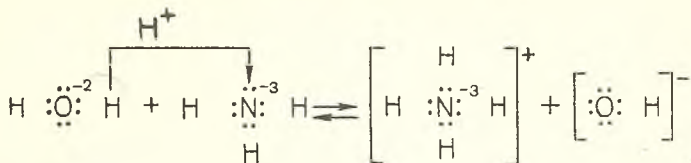
Из схемы видно, что фтороводород в водном растворе отщепляет положительные ионы водорода, т. е. проявляет кислотные свойства. Этому процессу способствует и другое обстоятельство: ион кислорода имеет неподделенную электронную пару, а ион водорода — свободную орбиталь, благодаря чему образуется дополнительная ковалентная связь (донорно-акцепторная).

При растворении аммиака в воде происходит противо-

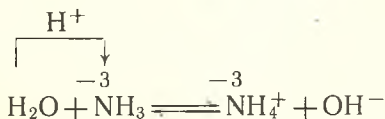
Знаете ли вы, что

... в 1771 г. шведский химик К. Шееле получил кислоту, которую назвал плавиковой. А. Лавуазье назвал ее флуориевой кислотой. В 1816 г. название «флуор» было заменено на «фтор» (греч. «фторос» — гибель). Фтор в свободном виде выделил в 1886 г. французский химик А. Муасан.

положительный процесс. А так как ионы азота имеют неподделенную электронную пару, а ионы водорода — свободную орбиталь, возникает дополнительная связь и образуются ионы аммония NH_4^+ и гидроксид-ионы OH^- . В результате раствор приобретает основные свойства. Этот процесс схематически можно показать так:



или упрощенно:



Как видно из схемы, молекулы аммиака в водном растворе присоединяют положительные ионы водорода, т. е. аммиак проявляет основные свойства.

Теперь рассмотрим, почему водородное соединение фтора — фтороводород HF — в водном растворе является кислотой, но более слабой, чем хлороводородная. Это объясняется тем, что радиусы ионов фтора значительно меньше, чем ионов хлора. Поэтому ионы фтора гораздо сильнее притягивают к себе ионы водорода, чем ионы хлора. В связи с этим степень диссоциации фтороводородной кислоты значительно меньше, чем соляной кислоты, т. е. фтороводородная кислота слабее соляной кислоты.

Из приведенных примеров можно сделать следующие общие выводы:

1. В периодах слева направо у ионов элементов положительный заряд увеличивается. В связи с этим кислотные свойства летучих водородных соединений элементов в водных растворах усиливаются.

2. В группах сверху вниз отрицательно заряженные анионы (например, F^- , Cl^- , Br^- , I^-) все слабее притягивают положительно заряженные ионы водорода H^+ . В связи с этим облегчается процесс отщепления ионов водорода H^+ и кислотные свойства водородных соединений увеличиваются.

3. Водородные соединения неметаллов, обладающие в водных растворах кислотными свойствами, реагируют со щелочами. Водородные же соединения неметаллов, обладающие в водных растворах основными свойствами, реагируют с кислотами.

4. Окислительная активность водородных соединений неметаллов в группах сверху вниз сильно увеличивается.



Кнунянц Иван Людвигович (род. 1906). Химик-органик, академик. Основные научные исследования посвятил соединениям фтора. Изучал также фосфорорганические, гетероциклические и некоторые другие соединения.

Например, окислить фтор из водородного соединения HF химическим путем нельзя, окислить же хлор из водородного соединения HCl можно различными окислителями. Это объясняется тем, что в группах сверху вниз резко возрастают атомные радиусы, в связи с чем отдача электронов облегчается.

Ответьте на вопросы и выполните упражнения 9—12. Решите задачу 3.

1. Чем отличается строение атомов и простых веществ неметаллов от металлов?

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

3. Пользуясь таблицами 22—25 (с. 127—130), охарактеризуйте химические свойства важнейших неметаллов и их применение.

4. Какие закономерности наблюдаются в изменении свойств кислотных оксидов в периодах и группах?

5. 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.

6. Пользуясь таблицей 28 (с. 134), в пп. 1, 2 и 3 дополнительно напишите по два-три уравнения

химических реакций, в которых участвуют другие кислотные оксиды.

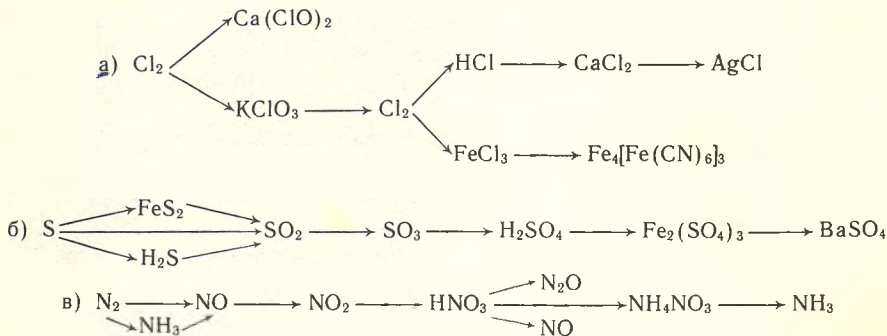
7. Укажите сходные и отличительные химические свойства серной и азотной кислот.

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

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

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

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



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

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

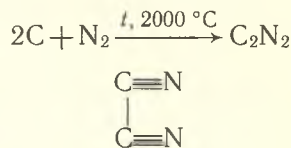
2. На 0,9 моль карбоната кальция действовали 540 мл 8%-ной соляной кислоты

($\rho = 1,04 \text{ г/см}^3$). Какой газ и сколько его по объему выделится?

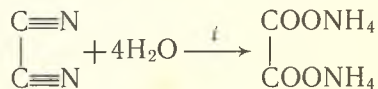
(3.) В 40 мл 6%-ного раствора нитрата серебра (I) ($\rho = 1,05 \text{ г/см}^3$) растворили 250 мл хлороводорода. Какое вещество и сколько по массе выпадет в осадок?

§ 1. Генетическая связь неорганических и органических веществ

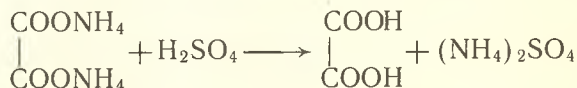
Вам уже известно, что до начала XIX столетия господствовало мнение, что между неорганическими и органическими веществами существует резкая грань. Но первые же синтезы органических веществ показали несостоятельность этих взглядов. Так, например, немецкий химик Ф. Вёлер в 1824 г. доказал, что из неорганических веществ можно получить органическое — щавелевую кислоту, которая содержится в некоторых растениях, например в щавеле. Процесс получения щавелевой кислоты из неорганических веществ в лаборатории можно осуществить следующим путем. В электрической дуге при взаимодействии азота с углеродом образуется дициан C_2N_2 :



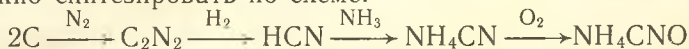
При его гидролизе образуется аммонийная соль щавелевой кислоты:

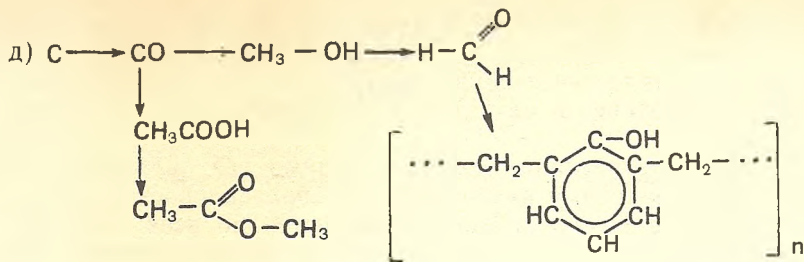


При действии на эту соль минеральной кислотой получается щавелевая кислота:



Другим историческим синтезом, доказывающим, что между неорганическими и органическими веществами нет резкой грани, является синтез мочевины в 1828 г., который тоже осуществил Ф. Вёлер. В то время было известно неорганическое вещество — цианат аммония NH_4CNO . Его можно синтезировать по схеме:





§ 2. Роль химии в создании современной научной картины мира

При изучении всего курса химии, а также истории и других предметов вы могли убедиться, что важнейшие открытия в химии всегда способствовали формированию научного мировоззрения. Одним из таких фундаментальных открытий, совершившим в XIX столетии переворот в мировоззрении, является доказательство единства неорганического и органического мира. Благодаря осуществленным синтезам органических веществ из неорганических была заполнена значительная часть той якобы навеки непреодолимой пропасти между неорганической и органической природой.

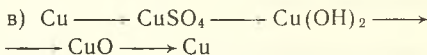
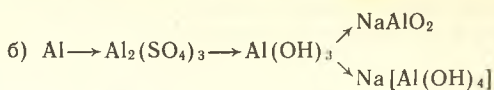
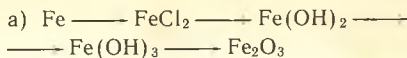
Весьма важным является вопрос о познаваемости мира. Вам известно, что сторонники идеалистического мировоззрения отрицают возможность познания окружающего нас мира, но фундаментальные открытия в химической науке убедительно доказывают, что мир познаваем. Никто не может сомневаться в достоверности научных открытий, на основе которых можно предвидеть еще неизвестные факты и явления. Блестящим примером тому являются открытия Д. И. Менделеевым периодический закон и составленная на его основе периодическая система химических элементов, что позволило предсказать существование еще неоткрытых химических элементов и предвидеть их свойства.

Убедительным примером, подтверждающим возможность познать окружающий нас мир, является также открытие другого известного ученого — А. М. Бутлерова. На основе созданной им теории строения органических веществ можно было предсказать существование многих до тех пор неоткрытых соединений. Благодаря этой теории органическая химия стала очень быстро развиваться.

Мы ознакомились также с выдающимися открытиями М. В. Ломоносова, которые способствовали формированию научных взглядов о материальности мира и о нераз-

4. В пробирках даны твердые вещества. Определите, в какой пробирке находится каждое из веществ: а) сульфат натрия, сульфид натрия, сульфит натрия; б) карбонат калия, сульфат калия, хлорид аммония; в) сульфат аммония, сульфат алюминия, нитрат калия.

5. Осуществите практически следующие превращения:



Практическая работа 2

Решение экспериментальных задач по определению минеральных удобрений

При подготовке к практической работе используйте таблицу 33.

В пробирках даны следующие минеральные удобрения без надписей:

Первый вариант

а) нитрат аммония; б) хлорид калия; в) суперфосфат; г) нитрат калия; д) нитрат кальция; е) карбонат калия.

Второй вариант

а) сульфат аммония; б) хлорид аммония; в) нитрат натрия; г) суперфосфат; д) сульфат калия; е) хлорид калия.

Опытным путем определите каждое из выданных вам минеральных удобрений. Напишите уравнения соответствующих реакций в молекулярном, полном и сокращенном ионном виде.

Практическая работа 3

Решение экспериментальных задач по органической химии

1. В пяти пробирках даны следующие вещества без надписей:

Первый вариант

а) этанол; б) уксусная кислота; в) глюкоза; г) глицерин; д) этаналь.

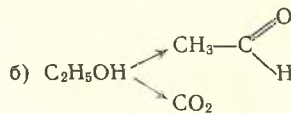
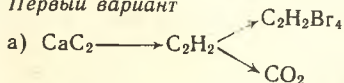
Второй вариант

а) уксусная кислота; б) этаналь; в) глицерин; г) этанол; д) глюкоза.

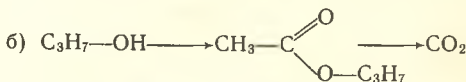
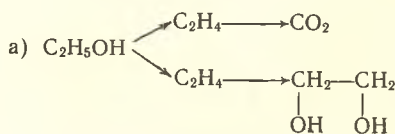
Опытным путем определите каждое из выданных вам веществ. Напишите уравнения соответствующих реакций.

2. Осуществите практически следующие превращения:

Первый вариант



Второй вариант



Практическая работа 4

Решение практических расчетных задач

Первый вариант

Дано 1,5 г порошка алюминия. Получите практически сульфат алюминия и вычислите процент его выхода по сравнению с теоретическим.

Второй вариант

Дано 5 мл раствора серной кислоты ($\rho = 1,143 \text{ г/см}^3$). Получите практически сульфат натрия и вычислите процент его выхода по сравнению с теоретическим.

Третий вариант

1. Дано 3,25 г цинка. Получите практически хлорид цинка и вычислите процент его выхода по сравнению с теоретическим.

2. Дано 5 мл раствора гидроксида натрия ($\rho = 1,225 \text{ г/см}^3$). Получите практически сульфат натрия и вычислите его теоретический выход.

Практическая работа 5

Решение экспериментальных задач по определению пластмасс и волокон

При подготовке к практической работе используйте таблицы 6 и 7 (с. 38—43).

1. Выданы четыре пакетика с образцами пластмасс (без надписей):

Первый вариант

а) фенопласт; б) целлулоид; в) полиэтилен; г) капрон.

Второй вариант

а) поливинилхлорид; б) полистирол; в) полиметилметакрилат; г) целлулоид.

Определите, какая пластмасса находится в каждом из пакетиков. Опишите характерные

свойства, по которым вы определили пластмассы.

2. Выданы четыре пакетика с образцами волокон (без надписей):

Первый вариант

а) вискозное волокно; б) нитрон; в) шерсть; г) лавсан.

Второй вариант

а) хлопчатобумажная ткань; б) ацетатное волокно; в) хлорин; г) капрон.

Определите, какое волокно находится в каждом из пакетиков. Опишите характерные свойства, по которым вы определили волокна.

Т а б л и ц а 32. Определение катионов и анионов

Определяемый ион	Реактив	Результат реакции
H^+ Ag^+ Cu^{2+}	Индикаторы Cl^- OH^- S^{2-}	Изменение окраски Белый осадок Синий осадок Черный осадок
Fe^{2+}	OH^-	Окрашивание пламени в сине-зеленый цвет Белый хлопьевидный осадок, на воздухе зеленеет
Fe^{3+} Zn^{2+}	OH^- OH^-	Осадок бурого цвета Белый осадок, при избытке OH^- растворяется
Al^{3+}	S^{2-} OH^-	Белый осадок Осадок серого цвета, при избытке OH^- растворяется
NH_4^+ Ba^{2+}	OH^- SO_4^{2-}	Запах аммиака Белый осадок
Ca^{2+}	CO_3^{2-}	Окрашивание пламени в желто-зеленый цвет Белый осадок Окрашивание пламени в кирпично-красный цвет

Определяемый ион	Реактив	Результат реакции
Na ⁺		Цвет пламени желтый (через кобальтовое стекло)
K ⁺		Цвет пламени фиолетовый (через кобальтовое стекло)
Cl ⁻	Ag ⁺ H ₂ SO ₄ (конц)	Белый осадок Выделение бесцветного газа, окрашивание синей лакмусовой бумажки в красный цвет
Br ⁻	Ag ⁺ H ₂ SO ₄	Желтоватый осадок Выделение SO ₂ (резкий запах) и Br ₂ (бурый цвет)
I ⁻	Ag ⁺ H ₂ SO ₄	Желтый осадок Выделение H ₂ S и I ₂ (фиолетовый цвет)
SO ₃ ²⁻	H ⁺	Выделение SO ₂ — газа с резким запахом, обесцвечивающего раствор фуксина и фиолетовых чернил
CO ₃ ²⁻	H ⁺	Выделение газа без запаха, вызывающего помутнение известковой воды
CH ₃ COO ⁻	H ₂ SO ₄	Появление запаха уксусной кислоты
NO ₃ ⁻	H ₂ SO ₄ (конц) и Cu	Выделение бурого газа
SO ₄ ²⁻	Ba ²⁺	Белый осадок
PO ₄ ³⁻	Ag ⁺	Желтый осадок
OH ⁻	Индикаторы	Изменение окраски

Название	Внешний вид	Раствори- мость в воде	Взаимодействие раствора данной соли				Окрашивание пламени
			с серной кислотой и медью	с раствором хлорида бария и уксусной кислотой	с раствором щелочи (при нагревании)	с раствором нитрата серебра (1)	
Нитрат аммония	Белая кри- сталлическая масса	Хорошая	Выделяется бурый газ	—	Ощущается запах аммиака	—	Пламя окрашива- ется в желтый цвет (от примесей)
Хлорид аммония	Белая кри- сталлическая масса	»	—	—	»	Выпадает белый осадок	Пламя окрашива- ется в желтый цвет (от примесей)
Нитрат калия	Мелкие светло-серые кристаллы	»	Выделяется бурый газ	—	Запах ам- миака не ощу- щается	Наблюдает- ся небольшое помутнение	При рассматрива- нии через синее стек- ло наблюдается фио- летовое окрашивание пламени
Сульфат аммония	Крупные бесцветные кристаллы	»	Бурый газ не выделяется	Выпадает белый осадок, нераствори- мый в уксусной кислоте	Ощущается запах аммиака	Выделяется небольшой осадок (от примесей)	—
Суперфос- фат	Светло-се- рый порошок или гранулы	Раство- ряется пло- хо	»	Выпадает белый осадок, частично рас- творимый в уксусной кис- лоте	Запах ам- миака не ощу- щается	Выпадает желтый осадок	Пламя окрашива- ется в желтый цвет (от примесей)
Сильвинит	Содержит розовые кри- сталлы	Хорошая	»	—	»	Выпадает белый осадок	—
Хлорид калия	Бесцветные кристаллы	»	»	—	»	»	При рассматрива- нии пламени через синее стекло заметно фиолетовое окраши- вание

- Аденил-радикал IV, 16
 Аденин IV, 16
 Адсорбция II, 81
 Азота круговорот в природе II, 62
 — получение II, 47
 — свойства II, 47
 Азотная кислота I, 94, 95; II, 56
 Азотсодержащие гетероциклические IV, 14
 Аккумуляторы I, 13; II, 31, 125
 Актиноиды IV, 65
 Акцептор II, 7, 51
 Аланин IV, 18
 Алебастр II, 130
 Алитирование II, 136
 Аллотропия II, 80
 Алмаз II, 80
 Альдегид уксусный III, 98, 99, 150
 Альдегида уксусного получение III, 99, 151
 Альдегидов генетическая связь III, 101
 — получение III, 98
 — свойства III, 99, 100
 Альдегиды III, 96
 Алюминий II, 133
 Алюминия нахождение в природе II, 134
 — получение II, 134
 — свойства II, 135
 Амальгама алюминия II, 135
 Амины IV, 5
 Аминокислоты IV, 8
 Аммиак II, 47
 Аммиака получение II, 48
 — свойства II, 50
 Аммиачная вода II, 51
 Ангидрид уксусный III, 108, 152
 Анилин IV, 7
 Анионы II, 7
 Антифризы III, 87
 Апатиты II, 64
 Аппарат контактный II, 39, 40, 58
 Аргон I, 54; IV, 122
 Атомов масса I, 39
 — распад I, 109
 — строение I, 112
 — ядро I, 144
 АТФ II, 67; IV, 21
 Ацетальдегид III, 98, 150
 Ацетаты III, 107
 Ацетилена получение III, 19, 46, 144
 — свойства III, 47, 144
 Барий I, 30; IV, 119
 Белки IV, 18
 Белков вторичная структура IV, 19
 — денатурация IV, 20
 — первичная структура IV, 19
 — третичная структура IV, 19
 — свойства IV, 20
 — синтез IV, 21
 — четвертичная структура IV, 20
 Бензин III, 67, 69
 Бензола получение III, 55, 145
 — применение III, 58, 145
 — свойства III, 55, 145
 — строение молекулы III, 51, 145
 Бертолетова соль I, 48; IV, 126
 Бетон II, 100
 Бокситы II, 134
 Бор I, 30, 106; IV, 122
 Брожение сахаристых веществ III, 80, 129, 156
 Бром I, 142, 153
 Бромная вода III, 35, 60
 Бронза IV, 118
 1,3-Бутадиен III, 40
 Бутан III, 9, 14, 106
 1-Бутен III, 33
 2-Бутен III, 33
 1-Бутин III, 46
 2-Бутин III, 46
 Валентности объяснение I, 28, 133
 — определение I, 28, 133
 Валентность I, 28, 133
 Вещества азотсодержащие IV, 5
 — аморфные I, 131
 — кристаллические I, 131
 — органические III, 6
 — простые I, 16
 — сложные I, 16, 85
 Винилацетилен III, 48, 49
 Винилхлорид III, 48, 49

- Вода известковая I, 91; II, 86
 — хлорная I, 45
- Воды анализ I, 76
 — жесткость II, 131
 — очистка I, 77
 — синтез I, 77
 — свойства химические I, 78
- Водорода изотопы I, 144
 — пероксид I, 48; II, 124
 — получение I, 62, 94
 — свойства I, 64
- Возгонка I, 154
- Воздуха состав I, 54
- Волокна искусственные III, 140
 — природные III, 140
 — синтетические III, 140
 — химические III, 140
- Волокнит IV, 29
- Вольфрам IV, 96
- Восстановитель I, 65, 135
- Восстановление I, 65, 135
- Газ водяной II, 84
 — генераторный II, 83
 — гремучий I, 64
 — коксовый III, 72
 — нефтяной (попутный) III, 63
 — природный III, 16
 — угарный II, 83, 84
- Газ углекислый I, 50, 55; II, 85
- Газогенератор II, 84
- Газы благородные I, 54
- Галлий II, 134
- Галогенов нахождение в природе I, 153
 — получение I, 153
 — свойства химические I, 155
- Гексахлоран III, 57
- Гелий I, 54
- Гематит II, 140
- Гербициды III, 111
- Гетинакс IV, 29
- Гибридизация II, 80; III, 13; IV, 77
- Гидратация II, 5
- Гидраты II, 5
- Гидриды II, 124, 128
- Гидрирование III, 35, 47, 58
- Гидроксиды I, 81, 89
- Гидроксоний II, 7
- Гидролиз II, 18
- Гидролиз белков IV, 21
 — жиров III, 120
 — крахмала III, 133
 — сахарозы III, 132
 — солей II, 18
 — целлюлозы III, 135
 — эфиров сложных III, 118
- Гидрокарбонаты II, 89
- Гидроортофосфаты II, 54, 68
- Гипс безводный II, 131
 — жженный (полуводный) II, 131
- Гипс природный II, 131
- Гликокол IV, 9
- Глина IV, 82
- Глюкозы нахождение в природе III, 127, 154
 — получение III, 128, 154
 — свойства химические III, 128, 156
- Гомологи III, 14, 33, 46
- Горение I, 55
- Графит II, 80
- Группа карбонильная III, 103
 — функциональная аминокислот IV, 8
 — — альдегидов III, 96
 — — карбоновых кислот III, 103
 — — спиртов III, 78
- Гуанин IV, 16
- Гудрон III, 67
- Двухромовая кислота IV, 105
- Дезоксирибоза III, 129
- Дейтерий I, 114
- Декан III, 14
- Декстрины III, 133, 134
- Десорбция II, 82
- Диметиламин IV, 5
- Динитроцеллюлоза III, 136, 157
- Дипептид IV, 19
- Диполь I, 129
- Дисахариды III, 125
- Диссоциация II, 3
- Диссоциация кислот II, 8
 — оснований II, 9
 — солей II, 9
- Дистилляция I, 9
- Доломит III, 128
- Доменная печь II, 147
- Донор II, 7
- Дюралюмины II, 136
- Дым IV, 80

- Железняк хромистый IV, 111**
Железо II, 140
 Железа нахождение в природе II, 140
 — получение II, 141, 148
 — свойства химические II, 141; IV, 113
Жесткость воды II, 131
 — карбонатная II, 131
 — некарбонатная II, 132
 — общая II, 132
Жиров применение III, 121
 — образование в живых организмах III, 120
 — свойства химические III, 120
Закон Авогадро I, 138
 — периодический I, 107; IV, 58
 — сохранения массы I, 33; IV, 55
Замедлители коррозии (ингибиторы) II, 119
Заряд электрона I, 112
 — ядра атома I, 112
Золото II, 103, 105, 108, 114
Известняк II, 128
Известь гашеная I, 91; II, 129
 — жженая I, 91; II, 129
 — хлорная II, 130
Изобутан III, 9
Изомерия геометрическая (пространственная) III, 33
 — положения двойной связи III, 32
 — углеродного скелета III, 15
Изомеры III, 9; IV, 45
Изопрен III, 42
Изотопы I, 113
Ингибиторы I, 151; II, 34, 119
Индикаторы I, 82
Инсектициды III, 59
Инсулин IV, 21
Иод I, 142, 153
Иодиды I, 153
Ионы I, 135; II, 8, 9, 13
Калий I, 30
Калия манганат I, 49
 — нахождение в природе II, 123
 — перманганат I, 49
 — минеральные удобрения II, 71
Кальций II, 127
Кальция генетическая связь II, 132
 — карбид III, 46
 — получение II, 128
 — свойства химические II, 128
Капролактam IV, 34
Капрон IV, 34, 42
Карбоксильная группа III, 103
Карболит IV, 29
Карбонаты I, 98; II, 88
Карборунд II, 92
Карналлит II, 123
Катализ IV, 89
Катализаторы II, 34; IV, 92
Катионы II, 8
Каучук бутадиеновый IV, 33
 — изопреновый III, 42; IV, 33
 — хлоропреновый III, 42; IV, 33
 — природный III, 42
 — синтетический III, 42; IV, 33
Каучука вулканизация III, 44
 — получение III, 43
 — свойства химические III, 44
Кварц II, 93
Керамика II, 97
Керосин III, 67
Кислот диссоциация II, 8
 — классификация I, 93
 — карбоновых генетическая связь III, 112
 — — определение III, 103
 — — получение III, 104
Кислот карбоновых свойства химические III, 107
 — названия I, 67
 — определение I, 67
 — получение I, 93
Кислота азотная I, 67; II, 56
Кислота бензойная III, 57
 — валериановая III, 105
 — глюконовая III, 129
 — капроновая III, 105
 — карболовая III, 91
 — кремниевая I, 94; II, 95
 — линолевая III, 111
 — масляная III, 105
 — метакриловая III, 111
 — метановая III, 105
 — метафосфорная II, 66
 — молочная III, 129
 — монохлоруксусная III, 109
 — муравьиная III, 105

— октадекановая III, 105
— олеиновая III, 111
— ортофосфорная I, 66; II, 67
— пропановая III, 105
— серная I, 67, 93; II, 29
— сернистая II, 35, 42
— соляная I, 67, 150
— стеариновая III, 105, 111
— угольная I, 67
— уксусная III, 104
— щавелевая III, 5, 114; IV, 141
— этановая III, 104

Кислоты азотной получение II, 37, 56
— — свойства химические II, 59
— — строение молекулы II, 56
— неорганические I, 67, 92
— органические (карбоновые) III, 103
 серной получение II, 29, 37
 — — применение II, 30
 — — производство II, 37
 — — свойства химические II, 30
— соляной получение I, 150
— — свойства химические I, 151
— угольной получение II, 87
— — свойства химические II, 87
— уксусной получение III, 104
— — свойства химические III, 107

Кокс II, 147; III, 70
Колодий III, 137
Комплементарность IV, 23
Конвертор II, 153
Корунд II, 134
Крахмала нахождение в природе III, 155
— получение III, 133
— свойства химические III, 133
— строение молекулы III, 132

Крекинг III, 68
Кремний II, 92
Криптон I, 54
Кристаллизация I, 7
Кристаллогидраты II, 6
Кристаллы I, 131; II, 94
Ксенон I, 54
Ксилолы III, 54

Лакмус I, 82; II, 18
Лантан IV, 64
Лантаноиды IV, 65
Латунь IV, 118

Лигроин III, 67
Лимонит II, 140
Лед сухой II, 86

Магний II, 110, 113

Мазут III, 67

Мальтоза III, 133

Марганца оксид (IV) I, 48, 49

Маргарин III, 121

Мартеновская печь II, 154

Масла (жиры) растительные III, 120

— соляровые III, 67

Масса атомная I, 18

— молекулярная I, 24

Медь I, 30; II, 110, 114

Меди гидроксид I, 83, 90

— — (II) III, 100, 151

— (II) глицерат III, 87

— (I) нитрат II, 59, 60

— оксид (II) I, 65

— — (I) III, 100, 151

— (II) сульфат I, 99

Медный купорос I, 99; II, 6

Металлов коррозия II, 116

— электрохимический ряд напряжения II, 114

Металлы II, 103; IV, 94

— легкие II, 111

— тяжелые II, 111

— цветные II, 146

— черные II, 146

— щелочные II, 122

Металлы щелочноземельные II, 127

Метан II, 82; III, 16

Метанол III, 98

Метанол III, 79

Метафосфорная кислота II, 66

Метиламин IV, 5

Метилбензол III, 54

2-Метил-1,3-бутадиеп III, 42; IV, 33

2-Метил-1-бутен III, 33

2-Метил-2-бутен III, 33

Метилловый оранжевый I, 82; II, 18

2-Метилпропен III, 33

Метилформиат III, 117

Метилциклопентан III, 24

Метилэтиламин IV, 5

Механизм донорно-акцепторный II, 7

Макроэлементы II, 68

- Микроэлементы II, 68
 Мирабилит II, 123
 Молекулы I, 12
 — неполярные I, 129
 — полярные I, 129
 Молоко известковое I, 91
 Моль I, 38
 Моносахариды III, 125
 Мочевина III, 5
 Моющие средства III, 122
 Мрамор II, 128
 Мыло III, 121, 122
- Натрий II, 122**
 Натрия ацетат III, 104
 — нахождение в природе II, 123
 — получение II, 123
 — свойства химические II, 124
 — хлорат I, 48
 — хлорид I, 152; II, 123
 — стеарат III, 105
 — сульфат I, 93; II, 123
 — фенолят III, 92
- Нафтены III, 24
 Неметаллы I, 103; II, 103
 Неон I, 54
 Нефти нахождение в природе III, 66
 — перегонка III, 67
 — свойства III, 66
 — состав III, 66
- Никелин IV, 118
 Никель II, 108, 109, 114
 Нитраты I, 97, 101; II, 59
 Нитриды II, 47
 Нитриты II, 61
 Нитробензол III, 56
 Нитроглицерин III, 87
 Нитрон IV, 34, 42
- Облака электронные I, 118; IV, 58
 Облаков электронных гибридикация II, 80;
 III, 13; IV, 77
 Объем молярный I, 138
 Озон II, 25
 Озонатор II, 25
 Окисление I, 51, 135
 Оксibenзол (фенол) III, 89
 Оксиды I, 51, 85
 — амфотерные I, 103; II, 136
 — кислотные I, 86
 — основные I, 86
- Оксидов классификация I, 85
 — названия I, 86
 — определение I, 51
 — получение I, 87
 — свойства химические I, 88
- Олеум II, 41
 Олово II, 108, 114; IV, 95
 Омыление III, 120
 Орбита I, 117
 Орбиталь I, 118
 Ортоклаз II, 92
 Оснований классификация I, 81
 — определение I, 81
 — получение I, 89
 — свойства химические I, 90
- Основания I, 81, 89
 — амфотерные I, 104; II, 137
 — нерастворимые I, 90
 — растворимые I, 90
- Пиридин IV, 15
 Пиримидин IV, 15
 Пиролл IV, 15
 Порох бездымный III, 137
 Пропан III, 14
- Равновесие химическое II, 34**
 Радий I, 113
 Радикалы свободные III, 18
 Радиоактивность I, 113
 Радон I, 113
 Растворимость I, 74
 — газов I, 74
 — жидкостей I, 75
 — твердых веществ I, 74
- Растворов коллоидных нахождение в природе
 IV, 80
 — получение I, 74
 — свойства I, 74
- Растворы концентрированные I, 74
 — насыщенные I, 74
 — ненасыщенные I, 74
 — разбавленные I, 74
- Реакции гидратации III, 35
 — гидрирования III, 35
 — гидролиза II, 18
 — дегидратации II, 6

- дегидрирования III, 19
- замещения I, 36; III, 17
- ионные II, 15
- каталитические IV, 92
- нейтрализации I, 83
- Реакции необратимые II, 34
 - обмена I, 69
 - обратимые II, 34
 - окисления I, 51, 134
 - окислительно-восстановительные I, 134
 - омыления III, 118
 - полимеризации III, 38
 - присоединения III, 35, 41, 47
 - разложения I, 36
 - «серебряного зеркала» III, 100
 - соединения I, 36
 - химические I, 36; IV, 85
 - цепные III, 18
 - экзотермические I, 57
 - эндотермические I, 57
 - этерификации III, 118
 - ядерные I, 113
- Реакций тепловой эффект I, 57; IV, 86
- Реакций химических скорость II, 33; IV, 89
 - — уравнения I, 35
- Реакция Вюрца III, 17
 - Зинина IV, 7
 - Кучерова III, 99
- Резина III, 44
- Решетки атомные I, 132; IV, 81
 - ионные I, 132; IV, 81
 - металлические II, 104; IV, 81
 - молекулярные I, 132; IV, 81
- Ртуть II, 108, 110, 114; IV, 95
- Руды железные II, 140
- Ряд гомологический ацетиленовый III, 46
 - — метана III, 14
 - — этилена III, 33
- Сажа III, 21
- Сахар III, 130
- Сахарозы нахождение в природе III, 130
 - получение III, 130
- Сахарозы свойства физические III, 132
 - — химические III, 132
 - формула III, 130
- Свойства полупроводниковые II, 93
- Свинец II, 108, 114; IV, 95
- Связь водородная III, 81
 - генетическая между классами неорганических соединений I, 99
 - — — органических соединений IV, 52
 - — соединений азота II, 72
 - — — алюминия II, 138
 - — — кальция II, 132
 - — — кремния II, 101
 - — — натрия II, 126
 - — — серы II, 42
 - — — углерода II, 100
 - — — фосфора II, 72
 - — — хлора I, 155
 - — альдегидов III, 101
 - — ароматических соединений III, 59
 - — ацетиленовых III, 49
 - — многоатомных спиртов III, 88
 - — одноатомных спиртов III, 84
- Связь генетическая цикланов III, 26
 - — соединений ряда этилена III, 39
 - двойная III, 30
 - ионная I, 130
 - ковалентная I, 127
 - неполярная I, 129
 - полярная I, 129
 - металлическая II, 104
 - пептидная IV, 18
 - л-Связь I, 129
 - σ-Связь I, 128
 - тройная III, 29
 - химическая I, 129
- Сера II, 23
 - кристаллическая II, 27
 - пластическая II, 27
- Серы нахождение в природе II, 26
 - получение II, 26
 - свойства химические II, 27
 - степень окисления II, 24
- Серебро II, 105, 108, 114; III, 100
- Серебра нитрат I, 151
 - хлорид I, 151
- Серная кислота II, 29
- Серной кислоты получение II, 29
 - — производство II, 37
- Сероводород II, 37; IV, 129
- Сероуглерод II, 28
- Серы оксид (IV) I, 87; II, 28, 38
 - оксида (IV) получение II, 38
 - — окисление II, 40
 - — очистка II, 40

- оксид (VI) I, 87; II, 40
- Сидерит II, 141
- Силикаты II, 96
- Сильвинит II, 123
- Синтез I, 77
- Система периодическая I, 110
- Смеси неоднородные I, 7
 - однородные I, 7
- Смола каменноугольная III, 72
 - термопластичная IV, 29
 - фенолформальдегидная IV, 28
- Сода кальцинированная II, 88
 - кристаллическая II, 89
 - питьевая II, 89
- Соединения высокомолекулярные IV, 25
- Соединения циклические III, 24
- Соли I, 69, 96
 - двойные I, 96
- Солей классификация I, 96
 - названия I, 69, 96
 - определение I, 69, 96
 - получение I, 97
 - свойства химические I, 98
- Соль бертолетова I, 48
 - глауберова (мирабилит) II, 123
 - поваренная I, 152
- Состояние агрегатное I, 31
- Спин электрона I, 118
- Спирт гидролизный III, 81, 135
 - метиловый III, 79
 - вторичный III, 78
 - первичный III, 78
 - пентиловый III, 78
- Спирт третичный III, 78
- Спиртов генетическая связь III, 84
 - изомерия III, 78
 - классификация III, 78
 - номенклатура III, 78
 - определение III, 77
 - получение III, 78
- Спиртов свойства физические III, 81
 - химические III, 81
 - строение молекул III, 76
- Сплавы II, 115; IV, 115
- Сталь легированная II, 146; IV, 117
 - нержавеющая II, 146
 - хромоникелевая IV, 112
- Стали способы получения II, 153
- Стекла производство II, 98
 - зеленое II, 98
 - кварцевое II, 98
 - органическое III, 137
 - рубиновое II, 98
 - тугоплавкое II, 98
 - синее II, 98
 - хрустальное II, 98
 - цветное II, 98
- Стекловолокно II, 99; IV, 29
- Стеклопласты II, 99; IV, 29
- Степень диссоциации II, 10
 - окисления I, 134
- Сульфаты I, 70; II, 31
- Сульфиды II, 26
- Сульфиты III, 135
- Суперфосфат двойной II, 71
 - простой II, 70
- Суспензии I, 73; IV, 82
- Твердость II, 111
- Твердые растворы II, 115
- Текстолит IV, 29
- Теория атомно-молекулярная I, 31
 - гидратная Менделеева II, 6
 - строения органических соединений III, 8; IV, 45
 - электролитической диссоциации II, 5
- Теплопроводность II, 110
- Термопластичность IV, 27
- Тетрабромэтан III, 47
- Тетрахлорметан III, 18
- Тетрахлорид углерода III, 18
- Тетрахлорэтан III, 48
- Титан IV, 109
- Толуол III, 55, 61
- Топливо I, 59; III, 63
 - газообразное I, 59; III, 63
 - дизельное III, 67
 - жидкое I, 59; III, 67
 - твердое I, 59; III, 67
- Торф I, 59
- транс-Форма III, 33
- Триацетат целлюлозы III, 136
- Трибромфенол III, 92
- Триметиламин IV, 5
- Тринитротолуол III, 56
- Тринитроцеллюлоза III, 136, 157
- Тритий I, 114

- Трихлорметан III, 17
- Туман IV, 80
 - сернокислотный II, 41
- Углеводородов ароматических генетическая связь III, 59
 - — изомерия III, 53
 - — получение III, 55
 - — свойства химические III, 56
 - ацетиленовых генетическая связь III, 49
 - — получение III, 46
 - — свойства химические III, 47
 - диеновых названия III, 40
 - — получение III, 40
 - — свойства химические III, 41
- Углеводородов предельных номенклатура III, 14
 - — получение III, 16
 - — свойства химические III, 17
 - непредельных классификация III, 29
 - циклических названия III, 24
 - получение III, 25
 - свойства химические III, 25
- Углеводороды III, 12
 - ароматические III, 51
 - ацетиленовые III, 45
 - диеновые III, 40
 - непредельные III, 29
 - предельные III, 12
 - циклические III, 24
 - этиленовые III, 30
- Углеводы III, 125
- Углерод I, 25, 50, 79
- Углерода аллотропия II, 81
 - круговорот в природе II, 90
 - нахождение в природе II, 81
 - оксид (II) II, 83
 - оксида (IV) получение II, 86
 - — — свойства химические II, 88
- Уголь I, 59
 - активированный II, 82
 - древесный II, 81
 - каменный I, 59
- Удобрения азотные II, 70, 76
 - калийные II, 71, 76
 - комбинированные II, 71
 - минеральные II, 68, 70
 - фосфорные II, 70
- Уксус III, 110
- Ультрамикроскоп IV, 83
- Уравнения ионные II, 15
 - молекулярные II, 15
 - окислительно-восстановительные II, 16
 - термохимические I, 57
- Уран IV, 66
- Уровни электронные I, 115
 - энергетические I, 115; IV, 58
- Фарфор II, 97
- Фаянс II, 97
- Фенол III, 90
- Фенола генетическая связь III, 94
 - получение III, 90
 - свойства химические III, 91
- Фенолфталеин I, 82
- Фенолы III, 89
- Феноляты III, 92
- Фенопласты III, 93; IV, 29
- Ферменты III, 120
- Фильтрование I, 8
- Флотация II, 27
- Флюсы II, 147
- Формалин III, 101
- Формальдегид III, 96
- Формальдегида получение III, 99
 - свойства физические III, 99
 - — химические III, 100
- Формиаты III, 117
- Формулы общие III, 12, 29, 40, 45
 - простейшие III, 45, 51
 - структурные I, 93
 - химические I, 24
 - электронные II, 29, 56
- Фосфаты II, 66
- Фосфин II, 65
- Фосфор II, 64
 - белый II, 65
 - красный II, 65
- Фосфора аллотропия II, 64
 - нахождение в природе II, 64
 - оксид (V) II, 66
 - получение II, 64
 - свойства химические II, 67
 - строение атома II, 45
- Фосфориты II, 64
- Фруктоза III, 127
- Фтор I, 153
- Фториды I, 153
- Хлориды I, 97, 151, 152

Хлорин IV, 42
Хлорвинил III, 48
Хлорэтил (этилхлорид) III, 35
Хлороводород I, 65
Хлоропрен III, 42
Хлорофилл III, 127
Хлороформ III, 17
Хром IV, 111
Хрома нахождение в природе IV, 111
— получение IV, 111
— свойства химические IV, 112
— соединения IV, 111, 112
Хромирование IV, 112
Хромиты IV, 111
Хрусталь горный II, 94

Цезий II, 122
Целлюлозы гидролиз III, 135
— диацетат III, 136
— нахождение в природе III, 134
— получение III, 135
— свойства физические III, 135
— — химические III, 135

Цемент II, 97, 99
Циклобутан III, 24
Циклогексан III, 25
Циклопарафинов генетическая связь III, 26
— нахождение в природе III, 24
— получение III, 25
— свойства химические III, 25

Циклопентан III, 24
Циклопропан III, 24
Цинк I, 21, 63
Цинка гидроксид I, 104
— оксид I, 104
цис-Форма III, 33

Частицы элементарные I, 112, 113
Число Авогадро I, 138
Чугун II, 146

Чугуна переработка II, 151
— производство II, 147

Шлак II, 150

Щелочи I, 81, 90

Эбонит III, 44

Эвдиометр I, 77

Электроды II, 3

Электролиз водных растворов II, 107
— расплавов II, 106

Электролиза определение II, 106

Электролиты II, 3, 7

Электроны I, 112

— валентные I, 117

— возбужденные II, 24

— спаренные IV, 61

Элементов классификация I, 103

— названия I, 21

— подгруппы главные I, 111

— подгруппы побочные I, 111

— распространенность I, 48

— электроотрицательность I, 125

Элементы радиоактивные I, 113

— химические I, 17

Эмульсии I, 73; IV, 82

Этан III, 14

Этана дегидрирование III, 19

— получение III, 17

Этиленгликоль III, 37, 86

Этиленоксид III, 38

Эфир диметиловый III, 77

— диэтиловый III, 82

Эфиров сложных генетическая связь III, 112

— — нахождение в природе III, 117, 118, 119

— — номенклатура III, 117

— — получение III, 118

— — свойства химические III, 118

Ответы на задачи

Органическая химия

Глава XI

1. а) $C_6H_5-NH_4$; б) CH_3NH_2 . 2. 79,36%. 3. 369 г.

Систематизация, обобщение и углубление знаний

Глава II

1. H_2S . 2. 14 г $NaHS$; 0,25 моль. 3. 21,12 г. 4. 4,45%.

Глава III

1. 0,08, или 8%. 2. 372,2 г. 3. 15,3 г $NaNO_3$ и 1,26 г HNO_3 .

Глава IV

1. —3458,72 кДж. 2. 761,6 кДж.

Глава V

1. 66,97 т. 2. 25,7 г; 0,64 моль. 3. 99,4 CuS . 4. 30% Al и 70% Al_2O_3 ; 15,96 мл раствора $NaOH$. 5. 35,78 мл; 2,7 г.

Глава VI

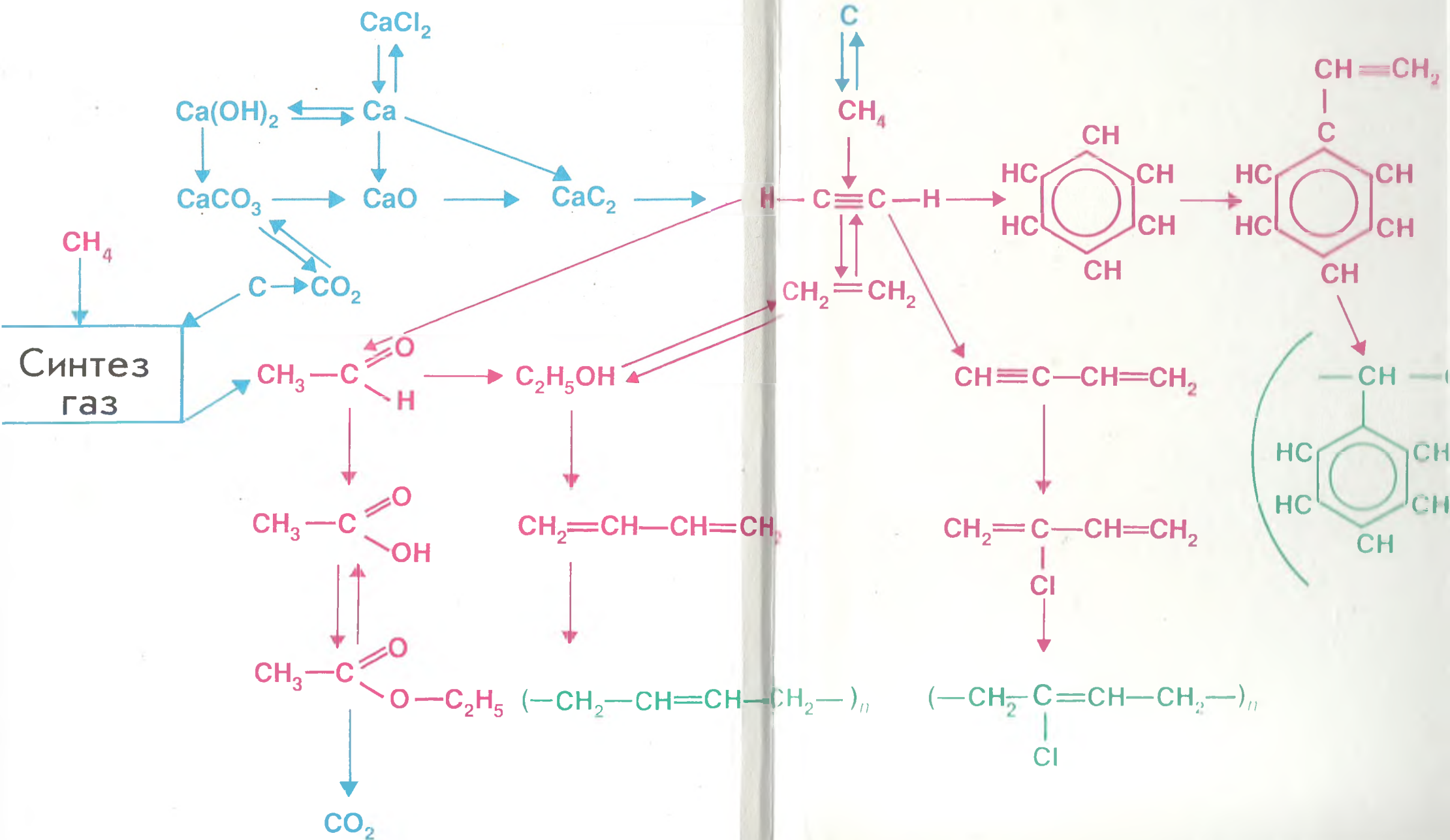
1. 12,8 г; 4,48 л; 0,2 моль. 2. 13,79 л CO_2 . 3. 1,6 г.

Оглавление

Как работать с учебником	3
Органическая химия	
Глава XI. Амины. Аминокислоты. Азотсодержащие гетероциклические соединения	5
§ 1. Амины	—
§ 2. Аминокислоты	8
§ 3. Понятие об азотсодержащих гетероциклических соединениях	14
Глава XII. Белки и нуклеиновые кислоты	18
§ 1. Белки	—
§ 2. Нуклеиновые кислоты	22
Лабораторный опыт	24
Глава XIII. Синтетические высокомолекулярные вещества и полимерные материалы на их основе	25
§ 1. Понятие о высокомолекулярных соединениях	—
§ 2. Синтетические каучуки	31
§ 3. Синтетические волокна	34
Лабораторные опыты	37
Практическая работа 1	44
Глава XIV. Обобщение знаний по курсу органической химии	45
§ 1. Основные положения теории химического строения	—
§ 2. Виды изомерии	—
§ 3. Электронная природа химических связей	51
§ 4. Генетическая связь органических соединений	52
§ 5. Важнейшие промышленные синтезы на основе переработки нефти и другого углеводородного сырья	—
Систематизация, обобщение и углубление знаний	
Глава I. Важнейшие химические понятия и законы	55
§ 1. Химический элемент	—
§ 2. Закон сохранения массы веществ, закон сохранения и превращения энергии при химических реакциях, закон постоянства состава	—
Глава II. Периодический закон и периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева на основе учения о строении атомов	58
§ 1. Особенности размещения электронов по орбиталиям в атомах малых и больших периодов <i>s</i> -, <i>p</i> -, <i>d</i> -, <i>f</i> -Электроны	—
§ 2. Положение в периодической системе химических элементов Д. И. Менделеева водорода, лантаноидов, актиноидов и искусственно полученных элементов	65
§ 3. Валентность и валентные возможности атомов	66
Глава III. Строение вещества	72
§ 1. Основные типы химической связи	—
§ 2. Пространственное строение молекул неорганических и органических веществ	77

§ 3. Типы кристаллических решеток и свойства веществ	79
§ 4. Дисперсные системы	80
Глава IV. Химические реакции	85
§ 1. Классификация химических реакций	—
§ 2. Скорость химических реакций. Катализ	89
Глава V. Металлы	94
§ 1. Общие способы получения металлов	96
§ 2. Обзор металлических элементов главных подгрупп	—
§ 3. Общий обзор металлических элементов побочных подгрупп	99
§ 4. Медь	105
§ 5. Цинк	107
§ 6. Титан	109
§ 7. Хром	111
§ 8. Железо, никель, платина	112
§ 9. Сплавы металлов	115
§ 10. Оксиды и гидроксиды металлов	116
Глава VI. Неметаллы	122
§ 1. Обзор неметаллов	—
§ 2. Оксиды неметаллов и кислородсодержащие кислоты	131
§ 3. Водородные соединения неметаллов	137
Глава VII. Связь неорганических и органических веществ	141
§ 1. Генетическая связь неорганических и органических веществ	—
§ 2. Роль химии в создании современной научной картины мира	143
Практическая работа 1	144
Практическая работа 2	145
Практическая работа 3	—
Практическая работа 4	—
Практическая работа 5	146
Указатель	149
Ответы на задачи	158

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ



ЗАОЧНАЯ ПОДГОТОВКА В ВУЗЫ



“Московский Лицей” — ассоциация высококвалифицированных преподавателей, обладающих большим опытом учебной, методической и репетиторской работы. Эффективность наших программ подтверждена многолетней практикой вступительных экзаменов.

“Московский Лицей” предлагает Вам оригинальные методики заочной подготовки к вступительным экзаменам в ЛЮБОЙ ВУЗ.

Математика, физика, литература, русский язык, химия, биология, история, география, информатика, английский и немецкий языки с лингафонными курсами — Вы можете выбрать один или несколько предметов, по которым вам будет предложен цикл из 10 учебно-методических разработок с контрольными заданиями, выполнение которых проверят наши преподаватели.

Если Вы сомневаетесь в правильности выбора будущей профессии, Вам поможет система ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ ТЕСТОВ. По результатам тестирования специалисты-психологи вышлют Вам индивидуальные рекомендации по профориентации.

Информация об учебных программах, порядке и условиях заочного обучения высылается **БЕСПЛАТНО**. Заявки направляйте по адресу: 125190, Москва, а/я 140, кооператив “МОСКОВСКИЙ ЛИЦЕЙ”, тел. 188-59-71.

Не забудьте вложить в свое письмо конверт со СВОИМ адресом. Заявки принимаются **КРУГЛОГОДИЧНО**.

