

Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации
俄罗斯联邦农业部

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Дальневосточный государственный
аграрный университет»
联邦国家预算教育机构
"远东国立农业大学"

А. П. Пакурина
帕库西娜·安东尼娜·帕夫洛夫娜

ЛЕКЦИИ ПО ХИМИИ
化学讲义

Учебное пособие
学习指南

Благовещенск
Дальневосточный ГАУ
2024
布拉戈维申斯克
远东国立农业大学
2024

УДК 546
ББК 24
П13

Рецензенты:

*Татьяна Павловна Платонова, кандидат химических наук, доцент,
доцент кафедры химии и химической технологии
Амурского государственного университета;
Ирина Владимировна Егорова, доктор химических наук, профессор,
заведующая кафедрой химии Благовещенского государственного
педагогического университета*

审稿人:

塔季扬娜·帕夫洛夫娜·普拉托诺娃, 化学科学候选人, 副教授, 阿穆尔国立大学化学与化学技术系副主任;
伊琳娜·弗拉基米罗芙娜·叶戈罗娃, 化学科学博士, 教授, 布拉戈维申斯克国立师范大学化学系主任。

*Рекомендовано к использованию в учебном процессе
методическим советом факультета агрономии и экологии
Дальневосточного государственного аграрного университета
推荐用于远东国立农业大学农学与生态学学院教学过程。*

Пакурина, А. П. Лекции по химии : учебное пособие /
П13 А. П. Пакурина ; Дальневост. гос. аграр. ун-т. – Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2024. – 98 с.
安娜·帕夫洛夫娜·帕库西娜. 化学讲座, 布拉戈维申斯克, 远东农业大学, 2024, 98 页.

ISBN 978-5-9642-0645-3

Учебное пособие разработано в соответствии с федеральными государственными образовательными стандартами высшего образования и рабочими программами по дисциплине «Химия». Оно содержит материалы лекций по соответствующей дисциплине. Учебное пособие предназначено для студентов КНР всех направлений бакалавриата и специалитета различных форм обучения. 根据联邦国家教育标准和化学学科的教学计划编写的《化学讲座》教材。教材包含了相应学科的个人讲座材料。该教材适用于中国所有专业的全日制、非全日制和函授本科学士和专业学位的学生。

УДК 546
ББК 24

ISBN 978-5-9642-0645-3 © Пакурина А. П., 2024
© ФГБОУ ВО Дальневосточный
государственный аграрный университет, 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

Лекция 1. Строение атома. Периодический закон.....	4
第一讲。原子的结构。定期法.....	4
Лекция 2. Растворы (электролитическая диссоциация, гидролиз)	21
第二讲。溶液（电解解离、水解）.....	21
Лекция 3. Окислительно-восстановительные реакции	30
第三讲。氧化还原反应.....	30
Лекция 4. s-металлы и их соединения.....	36
第四讲。S族金属及其化合物.....	36
Лекция 5. p-металлы и их соединения	41
第五讲。P-金属及其化合物.....	41
Лекция 6. d-металлы и их соединения	53
第六讲。d-金属及其化合物.....	53
Лекция 7. Электролиз расплавов и растворов.....	64
第七讲。熔体和溶液的电解.....	64
Лекция 8. Предельные и непредельные углеводороды. Переработка нефти..	73
第八讲。饱和和不饱和烃。石油精炼。.....	73
Лекция 9. Спирты и фенолы.....	86
第九讲。醇类和酚类.....	86

ЛЕКЦИЯ 1. СТРОЕНИЕ АТОМА.

ПЕРИОДИЧЕСКИЙ ЗАКОН

第一讲。原子的结构。定期法

Квантово-механическая модель строения атома

量子力学原子结构模型

Атом состоит из ядра и электронов (отрицательный заряд). В состав ядра входят протоны (положительный заряд) и нейтроны.

Атомный номер равен числу протонов в атомном ядре (**P**), то есть заряду ядра: **A = P**.

Общее число электронов (**e**) равно заряду ядра (числу протонов): **e = P**.

Общее число протонов (**P**) и нейтронов (**N**) называют **массовым числом (A)**: **A = P + N**.

${}_p^A\text{Э}$ – формула, отражающая состав атома элемента (**Э**)

$${}_{13}^{27}\text{Al} \quad \bar{e} = 13, p = 13,$$

$$n = 27 - 13 = 14$$

Устойчивому состоянию ядер атомов соответствует соотношение протонов и нейтронов: для легких элементов **P:N = 1**, для тяжелых = **0,6**.

$${}_{82}^{207}\text{Pb} \quad \bar{e} = 82, p = 82,$$

$$n = 207 - 82 = 125$$

При нарушении соотношения ядро становится радиоактивным, то есть происходит самопроизвольное превращение неустойчивых атомных ядер в другие ядра, и сопровождается испусканием других частиц.

В основе квантовой теории строения атома лежат положения:

1. Электрон имеет двойственную (корпускулярно-волновую) природу. Как частица (корпускула) он обладает массой и зарядом, а движущийся электрон характеризуется способностью к дифракции и интерференции.

2. Для электрона, обладающего волновыми свойствами, невозможно одновременно точно измерить координату и скорость (принцип неопределенности Гейзенберга).

3. Электрон в атоме движется не по определенным траекториям, а может находиться в любой части околоядерного пространства с различной степенью вероятности. Область наиболее вероятного нахождения электрона в атоме называется *электронным облаком*.

Часть электронного облака, в которой вероятность нахождения электрона достаточно велика (превышает 90 %) называется *атомной* или *электронной орбиталью* (рис. 1). Форму и размер атомной орбитали определяют на основании значений квантовых чисел.

原子由原子核和电子（负电荷）组成。原子核包括质子（正电荷）和中子。

原子序数 = 原子核中的质子数 (P) 即核电荷: $A = P$.

电子总数 (\bar{e} = 核电荷 (质子数)): $\bar{e} = P$.

质子 (P) 和中子 (N) 的总数称为**质量数 (A)**: $A = P + N$.

${}_p^A$ 元素 – 反映元素原子的组成的公式 (元素)

$${}_{13}^{27}\text{Al} \quad \bar{e} = 13, p = 13, \\ n = 27 - 13 = 14$$

稳定状态的原子核对应于质子和中子的比例: 轻元素 $P:N=1$, 重元素 = 0.6。

$${}_{82}^{207}\text{Pb} \quad \bar{e} = 82, p = 82, \\ n = 207 - 82 = 125$$

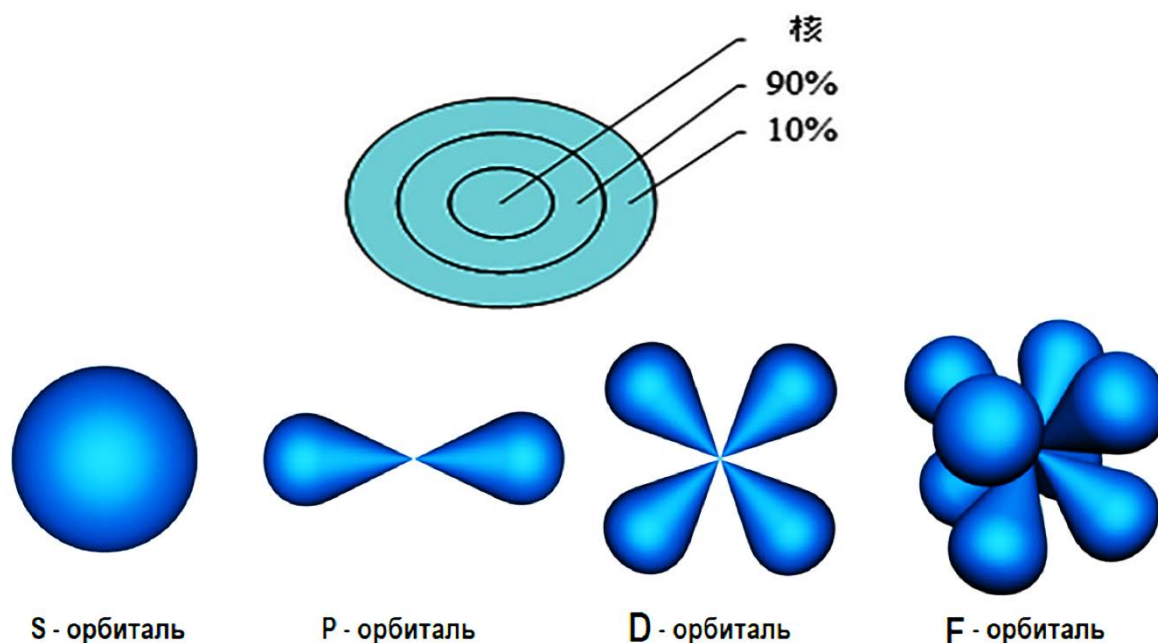
当比例失调时，原子核变得放射性，即自发转变为其他原子核，并伴有其他粒子的发射。量子理论的原子结构基础如下：

1.电子具有双重（粒子-波）性质。作为粒子（粒子），它具有质量和电荷，而运动的电子则具有衍射和干涉的能力。

2.具有波动性质的电子无法同时精确测量其坐标和速度（海森堡不确定性原理）。

3.电子在原子中不沿特定轨道运动，而是可能以不同概率出现在空间的任何部分。电子在原子中最可能出现的区域称为电子云。

电子云中电子存在概率较大的部分（>90%）称为原子轨道或电子轨道（电子轨道，缩写为**原子轨道**）。原子轨道的形状和大小取决于量子数的值。



s – облака имеют форму шара; p – облака в виде гантели; d – 4-лопастный цветок
s 云呈现球形；p 云呈现哑铃形；d 云呈现四叶花形

Рисунок 1 – Структура электронного облака

图1 – 电子云的结构

Квантовые числа и их характеристика

量子数及其特性

Главное квантовое число (n) характеризует запас энергии электрона на энергетическом уровне и удаленность уровня от ядра. Это число соответствует номеру периода в периодической системе и принимает значения целых чисел, от 1 до 7.

主量子数 (n) 表示电子在能级上的能量和距原子核的距离。它对应于周期表中的周期数，取整数值，从 1 到 7。

Орбитальное квантовое число (l) характеризует энергетический подуровень: запас энергии электронов на подуровне и форму электронного облака. Принимает значение от 0 до $n-1$.

轨道量子数 (l) 表示子能级上电子的能量储备和电子云的形状。

取值范围从 0 到 $n-1$ 。

Значения орбитального квантового числа (l)	→ численные	0 1 2 3
	→ буквенные	s p d f
轨道量子数 l 的数值	→ 数值表示	0 1 2 3
	→ 字母表示	s p d f

Магнитное квантовое число (m_l) характеризует ориентацию орбиталей в пространстве. Принимает значения от $-l$ до $+l$ через ноль.

磁量子数 (m_l) 表示轨道在空间中的取向。

其取值范围从 $-l$ 到 $+l$ ，且经过零点。

$l = 0, m_l = 0$	□ – s подуровень s 副能级
$l = 1, m_l = -1, 0, +1$	□□□ – p подуровень p 副能级
$l = 2, m_l = -2, -1, 0, +1, +2$	□□□□□ – d подуровень d 副能级
$l = 3, m_l = -3, -2, -1, 0, +1, +2, +3$	□□□□□□□ – f подуровень f 副能级

Спиновое квантовое число (m_s) характеризует способность движения электрона вокруг собственной оси. Оно принимает два значения:

$$+\frac{1}{2} - \text{по часовой стрелке } (\uparrow);$$
$$-\frac{1}{2} - \text{против часовой стрелки } (\downarrow).$$

На основании значений квантовых чисел устанавливается предельная емкость уровней.

电子自旋量子数 (m_s) 表示电子围绕自身轴旋转的能力。它具有两个取值：

$$+\frac{1}{2} - \text{顺时针方向 } (\uparrow);$$
$$-\frac{1}{2} - \text{逆时针方向 } (\downarrow).$$

根据量子数的取值确定能级的最大容量。

Правила заполнения орбиталей электронами

轨道填充规则

1. **Принцип наименьшей энергии** – сначала заполняются орбитали с самой низкой энергией, которые наиболее ближе к ядру.

1. **最低能量原理** – 最先填充能量最低的轨道，这些轨道最靠近原子核。

2. **Принцип Паули** – на каждой орбитали помещается не более двух электронов, имеющих противоположные (антипараллельные спины).

2. **泡利不相容原理** – 每个轨道上最多可以容纳两个具有相反自旋的电子。

3. **Правило Хунда** – электроны в пределах подуровня распределяются таким образом, чтобы неспаренных электронов было больше.

3. **洪特规则** – 在同一子层内，电子尽量分占不同的轨道，以保持自旋平行，使未成对电子数最多。

В зависимости от того, какой подуровень завершается, все элементы периодической системы делятся на четыре электронных семейства:

s-элементы – элементы групп IA, IIA, водород, гелий;

p-элементы – элементы групп IIIA–VIIIA, кроме водорода и гелия;

d-элементы – элементы побочных подгрупп;

f-элементы – лантаноиды и актиноиды.

В периодической системе *номер периода* указывает на число энергетических уровней, а *номер группы* – на число валентных электронов.

根据填充的子层，元素周期表中的元素分为四个电子族：

s-元素 – 第IA族和第IIA族元素，氢和氦；

p-元素 – 第IIIA到第VIIIA族元素，除了氢和氦；

d-元素 – 过渡金属；

f-元素 – 镧系元素和锕系元素。

在周期表中，**周期数** 表示元素具有的电子能级数，**族号** 表示元素的价电子数。

Особенности заполнения электронами электронных оболочек у атомов элементов главных и побочных подгрупп. У элементов главных подгрупп (*s- и p-элементов*) завершается последний энергетический уровень. Все валентные электроны у них находятся на последнем уровне.

У элементов побочных подгрупп (*d-элементов*) завершается предпоследний энергетический уровень, а на последнем уровне находится два s-электрона.

第一讲. 原子的结构. 定期法

У атомов Cr, Cu, Nb, Mo, Ru, Rh, Ag, Pt, Au находится один s-электрон, а атом Pd не имеет электронов на внешней s-оболочке. При этом валентные электроны находятся на последнем уровне (2) и на завершаемом d-подуровне остальные.

主族和副族元素的电子层结构特征。主族元素 (s和p元素) 的最终能级结束。它们的所有价电子都位于最后一个能级。

副族元素 (d元素) 的倒数第二能级结束，最后一个能级有2个s电子。

Cr, Cu, Nb, Mo, Ru, Rh, Ag, Pt, Au 原子有1个s电子，Pd 原子在外层s壳层上没有电子。价电子位于最后一个能级 (2) 和倒数第二d副能级上。

Периодический закон

周期律

Д. И. Менделеевым был открыт периодический закон химических элементов 19 марта 1869 г.: «Свойства простых тел, а также формы и свойства соединений элементов находятся в периодической зависимости от величины атомных весов элементов».

1869年3月19日，德米特里·门捷列夫发现了化学元素的周期律：“简单物质的性质以及元素化合物的形式和性质与元素原子量的大小成周期性关系。”

Положение некоторых элементов с большей атомной массой оказалось впереди элементов с меньшей атомной массой.

某些原子质量较大的元素的位置与原子质量较小的元素不符。



Но никакого противоречия здесь нет, так как место элемента в периодической системе определяется зарядом атомного ядра.

不存在质子数，因为元素在周期表中的位置由其原子核中的质子数决定。

^{52}Te и ^{53}I ; ^{18}Ar и ^{19}K ; ^{27}Co и ^{28}Ni

Свойства химических элементов, а также формы и свойства соединений элементов находятся в периодической зависимости от зарядов ядер их атомов (современная формулировка периодического закона).

化学元素的性质以及元素化合物的形式和性质取决于原子核电荷的周期性变化（现代周期律表述）。

Д. И. Менделеев предсказал свойства неизвестных к тому времени элементов, которые были открыты позже: *экаалюминия (галлий), экабора (скандий), экасилиция (германий)*. Благодаря периодической системе исправили атомную массу некоторых элементов (например, цезия, бериллия). На основе периодического закона были созданы искусственно трансурановые элементы (расположены в таблице после урана).

门捷列夫·迪·伊预言了当时尚未发现的元素的性质，这些元素后来被发现为类铝（镓）、类硼（钪）、类硅（锗）。通过周期系统，修正了一些元素的原子质量（例如铯、铍）。根据周期律法则，人们合成了人工的超铀元素（在周期表中位于铀之后）。

Причина периодичности – периодическое изменение строения внешних электронных слоев атомов.

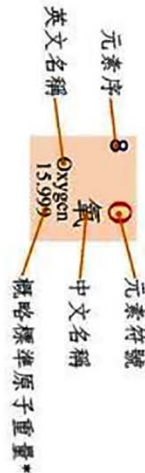
Периодическая таблица – графическое табличное отражение периодического закона. Периодическая система основана на закономерностях, проявляемых в горизонтальных и вертикальных рядах.

Период – горизонтальный ряд элементов, расположенных в порядке возрастания зарядов атомных ядер (протонов в ядре).

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА

ПЕРИОДЫ	A I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1	(H) 1.00794 Гидрогений Водород												
2	Li 6.941 Литий	Be 9.0122 Бериллий	B 10.811 Бор	C 12.011 Углерод	N 14.007 Азот	O 15.999 Кислород	F 18.998 Фтор	Ne 20.179 Неон	He 4.002602 Гелий				
3	Na 22.99 Натрий	Mg 24.305 Магний	Al 26.9815 Алюминий	Si 28.086 Кремний	P 30.974 Фосфор	S 32.066 Сера	Cl 35.453 Хлор	Ar 39.948 Аргон	Ne 20.179 Неон				
4	K 39.098 Калий	Ca 40.08 Кальций	Sc 44.956 Скандий	Ti 47.90 Титан	V 50.941 Ванадий	Cr 51.996 Хром	Mn 54.938 Марганец	Fe 55.847 Железо	Co 58.933 Кобальт	Ni 58.70 Никель			
5	Rb 85.468 Рубидий	Sr 87.62 Стронций	Y 88.906 Иттрий	Zr 91.22 Цирконий	Nb 92.906 Нобий	Mo 95.94 Молибден	Tc 97.91 Технеций	Ru 101.07 Рутений	Rh 102.906 Родий	Pd 106.4 Палладий			
6	Cs 132.905 Цезий	Ba 137.33 Барий	La* 138.9055 Лантан	Hf 178.49 Гафний	Ta 180.9479 Тантал	W 183.85 Вольфрам	Re 186.207 Рений	Os 190.2 Осмий	Ir 192.22 Иридий	Pt 195.08 Платина			
7	Fr [223] Франций	Ra [226] Радий	Ac** [227] Актиний	Rf [261] Резерфордий	Db [262] Дубний	Sg [263] Сиборгий	Bh [262] Борий	Hs [265] Хассий	Mt [269] Мейтнерий				
формулы высших оксидов	R ₂ O	RO	R ₂ O ₃	RO ₂	R ₂ O ₅	RH ₂	RO ₃	RH	RO ₄				
формулы летучих соединений													
ЛАНТАНОИДЫ*	Ce 140.12 Церий	Pr 140.908 Прометий	Nd 144.24 Неодим	Pm [145] Прометий	Eu 151.96 Европий	Gd 157.25 Гадолиний	Tb 158.928 Тербий	Dy 162.50 Диспрозий	Ho 164.930 Гольмий	Er 167.26 Ербий	Tm 168.934 Тулий	Yb 173.04 Иттербий	Lu 174.967 Лютеций
АКТИНОИДЫ**	Th 232.038 Торий	Pa [231] Протактиний	U 238.03 Уран	Np [237] Нептуний	Am [243] Америций	Cm [247] Кюрий	Bk [247] Берклий	Cf [251] Калифорний	Es [252] Эйнштейний	Fm [257] Фермий	Md [288] Менделеев	No [289] Нобелий	Lr [260] Лаврентсий

週期1	IA	1 H 氫 Hydrogen 1.008	2 He 氦 Helium 4.0026
週期2	IIA	3 Li 鋰 Lithium 6.94	4 Be 鈹 Beryllium 9.0122
週期3		11 Na 鈉 Sodium 22.99	12 Mg 鎂 Magnesium 24.305
週期4		19 K 鉀 Potassium 39.098	20 Ca 鈣 Calcium 40.078
週期5		37 Rb 銣 Rubidium 85.468	38 Sr 銻 Strontium 87.62
週期6		55 Cs 銫 Caesium 132.91	56 Ba 鋇 Barium 137.33
週期7		87 Fr 鉷 Francium [223]	88 Ra 鐳 Radium [226]
	IIIB	21 Sc 鈦 Scandium 44.956	22 Ti 鈦 Titanium 47.887
	IVB	22 Ti 鈦 Titanium 47.887	23 V 釩 Vanadium 50.942
	VB	23 V 釩 Vanadium 50.942	24 Cr 鉻 Chromium 51.996
	VIB	24 Cr 鉻 Chromium 51.996	25 Mn 錳 Manganese 54.938
	VIB	25 Mn 錳 Manganese 54.938	26 Fe 鐵 Iron 55.845
	VIB	26 Fe 鐵 Iron 55.845	27 Co 鈷 Cobalt 58.933
	VIB	27 Co 鈷 Cobalt 58.933	28 Ni 鎳 Nickel 58.693
	IB	29 Cu 銅 Copper 63.546	30 Zn 鋅 Zinc 65.38
	IIA	13 Al 鋁 Aluminum 26.982	14 Si 矽 Silicon 28.085
	IVA	14 Si 矽 Silicon 28.085	15 P 磷 Phosphorus 30.974
	VA	15 P 磷 Phosphorus 30.974	16 S 硫 Sulfur 32.06
	VIA	16 S 硫 Sulfur 32.06	17 Cl 氯 Chlorine 35.45
	VIIA	17 Cl 氯 Chlorine 35.45	18 Ar 氬 Argon 39.948
	VIIA	18 Ar 氬 Argon 39.948	19 K 鉀 Potassium 39.098
		39 Y 鈾 Yttrium 88.906	40 Zr 鋯 Zirconium 91.224
		40 Zr 鋯 Zirconium 91.224	41 Nb 鈮 Niobium 92.906
		41 Nb 鈮 Niobium 92.906	42 Mo 鉬 Molybdenum 95.95
		42 Mo 鉬 Molybdenum 95.95	43 Tc 錳 Technetium [97]
		43 Tc 錳 Technetium [97]	44 Ru 鈷 Ruthenium 101.07
		44 Ru 鈷 Ruthenium 101.07	45 Rh 銲 Rhodium 101.07
		45 Rh 銲 Rhodium 101.07	46 Pd 鈀 Palladium 106.42
		46 Pd 鈀 Palladium 106.42	47 Ag 銀 Silver 107.87
		47 Ag 銀 Silver 107.87	48 Cd 鎘 Cadmium 112.41
		48 Cd 鎘 Cadmium 112.41	49 In 銦 Indium 114.82
		49 In 銦 Indium 114.82	50 Sn 錫 Tin 118.71
		50 Sn 錫 Tin 118.71	51 Sb 銻 Antimony 121.76
		51 Sb 銻 Antimony 121.76	52 Te 碲 Tellurium 127.76
		52 Te 碲 Tellurium 127.76	53 I 碘 Iodine 126.9
		53 I 碘 Iodine 126.9	54 Xe 氙 Xenon 131.293
		54 Xe 氙 Xenon 131.293	55 Cs 銫 Caesium 132.91
		55 Cs 銫 Caesium 132.91	56 Ba 鋇 Barium 137.33
		56 Ba 鋇 Barium 137.33	57 La 鐳 Lanthanum 138.91
		57 La 鐳 Lanthanum 138.91	58 Ce 鈰 Cerium 140.12
		58 Ce 鈰 Cerium 140.12	59 Pr 釷 Praseodymium 140.91
		59 Pr 釷 Praseodymium 140.91	60 Nd 釷 Neodymium 144.24
		60 Nd 釷 Neodymium 144.24	61 Pm 鉕 Promethium [145]
		61 Pm 鉕 Promethium [145]	62 Sm 鈾 Samarium 150.36
		62 Sm 鈾 Samarium 150.36	63 Eu 鈷 Europium 151.96
		63 Eu 鈷 Europium 151.96	64 Gd 釷 Gadolinium 157.25
		64 Gd 釷 Gadolinium 157.25	65 Td 鉍 Tehnetium [158.93]
		65 Td 鉍 Tehnetium [158.93]	66 Dy 鐳 Dysprosium 162.5
		66 Dy 鐳 Dysprosium 162.5	67 Ho 鈳 Holmium 164.93
		67 Ho 鈳 Holmium 164.93	68 Er 鈳 Erbium 167.26
		68 Er 鈳 Erbium 167.26	69 Tm 鈳 Thulium 168.93
		69 Tm 鈳 Thulium 168.93	70 Yb 鈳 Ytterbium 173.05
		70 Yb 鈳 Ytterbium 173.05	71 Lu 鈳 Lutetium 174.97
		71 Lu 鈳 Lutetium 174.97	72 Hf 鈳 Hafnium [178.49]
		72 Hf 鈳 Hafnium [178.49]	73 Ta 鈳 Tantalum 180.95
		73 Ta 鈳 Tantalum 180.95	74 W 鈳 Tungsten 183.84
		74 W 鈳 Tungsten 183.84	75 Re 鈳 Rhenium 186.21
		75 Re 鈳 Rhenium 186.21	76 Os 鈳 Osmium 190.23
		76 Os 鈳 Osmium 190.23	77 Ir 鈳 Iridium 192.22
		77 Ir 鈳 Iridium 192.22	78 Pt 鈳 Platinum 195.08
		78 Pt 鈳 Platinum 195.08	79 Au 鈳 Gold 196.966
		79 Au 鈳 Gold 196.966	80 Hg 鈳 Mercury 200.59
		80 Hg 鈳 Mercury 200.59	81 Tl 鈳 Thallium 204.38
		81 Tl 鈳 Thallium 204.38	82 Pb 鈳 Lead 207.2
		82 Pb 鈳 Lead 207.2	83 Bi 鈳 Bismuth 208.98
		83 Bi 鈳 Bismuth 208.98	84 Po 鈳 Polonium [209]
		84 Po 鈳 Polonium [209]	85 At 鈳 Astatine [210]
		85 At 鈳 Astatine [210]	86 Rn 鈳 Radon [222]
		86 Rn 鈳 Radon [222]	87 Fr 鈳 Francium [223]
		87 Fr 鈳 Francium [223]	88 Ra 鈳 Radium [226]
		88 Ra 鈳 Radium [226]	89-103 鐳系 Actinoid series
		89-103 鐳系 Actinoid series	104 Rf 鈳 Rutherfordium [261]
		104 Rf 鈳 Rutherfordium [261]	105 Db 鈳 Dubnium [268]
		105 Db 鈳 Dubnium [268]	106 Sg 鈳 Seaborgium [269]
		106 Sg 鈳 Seaborgium [269]	107 Bh 鈳 Bohrium [270]
		107 Bh 鈳 Bohrium [270]	108 Hs 鈳 Hassium [269]
		108 Hs 鈳 Hassium [269]	109 Mt 鈳 Meitnerium [278]
		109 Mt 鈳 Meitnerium [278]	110 Ds 鈳 Darmstadtium [281]
		110 Ds 鈳 Darmstadtium [281]	111 Rg 鈳 Roentgenium [282]
		111 Rg 鈳 Roentgenium [282]	112 Cn 鈳 Copernicium [277]
		112 Cn 鈳 Copernicium [277]	113 Nh 鈳 Nihonium [286]
		113 Nh 鈳 Nihonium [286]	114 Fl 鈳 Flerovium [289]
		114 Fl 鈳 Flerovium [289]	115 Mc 鈳 Moscovium [289]
		115 Mc 鈳 Moscovium [289]	116 Lv 鈳 Livermorium [293]
		116 Lv 鈳 Livermorium [293]	117 Ts 鈳 Tennessine [293]
		117 Ts 鈳 Tennessine [293]	118 Og 鈳 Oganesson [294]
		118 Og 鈳 Oganesson [294]	



*依 IUPAC 及 Wikipedia 可得之資料，目前理論原子重量為長微變動之非固定值，參考用但非絕對值。

紅色元素符號於常溫常壓為氣體
 藍色元素符號於常溫常壓為液體
 黑色元素符號於常溫常壓為固體

- 綠 鹼土族
- 黃 過渡元素
- 橙 非金屬
- 粉 類金屬
- 藍 鹵素
- 紫 惰性氣體
- 灰 人造元素或未定

Группа – это ряд элементов, объединенных по признаку высшей степени окисления в оксидах. Номер группы указывает на число электронов, которые могут участвовать в образовании химических связей. При этом группы делятся на подгруппы: главные (группы А) и побочные (группы В). В подгруппах находятся электронные аналоги, то есть элементы, имеющие одинаковую конфигурацию внешних электронных слоев: в группах А – s- и p-элементы, а в группах В – d- и f-элементы.

元素周期性的原因是原子外层电子结构的周期性变化。

元素周期表是周期律的图表反映。周期系统基于在水平和垂直行中表现出的规律性。

周期是按照原子核电荷 (核内质子) 的递增顺序排列的元素的水平行。

族是指一系列在氧化物中表现出最高氧化态的元素。族号表示能够参与化学键形成的电子数目。**族分为亚族：主族 (A族) 和副族 (B族)。**在亚族中是电子类似物，即具有相同外层电子配置的元素：A族中有s-和p-元素，而B族中有d-和f-元素。

Периодические свойства атомов элементов

元素原子的周期性性质

Радиус атома (по Ван-дер-Вальсу) – это половина кратчайшего расстояния, на которое могут сблизиться ядра двух атомов, сферы которых соприкасаются. Чем больше атомный радиус, тем слабее удерживаются внешние электроны, и наоборот. **В периодах атомные радиусы слева направо уменьшаются.** Это объясняется ростом силы притяжения электронов с ростом зарядов

их атомных ядер. **В подгруппах сверху вниз атомные радиусы возрастают**, так как увеличивается число электронных слоев.

Атомный радиус – **根据范德华理论**,是两个原子核之间最近距离的一半,其球体接触。原子半径越大,外层电子被束缚得越弱,反之亦然。在周期中,从左到右,原子半径减小。这可以用电子与其原子核电荷增加的引力增加来解释。在族中,从上到下,原子半径增大,因为电子层数增加。

Энергия ионизации – это энергия, необходимая для отрыва наиболее слабо связанного электрона от атома. Это мера металличности (восстановительных) свойств. Энергия ионизации увеличивается в периодах и уменьшается в группах. Наименьшая энергия ионизации у франция.

电离能 – 这是从原子中剥离结合最弱的电子所需的能量。它是金属性(还原性)性质的度量。在周期中,电离能增加,在族中减小。铯的电离能最小。

Сродством к электрону называется энергетический эффект при присоединении к атому одного электрона. Сродство к электрону увеличивается в периодах и уменьшается в группах. Это мера неметалличности (окислительных) свойств. Наибольшее сродство к электрону у фтора.

电子亲和力是指将一个电子加入原子时的能量效应。在周期中,电子亲和力增加,在族中减小。它是非金属性(氧化性)性质的度量。氟的电子亲和力最大。

Электроотрицательность (ЭО) – способность атома данного элемента в соединениях притягивать к себе электроны, участвующие в образовании химической связи.

Широко распространена относительная школа электроотрицательностей, введенная Л. Полингом, в которой электроотрицательность фтора принята равной четырем. *Электроотрицательность элемента увеличивается в периодах и уменьшается в группах.*

电负性 – 是指某元素原子在化合物中吸引参与形成化学键的电子的能力。

广泛应用的相对电负性尺度, 由L.保林提出, 其中氟的电负性被定为四。元素的电负性在周期内增加, 而在族中减少。

В периоде наблюдается увеличение заряда ядра, увеличение притяжения электронов к ядру, увеличение энергии ионизации, электроотрицательности, уменьшение атомных радиусов, переход от металлических свойств к неметаллическим.

В группе увеличивается число электронных уровней, увеличиваются размеры атомов, уменьшается энергия ионизации, притяжение внешних электронов к ядру, усиливаются металлические свойств.

在周期内, 核电荷增加, 电子对核的吸引力增强, 电离能和电负性增加, 原子半径减小, **元素性质由金属向非金属过渡。**

在族内, 电子层数增加, 原子尺寸增大, 电离能减小, 外层电子对核的吸引力减弱, **金属性增强。**

Пример 1. *Характеристика s-элемента кальция.*

示例1. s-元素钙的特征.

1. ${}_{20}^{40}\text{Ca}$ $\bar{e}=20, p=20, n=20.$

2. Элемент s-электронного семейства, поскольку кальций является элементом второй группы главной подгруппы.

元素属于s-电子族。由于钙是主族第二族的元素。

3. В атоме четыре уровня (элемент четвертого периода).

原子有四个能级 (第4周期元素)。

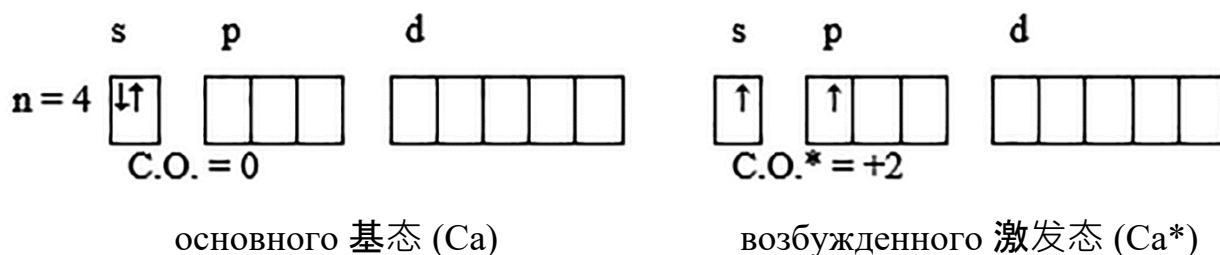
${}_{20}\text{Ca}$	K	L	M	N
	2	8	8	2

4. Электронные формулы (电子组态) :

полная (完整组态) – $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$;

сокращенная (简写组态) – $4s^2$.

5. Электронно-графические формулы валентного уровня различных состояний атома (不同状态下的价电子层的电子轨道图) :



6. Кальций – активный металл. Оксид CaO и гидроксид Ca(OH)_2 проявляют основные свойства.

钙是活泼金属。 CaO 和 Ca(OH)_2 表现出碱性特性。

Пример 2. Характеристика p-элемента брома.

示例 2. p-元素溴的特性.

1. ${}_{35}^{80}\text{Br}$ $\bar{e} = 35$, $p = 35$, $n = 45$.

2. Элемент p-электронного семейства (элемент седьмой группы главной подгруппы).

元素属于p-电子族 (主族第七族元素)。

3. Бром находится в 4-ом периоде (в атоме четыре уровня).

溴在第4周期 (原子有四个能级) .

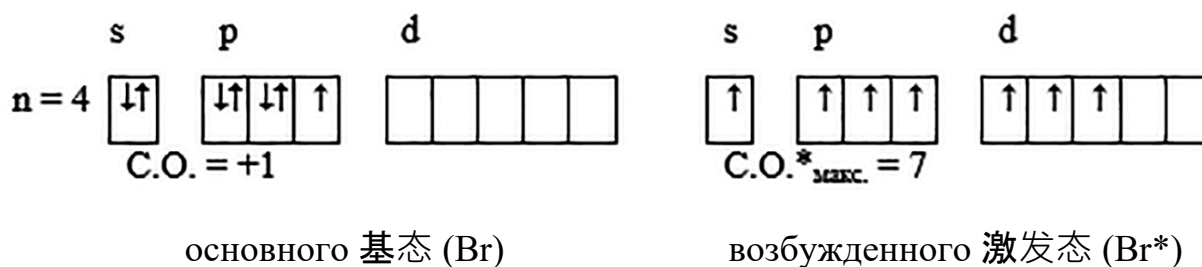
${}_{35}\text{Br}$	K	L	M	N
	2	8	18	7

4. Электронные формулы (电子组态) :

полная (完整组态) – $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^5$;

сокращенная (简写组态) – $4s^2 4p^5$.

5. Электронно-графические формулы валентного уровня различных состояний атома (不同状态下的价电子层的电子轨道图) :



6. Бром является неметаллом, его оксиды и гидроксиды проявляют кислотные свойства:

Br_2O , HBrO – бромноватистая кислота;

Br_2O_3 , HBrO_2 – бромистая кислота;

Br_2O_5 , HBrO_3 – бромноватая кислота;

Br_2O_7 , HBrO_4 – бромная кислота.

Водородное соединение HBr имеет свойства, аналогичные HCl .

溴是一种非金属, 其氧化物和氢氧化物表现出酸性性质。

Br_2O , HBrO – 溴亚酸;

Br_2O_3 , HBrO_2 – 溴酸;

Br_2O_5 , HBrO_3 – 溴酸;

Br_2O_7 , HBrO_4 – 溴酸.

氢化物 HBr 具有类似于 HCl 的性质。

Пример 3. Характеристика d -элемента марганца.

示例 3. d -元素锰的特性.

1. ${}_{25}^{55}\text{Mn}$ $\bar{e} = 25$, $p = 25$, $n = 30$.

2. Марганец – элемент d -электронного семейства (4 период, VII группа, побочная подгруппа).

锰是 d -电子族元素 (第4周期, 第VII族, 副族).

3. У марганца четыре энергетических уровня (элемент 4-го периода):

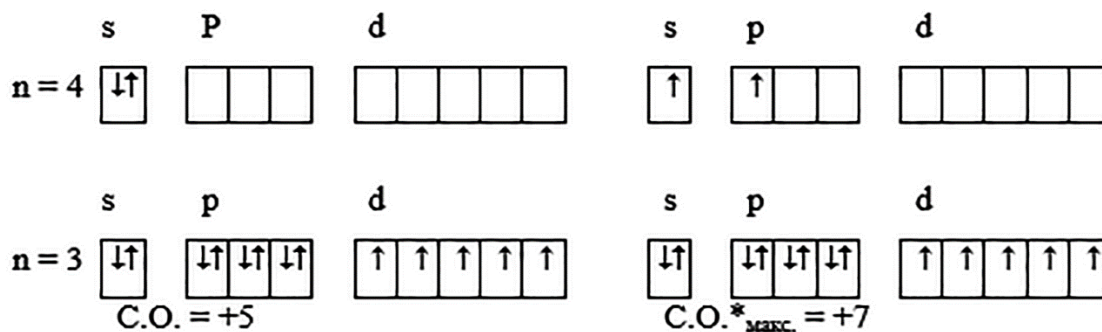
${}_{25}\text{Mn}$	K	L	M	N
	2	8	13	2

4. Электронные формулы (电子组态) :

полная (完整组态) – $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^5$;

сокращенная (简写组态) – $4s^2 3d^5$.

5. Электронно-графические формулы различных состояний атома (不同状态下的价电子层的电子轨道图) :



основного **基态** (Mn)

возбужденного **激发态** (Mn^*)

6. Наружный электронный слой атома марганца содержит два электрона, что обуславливает металлический характер данного элемента. Вместе с тем марганец проявляет положительные степени окислителя: +2; +3; +4; +6 и +7, но наиболее устойчивыми являются те соединения, в которых степень окисления составляет 2; 4; 7.

锰原子的外层电子层包含两个电子，这赋予了它金属性。与此同时，锰表现出 +2、+3、+4、+6和+7的正氧化态，但最稳定的化合物中锰的氧化态通常是 2、4、7。

7. Марганец является переходным металлом (занимает переходное положение между электронно-положительными s-элементами и электроотрицательными p-элементами). Оксиды и гидроксиды переходных элементов в низших степенях окисления проявляют обычно основные свойства, в то время как высшие оксиды и гидроксиды являются амфотерными или чаще обладают кислотными свойствами.

锰是过渡金属（位于电子正性 s-元素和电子负性 p-元素之间的过渡位置）。过渡元素的氧化物和氢氧化物在低氧化态时通常表现出基本性质，而在高氧化态时则表现出两性或更常见的酸性性质。



Гидроксид марганца (II) является основным; Mn(OH)_4 – амфотерным; H_2MnO_4 и HMnO_4 – кислоты.

锰的氢氧化物 Mn(OH)_2 是碱性的, Mn(OH)_4 是两性的, H_2MnO_4 和 HMnO_4 是酸性的。

ЛЕКЦИЯ 2. РАСТВОРЫ (ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКАЯ ДИССОЦИАЦИЯ, ГИДРОЛИЗ)

第二讲。溶液（电解解离、水解）

Теория электролитической диссоциации

电解质解离理论

Вещества, проводящие в водном растворе электрический ток – соли, основания, кислоты, называются электролитами.

Распад вещества на ионы под действием молекул растворителя называется электролитической диссоциацией.

Сущность теории электролитической диссоциации:

1. Электролиты при растворении в воде распадаются (диссоциируют) на положительные и отрицательные ионы.

2. Под действием электрического тока положительно заряженные ионы движутся к катоду, отрицательно заряженные к аноду. Первые называют катионами, вторые – анионами.

3. Диссоциация – процесс обратимый, поскольку параллельно идет распад молекул на ионы (диссоциация) и процесс соединения ионов в молекулы (ассоциация).

4. Легче диссоциируют вещества с ионной связью. При их растворении диполи воды ориентируются вокруг положительно и отрицательно заряженных ионов. Между ионами и диполями воды возникают силы взаимного притяжения, в результате связь между ионами ослабевает, происходит диссоциация на ионы. При этом образуются гидратированные ионы, то есть ионы химически связаны с молекулами воды.

第二讲。溶液（电解解离、水解）

在水溶液中能够导电的物质 - 盐, 碱, 酸被称为电解质。

物质在溶剂分子的作用下解离成离子的过程称为电解质解离。

电解质解离理论的本质:

1. 电解质在水中溶解时解离成正离子和负离子。

2. 在电流的作用下, 正电荷的离子向阴极移动, 负电荷的离子向阳极移动。前者称为阳离子, 后者称为阴离子。

3. 解离是一个可逆过程, 因为分子解离成离子(解离)和离子重新结合成分子(结合)的过程是并行进行的。

4. 具有离子键的物质更易解离。当它们溶解时, 水的偶极子会围绕正电荷和负电荷的离子定向。离子与水的偶极子之间产生相互吸引力, 从而削弱了离子之间的键, 导致离子解离。由此产生的水合离子, 即与水分子化学结合的离子。

Диссоциация солей, кислот, оснований

盐、酸、碱的解离

Кислотами называют электролиты, которые при диссоциации образуют в качестве катионов только ионы водорода.

酸是指在电离时仅形成氢离子作为阳离子的电解质。

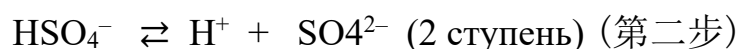
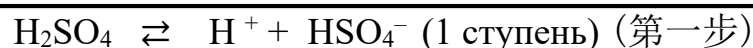


Кислоты в воде диссоциируют на ионы водорода и кислотные остатки - анионы. *Основность кислот* определяется числом ионов водорода, которые образуются при диссоциации одной ее молекулы.

酸在水中电离成氢离子和酸根离子。酸的酸性取决于其分子在电离时形成的氢离子数目。

Двух и многоосновные кислоты диссоциируют ступенчато.

多元酸电离分步进行。



Диссоциация многоосновной кислоты протекает главным образом по первой ступени, в меньшей мере по второй ступени и лишь в незначительной степени по третьей.

Основаниями называются электролиты, которые при диссоциации образуют в качестве анионов только гидроксид-ионы.

多元酸的电离主要发生在第一步，第二步次之，第三步电离最弱。碱是指在电离时仅形成氢氧根离子的电解质。



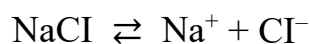
Кислотность основания определяют числом гидроксильных групп в его молекуле. Двух- и многоосновные основания диссоциируют ступенчато.

碱的碱性取决于其分子中氢氧根离子的数目。多元碱电离分步进行。



Соли – электролиты, которые при диссоциации образуют катионы металлов (относится и катион аммония NH_4^+) и анионы кислотных остатков.

盐是指在电离时形成金属阳离子（包括铵根 NH_4^+ ）和酸根阴离子的电解质。



В зависимости от состава различают следующие типы солей: средние, кислые, основные, двойные и комплексные.

根据组成，盐可以分为以下几种类型：中盐、酸式盐、碱式盐、复盐和络盐。

Диссоциация кислых солей (酸式盐的电离):



Анионы кислых солей подвергаются дальнейшей диссоциации. Кислые соли диссоциируют ступенчато: вначале отщепляются ионы металла, а затем ионы водорода.

酸式盐的阴离子进一步电离。酸式盐分步电离：先离解出金属离子，再离解出氢离子。

Диссоциация основных солей (碱式盐的电离):



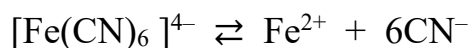
Катионы основных солей подвергаются дальнейшей диссоциации, основные соли также диссоциируют ступенчато.

碱式盐的阳离子进一步电离，碱式盐也分步电离。

Двойные соли диссоциируют на два типа катиона и один тип анионов (复盐电离成两种类型的阳离子和一种类型的阴离子):



Комплексные соли диссоциируют в две стадии (络盐分两阶段电离):



Степень диссоциации (α) – это отношение числа распавшихся на ионы молекул (n) к общему числу растворенных молекул (N).

电离度 (α) – 是指解离为离子的分子数 n 与溶解的总分子数 N 的比值.

$$\alpha = \frac{n}{N} \quad (1)$$

Степень диссоциации определяется опытным путем и выражается в долях единицы или в процентах. Если диссоциация отсутствует, то $\alpha = 0$; если электролит полностью распадается на ионы, то $\alpha = 1$ или 100 %. Если $\alpha = 70\%$, то это означает, что из 100 молекул данного электролита 70 распалось на ионы.

Основываясь на значениях степени диссоциации, электролиты делятся:

более 30 % – сильные электролиты;

от 3 до 30 % – средние электролиты;

менее 3 % – слабые электролиты.

电离度通过实验确定，以小数或百分数表示。如果没有电离，则 $\alpha = 0$ ；如果电解质完全解离成离子，则 $\alpha = 1$ 或 100%。如果 $\alpha = 70\%$ ，则表示每 100 个电解质分子中有 70 个解离成离子。

根据电离度，电解质分为： $>30\%$ – 强电解质；3% 到 30% – 中等电解质； $<3\%$ – 弱电解质。

На степень диссоциации влияют следующие факторы: природа растворителя; природа растворенного вещества; температура; концентрация растворов; наличие одноименных ионов.

У сильных электролитов с повышением температуры степень диссоциации уменьшается, у слабых проходит через максимум (в области 60 °C). С увеличением концентрации раствора степень диссоциации уменьшается. Добавление одноименных ионов уменьшает степень диссоциации.

电离度受以下因素影响：溶剂的性质；溶质的性质；温度；溶液的浓度；同离子效应的存在。

对于强电解质，温度升高电离度下降；对于弱电解质，电离度在约 60 °C 时达到最大值。溶液浓度增加时电离度下降。添加同离子使电离度下降。

Сильные электролиты при растворении в воде практически полностью диссоциируют на ионы. Слабые электролиты при растворении в воде диссоциируют на ионы лишь частично.

第二讲。溶液（电解解离、水解）

强电解质在水中几乎完全解离成离子。

弱电解质在水中仅部分解离成离子。

Таблица 1 – Сильные и слабые электролиты
表1 – 强电解质和弱电解质

Класс электролита 电解质类别	Сильные электролиты 强电解质	Слабые электролиты 弱电解质
Соли 盐类	большинство растворимых в воде солей 大多数可溶于水的盐类	галогениды некоторых металлов (Hg ²⁺ , Cd ²⁺ , Bi ³⁺); некоторые соли многоосновных органических кислот 一些金属的卤化物 (Hg ²⁺ , Cd ²⁺ , Bi ³⁺); 一些多元有机酸的盐
Кислоты 酸类	HCl, HBr, HI, H ₂ SO ₄ , HNO ₃ , HClO ₃ , HClO ₄ , HMnO ₄	HI, H ₂ S, H ₂ SO ₃ , HNO ₂ , H ₃ PO ₄ , H ₂ CO ₃ , H ₂ SiO ₃ , органические кислоты (有机酸)
Основания 碱类	гидроксиды элементов групп IA (Li – Fr) и IIA (Ca – Ra) 元素的氢氧化物	нерастворимые в воде основания 不溶于水的碱类和, NH ₄ OH
Комплексные соединения 配合物	имеющие внешнюю сферу 具有外层配位球	не имеющие внешней сферы 不具有外层配位球

Водородный показатель

氢离子指数

Отрицательный логарифм концентрации ионов водорода называется водородным показателем (pH).

氢离子浓度的负对数称为氢离子指数 (pH)。

$$pH = -\lg [H^+] \quad pOH = -\lg [OH^-] \quad pH + pOH = 14$$

Для нейтрального раствора pH = 7, кислого – pH < 7, щелочного – pH > 7.

对于溶液：中性 pH = 7, 酸性 pH < 7, 碱性 pH > 7.

Гидролиз солей

盐的水解

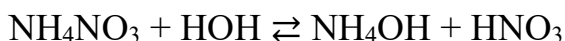
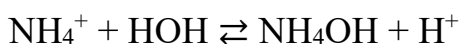
Гидролиз солей – это взаимодействие ионов соли с водой, приводящее к образованию слабого электролита. Гидролизу не подвергаются соли, образованные сильной кислотой и сильным основанием.

盐的水解是指盐的离子与水分子反应生成弱电解质的过程。由强酸和强碱形成的盐通常不发生水解。

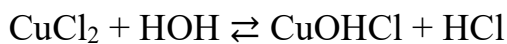
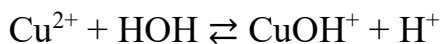
Случаи гидролиза солей (盐的水解类型):

1. **По катиону** (соль образована слабым основанием и сильной кислотой).

1. 阳离子水解 (由弱碱和强酸形成的盐)



слабое основание (生成弱碱)

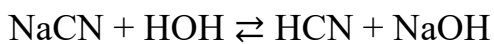
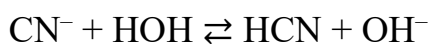


основная соль (生成碱式盐)

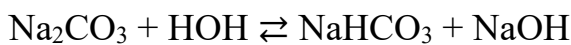
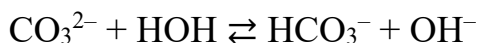
среда кислая (溶液呈酸性), pH < 7

2. **По аниону** (соль образована слабой кислотой и сильным основанием).

2. 阴离子水解 (由弱酸和强碱形成的盐)



слабая кислота (生成弱酸)

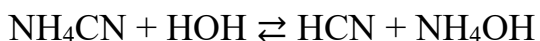


кислая соль (生成酸式盐)

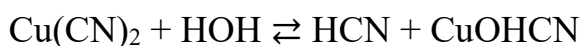
среда щелочная (溶液呈碱性), pH > 7

3. По катиону и аниону (соль образована слабой кислотой и слабым основанием).

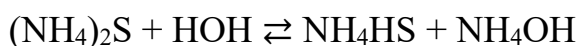
3. 阳离子和阴离子共同水解（由弱酸和弱碱形成的盐）



слабая кислота и слабое основание (生成弱酸和弱碱)



основная соль и слабая кислота (生成碱式盐和弱酸)



кислая соль и слабое основание (生成碱式盐和弱酸)

среда нейтральная (溶液呈中性), pH = 7

*Отношение числа гидролизированных молекул соли к общему числу молекул соли, находящихся в растворе, называется **степенью гидролиза (h)**. Она увеличивается с повышением температуры и с разведением раствора.*

溶液中水解的盐分子数与总盐分子数的比值称为水解度 (*h*)。水解度随着温度升高和溶液稀释而增加。

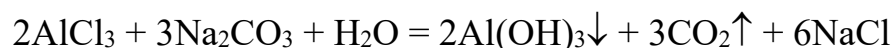
Наиболее сильно гидролизуются соли, образованные взаимодействием слабых кислот и слабых оснований. В этом случае реакция гидролиза может практически идти до конца с образованием продуктов гидролиза, которые уходят из раствора в виде нерастворимых или газообразных веществ. Полному (необратимому) гидролизу подвергаются соли, образованные слабыми многовалентными основаниями и слабыми многоосновными кислотами.

由弱酸和弱碱形成的盐最易水解。在这种情况下，水解反应几乎可以完全进行，生成不溶或气态的水解产物。由多价弱碱和多元弱酸形成的盐完全（不可逆）水解。



По этой причине нельзя получить в водном растворе сульфиды и карбонаты Al^{3+} , Cr^{3+} , Fe^{3+} и др. Например, при взаимодействии AlCl_3 с Na_2CO_3 не образуется $\text{Al}_2(\text{CO}_3)_3$, а выпадает в осадок $\text{Al}(\text{OH})_3$ и выделяется углекислый газ CO_2 .

由于这个原因，不能在水溶液中得到 Al^{3+} 、 Cr^{3+} 、 Fe^{3+} 等的硫化物和碳酸盐。例如，当 AlCl_3 与 Na_2CO_3 反应时，不形成 $\text{Al}_2(\text{CO}_3)_3$ ，而是沉淀出 $\text{Al}(\text{OH})_3$ ，并释放出二氧化碳 CO_2 。



ЛЕКЦИЯ 3.

ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ РЕАКЦИИ

第三讲。 氧化还原反应

Реакции, которые проходят с изменением степеней окисления атомов, входящих в состав реагирующих веществ, называются **ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫМИ**.

涉及反应物中原子氧化态变化的反应称为氧化还原反应。

Для вычисления степени окисления элемента следует учитывать следующие положения (计算元素氧化态时应考虑以下几项):

1. Степени окисления атомов в простых веществах равны нулю (Na^0 ; H_2^0).
单质中的原子氧化态为零 (Na^0 ; H_2^0).

2. Постоянную степень окисления имеют атомы (一些原子的氧化态恒定):
щелочных металлов (+1), щелочноземельных металлов (+2), водорода (+1) (кроме гидридов NaH , CaH_2 и других, где степень окисления водорода составляет (-1)); кислорода (-2) (кроме $\text{F}_2^{-1}\text{O}^{+2}$ и пероксидов, в которых степень окисления кислорода составляет (-1)).

碱金属(+1)、碱土金属(+2)、氢(+1)但在氢化物如 NaH 、 CaH_2 等中为-1、氧为(-2) (除 $\text{F}_2^{-1}\text{O}^{+2}$ 和过氧化物中氧化态为-1)。

3. Алгебраическая сумма степеней окисления всех атомов, входящих в состав молекулы, всегда равна нулю, а в сложном ионе эта сумма будет равна заряду иона.

分子中所有原子的氧化态代数和等于零, 复杂离子中代数和等于离子电荷。

4. Для элементов положительная степень окисления не может превышать величину, равную номеру группы периодической системы.

元素的正氧化态不应超过其在周期表中的族号。

Примеры (示例) :



Окисление – процесс отдачи электронов атомами, молекулами, ионами.

Процесс окисления сопровождается увеличением степени окисления восстановителя.

氧化 - 是原子、分子、离子失去电子的过程。

氧化过程伴随着还原剂的氧化态增加。

Восстановление – процесс присоединения электронов атомами, молекулами, ионами. При восстановлении происходит уменьшение степени окисления окислителя.

还原 - 是原子、分子、离子获取电子的过程。

还原过程伴随着氧化剂的氧化态降低。

Окислители – атомы и молекулы, присоединяющие электроны. В качестве окислителей выступают: свободные неметаллы (галогены, кислород, сера); кислородсодержащие ионы и молекулы, в которых центральный ион имеет высшую или высокую степень окисления (H_2SO_4 , HNO_3 , KMnO_4); одноатомные катионы, в которых элементы проявляют свою высшую степень окисления (Fe^{+3} , Ag^+ , H^+).

氧化剂 - 是能够获得电子的原子和分子。

常见的氧化剂包括：自由非金属（卤素、氧、硫）；含氧离子和分子，其中中心离子的氧化态较高（如 H_2SO_4 、 HNO_3 、 KMnO_4 ）；单原子阳离子，其元素表现出最高的氧化态（如 Fe^{+3} 、 Ag^+ 、 H^+ ）。

Восстановители – атомы и молекулы, отдающие электроны. В качестве восстановителей выступают: свободные металлы; некоторые неметаллы (C , H_2); многоатомные ионы и молекулы, в которых центральный атом проявляет низшую степень окисления (H_2S , NH_3); одноатомные ионы, в которых элемент проявляет низшую степень окисления (I^- , S^{-2} , Sn^{+2} , Fe^{+2}).

第三讲。 氧化还原反应

还原剂 - 是能够失去电子的原子和分子。

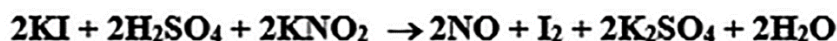
常见的还原剂包括：自由金属；某些非金属（如C, H₂）；多原子离子和分子，其中中心原子表现出最低的氧化态（如H₂S, NH₃）；单原子离子，其元素表现出最低的氧化态（如I⁻, S⁻², Sn⁺², Fe⁺²）。

Вещества, содержащие атомы в промежуточной степени окисления, могут быть окислителями и восстановителями (KNO₂, Na₂SO₃).

同时具有氧化和还原性质的物质 - 含有中间氧化态原子的物质可以既是氧化剂又是还原剂（如KNO₂、Na₂SO₃）。



$\text{Mn}^{+7} + 5 \bar{e} \rightarrow \text{Mn}^{+2}$	2	окислитель, восстановление (氧化剂, 还原)
$\text{N}^{+3} - 2 \bar{e} \rightarrow \text{N}^{+5}$	5	восстановитель, окисление (还原剂, 氧化)



$\text{N}^{+3} + \bar{e} \rightarrow \text{N}^{+2}$	2	окислитель, восстановление (氧化剂, 还原)
$\text{I}^- + 2 \bar{e} \rightarrow \text{I}_2$	1	восстановитель, окисление (还原剂, 氧化)

В периодической системе Д. И. Менделеева с повышением порядкового номера элемента у простых веществ в периодах восстановительные свойства понижаются, окислительные – возрастают и становятся максимальными у галогенов. В группах периодической системы с повышением порядкового номера элемента возрастают восстановительные свойства, окислительные ослабевают.

在门捷列夫元素周期表中，随着元素的原子序数增加，在同一周期内，简单物质的还原性降低，氧化性增加，且在卤素中达到最大。在同一族内，随着元素的原子序数增加，还原性增加，氧化性降低。

Классификация окислительно-восстановительных реакций

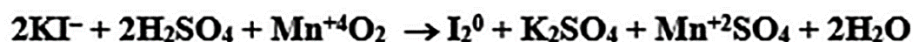
氧化还原反应的分类

К межмолекулярным окислительно-восстановительным реакциям относятся реакции, в которых меняются степени окисления атомов элементов в молекулах (ионах) разных веществ.

分子间的氧化还原反应 - 在这些反应中, 分子(或离子)中元素的氧化态发生变化。



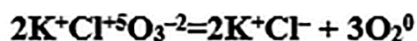
$\text{N}^{+5} + 3 \bar{e} \rightarrow \text{N}^{+2}$	2	ОКИСЛИТЕЛЬ, ВОССТАНОВЛЕНИЕ (氧化剂, 还原)
$\text{Cu}^0 - 2 \bar{e} \rightarrow \text{Cu}^{+2}$	3	ВОССТАНОВИТЕЛЬ, ОКИСЛЕНИЕ (还原剂, 氧化)



$\text{Mn}^{+4} + 2 \bar{e} \rightarrow \text{Mn}^{+2}$	1	ОКИСЛИТЕЛЬ, ВОССТАНОВЛЕНИЕ (氧化剂, 还原)
$2\text{I}^- - 2 \bar{e} \rightarrow \text{I}_2$	1	ВОССТАНОВИТЕЛЬ, ОКИСЛЕНИЕ (还原剂, 氧化)

Реакции, в которых окислитель и восстановитель находятся в составе одной и той же молекулы, называются реакциями внутримолекулярного окисления-восстановления.

分子内的氧化还原反应 - 在这些反应中, 氧化剂和还原剂存在于同一分子中。



$\text{Cl}^{+5} + 6 \bar{e} \rightarrow \text{Cl}^-$	1	ОКИСЛИТЕЛЬ, ВОССТАНОВЛЕНИЕ (氧化剂, 还原)
$\text{O}^{-2} - 2 \bar{e} \rightarrow \text{O}^0$	3	ВОССТАНОВИТЕЛЬ, ОКИСЛЕНИЕ (还原剂, 氧化)

В реакциях диспропорционирования молекулы вещества с промежуточной степенью окисления реагируют друг с другом как окислитель и восстановитель; в результате образуются вещества, где степени окисления повышаются и понижаются одновременно.

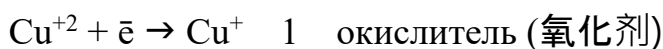
第三讲。 氧化还原反应

歧化反应 - 含中间氧化态的物质分子相互作为氧化剂和还原剂反应，生成氧化态分别升高和降低的物质。



В реакциях компропорционирования участвуют два вещества, содержащих атомы одного элемента в разных степенях окисления, а образуются молекулы вещества, содержащие атомы того же элемента в промежуточной степени окисления.

比例反应 - 反应中参与物质含有相同元素的不同氧化态，生成的物质含有该元素的中间氧化态。



Влияние внешних условий

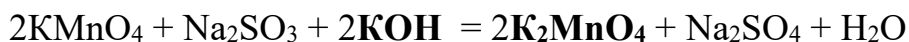
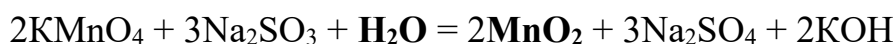
на продукты окислительно-восстановительных реакций

外部条件对氧化还原反应产物的影响

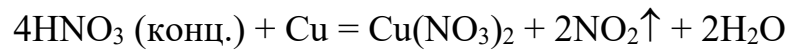
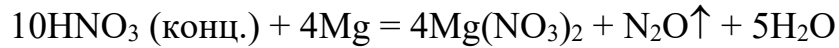
Продукты, образующиеся в результате окислительно-восстановительных реакций, зависят от факторов: среда раствора, концентрация реагентов, температура, вид катализатора.

氧化还原反应产物取决于溶液环境、反应物浓度、温度和催化剂类型等因素。

Влияние среды раствора (溶液环境的影响) :

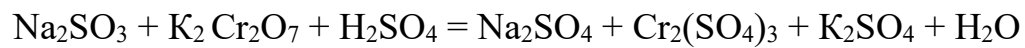


Влияние концентрации реагентов, активности металла (反应物浓度和金属活性的影响) :



Задание для закрепления материала лекции (巩固练习).

Расставьте коэффициенты (配平方程式) :



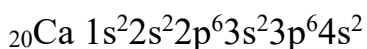
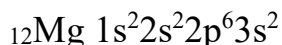
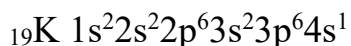
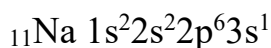
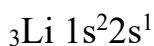
ЛЕКЦИЯ 4.

S-МЕТАЛЛЫ И ИХ СОЕДИНЕНИЯ

第四讲。S族金属及其化合物

S-металлы находятся в I группе (щелочные металлы) и II группе (щелочно-земельные металлы) главной подгруппы. На внешнем уровне атомы имеют s-электроны.

s-金属位于第I族（碱金属）和第II族主族（碱土金属）。原子外层有s电子。



Типичные металлы, обладающие блеском, высокой электрической проводимостью и теплопроводностью, химически очень активны. В группе с увеличением порядкового номера увеличиваются плотность, удельное электрическое сопротивление, уменьшаются температуры плавления, кипения.

典型金属，具有光泽，高导电性和导热性，化学活性高。在同一组中，随原子序数增加，密度和比电阻增加，熔点和沸点降低。

В природе s- металлы встречаются в виде солей:

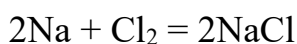
$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ – глауберова соль; NaNO_3 – чилийская селитра; NaCl – галит; KCl – сильвин; MgCO_3 – магнезит; $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ – доломит; CaCO_3 – известняк, мел, мрамор; $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_3$ – апатит, фосфорит.

s-金属在自然界以盐类形式存在： $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ – 芒硝； NaNO_3 – 智利硝石； NaCl – 岩盐； KCl – 光卤石； MgCO_3 – 菱镁矿； $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ – 白云； CaCO_3 – 石灰石、白垩、大理石； $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_3$ – 磷灰石、磷矿石。

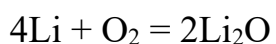
Химические свойства

化学性质

1. Образование галогенидов (卤化物的形成).

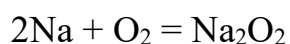


2. Взаимодействие с кислородом (与氧气反应).



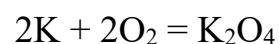
оксид Li

氧化物 Li



пероксид Na

过氧化物 Na

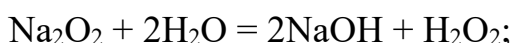


надпероксид K

超氧化物 K

Гидролиз пероксидов и надпероксидов:

过氧化物和超氧化物的水解:



Пероксиды и надпероксиды щелочных металлов – сильные окислители:

碱金属的过氧化物和超氧化物是强氧化剂:



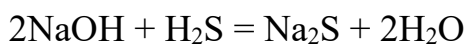
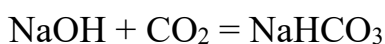
Оксиды щелочных металлов взаимодействуют с водой:

碱金属氧化物与水反应:

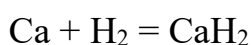
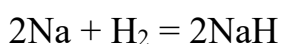


Щелочи реагируют с кислотами и кислотными оксидами:

碱与酸和酸性氧化物的反应:

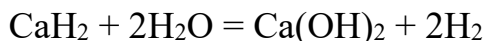
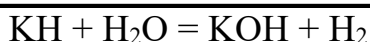


3. Образование гидридов (氢化物的形成):

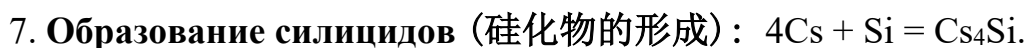
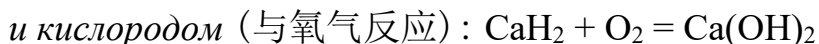
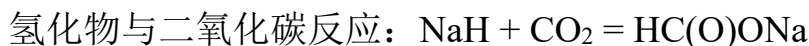


При гидролизе гидридов выделяется водород:

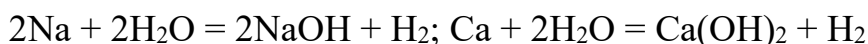
氢化物水解时产生氢气:



Гидриды взаимодействуют с углекислым газом:



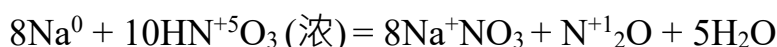
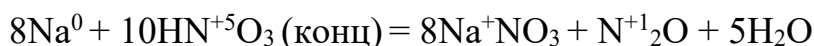
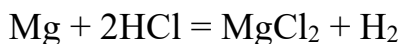
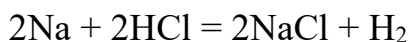
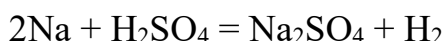
9. **Взаимодействие с водой (与水的反应):**



При этом Li реагирует спокойно, Na – энергично; остальные металлы реагируют со взрывом, воспламеняется выделяющийся H_2 .

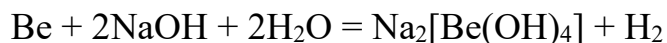
Li – 安静地反应, Na – 活跃地反应, 其他金属与水反应剧烈, 产生的 H_2 会燃烧爆炸.

10. **Взаимодействие с кислотами (与酸的反应):**



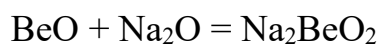
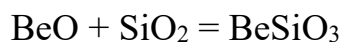


Бериллий взаимодействует со щелочами (铍与碱的反应):



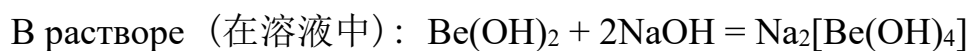
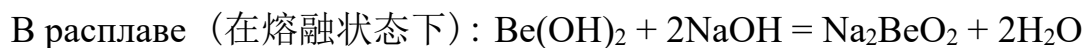
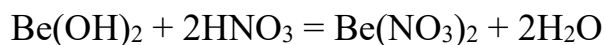
Амфотерными свойствами обладает оксид бериллия:

铍氧化物的两性性质:



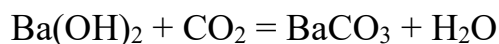
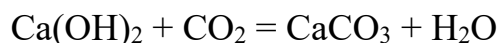
Амфотерность гидроксида бериллия подтверждается реакциями:

铍氢氧化物的两性反应:



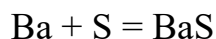
При пропускании углекислого газа через растворы гидроксидов получают карбонаты:

通过将二氧化碳通入氢氧化物溶液中，可以获得碳酸氢盐:

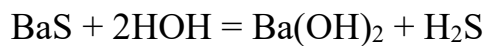


При взаимодействии металлов группы IIA с серой образуются сульфиды:

与第IIA族金属与硫反应形成硫化物:

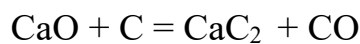


Сульфиды легко подвергаются гидролизу (硫化物易于水解):



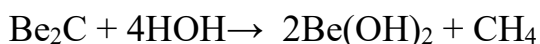
Карбиды металлов получают при нагревании их оксидов с углеродом:

这些金属的碳化物通过加热其氧化物与碳来获得:



Карбиды имеют различный состав (Mg_2C_3 , Be_2C , MgC_2). Они также легко гидролизуются:

碳化物有不同的组成（例如 Mg_2C_3 、 Be_2C 、 MgC_2 ）。它们也很容易水解：

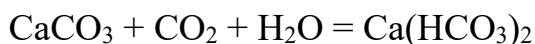


Сульфаты, карбонаты, силикаты, фосфаты, арсенаты, фториды (кроме BeF_2) нерастворимы в воде.

硫酸盐、碳酸盐、硅酸盐、磷酸盐、砷酸盐、氟化物（除了 BeF_2 ）在水中不溶解。

При действии CO_2 на осадок карбоната кальция и карбоната магния образуются гидрокарбонаты:

当 CO_2 作用于碳酸钙和碳酸镁沉淀时，会生成碳酸氢盐：



S-металлы и их соединения широко применяются в технике и технологиях: как химические источники тока (литиевые батарейки, аккумуляторы); для получения сплавов для подшипников; в пиротехнике и в органическом синтезе; в гальванотехнике; как теплоносители в ядерных реакторах; в качестве калийных удобрений; в медицине и оптике.

S-金属及其化合物广泛应用于技术和工艺中：如化学电源（锂电池、蓄电池）、轴承合金、烟火和有机合成、电镀技术、核反应堆的冷却剂、钾肥、医学和光学。

ЛЕКЦИЯ 5.

p-МЕТАЛЛЫ И ИХ СОЕДИНЕНИЯ

第五讲。 P-金属及其化合物

Общая характеристика p-металлов

p-金属的一般特征

В периодической системе 30 p-элементов – это элементы главных подгрупп подгруппы III, IV, V, VI, VII, VIII. Строения внешнего электронного уровня атомов элементов следующие: ns^2p^1 ; ns^2p^2 ; ns^2p^3 ; ns^2p^4 ; ns^2p^5 ; ns^2p^6 . Восстановительная активность у p-элементов выражена слабо, кроме алюминия. У данных элементов валентны не только p-электроны, но и s-электроны внешнего уровня. Высшая степень окисления p-элементов равна номеру группы, в которой они находятся.

在周期表中有30种p-元素，这些元素属于III, IV, V, VI, VII, VIII 主族。元素的外层电子结构为： ns^2p^1 ; ns^2p^2 ; ns^2p^3 ; ns^2p^4 ; ns^2p^5 ; ns^2p^6 。除了铝以外，p-元素的还原性较弱。这些元素的价电子不仅包括p-电子，还包括外层的s-电子。p-元素的最高氧化态等于它们所在族的族号。

Физические и химические свойства алюминия

铝的物理性质和化学性质

Алюминий в периодической системе расположен в третьем периоде, IIIA-группе. 铝在周期表中位于第三周期，IIIA族。

Валентность: III. Степень окисления: +3. Электронное строение: $1s^22s^22p^63s^23p^1$

价态: III 氧化态: +3 电子结构: $1s^22s^22p^63s^23p^1$

Алюминий по распространению в природе занимает третье место (после кислорода и кремния). Он встречается в виде соединений. Важнейшие руды алюминия включают:

$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ – бокситы;

$\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ – алунит;

$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – каолин;

$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – нефелин;

Al_2O_3 – минерал корунд.

Прозрачные кристаллы корунда могут быть окрашены в красный цвет – рубин (примесь Cr(III)) или синий цвет – сапфир (примесь Ti(III) и Fe(III)) (драгоценные камни).

铝在地壳中的分布排名第三（仅次于氧和硅）。在自然界中，它以化合物的形式存在。铝的主要矿石包括：

$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ – 铝土矿；

$\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ – 明矾石；

$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – 高岭土；

$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – 霞石；

Al_2O_3 – 矿物刚玉。

透明的刚玉晶体可能会被染成红色 – 红宝石 (Cr(III)的杂质) 或蓝色 – 蓝宝石 (Ti(III)和Fe(III)的杂质) (宝石)。

Алюминий – сильный восстановитель. Температура плавления 660 °С, плотность – 2,7 г/см³. Обладает высокой тепло- и электропроводностью. В ряду напряжения металлов алюминий стоит после щелочных и щелочно-земельных металлов.

铝是强还原剂。熔点为660°C，密度为2.7 g/cm³，具有良好的导热性和导电性。在金属电极电位中，铝位于碱金属和碱土金属之后。

Сплавы алюминия включают: магналин (с магнием), силумин (с кремнием), дюралюмин (с медью, магнием и марганцем). Они являются конструкционным материалом для авиационного и транспортного машиностроения.

铝合金：镁铝合金（与镁），硅铝合金（与硅），铜铝合金（与铜、镁和锰）。这些合金用于航空和机械工程。

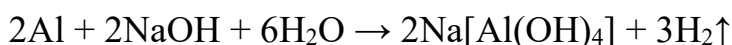
Алюминий – активный металл. На воздухе быстро покрывается защитной пленкой, а в воде – защитной пленкой гидроксида. Разрушение защитных пленок приводит к быстрой коррозии алюминия на воздухе и к активному взаимодействию с водой.

铝是活泼金属。在空气中迅速形成保护膜，在水中形成氢氧化物保护膜。这些保护膜的破坏会导致铝的快速腐蚀，并使其与水积极反应：



С водородом не взаимодействует. При взаимодействии со щелочами образует комплексные соединения:

与氢不发生反应。与碱反应形成配位化合物：

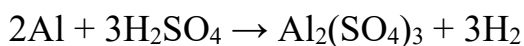
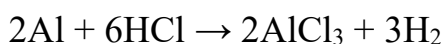


Взаимодействие с кислотами (与酸反应). Алюминий можно растворить «на холоде» в HCl и H_2SO_4 . С азотной кислотой он взаимодействует только при нагревании.

铝可以在常温下溶解在 HCl 和 H_2SO_4 中。与硝酸的反应只能在加热条件下发生。

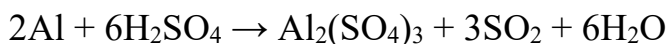
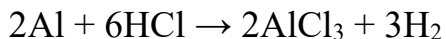
Взаимодействие алюминия с разбавленными кислотами «на холоде»:

铝与稀酸的相互作用"在寒冷":



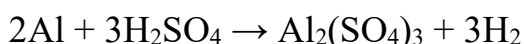
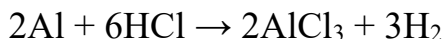
Взаимодействие алюминия с концентрированными кислотами «на холоде»:

铝与浓酸的相互作用"在寒冷":



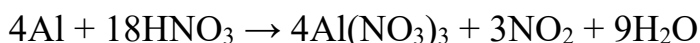
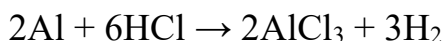
Взаимодействие с разбавленными кислотами при нагревании:

加热过程中与稀酸的相互作用:



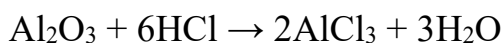
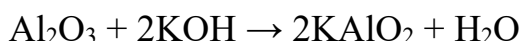
Взаимодействие с концентрированными кислотами при нагревании:

加热过程中与浓酸的相互作用:



Соединения алюминия (铝的化合物). Оксид алюминия Al_2O_3 является амфотерным, то есть растворяется и в кислотах, и в щелочах:

氧化铝 Al_2O_3 是两性氧化物, 可以溶解于酸和碱中:



Однако сильно прокаленный этот оксид не растворяется ни в кислотах, ни в щелочах.

Высокая прочность связи «Al – O – Al» и плотная кристаллическая структура определяют высокую температуру плавления (порядка 2 050 °C), твердость и огнеупорность оксида алюминия. Корунд по твердости уступает лишь алмазу и применяется в качестве абразивного материала в виде корундовых кругов и наждака. В качестве абразивного и огнеупорного материала широко используется искусственно получаемый из бокситов сильно прокаленный Al_2O_3 , называемый *алундом*. Благодаря высокой твердости искусственно

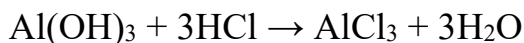
получаемые монокристаллы корунда (рубины) используют как опорные камни в точных механизмах. Искусственные рубины используют также в качестве квантовых генераторов (лазеры).

但高温煅烧的氧化铝不溶于酸和碱。

高铝氧-铝 (Al – O – Al) 键的高强度和致密的晶体结构决定了其高熔点 (约2050 °C)、硬度和铝氧化物的耐火性。刚玉在硬度上仅次于钻石, 被广泛用于作为研磨材料, 制成刚玉砂轮和砂纸。作为研磨和耐火材料, 还广泛使用从铝矾土制得的高温煅烧Al₂O₃, 被称为**氧化铝**。由于其高硬度, 人造单晶刚玉 (红宝石) 被用作精密机械中的轴承。人造红宝石还用于激光生成器 (激光器)。

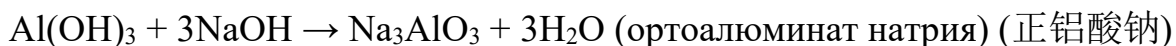
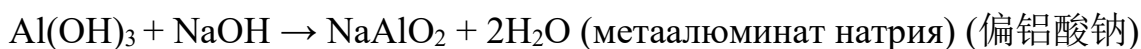
Гидроксид алюминия Al(OH)₃ – белый студенистый осадок, амфотерный, растворяется в кислотах и щелочах.

铝的氢氧化物 Al(OH)₃ 是白色胶状沉淀, 具有两性, 可以溶于酸和碱.



При сплавлении со щелочами гидроксид алюминия образует соли металалюминиевой или ортоалюминиевой кислот:

与碱共熔时, 铝的氢氧化物生成偏铝酸钠或正铝酸钠:



Одна из форм дегидротированного гидроксида алюминия – *алюмогель*, который используется в технике, в качестве адсорбента.

Из солей алюминия широкое применение имеют его сульфаты и квасцы KAl(SO₄)₂·12H₂O. Они используются в бумажной промышленности для

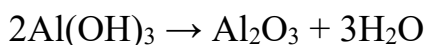
проклейки бумаги писчих сортов, в кожевенной – для дубления кожи, в текстильной – при крашении тканей. Ацетат алюминия $\text{Al}(\text{CH}_3\text{COO})_3$ используется для огнезащитной водонепроницаемой пропитки тканей.

铝的氢氧化物的一种形态 – 活性氧化铝，用于技术领域，作为吸附剂。

铝的盐类（如硫酸铝钾 $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ）广泛用于造纸工业，作为纸张的粘合剂，皮革工业中用于鞣制皮革，纺织工业中用于织物的染色和整理。醋酸铝 $\text{Al}(\text{CH}_3\text{COO})_3$ 用于防水整理织物。

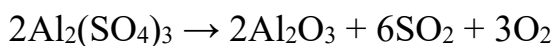
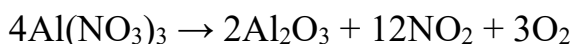
Гидроксид алюминия разлагается при нагревании:

加热时，铝的氢氧化物分解：



Соли алюминия (铝的盐类). Нитрат и сульфат алюминия при нагревании разлагаются:

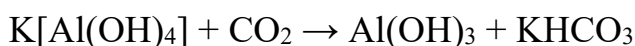
硝酸铝和硫酸铝在加热时分解：



Комплексные соли алюминия реагируют с кислотными оксидами. 铝的络合盐与酸性氧化物反应：

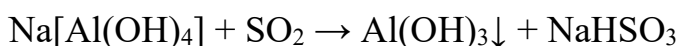
С углекислым газом:

与二氧化碳气体：



С сернистым газом SO_2 :

与二氧化硫(SO_2)反应：



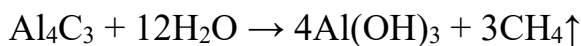
Сульфид алюминия разлагается водой:

硫化铝在水中分解：



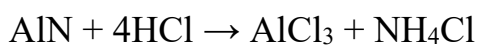
Карбид алюминия также разлагается водой при нагревании на гидроксид алюминия и метан:

碳化铝在加热时也会与水分解成氢氧化铝和甲烷:



Нитрид алюминия разлагается под действием минеральных кислот на соли алюминия и аммония:

氮化铝在无机酸的作用下分解成铝盐和铵盐:



Нитрид алюминия разлагается под действием воды:

氮化铝在水中分解:



Соединения олова и свинца

锡和铅的化合物

Олово – серебристо-белый металл. Важнейший минерал – SnO_2 . Различают две модификации: белое и серое олово.

Известно, что на оловянных предметах, длительное время находившихся на морозе, появляются серые пятна, называемые оловянной чумой.

Исследования показали, что обычное олово устойчиво при температуре не ниже $13,2\text{ }^\circ\text{C}$. При охлаждении оно может превращаться в *серое олово*. При этом значительно увеличивается объем металла, что приводит к его разрушению до состояния порошка. Превращение ускоряется при контакте обычного олова с частицами серого олова (отсюда и название – оловянная чума). Серое олово может превратиться в обычный металл только после переплавки. Выше температуры $161\text{ }^\circ\text{C}$ олово переходит в третью кристаллическую модификацию (ромбическую), становится очень хрупким, растирается в порошок, а при падении разбивается на мелкие куски.

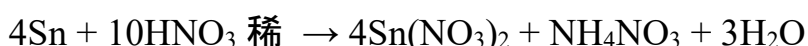
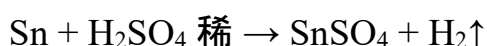
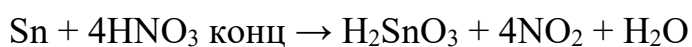
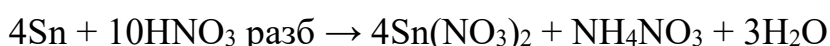
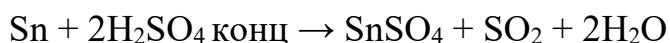
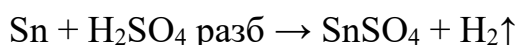
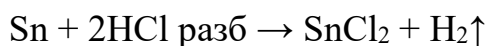
В обычных условиях – устойчиво на воздухе, не взаимодействует с водой.

锡 (Sn) 是一种银白色金属。最重要的矿物是二氧化锡 (SnO₂)。锡有两种主要的晶型：白锡和灰锡。已知在长时间处于低温下的锡器物上会出现灰色斑点，这种现象被称为“锡瘟”。研究表明，普通的锡在温度不低于13.2 °C 时是稳定的。在低温下，锡会转变成灰锡，并且体积显著增加，导致金属粉化。接触灰锡会加速这种转变（即“锡瘟”）。灰锡可以通过重熔转变回普通金属。温度高于161 °C时，锡会转变成第三种晶型（斜方晶型），变得非常脆，容易粉碎。

在常温下，锡在空气中是稳定的，不与水反应。

При нагревании выше 232 °C превращается в оксид SnO₂. В разбавленных кислотах растворяется медленно, в концентрированных – быстро:

加热至232 °C以上时，锡会转变为氧化物 (SnO₂)。在稀酸中，锡溶解较慢；在浓酸中，溶解较快：

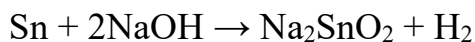


Metaоловянная кислота (α-оловянная кислота). α-оловянная кислота растворяется как в кислотах, так и в щелочах.

α -锡酸在酸和碱中均可溶解。

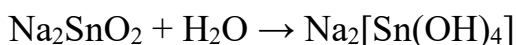
В щелочах растворяется с образованием станнитов:

在碱中形成锡酸盐:



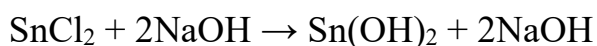
В водных растворах:

在水溶液中:

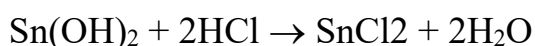


Гидроксид олова $\text{Sn}(\text{OH})_2$ получают при осаждении щелочей:

锡的氢氧化物 $\text{Sn}(\text{OH})_2$ 是用碱沉淀法得到的:



$\text{Sn}(\text{OH})_2$ – амфотерный гидроксид. $\text{Sn}(\text{OH})_2$ – 是两性氢氧化物。



$\text{Sn}(\text{OH})_4$ – амфотерный гидроксид, но кислотные свойства выражены сильнее. Другое название данного гидроксида – оловянная кислота.

是两性氢氧化物，但酸性更强，另一个名字是锡酸。

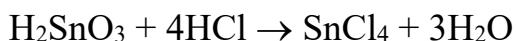
α -оловянная кислота получается действием NH_4OH :

α -锡酸是用 NH_4OH 得到的:



Кислота растворяется:

酸可以溶解:



$\text{Na}_2[\text{Sn}(\text{OH})_6]$ – соль, которая применяется в качестве протравы в красильном деле и для утяжеления шелка. Шелковая ткань, обработанная перед крашением станнатом натрия, может содержать олова до 50 % по весу.

$\text{Na}_2[\text{Sn}(\text{OH})_6]$ – 用作染色中的媒染剂和增加丝绸重量。处理过的丝绸重量可能含有高达 50% 的锡。

При реакции оловянных опилок с серой в присутствии хлорида аммония получается сульфид олова (IV) SnS_2 . Под названием сусальное золото это вещество применяется для позолоты дерева.

通过锡屑与硫在氯化铵存在下反应，可以得到硫化锡(IV) SnS_2 。这种物质称为金箔用于镀金木材。

Также соединения олова широко используются при изготовлении белой жести, сплавов (бронзы, типографского сплава), фольги, подшипников. Оксиды олова входят в состав эмали, глазури, специальных стекол.

锡的化合物还广泛用于制造白铁皮、合金（青铜、铅字合金）、箔片、轴承。锡的氧化物是珐琅、釉料、特殊玻璃的成分。

Свинец (Pb) встречается в виде руд, из них наиболее важны:

PbS – галенит (свинцовый блеск);

PbCO_3 – белая свинцовая руда;

PbSO_4 – англезит.

Свинец – голубовато-серый металл, тяжелый и очень мягкий. Практически важным свойством свинца является сильное поглощение рентгеновских лучей и радиоактивных излучений. На воздухе свинец быстро тускнеет, но все же хорошо противостоит коррозии во влажной среде, покрываясь защитным слоем оксида и солей.

铅 Pb 以矿石形式存在，最重要的是：

PbS – 方铅矿（铅光矿）； PbCO_3 – 白铅矿； PbSO_4 – 重铅矿。

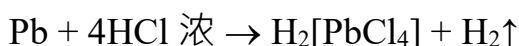
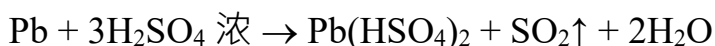
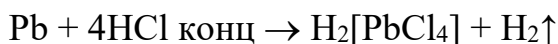
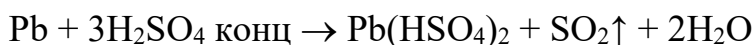
铅是蓝灰色金属，重而非常软。铅的重要性质是强烈吸收X射线和放射性辐射。铅在空气中迅速失去光泽，但在潮湿环境中形成氧化物和盐类保护层，耐腐蚀。

Свинец широко применяется в технике. Он идет на изготовление защитного покрытия подземных кабелей, защитных экранов и стен при работе с радиоактивными веществами, деталей химических аппаратов; входит в состав легкоплавких сплавов; применяется в военном деле, на транспорте (свинцовые аккумуляторы).

铅广泛应用于技术领域。它用于制造地下电缆的保护层、放射性物质处理中的防护屏和墙、化学设备部件，组成低熔点合金，应用于军事和运输（铅蓄电池）。

Химические свойства свинца. В разбавленных серной и соляной кислотах не растворяется. В концентрированной серной кислоте растворяется с образованием гидросульфата свинца.

化学性质. 铅不溶于稀硫酸和盐酸。在浓硫酸中溶解，形成硫酸氢铅：

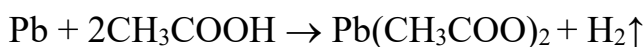


С концентрированной азотной кислотой реагирует плохо. С разбавленной азотной кислотой реагирует:

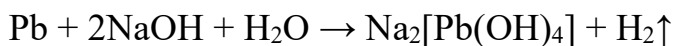
铅与浓硝酸反应差。与稀硝酸反应：



Взаимодействует с уксусной кислотой (与乙酸反应)：



Растворяется в щелочах (溶于碱)：

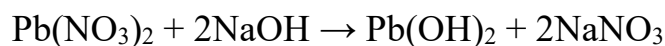


Оксид свинца (II) PbO существует в виде желтой и красной модификации; при длительном нагревании превращается в свинцовый сурик (Pb₃O₄); используется как пигмент в различных красках и как компонент некоторых разновидностей стекла (хрусталь).

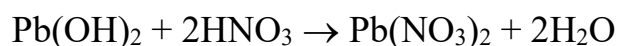
氧化铅(II) PbO有黄色和红色两种，长时间加热会转变为铅丹 Pb₃O₄，作为颜料用于各种涂料和特殊玻璃（如水晶）。

Гидроксид свинца (II) Pb(OH)₂ – амфотерный гидроксид:

氢氧化铅 (II) Pb(OH)₂ 是两性氢氧化物。获取方式:



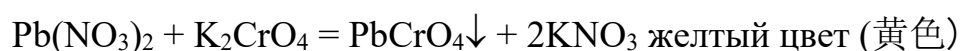
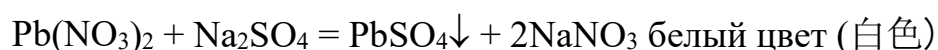
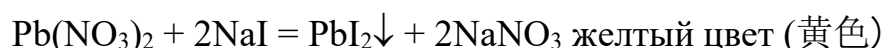
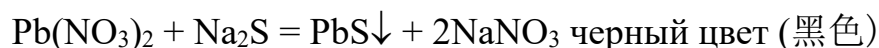
Растворяется в кислотах и щелочах (在酸和碱中溶解) :



Оксид свинца (IV) PbO₂ – коричневый порошок, сильный окислитель. На образовании оксида свинца (IV) основано действие свинцовых аккумуляторов. Данному оксиду соответствует метасвинцовая кислота H₂PbO₃ и орто-свинцовая кислота H₄PbO₄. Соединения свинца Pb⁴⁺ легко переходят в Pb²⁺.

氧化铅(IV) PbO₂ 是棕色粉末，强氧化剂。铅蓄电池的作用基于氧化铅(IV)的生成。该氧化物对应的是偏铅酸 H₂PbO₃ 和正铅酸 H₄PbO₄。铅 Pb⁴⁺ 的化合物很容易转化为 Pb²⁺。

Качественные реакции на соли свинца (铅盐的定性反应):



ЛЕКЦИЯ 6.

d-МЕТАЛЛЫ И ИХ СОЕДИНЕНИЯ

第六讲。d-金属及其化合物

d-металлы I–II групп периодической системы

第I-II族的d-金属

К d-металлам I группы относятся: Cu, Ag, Au. d-металлы II группы включают Zn, Cd, Hg.

属于第I族的d-金属有：铜（Cu）、银（Ag）、金（Au）。属于第II族的有锌（Zn）、镉（Cd）、汞（Hg）。

В природе в свободном виде встречаются золото, серебро, иногда ртуть. Медь, цинк, кадмий находятся в виде соединений:

Cu_2S – халькозит;

CuFeS_2 – халькопирит или медный колчедан;

$\text{Cu}(\text{OH})_2\text{CO}_3$ – малахит;

ZnS – цинковая обманка;

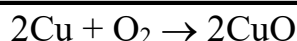
ZnCO_3 – галлит благородный.

Кадмий является спутником цинка, золота и всегда содержится в рудах.

自然界中以自由态存在的金属有：金、银，有时有汞。铜、锌、镉以化合态存在： Cu_2S – 黄铜矿； CuFeS_2 – 黄铁矿或铜黄铁矿； $\text{Cu}(\text{OH})_2\text{CO}_3$ – 孔雀石； ZnS – 闪锌矿； ZnCO_3 – 菱锌矿。镉是锌、金的伴生矿物，通常存在于矿石中。

Химические свойства (化学性质). *Взаимодействие с кислородом.* Из первой группы реагирует только медь:

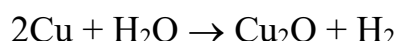
与氧气的反应。第I族中只有铜反应：



d-элементы II группы все реагируют с кислородом, образуя оксиды ZnO, CdO, HgO. 第II族的d-元素都与氧气反应, 生成氧化物ZnO, CdO, HgO。

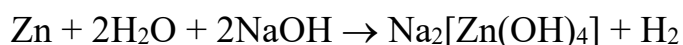
Взаимодействие с водой. Взаимодействуют только медь, цинк и кадмий (при нагревании):

与水的反应。只有铜、锌和镉在加热时与水反应:



Взаимодействие со щелочами. d-элементы I группы не взаимодействуют, а при взаимодействии d-элементов II группы образуются:

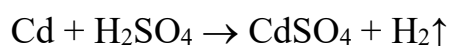
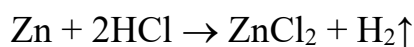
与碱的反应。第I族的d-元素不与碱反应, 而第II族的d-元素则反应生成:



Взаимодействие с кислотами. Cu, Ag, Au, Hg с разбавленными HCl, H₂SO₄ не реагируют. 与酸的反应。铜 (Cu)、银 (Ag)、金 (Au)、汞 (Hg) 不与稀盐酸 (HCl) 和稀硫酸 (H₂SO₄) 反应。

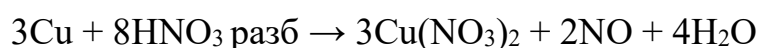
Zn, Cd взаимодействуют с выделением водорода:

Zn、Cd与氢气反应:



С разбавленной азотной кислотой из I группы реагирует только Cu:

用稀硝酸, 只有Cu (铜) 与I族反应:



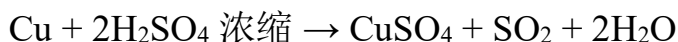
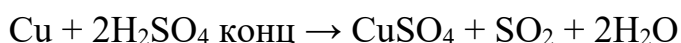
Из II группы – все металлы:

II族的所有金属都能反应:



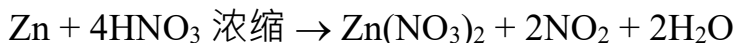
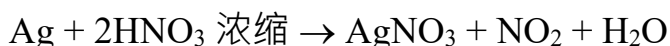
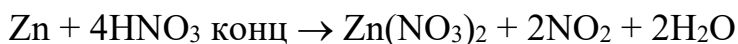
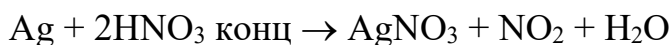
С концентрированной серной кислотой реагируют Cu, Ag, Zn, Hg с выделением SO₂:

用浓硫酸, Cu、Ag、Zn、Hg反应并释放SO₂ :



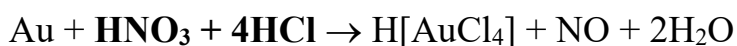
С концентрированной азотной кислотой реагирует все, кроме золота.

用浓硝酸, 所有金属都能反应, 除了金:



Золото растворяется только в смеси «царской водки»:

金只能溶于王水（硝酸与盐酸的混合物）中:



Медь. С XX века главное применение меди обусловлено ее высокой электропроводимостью. Более половины добываемой меди используется в электротехнике для изготовления различных проводов, кабелей, токопроводящих частей электротехнической аппаратуры. Из-за высокой теплопроводности медь – незаменимый материал различных теплообменников и холодильной аппаратуры. Широко применяется медь в гальванотехнике – для нанесения медных покрытий, получения тонкостенных изделий сложной формы, изготовления клише в полиграфии и др.

铜。自20世纪以来，铜的主要用途是由于其高电导率。超过一半的开采铜用于制造各种电线、电缆、电气设备部件。由于其高导热性，铜是各种换热器和冷却设备的不可替代材料。铜广泛用于电镀，用于涂覆铜层，以生产复杂形状的薄壁产品、印刷电路板和电解法生产铜粉等。

Серебро (AgNO_3) применяется как антисептик. Галиды серебра (AgCl , AgBr , AgI) светочувствительны и используются для изготовления пластинок, пленки, фотобумаги.

银 (AgNO_3) 用作防腐剂。卤化银 (AgCl , AgBr , AgI) 是感光材料，用于制造感光片、胶卷和照相纸。

Золото преимущественно служит для обеспечения бумажных денег; сплавы золота с серебром и медью дают червонное золото (проба 5836 386). Сплавы золота применяются в аппаратостроении, при изготовлении чувствительных фотоэлементов.

金 主要用于支持纸币，金与银和铜的合金形成红金（样品5836 386）。金的合金用于机件制造、制造感光元件。

Цинк (ZnO) входит в состав мази, белила; ZnS светится под воздействием рентгеновских лучей и α -лучей, а также используется в производстве кинескопов.

Зин (ZnO) 是药膏、白色颜料和 ZnS 的成分，在X射线和 α 射线下发光，用于显像管的生产。

Кадмий используется для изготовления стержней реакторов, для получения легкоплавких сплавов, гальванических покрытий, электродов щелочных аккумуляторов. В последние годы он стал применяться при создании новых противоопухолевых нано-медикаментов.

镉 用于制造反应堆的控制棒、轻合金的获得、电镀涂层、碱性蓄电池的电极。近年来，镉被用于创造新的抗肿瘤纳米药物。

Ртуть. Используется в термометрах. Металлическая ртуть применяется для получения целого ряда важнейших сплавов. Она служит катодом для электролитического получения ряда активных металлов, хлора и щелочей. Парами ртути наполняются ртутно-кварцевые и люминесцентные лампы. Она используется в датчиках положения.

汞 用于温度计。金属汞用于制造一系列重要合金。金属汞用作电解法生产一系列活性金属、氯和碱的阴极。汞蒸汽用于水银石英灯和荧光灯。汞还用于位置传感器。

Особенности d-металлов VI–VII групп периодической системы (хром, марганец, железо) 周期表V至VII组d-金属的特性 (如铬、锰、铁)

Все d-металлы этих групп имеют неспаренные электроны и свободные атомные орбитали на d-подуровнях предвнешнего слоя. За счет вакантных атомных орбиталей и малых размеров атомов и ионов данные металлы образуют большое количество комплексов.

Они характеризуются высокими температурами плавления и кипения, механической прочностью. Все элементы этих групп отличаются невысокой электроотрицательностью и более отрицательными электродными потенциалами. Поэтому возможна коррозия металлов. Вследствие способности к пассивации d-элементы (исключение марганец) устойчивы на воздухе. Железо во влажном воздухе покрывается ржавчиной. Большинство d-металлов устойчивы и в агрессивных средах.

Металлы VI–VII групп проявляют в соединениях переменную степень окисления, для них характерны окислительно-восстановительные реакции.

这些组的所有d-金属都有未配对电子和自由原子轨道在d-亚层的扩展层。

由于这些金属的原子轨道空缺且原子和离子的体积较小，它们能够形成大量的配合物。

它们具有高熔点和沸点，并具有高机械强度。这些组的所有元素都表现出低电负性并具有负电极电势。因此，它们容易发生腐蚀。由于d-金属的钝化特性（如铬、锰），它们在空气中相对稳定。铁在潮湿的空气中被氧化形成锈。大多数d-金属呈现出强氧化性。

这些组的金属在化合物中表现出多变的氧化态，并且它们的氧化还原反应非常活跃。

Хром (铬). Распространение в природе: $\text{Fe}(\text{CrO}_2)_2$ – хромистый железняк; PbCrO_4 – крокоит. Хром взаимодействует с разбавленной соляной и серной кислотами с выделением водорода. В концентрированной азотной и серной кислотах хром пассивирует.

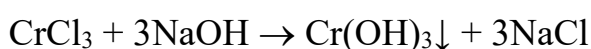
Хром образует пять оксидов: CrO – основной оксид; Cr_2O_3 – амфотерный; CrO_3 – кислотный.

自然界中的分布： $\text{Fe}(\text{CrO}_2)_2$ – 铬铁矿； PbCrO_4 – 铬酸铅。铬与稀盐酸和硫酸反应，释放氢气。在浓硝酸和硫酸中，铬被钝化。

铬形成五种氧化物： CrO – 碱性氧化物； Cr_2O_3 – 两性氧化物； CrO_3 – 酸性氧化物。

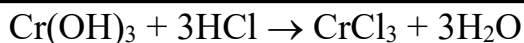
Гидроксид хрома (III) $\text{Cr}(\text{OH})_3$ осаждается при действии щелочей на соли хрома (III):

三价铬的氢氧化物(III) $\text{Cr}(\text{OH})_3$ 在三价铬盐与碱反应时沉淀：



$\text{Cr}(\text{OH})_3$ – амфотерный гидроксид, растворим в кислоте и щелочи:

$\text{Cr}(\text{OH})_3$ 是两性氢氧化物，可溶于酸和碱中：



Оксид хрома (VI) CrO_3 – при растворении в воде получается нестойкая хромовая кислота:

六价铬的氧化物 (VI) CrO_3 – 溶解在水中得到不稳定的铬酸:



Хромовая кислота H_2CrO_4 существует только в водных растворах, соли этой кислоты называются хроматы и имеют ярко-желтую окраску. CrO_3 соответствует дихромовой кислоте ($\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$):

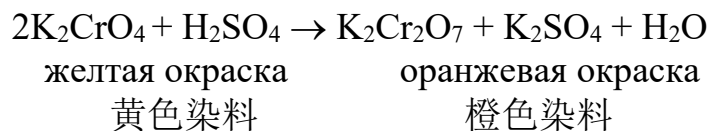
铬酸 H_2CrO_4 只存在于水溶液中, 铬酸盐呈现出明亮的黄色。 CrO_3 对应的二铬酸是 $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$:



Кислота также неустойчивая, существует только в водных растворах. Соли этой кислоты – дихроматы, оранжевого цвета.

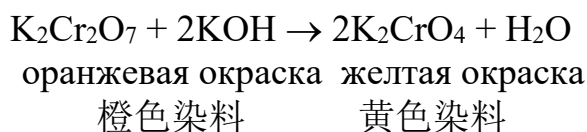
В водных растворах хромат и дихромат-ионы образуют равновесную систему. В кислой среде хроматы переходят в дихроматы:

铬酸也不稳定, 只存在于水溶液中。二铬酸盐溶液为橙色。在水溶液中, 铬酸盐和二铬酸盐形成平衡体系。在酸性条件下, 铬酸盐转化为二铬酸盐:



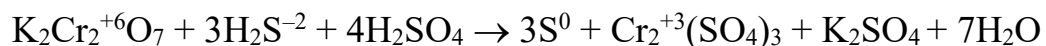
В щелочной среде, наоборот, дихроматы переходят в хроматы:

在碱性环境中, 二铬酸盐转化为铬酸盐:



Все хроматы и дихроматы являются сильными окислителями, особенно в кислой среде:

所有铬酸盐和二铬酸盐都是强氧化剂，特别是在酸性环境中：



Применение хрома. Использование хрома основано на его жаропрочности, твердости и устойчивости против коррозии. Больше всего хрома применяют для выплавки хромистых сталей. Значительное количество хрома идет на декоративные коррозионно-стойкие покрытия. Широкое применение получил порошковый хром в производстве металлокерамических изделий и материалов для сварочных электродов. Хром в виде иона Cr^{3+} – примесь в рубине, который используется как драгоценный камень и лазерный материал.

Соединениями хрома протравливают ткани при крашении. Из смеси хромита и магнезита изготавливают хромомагнезитовые огнеупорные изделия. Cr_2O_3 используется для шлифования и полирования стальных изделий; как катализатор; BaCrO_4 и PbCrO_4 – для изготовления красок; CrO_3 – для электролитического получения хрома и хромированных изделий.

铬的应用：铬的使用主要基于其耐热性、硬度和抗腐蚀性。铬的大部分用于制造不锈钢。相当多的铬用于装饰性**耐腐蚀**涂层。粉末铬广泛用于生产金属陶瓷制品和焊接电极材料。以 Cr^{3+} 形式存在的铬是紫红色，常用于宝石和激光材料。

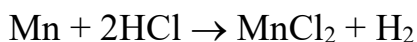
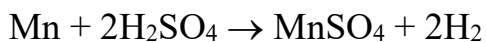
铬的化合物用作印染纺织品的媒染剂。从铬铁矿和镁矿的混合物中制造抗火的铬镁砖。 Cr_2O_3 用于研磨和抛光钢制品；也用作催化剂。

BaCrO_4 和 PbCrO_4 – 用于制造颜料。 CrO_3 – 用于电解生产铬和铬镀产品。

Марганец (锰). В природе встречается в виде минералов, а также сопутствует железу в его рудах. 在自然界中以矿物形式存在，并且通常伴随铁矿石一起出现。

Взаимодействие с кислотами. Из HCl и разбавленной H₂SO₄ кислот вытесняет водород:

与酸反应。与HCl和稀H₂SO₄酸反应释放氢气:



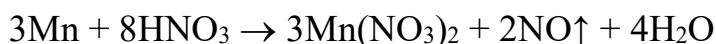
Концентрированную серную кислоту марганец восстанавливает до SO₂:

浓硫酸还原锰到SO₂ :



Азотную кислоту восстанавливает до оксида азота (II):

硝酸将其还原到一氧化氮 (II) :



Марганец образует пять оксидов: MnO, Mn₂O₃, MnO₂, MnO₃, Mn₂O₇. Оксиду Mn₂O₇ соответствует *марганцевая кислота* (HMnO₄), неустойчивая, известна только в водных растворах. *Соли этой кислоты – перманганаты.* В водных растворах марганцевая кислота и ее соли окрашены в малиново-фиолетовый цвет, за счет иона MnO₄⁻.

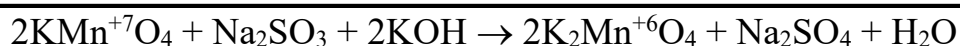
Перманганаты являются сильными окислителями. В зависимости от среды раствора степень окисления марганца +7 снижается до +2; +4; +6.

锰形成五种氧化物: MnO, Mn₂O₃, MnO₂, MnO₃, Mn₂O₇。氧化物 Mn₂O₇ 对应的是高锰酸 (HMnO₄)，不稳定，只存在于水溶液中。此酸的盐类称为高锰酸盐。水溶液中的高锰酸和它的盐类通常呈现为紫红色，因为它含有 MnO₄⁻ 离子。高锰酸盐是强氧化剂。根据溶液的环境，锰的氧化态从+7下降到+2; +4; +6。

В кислой среде (在酸性环境中):



В щелочной среде (在碱性环境中):



В нейтральной среде (在中性环境中):



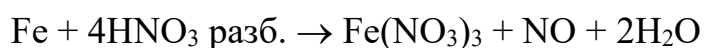
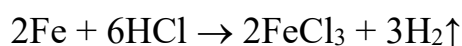
Применение. Марганец широко используется для улучшения свойств стали, а также для создания специальных сталей. Соединения марганца применяются в качестве катализатора, окислителя, микроудобрений, деполяризатора в гальванических элементах, в медицине.

应用. 锰广泛用于改善钢的性能, 以及生产特种钢。锰的化合物还用作催化剂、氧化剂、微肥料、在电镀元件中作为脱氧剂, 在医学中也有应用。

Железо (铁). По распространению в природе железо уступает только алюминию. Основные руды: Fe_3O_4 – магнитный железняк; FeS_2 – железный колчедан (пирит).

在自然界中, 铁的分布仅次于铝。主要矿石有: Fe_3O_4 – 磁铁矿; FeS_2 – 黄铁矿。

Взаимодействие с разбавленными кислотами (与稀酸的反应):



В концентрированных азотной и серной кислотах пассивирует. В обычных условиях в щелочах железо не растворяется. Железо проявляет степени окисления +2 и +3. У него хорошо выражена способность образовывать комплексные соединения:

在浓硝酸和硫酸中, 铁被钝化。在正常条件下, 铁不溶于碱。铁的氧化态主要为+2和+3。铁有很强的形成络合物的能力:

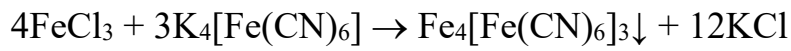


желтая кровяная соль

黄色铁氰化物

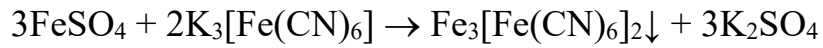
С солями Fe (III) дает синий осадок берлинской лазури:

与Fe(III)盐类反应生成普鲁士蓝沉淀:



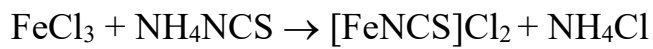
$\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ – красная кровяная соль (дает синий осадок с солями Fe (II)):

$\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ – 红色铁氰化钾 (与Fe(II)盐反应生成蓝色沉淀):



Fe^{3+} с тиоционатами образует кроваво-красные комплексы:

Fe^{3+} 与硫氰酸铵反应生成红色配合物:



ЛЕКЦИЯ 7.

ЭЛЕКТРОЛИЗ РАСПЛАВОВ И РАСТВОРОВ

第七讲。熔体和溶液的电解

Электролиз – окислительно-восстановительный процесс, протекающий на электродах при прохождении постоянного электрического тока через раствор или расплав электролита. Реакции восстановления протекают на катоде (–) – отрицательно заряженном электроде; реакции окисления на аноде (+) – положительно заряженном электроде.

电解 – 是一种氧化还原过程，通过直流电流通过电解质熔融物或溶液来进行。还原反应发生在阴极 (–) 上，氧化反应发生在阳极 (+) 上。

Электролиз расплавов (电解质熔融物的电解)

Хлорид натрия (氯化钠): $\text{NaCl} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$

Катодная реакция (阴极反应): $\text{Na}^+ + e \rightarrow \text{Na}^0$

Анодная реакция (阳极反应): $2 \text{Cl}^- - e \rightarrow \text{Cl}_2$

Суммарный процесс (总反应) : $2\text{Na}^+ + 2 \text{Cl}^- \rightarrow 2\text{Na}^0 + \text{Cl}_2$

Расплав (熔融态): $2\text{NaCl} \rightarrow 2\text{Na}^0 + \text{Cl}_2$

Гидроксид натрия (氢氧化钠): $\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{OH}^-$

Катодная реакция (阴极反应): $\text{Na}^+ + e \rightarrow \text{Na}^0$

Анодная реакция (阳极反应): $4\text{OH}^- - 4e \rightarrow \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

Суммарный процесс (总反应): $4\text{Na}^+ + 4\text{OH}^- \rightarrow 2\text{Na}^0 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

Расплав (熔融态): $4\text{NaCl} \rightarrow 2\text{Na}^0 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

Электролиз протекает в электролизере (рис. 2).

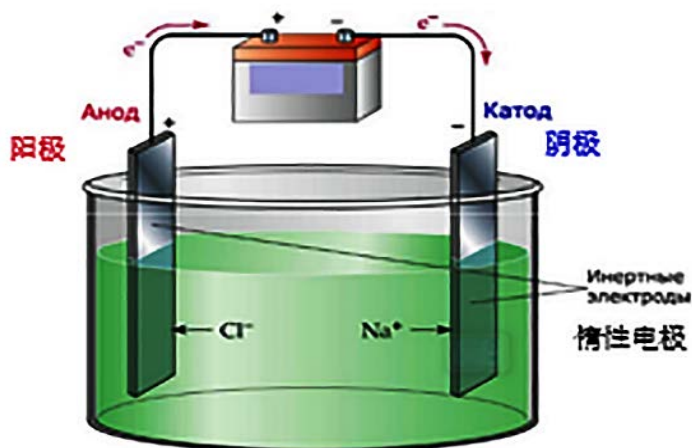


Рисунок 2 – Схема электролиза расплава хлорида натрия
图2 – 氯化钠熔融物电解的示意图

Электролиз растворов щелочей, кислот и солей

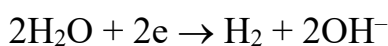
碱、酸和盐溶液的电解

Продукты реакций при электролизе растворов отличаются от продуктов электролиза расплавов. Продукты электролиза зависят от активности металла и природы аниона соли (рис. 3).

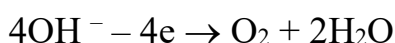
溶液电解的反应产物与熔融物电解的产物不同。电解产物取决于金属的活性和盐中阴离子的性质（图3）。

Раствор NaOH (溶液).

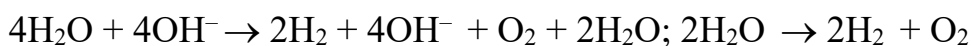
Катодная реакция: катионы Na^+ не восстанавливаются, восстанавливаются молекулы воды (катодная реакция: Na^+ 阳离子不被还原, 水分子被还原):



Анодная реакция: окисление гидроксид ионов (анодная реакция: 氢氧根离子被氧化):



Суммарный процесс (总反应过程):



Катодные процессы при электролизе растворов солей 盐溶液电解的阴极过程		
Li ⁺ , Rb ⁺ , K ⁺ , Ba ²⁺ , Ca ²⁺ , Na ⁺ , Mg ²⁺ , Al ³⁺	Mn ²⁺ , Zn ²⁺ , Cr ³⁺ , Fe ²⁺ , Cd ²⁺ , Co ²⁺ , Ni ²⁺ , Sn ²⁺ , Pb ²⁺	Sb ³⁺ , Bi ³⁺ , Cu ²⁺ , Hg ²⁺ , Ag ⁺ , Pt ²⁺ , Au ⁺
металл не выделяется; восстанавливаются молекулы воды, выделяется водород 金属不沉积。 水分子被还原, 产生氢气 $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e} \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$	выделяется водород и выделяется металл 产生氢气和金属 $\text{Zn}^{2+} + 2\text{e} \rightarrow \text{Zn}^0$ $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e} \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$	выделяется металл 金属沉积 $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e} \rightarrow \text{Cu}^0$
Катодная реакция при электролизе растворов кислот: $2\text{H}^+ + 2\text{e} \rightarrow \text{H}_2\uparrow$ 酸溶液电解的阴极反应: $2\text{H}^+ + 2\text{e} \rightarrow \text{H}_2\uparrow$		
Анодные процессы при электролизе растворов солей 盐溶液电解的阳极过程		
соли бескислородных солей (HCl, HBr, HI, H ₂ S и др.) 无氧酸的盐 (HCl, HBr, HI, H ₂ S 等)	соли кислородсодержащих кислот (HNO ₃ , H ₂ SO ₄ и др.) и фториды 含氧酸的盐 (HNO ₃ , H ₂ SO ₄ 等) 和氟化物	соли органических кислот (CH ₃ -C(O)OH, HC(O)OH и др.) 有机酸的盐 (CH ₃ -C(O)OH, HC(O)OH 等)
выделяется неметалл 无机物生成 $2\text{Cl}^- - 2\text{e} \rightarrow \text{Cl}_2$ $\text{S}^{2-} - 2\text{e} \rightarrow \text{S}^0$	выделяется кислород 生成氧气 $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e} \rightarrow \text{O}_2\uparrow + 4\text{H}^+$	выделяется алкан и CO ₂ 生成烷烃和 CO ₂ $2\text{CH}_3\text{C(O)O}^- - 2\text{e} \rightarrow$ $\rightarrow \text{CO}_2\uparrow + \text{CH}_3\text{-CH}_3$
Анодная реакция при электролизе растворов щелочей: $4\text{OH}^- - 4\text{e} \rightarrow \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ 电解碱溶液的阳极反应: $4\text{OH}^- - 4\text{e} \rightarrow \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$		

Рисунок 3 – Продукты реакций при электролизе растворов

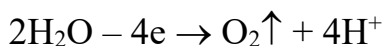
图3 – 溶液电解过程中的反应产物

Раствор H₂SO₄ (溶液 H₂SO₄).

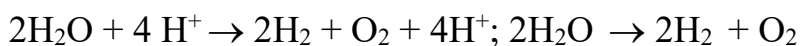


Катодная реакция (阴极反应) : $2\text{H}^+ + 2\text{e} \rightarrow \text{H}_2\uparrow$

Анодная реакция: анионы SO₄²⁻ не окисляются, окисляются молекулы воды (阳极反应: SO₄²⁻ 不被氧化, 水分子被氧化):



Суммарный процесс (总反应过程) :



Раствор Na₂SO₄ (溶液).

Катодная реакция (阴极反应) : $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e} \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$

Анодная реакция (阳极反应) : $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+$

Суммарный процесс (总过程) :



Раствор NaCl (溶液).

Катодная реакция (阴极反应) : $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e} \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$

Анодная реакция (阳极反应) : $2\text{Cl}^- - 2\text{e} \rightarrow \text{Cl}_2^0$

Суммарный процесс (总过程) : $2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{NaOH} + \text{Cl}_2$

В отсутствие полупроницаемой мембраны в электролизере продукты электролиза (NaOH и Cl₂) могут взаимодействовать, что соответственно приводит к образованию (在没有半透膜的电解槽中, NaOH和Cl₂的电解产物可以相互作用, 形成) :

в холодном растворе (在冷溶液中) : $2\text{NaOH} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{NaClO} + \text{NaCl}$

в горячем растворе (在热溶液中) : $6\text{NaOH} + 3\text{Cl}_2 \rightarrow 3\text{H}_2\text{O} + \text{NaClO}_3 + 5\text{NaCl}$

Раствор CuSO₄ (溶液).

Катодная реакция (阴极反应) : $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e} \rightarrow \text{Cu}^0$

Анодная реакция (阳极反应) : $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+$

Суммарный процесс (总过程) : $2\text{CuSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Cu} + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4$

Раствор Zn(NO₃)₂ (溶液).

Катодные реакции (阴极反应) : $\text{Zn}^{2+} + 2\text{e} \rightarrow \text{Zn}^0; 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e} \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$

Анодная реакция (阳极反应) : $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+$

Суммарный процесс (总过程): $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Zn} + \text{O}_2 + \text{H}_2 + 2\text{HNO}_3$

Раствор FeCl_2 (溶液).

Катодные реакции (阴极反应) : $\text{Fe}^{2+} + 2\text{e} \rightarrow \text{Fe}^0$; $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e} \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$

Анодная реакция (阳极反应) : $2\text{Cl}^- - 2\text{e} \rightarrow \text{Cl}_2$

Суммарный процесс (总过程) : $\text{FeCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe} + \text{H}_2 + 2\text{Cl}_2 + \text{Fe}(\text{OH})_2$

Законы Фарадея

法拉第定律

1. При прохождении электрического тока через электролит масса вещества, выделившегося на электроде прямо пропорциональна заряду, прошедшему через электролит.

当电流通过电解质时，在电极上析出的物质的质量与通过电极的电量成正比：

$$m = k \cdot q \quad (2)$$

где m – масса вещества, г (析出物质的质量, g);

k – электрохимический эквивалент вещества (物质的电化当量);

q – заряд, Кл (电荷, 库仑).

2. При электролизе различных электролитов одинаковые количества электричества выделяют на электродах количества веществ прямо пропорциональные их химическим эквивалентам.

在电解过程中，不同的电解质在电极上释放的物质质量与电量成正比，并且与化学当量成正比。

$$k = C \frac{A}{n} = \frac{1}{F} \cdot \frac{A}{n} = \frac{M_f}{F} \quad (3)$$

где C – молярная концентрация, моль/л (摩尔浓度, 摩尔/升 mol/l);

A – атомная масса вещества, выделившегося на электроде, г/моль (在电极上析出的物质的原子量, 克/摩尔 g/mol);

n – количество электронов – участников процесса (参与反应的电子数);

F – постоянная Фарадея, Кл/моль (法拉第常数, 库仑/摩尔 C/mol);

M_f – эквивалентная масса вещества, г/моль·экв (物质的摩尔质量, 克/摩尔当量 g/mol·eqv).

Постоянная Фарадея – заряд, который несет на себе один моль электронов или один моль однозарядных ионов ($6,02 \cdot 10^{23}$).

法拉第常数. 是一个常数, 代表一摩尔电子或一摩尔单价离子的电荷 ($6,02 \cdot 10^{23}$).

$$1F = 96\,500 \text{ Кл} = 26,8 \text{ А} \cdot \text{час}$$

$$1F = 96\,500 \text{ 库仑 (C)} = 26,8 \text{ 安培} \cdot \text{小时 (A} \cdot \text{h)}$$

Электрохимический эквивалент – это величина, дающая весовое количество элемента, выделившегося на электроде при прохождении через раствор одного кулона электричества.

电化当量是一个数值, 表示单位电量通过电解质时在电极上析出的物质的质量。

Объединенный закон электролиза выражается формулой (4):

电解定律的统一公式 (4):

$$m = \frac{M \cdot I \cdot t}{n \cdot F} \quad (4)$$

Выход по току определяется по формуле (5):

通过电流的输出由以下公式计算 (5):

$$\eta = \frac{m_{\text{факт}} \cdot F}{M_f I \Delta \tau} \quad (5)$$

Электролиз применяется при получении металлов, очистке металлов, по-

лучении металлических покрытий; при анодировании алюминия и его сплавов; получении различных химических веществ; при защите от коррозии; зарядке аккумуляторов.

电解的应用：用于金属的提取、金属的纯化、电镀及合金的生产；用于化学物质的生产；用于金属的防腐和电解涂层的生产。

Задачи (任务)

1. При электролизе водного раствора AgNO_3 с нерастворимым анодом в течение 25 минут при силе тока 3 А на катоде выделилось 4,8 г серебра. Рассчитайте выход по току.

用于电解含有 AgNO_3 的水溶液时，在25分钟内电流为3A，并且阴极上沉积了4.8g的银。计算通过电解的电流效率。

Дано (已知条件):

$\Delta t = 25 \text{ мин} = 0,42 \text{ ч}$; $I = 3 \text{ А}$; $M_f(\text{Ag}) = 108 \text{ г/моль}$; $m(\text{Ag}) = 4,8 \text{ г}$.

Решение. Определим выход по току:

解. 计算电流效率:

$$\eta = \frac{m \cdot F}{M_f(\text{Ag}) \cdot I \cdot \Delta t \cdot 100\%} = \frac{4,8 \cdot 26,8 \cdot 100}{108 \cdot 3 \cdot 0,42} = 90\%$$

Ответ: выход по току равен 90 %.

答案: 电流效率 90%.

2. При пропускании тока силой 3 А в течение 30 минут через водный раствор бромида металла (II) с инертными электродами на катоде выделился металл массой 5,624 г. Соль какого металла была подвергнута электролизу? Напишите уравнения реакций, протекающих на электродах.

如果30分钟内电流为3A，通过含有 Br^- 离子的二价金属的水溶液时，惰性电极上的金属沉积了5.624克。该金属的电解质是什么？请写出在电极上发生的反应方程式。

Дано (已知条件):

$$t = 30 \text{ мин} = 1800 \text{ с}; n = 2; I = 3 \text{ А.}$$

Решение (解):

Найдем молярную массу металла и определим металл:

计算金属的摩尔质量并确定金属:

$$M = \frac{m \cdot n \cdot F}{I \cdot t}; M = \frac{5,624 \cdot 2 \cdot 96500}{3 \cdot 1800} = 201 \text{ г/моль}$$

Это ртуть (这是汞): $\text{HgBr}_2 \rightarrow \text{Hg}^{2+} + 2\text{Br}^-$

Катодная реакция (阴极反应): $\text{Hg}^{2+} + 2e \rightarrow \text{Hg}$

Анодная реакция (阳极反应): $2\text{Br}^- - 2e \rightarrow \text{Br}_2$

3. Установите соответствие между формулой соли и продуктом, образующимся на инертном аноде при электролизе ее водного раствора.

将盐的化学式与电解水溶液时惰性阳极上生成的产物匹配。

Формула соли (盐的化学式):

A) AlBr_3 ; B) Rb_2SO_4 ; C) $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$; D) AuCl_3 .

Продукт на аноде (阳极产物):

1) Cl_2 ; 2) Br_2 ; 3) SO_2 ; 4) O_2 ; 5) NO_2 ; 6) H_2 .

4. Установите соответствие между формулой соли и уравнением процесса, протекающего на катоде при электролизе ее водного раствора.

将盐的化学式与电解水溶液时在阴极上发生的反应方程匹配。

Формула соли (盐的化学式):

A) AlBr_3 ; B) CuSO_4 ; C) AgNO_3 ; D) KCl .

Уравнение процесса, протекающего на катоде (阴极发生的过程方程):

1) $\text{Cu}^{2+} + 2e \rightarrow \text{Cu}^0$; 2) $\text{K}^+ + e \rightarrow \text{K}^0$; 3) $\text{Ag}^+ + e \rightarrow \text{Ag}^0$;

4) $\text{Al}^{3+} + 3e \rightarrow \text{Al}^0$; 5) $2\text{H}_2\text{O} - 4e \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+$; 6) $2\text{H}_2\text{O} + 2e \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$.

5. Установите соответствие между формулой соли и уравнением процесса, протекающего на аноде при электролизе ее водного раствора.

将盐的化学式与电解水溶液时在阳极上发生的反应方程匹配：

Формула соли (盐的化学式):

A) AlBr_3 ; B) CuSO_4 ; C) AgNO_3 ; D) KCl .

Уравнение процесса, протекающего на аноде (在阳极发生的过程的方程):

1) $2\text{Cl}^- - 2e \rightarrow \text{Cl}_2$; 2) $2\text{Br}^- - 2e \rightarrow \text{Br}_2$; 3) $2\text{SO}_4^{2-} - 2e \rightarrow \text{S}_2\text{O}_8^{2-}$;

4) $2\text{NO}_3^- - 2e \rightarrow 2\text{NO}_3^- + \text{O}_2$; 5) $2\text{H}_2\text{O} - 4e \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+$;

6) $2\text{H}_2\text{O} + 2e \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$.

ЛЕКЦИЯ 8. ПРЕДЕЛЬНЫЕ И НЕПРЕДЕЛЬНЫЕ УГЛЕВОДОРОДЫ. ПЕРЕРАБОТКА НЕФТИ

第八讲。饱和和不饱和烃。石油精炼。

Номенклатура предельных и непредельных углеводородов

饱和和不饱和烃类的命名法

Органическая химия изучает углеводороды и их производные. *Органические соединения, сходные по свойствам и строению, но различающиеся по количеству CH_2 (метиленовых) групп составляют гомологи.*

Алканы (метан, этан, пропан и бутан) – это газы. По газопроводу «Сила Сибири» Россия поставляет природный газ в Китай (рис. 4).

有机化学研究的是有机化合物及其生产。根据碳氢键的饱和程度，有机化合物可以分为两大类：包含饱和碳氢基团（ CH_2 ）的化合物和不饱和化合物。

烷烃 – 甲烷、乙烷、丙烷和丁烷是气体。

通过“西伯利亚力量”管道，俄罗斯向中国供应天然气。



Рисунок 4 – Амурский газоперерабатывающий завод
图3 – 阿穆尔天然气加工厂位于斯沃博德内市

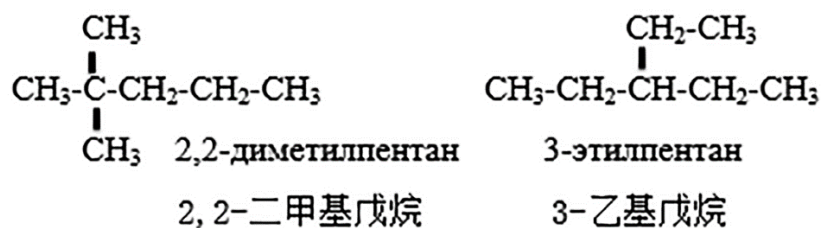
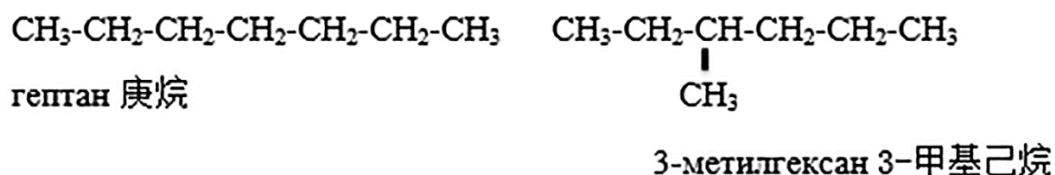
Гомологический ряд алканов. Общая формула – C_nH_{2n} . Имеют окончание «-ан». Гомологический ряд представлен:

烷烃的同系物系列。通式为 C_nH_{2n} ，结尾为“-烷”：

метан CH_4	甲烷 CH_4
этан C_2H_6	乙烷 C_2H_6
пропан C_3H_8	丙烷 C_3H_8
бутан C_4H_{10}	丁烷 C_4H_{10}
пентан C_5H_{12}	戊烷 C_5H_{12}
гексан C_6H_{14}	己烷 C_6H_{14}
гептан C_7H_{16}	庚烷 C_7H_{16}
октан C_8H_{18}	辛烷 C_8H_{18}
нонан C_9H_{20}	壬烷 C_9H_{20}
декан $C_{10}H_{22}$	癸烷 $C_{10}H_{22}$

Органические соединения, имеющие одинаковый качественный и количественный состав элементов, но разное строение и свойства, представляют изомеры. Изомерия – явление существования изомеров. Атом С в органических соединениях образует четыре связи.

有机化合物中具有相同质量和数量组成但具有不同结构和性质的化合物称为同分异构体。同分异构现象是由碳链的不同排列引起的。在有机化合物中，碳链可以有4个键。



Непредельные углеводороды имеют кратные связи.

不饱和烃具有多重键。

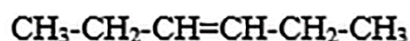
Алкены имеют двойную связь. Простейшим представителем выступает этилен $\text{CH}_2=\text{CH}_2$. Алкены имеют окончание «-ен». Общая формула – C_nH_{2n} .

烯烃有双键。最简单的烯烃是乙烯 ($\text{CH}_2=\text{CH}_2$)。烯烃的名称以**烯**结尾。通式为 C_nH_{2n} 。

Пример (例如) :



гексен-1 1-己烯



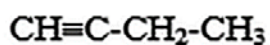
гексен-3 3-己烯

Алкины имеют тройную связь. Простейшим представителем является ацетилен $\text{CH}\equiv\text{CH}$. Имеют окончание «-ин». Общая формула алкинов – $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$.

炔烃有三键。最简单的炔烃是乙炔 ($\text{CH}\equiv\text{CH}$)。

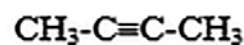
炔烃的通用分子式为 $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$ 。

Пример (例如) :



бутин-1

1-丁炔



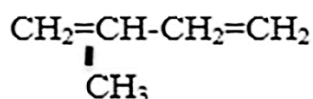
бутин-2

2-丁炔

Алкадиены – углеводороды с двумя двойными связями. Общая формула алкадиенов $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$.

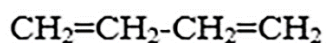
二烯烃是具有两个双键的烃。通式为 $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$ 。

Примеры (例子) :



изопрен (мономер натурального каучука)

异戊二烯 (天然橡胶的单体)



бутадиен-1,3 (мономер искусственного каучука)

丁二烯-1,3 (合成橡胶的单体)

Химические свойства углеводородов

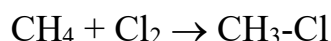
烷烃的化学性质

Для алканов характерны реакции радикального замещения:

对于烷烃，典型的是自由基取代反应：

1. Хлорирование метана (условия: свет, температура):

1. 甲烷的氯化（条件：光、温度）：



метан хлорметан

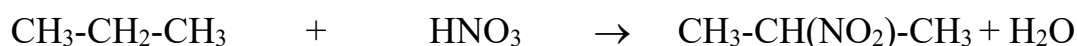
甲烷 氯甲烷

При дальнейшем хлорировании образуются CH_2Cl_2 (дихлорметан), CHCl_3 (хлороформ), CCl_4 (четырёххлористый углерод).

在进一步氯化过程中，生成了二氯甲烷 (CH_2Cl_2)、氯仿 (CHCl_3) 和四氯化碳 (CCl_4)。

2. Нитрование пропана (реакция Коновалова) (условия: 20 % HNO_3 , температура 120 °C).

2. 丙烷的硝化 (Konovalev 反应) (条件：20% HNO_3 , 120 °C).



пропан

азотная кислота

2- нитропропан

丙烷

硝酸

2-硝基丙烷

Реакцию нитрования впервые осуществил великий русский химик Михаил Иванович Коновалов.

这一硝化反应最早由伟大的俄罗斯化学家Konovalev M. I.实现。

3. Горение пропана (丙烷的燃烧):



Алканы не обесцвечивают бромную воду, не взаимодействуют с раствором KMnO_4 .

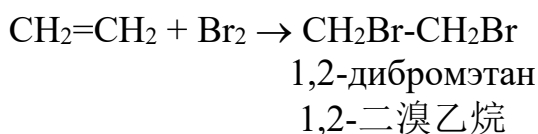
烷烃不使溴水褪色，也不与 KMnO_4 溶液反应。

Для алкенов характерны реакции электрофильного присоединения:

烯烃的典型反应是亲电加成反应：

1. Галогенирование этилена – присоединение брома к этилену:

1. 乙烯的卤化 – 溴加成至乙烯：



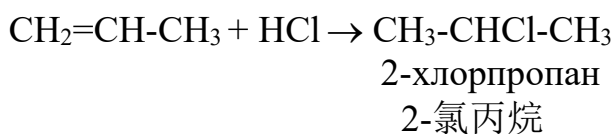
2. Гидрирование этилена – присоединение водорода к этилену (условие: катализатор – Ni, Pt, Pd):

2. 乙烯的氢化 – 氢加成至乙烯（条件：催化剂 - Ni, Pt, Pd):

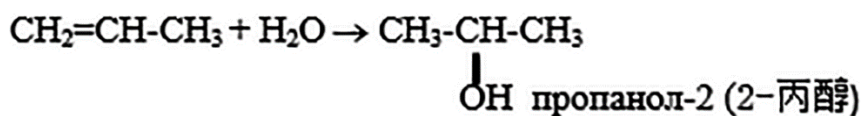


3. Гидрогалогенирование по правилу Марковникова: водород галогенводорода присоединяется по месту двойной связи к наиболее гидрогенизированному атому углерода, а галоген – к менее гидрогенизированному:

3. 根据马尔科夫尼科夫规则的卤氢化反应：卤化氢中的氢加到双键的较多氢化的碳原子上，而卤素则加到较少氢化的碳原子上：



4. Гидратация пропена – присоединение воды к пропену. При этом образуется спирт. 水合反应 – 水加成到烯烃上，生成醇：

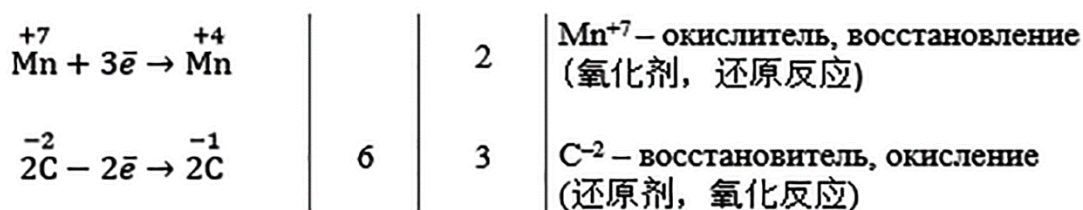
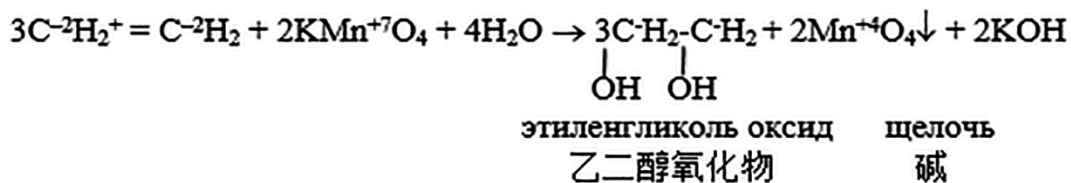


Лекция 8. Предельные и непредельные углеводороды. Переработка нефти
第八讲。饱和和不饱和烃。石油精炼

Реакции окисления (氧化反应).

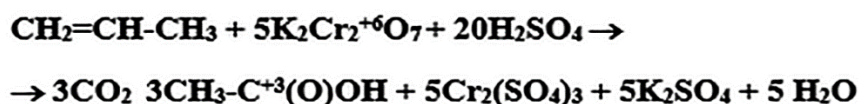
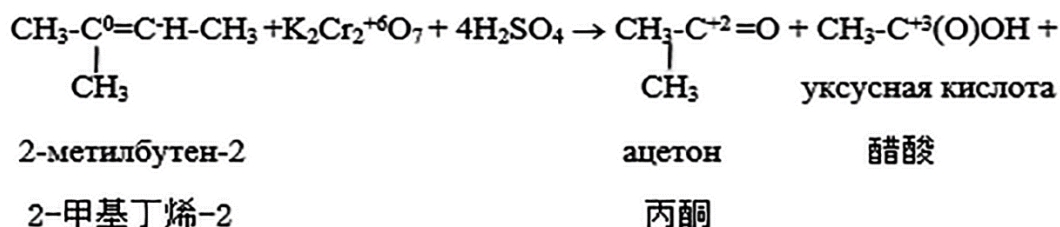
Окисление этилена раствором KMnO_4 :

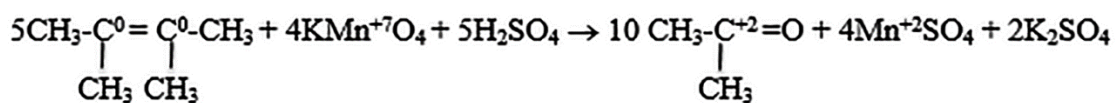
乙烯在 KMnO_4 溶液中的氧化:



В жестких условиях при нагревании продукты зависят от строения алкена и могут образоваться кислота, кетон, CO_2 .

在苛刻条件下, 高温下的产物取决于烯烃的结构, 可能生成酸、酮和 CO_2 。



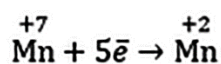


2,3-диметилбутен-2

ацетон

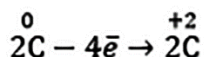
2,3-димасти丁烯-2

丙酮



4

Mn^{+7} – окислитель, восстановление
(氧化剂, 还原反应)



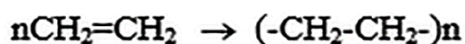
20

5

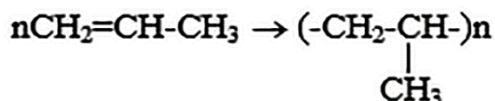
C^0 – восстановитель, окисление
(还原剂, 氧化反应)

Полимеризация – процесс образования полимера за счет разрыва π -связей. Алкены – мономеры.

聚合 – 是通过打破 π 键形成聚合物的过程。烯烃 – 单体。



этилен (乙烯) полиэтилен (聚乙烯)



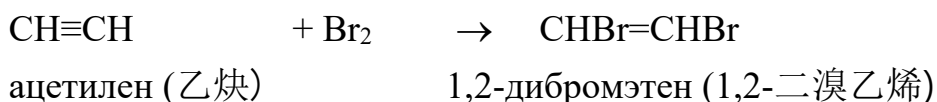
пропен (丙烯) полипропилен (聚丙烯)

Для полимеризации используются катализаторы Циглера-Натта и образуются полимеры высокого качества. В 1963 г. К. Циглер (ГДР) и Дж. Натта (Италия) получили Нобелевскую премию. 聚合使用齐格勒-纳塔催化剂并生成高质量聚合物。1963年, 德国的K.齐格勒和意大利的J.纳塔因其在这一领域的贡献获得诺贝尔奖。

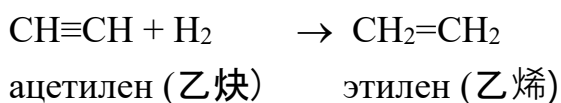
В Амурской области строят газохимический комплекс – совместный проект СИБУР и China Petroleum & Chemical Corporation, на котором будут производить полиэтилен и полипропилен высокого качества. 在阿穆尔州斯沃博德内市附近, 正在建设一个由SIBUR和China Petroleum & Chemical Corporation共同合作的气化学综合体, 在该综合体中将生产高质量的聚乙烯和聚丙烯。

Химические свойства алкинов (炔烃的化学性质):

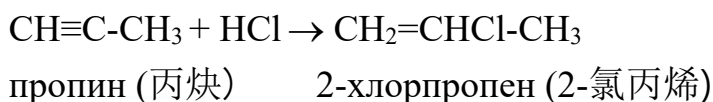
1. Присоединение брома к ацетилену (溴加成至乙炔):



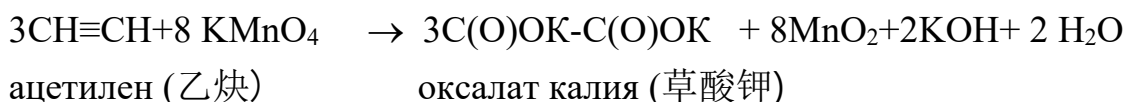
2. Гидрирование ацетилена (乙炔的氢化):



3. Гидрогалогенирование пропина (丙炔的氢卤化反应):

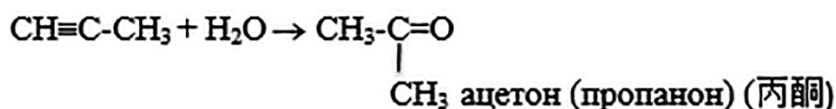
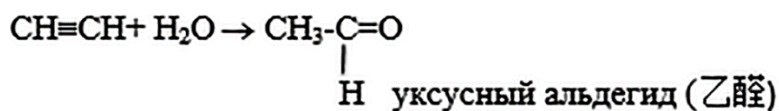


4. Окисление ацетилена раствором KMnO_4 (乙炔在 KMnO_4 溶液中的氧化):

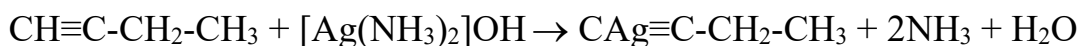
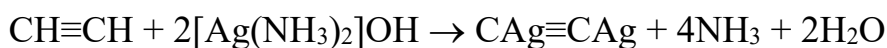


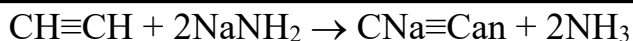
5. Гидратация (реакция Кучерова) (условия: Hg^{2+} , H_2SO_4). Из ацетилена получается уксусный альдегид, из гомологов – кетоны.

水合反应（库切罗夫反应）（条件： Hg^{2+} ， H_2SO_4 ）。乙炔生成乙醛，同系物生成酮。

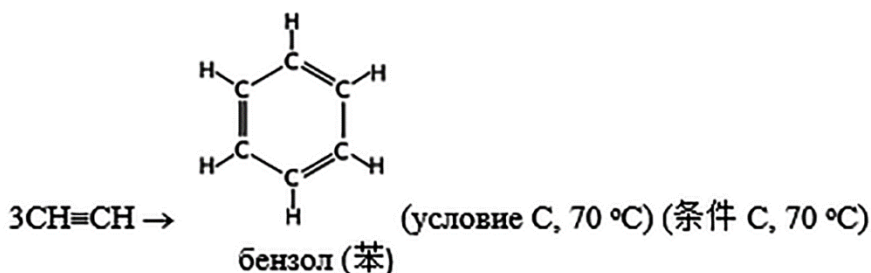
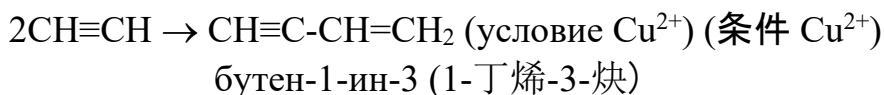


6. Образование ацетиленидов (乙炔化合物的形成):





7. Олигомеризация (低聚反应):



Переработка нефти

石油炼制

Ректификация – разделение смесей жидкостей, основанное на неоднократном испарении жидкостей и конденсации паров. Ректификацию осуществляют в ректификационных колоннах.

Образуются фракции: газ; бензин (40–180 °C, C₅–C₁₂); лигроин; керосин (180–240 °C, C₉–C₁₆); газойль (180–350 °C, C₁₂–C₂₀); мазут. Мазут также может перегоняться, но только под вакуумом. Он делится на топливный мазут (350–500 °C), гудрон (более 500 °C) и различные масла, парафин.

Одной перегонки нефти недостаточно для получения бензинов. Важную роль в бензинах играют ароматические углеводороды, которых в нефти мало, а также разветвленные углеводороды (алканы) и ненасыщенные углеводороды (алкены), которых в нефти нет совсем. Эти углеводороды улучшают детонационные свойства бензинов, и от их концентрации зависит октановое число (марка) бензина. Поэтому после ректификации нефтяные фракции подвергаются крекингу и риформингу.

精馏 – 一种基于多次液体蒸发和蒸汽冷凝的液体混合物分离方法。精馏在精馏塔中进行。

生成的馏分：气体、汽油（40–180 °C, C₅–C₁₂）、石脑油、煤油（180–240 °C, C₉–C₁₆）、柴油（180–350 °C, C₁₂–C₂₀）、燃料油。燃料油也可以通过真空蒸馏，它被分成轻燃料油（350–500 °C）、蜡（超过500 °C）和各种油、石蜡。

仅通过石油蒸馏不足以生产汽油。芳香烃（苯），含量低，游离烃（烯烃）以及石油中几乎没有的非饱和烃在汽油中起着重要作用。这些烃类改善了汽油的抗爆性能，其浓度决定了汽油的辛烷值。因此，通过精馏分离的石油馏分会进行裂解和重整处理。

Крекинг (裂解)

Крекингом называется процесс расщепления углеводородов, содержащихся в нефти, в результате которого образуются углеводороды с меньшим числом атомов углерода в молекуле. В аппаратах крекинг-заводов происходят сложные химические реакции.

Термический крекинг осуществляют при условиях: температура от 450 до 550 °C, давление от 2 до 7 МПа. Получают алканы и алкены неразветвленного строения с меньшей молекулярной массой.

Каталитический крекинг при условиях: температура – 450–500 °C и катализатор алюмосиликаты. При этом образуются алканы и алкены линейного и разветвленного строения.

Владимир Григорьевич Шухов является автором проектов и техническим руководителем строительства первых российских нефтепроводов (1878) и нефтеперерабатывающего завода с первыми отечественными установками крекинга нефти (1931).

裂解是指分解石油中烃类的过程，产生相对分子质量较低的烃类分子。

在裂解设备和工厂中进行复杂的化学反应。

热裂解的条件： $t = 450-550\text{ }^\circ\text{C}$, $P = 2-7$ 兆帕。产生烷烃和烯烃，结构不规则，分子质量变化。

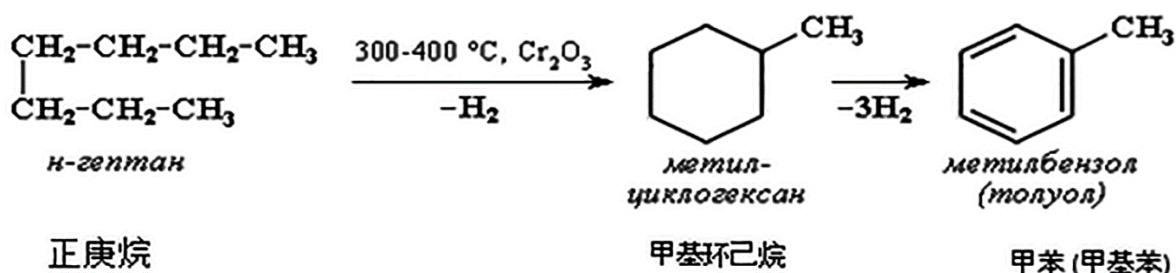
催化裂解的条件： $t = 450-500\text{ }^\circ\text{C}$ 催化剂为沸石。生成烷烃和烯烃，线性和支链结构。

弗拉基米尔·格里戈里耶维奇·舒霍夫 是俄罗斯第一个输油管道（1878年）和带有首批俄罗斯裂化装置的炼油厂（1931年）的项目作者和技术主管。

Риформинг (重整)

Риформинг представляет собой процесс превращения циклических и линейных углеводородов в ароматические углеводороды. Ароматические углеводороды имеют высокое октановое число и должны содержаться в высокооктановых марках бензина. Катализатором является платина. Из алкана образуется вначале циклоалкан, а затем ароматический углеводород.

重整是将环烷烃和直链烃转化为芳香烃和支链烃的过程。芳香烃改善了汽油的抗爆性能。催化剂为铂或铂铑。在重整过程中，生成氢气和芳香烃。

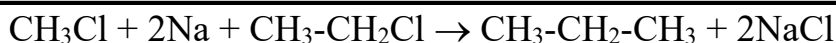


Методы получения предельных и непредельных углеводородов

饱和和不饱和烃类的合成方法

Синтез алканов (烷烃的合成)：

1. Реакция Вюрца (伍尔兹反应)：



хлорметан хлорэтан пропан
氯甲烷 氯乙烷 丙烷



бромметан этан
溴乙烷 乙烷

2. Восстановление галогеналканов, алкенов (卤代烷烃和烯烃的还原):

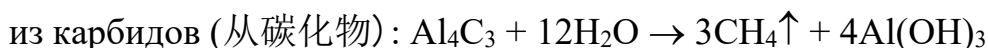


хлорэтан бутан
氯乙烷 丁烷



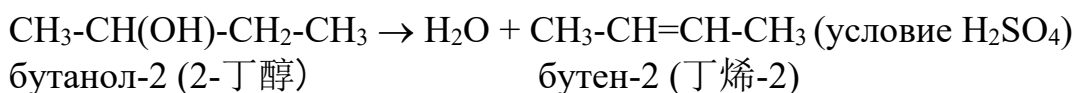
этилен этан
乙烯 乙烷

3. Декарбоксилирование натриевых солей карбоновых кислот (羧酸钠盐的脱羧):

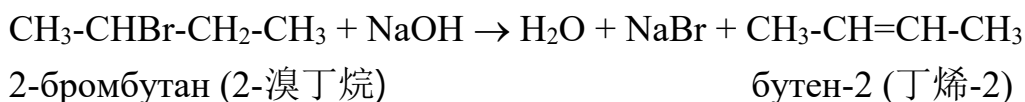


Методы синтеза алкенов (烯烃的合成方法):

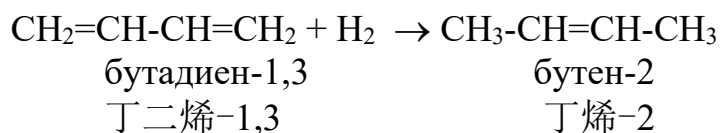
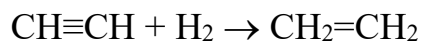
1. Дегидратация спиртов по правилу Зайцева: водород в спирте отщепляется от менее гидрогенизированного атома углерода (齐采夫规则下的醇脱水反应: 醇中氢原子被氧化时, 氢从最少氢的碳原子上移走):



2. Дегидрогалогенирование галогеналканов (卤代烷烃的脱卤化氢反应):



3. Гидрирование ацетиленовых, диеновых (乙炔和二烯烃的氢化反应):

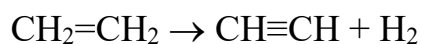


Методы синтеза алкинов (炔烃的合成方法):

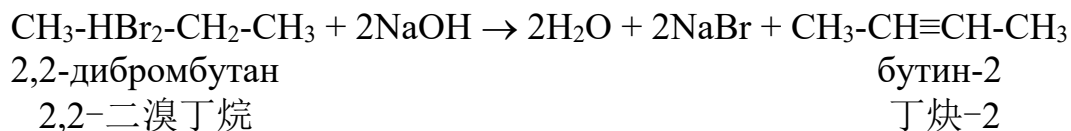
1. Карбидный способ (碳化钙法):



2. Пиролиз метана, этилена (температура 1 500 °С). 甲烷裂解 (温度1500 °С):



3. Дегидрогалогенирование дигалогеналканов (二卤代烷烃的脱卤化氢反应):



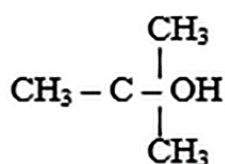
ЛЕКЦИЯ 9.

СПИРТЫ И ФЕНОЛЫ

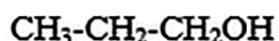
第九讲。醇类和酚类

Спирты – это органические соединения, в молекулах которых содержится одна или несколько гидроксильных групп $-OH$, связанных с углеводородным радикалом. В названиях используется окончание *-ол*:

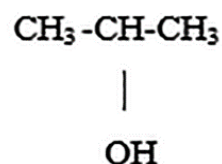
酒精 – 是一种有机化合物，其分子中含有一个或多个羟基基团 $-OH$ ，该基团与烃基结合。在名称中使用了后缀“醇”：



2-метилпропанол-2
2-甲基丙醇-2



пропанол-1
1-丙醇



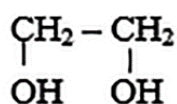
пропанол-2
2-丙醇

По числу гидроксильных групп, содержащихся в молекуле, спирты делятся на одноатомные (одна группа $-OH$), двухатомные (две группы $-OH$) и трехатомные.

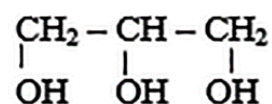
根据分子中羟基基团的数量，酒精分为单羟基醇（一组 $-OH$ ）、二元醇（两组 $-OH$ ）和三元醇。



этанол
乙醇

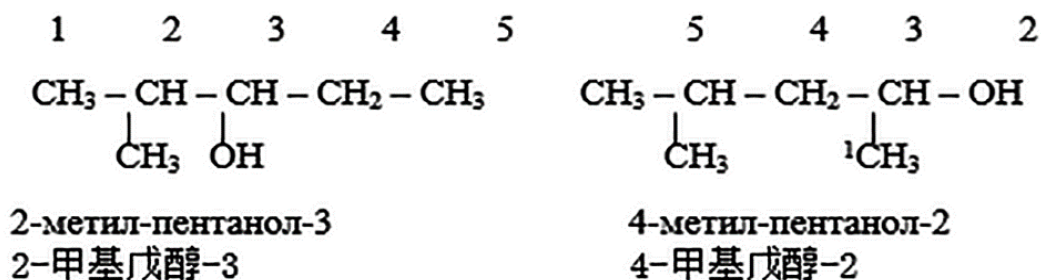


этиленгликоль, этандиол-1,2
乙二醇, 1,2-乙二醇



глицерин
甘油

Нумерацию начинают с атома углерода, к которому ближе находится $-OH$ -группа (编号从最接近 $-OH$ 基团的碳原子开始)：



Физические свойства спиртов

酒精的物理性质

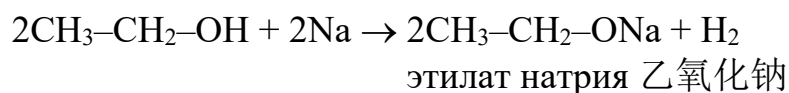
Спирты не имеют газообразных соединений. Спирты, имеющие в составе до 12-ти атомов углерода, представляют собой жидкости. Спирты, имеющие в составе более 12-ти атомов углерода – твердые соединения. Спирты имеют высокие температуры кипения. Все спирты легче воды. Метанол, этанол и пропанол смешиваются с водой в любых отношениях. Средние спирты имеют неприятный запах, высшие спирты запаха не имеют.

醇类没有气态化合物。含有12个碳原子以下的醇类是液体。含有超过12个碳原子的醇类是固体化合物。醇类的沸点很高。所有醇类都比水轻。甲醇、乙醇和丙醇可以与水任意比例混合。中级醇类有难闻的气味，而高级醇类没有气味。

Химические свойства спиртов

酒精的化学性质

1. *Взаимодействие с активными металлами (щелочными и щелочноземельными)* (与活泼金属（碱金属和碱土金属）的反应):

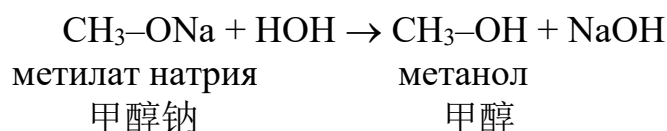


При взаимодействии спиртов с активными металлами образуются **алкоголяты**. Это твердые вещества, хорошо растворимые в спирте. В присутствии воды алкоголяты натрия разлагаются, вновь образуя спирт.

Лекция 9. Спирты и фенолы

第九讲。醇类和酚类

酒精与活泼金属反应生成醇盐。醇盐是固体物质，溶于醇。在水存在下，醇盐水解，重新生成酒精：

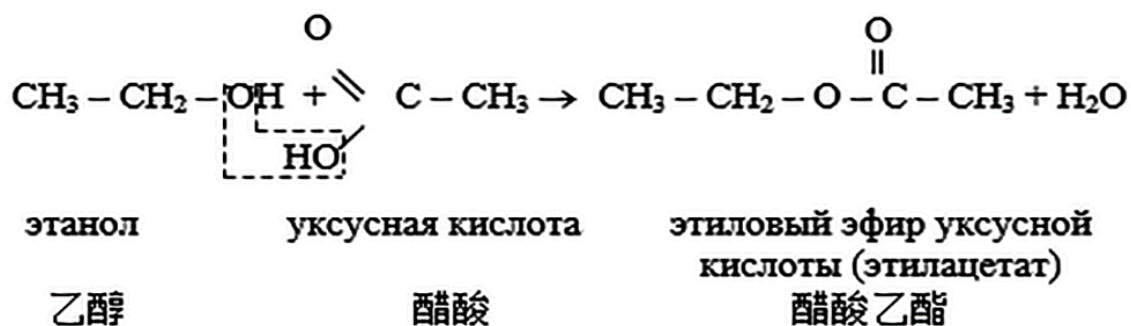


Спирты с растворами щелочей не взаимодействуют.

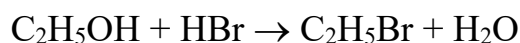
醇类不与碱溶液反应。

2. Реакции спиртов с органическими кислотами с образованием сложных эфиров называют **реакцией этерификации** (условие – H_2SO_4 , нагревание):

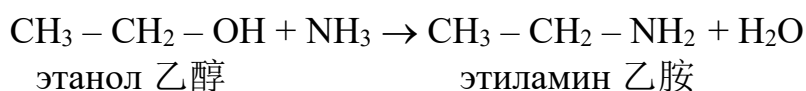
酒精与有机酸反应生成酯 - 酯化反应 (条件: H_2SO_4 , 加热):



3. Замещение группы $-\text{OH}$ на галоген осуществляется при действии на спирты галогенида фосфора и галогенводородов (用卤素取代-OH基团的反应 (氢卤酸作用下的卤化反应)):

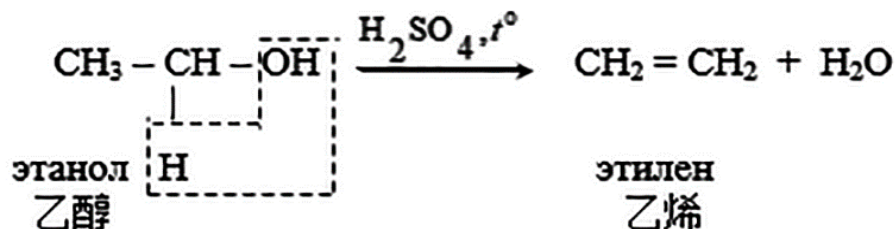


4. Взаимодействие с аммиаком (与氨的反应):

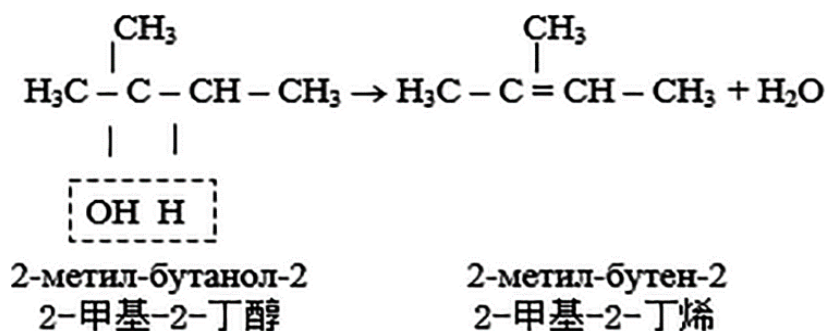


5. Дегидратация спиртов (потеря воды) (酒精的脱水 (失水反应)).

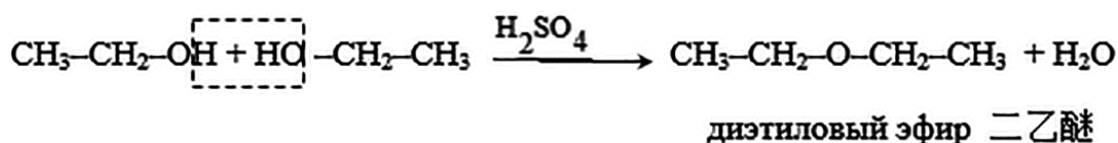
При внутримолекулярной дегидратации образуются непредельные углеводороды (алкены). 在分子内脱水时形成不饱和烃（烯烃）：



При дегидратации более сложных спиртов отщепление происходит по правилу Зайцева (водород отнимается от атома углерода С, у которого атомов водорода Н меньше). 对于更复杂的醇，脱水反应根据Zaitsev规则发生（氢原子从碳原子C上移除，该碳原子氢原子较少）：



Межмолекулярная дегидратация происходит с образованием простых эфиров. 酯的形成而发生分子间脱水：

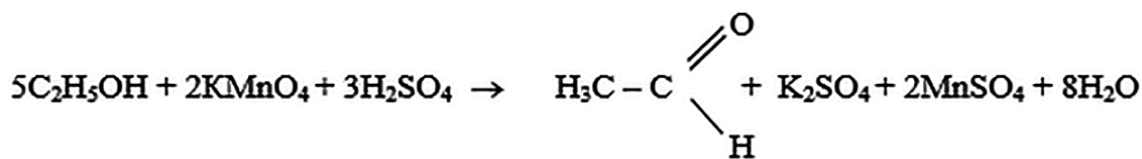


6. Окисление спиртов (酒精的氧化)。

При окислении первичных спиртов образуются альдегиды, а при окислении вторичных – кетоны.

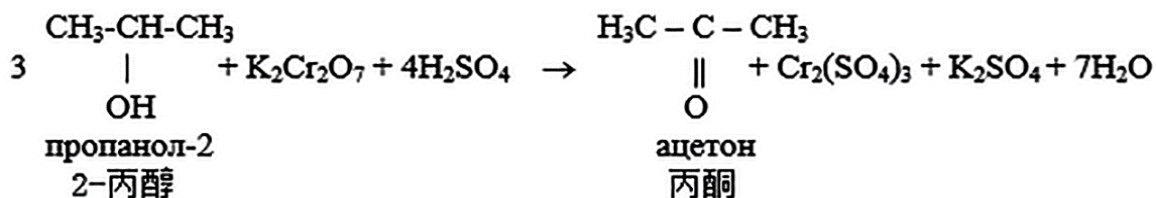
Далее показано окисление спиртов сильными окислителями: $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4$ или $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$.

一级醇的氧化生成醛类，二级醇的氧化生成酮类。酒精的强氧化剂氧化反应： $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4$ 或 $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$ ：



этанол 乙醇

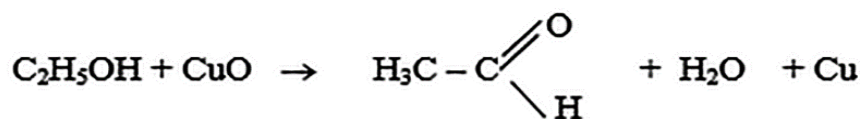
этаналь
(уксусный альдегид) 乙醛



пропанол-2
2-丙醇

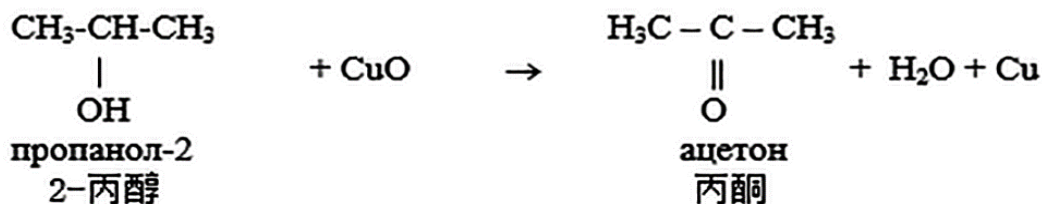
ацетон
丙酮

Окисление спиртов оксидом меди (II) (酒精被氧化铜 (II) 氧化):



этанол 乙醇

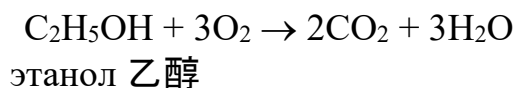
этаналь
(уксусный альдегид) 乙醛



пропанол-2
2-丙醇

ацетон
丙酮

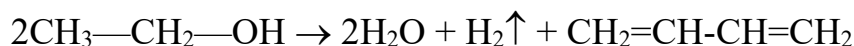
7. Горение спиртов (酒精的燃烧):



8. Синтез бутадиена-1,3 (丁二烯-1,3的合成).

Великий русский химик С. В. Лебедев впервые получил бутадиен-1,3 из этанола (катализаторы – алюмосиликаты, температура 500 °С). Благодаря его работам, промышленное производство синтетического каучука начато в Советском Союзе впервые в мире (1932 г.).

伟大的俄罗斯化学家列别杰夫 S. V. Lebedev 首次从乙醇合成了丁二烯-1,3 (催化剂为氧化硅铝酸盐, 500 °C)。得益于列别杰夫的工作, 苏联于1932年首次在世界范围内开始了合成橡胶的工业生产。

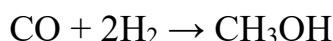


Способы получения спиртов

酒精的生产方法

1. *Синтез метанола.* «Синтез-газ» – смесь, которую получают в результате взаимодействия метана с водяным паром при высокой температуре.

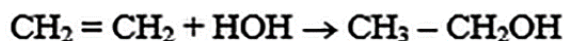
甲醇的合成。合成气一种由甲烷与水蒸气在高温下反应得到的混合物。



Метанол необходим при транспортировке нефти и газа по газопроводу «Сила Сибири» и нефтепроводу «Сибирь – Тихий океан».

甲醇在通过“西伯利亚力量”输气管道和“西伯利亚-太平洋”输油管道运输石油和天然气时是必需的。

2. *Гидратация (присоединение воды) этилена и его гомологов* (乙烯及其同系物的水合反应 (加水反应)):



пропен 丙烯

ОН пропанол-2 2-丙醇

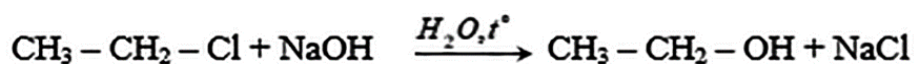
3. *Спиртовое брожение* (酒精发酵):



ГЛЮКОЗА ЭТАНОЛ

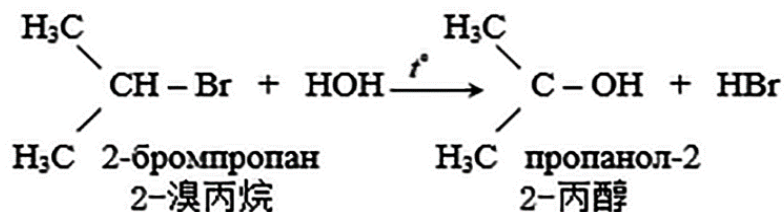
葡萄糖 乙醇

4. *Гидролиз галогеналканов при нагревании* (卤代烃的水解反应 (在加热条件下)):



хлорэтан
氯乙烷

этанол
乙醇



2-бромпропан
2-溴丙烷

пропанол-2
2-丙醇

Использование спиртов

酒精的用途

Этанол используют в смеси с бензином, как топливо для двигателей внутреннего сгорания. Он повышает октановое число и снижает образование вредных веществ в выхлопных газах.

Этанол – исходное соединение для получения ацетальдегида, уксусной кислоты, а также для производства сложных эфиров карбоновых кислот, используемых в качестве растворителей.

Бутанол используют как растворитель жиров и смол, он служит сырьем для получения душистых веществ.

Из спиртов синтезируют алкены и бутадиен-1,3 – сырье для получения искусственного каучука, резины, пластика и полимеров.

乙醇与汽油混合使用，作为内燃机的燃料。提高辛烷值，减少废气中有害物质的生成。乙醇是制备乙醛、乙酸的原料，也是生产酯类有机酸和用作溶剂的复杂酯的原料。

丁醇用作脂肪和树脂的溶剂，它是芳香物质生产的原料。从酒精中合成烯炔和丁二烯-1,3，这是合成橡胶、橡胶、塑料和聚合物的原料。

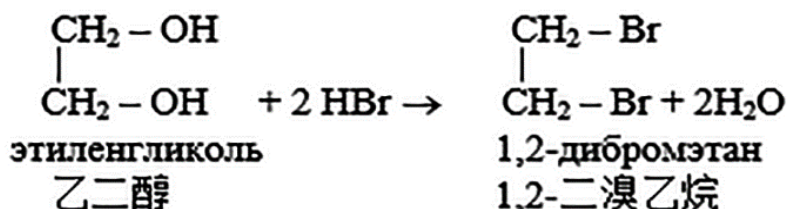
Многоатомные спирты (多元醇)

Химические свойства многоатомных спиртов похожи с одноатомными спиртами. При этом этиленгликоль со щелочными металлами образует полный и неполный гликоляты.

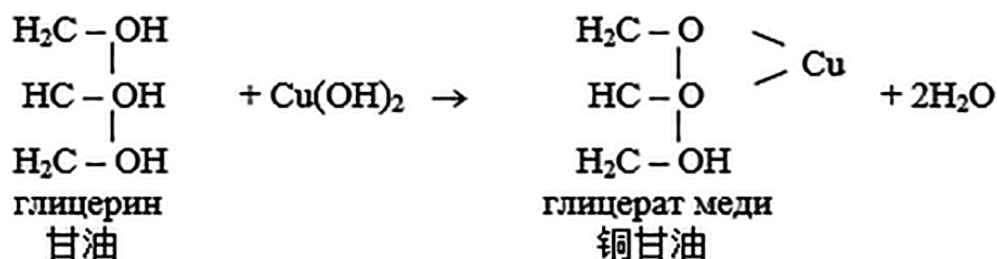
多元醇的化学性质与一元醇相似。乙二醇与碱金属反应生成完全和不完全的甘油醛：



Реакция этиленгликоля с HBr (乙二醇与 HBr 的反应)：

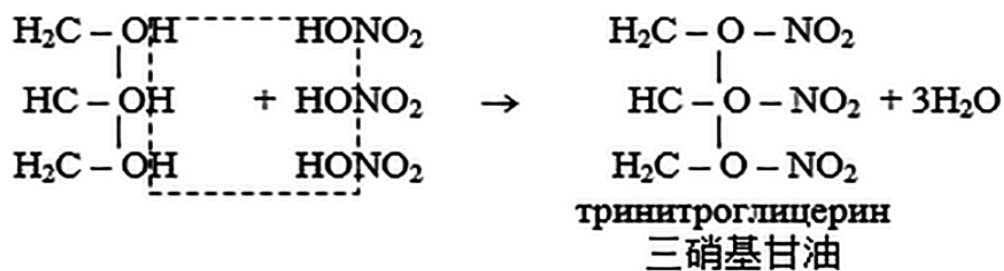


С гидроксидом меди (II) глицерин образует глицерат меди ярко-синего цвета. 与氢氧化铜 (II) 的反应生成亮蓝色的铜甘油：

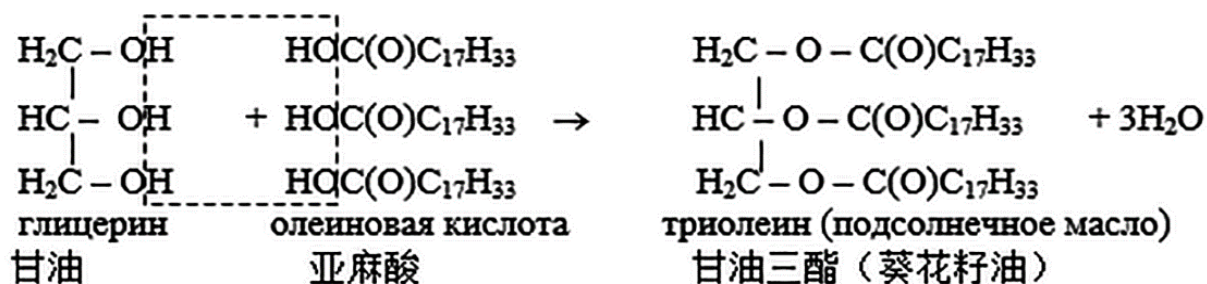


При реакции глицерина с азотной кислотой образуется нитроглицерин. Это тяжелая маслянистая жидкость, взрывчатое вещество.

与硝酸的反应生成硝化甘油。硝化甘油是一种重油状液体，具有爆炸性。



Реакция глицерина с карбоновыми кислотами (甘油与羧酸的反应):

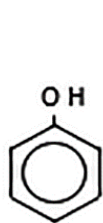


Глицерин. Входит в состав жиров и растительных масел. Используется в парфюмерии, фармакологии. **甘油。** 甘油是脂肪和植物油的成分。甘油在香水和药剂中使用。

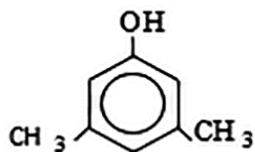
Этиленгликоль. Водные и спиртовые растворы этиленгликоля применяют как незамерзающие при низких температурах растворы, заменяющие воду в радиаторах автомобильных и авиационных моторов в зимних условиях (антифризы). Этиленгликоль применяют для получения лавсана – ценного синтетического волокна. **乙二醇。** 乙二醇的水溶液和醇溶液用于防冻液，在低温下防止结冰，用于汽车和飞机发动机的散热器。在合成纤维生产中，乙二醇用于生产聚酯。

Фенолы (酚类)

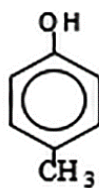
Это соединения, содержащие одну или несколько гидроксильных групп, которые связаны с атомами углерода бензольного ядра. Простейший представитель – фенол $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$. 含有一个或多个羟基并与苯环碳原子相连的化合物称为酚类。最简单的代表是苯酚 $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ 。



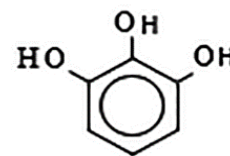
фенол
苯酚



3,5-диметилфенол
3,5-二甲基苯酚

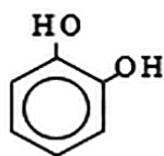


п-крезол
对甲苯酚

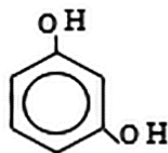


пирогаллол
吡咯醇

Для двухатомных фенолов известны три изомера – орто, мета и пара, носящие тривиальные названия. 对于二元酚，已知有三种异构体 – 邻位、间位和对位，它们有各自的俗名：



орто-изомер
пирокатехин
(1,2-диоксибензол)
邻位异构体
邻苯二酚
(1, 2-二羟基苯)



мета-изомер
резорцин
(1,3-диоксибензол)
间位异构体
间苯二酚
(1, 3-二羟基苯)

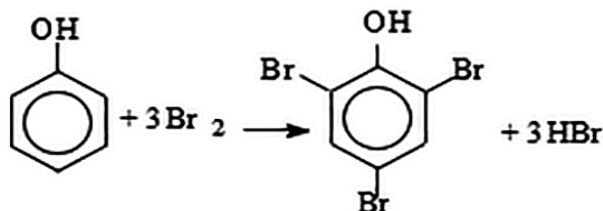


пара-изомер
гидрохинон
(1,4-диоксибензол)
对位异构体
对苯二酚
(1, 4-二羟基苯)

Физические свойства. Фенолы – кристаллические вещества, обладающие сильным характерным запахом. В воде растворяются плохо. Кристаллы фенола на воздухе вследствие окисления розовеют. Фенолы – ядовитые вещества. Это сильные антисептики.

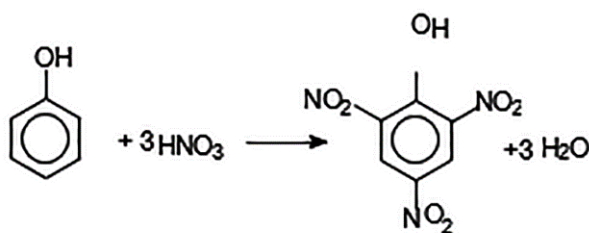
物理性质。 酚类是结晶性物质，具有强烈的特有气味。在水中溶解性差。酚的晶体暴露在空气中由于氧化变成粉红色。酚类是有毒物质。酚是一种强力的消毒剂。

4. Реакция фенола с бромной водой. Это качественная реакция для определения фенола (酚与溴水的反应。这是鉴定酚的定性反应)：



2,4,6-трибромфенол
2,4,6-三溴苯酚

5. Нитрование фенола азотной кислотой позволяет получить тринитрофенол (酚的硝化反应 酚与硝酸反应可得到三硝基苯酚)：



2,4,6-тринитрофенол (пикриновая кислота)
2,4,6-三硝基苯酚 (苦味酸)

Фенол используют в производстве пластических масс – фенопластов, красителей, лекарственных препаратов, взрывчатых веществ.

苯酚用于生产塑料 – 酚醛塑料、染料、药物和炸药。

Учебное издание

*Пакурина Антонина Павловна,
доктор химических наук, профессор
帕库西娜·安东尼娜·帕夫洛夫娜*

ЛЕКЦИИ ПО ХИМИИ

化学讲义

Учебное пособие

学习指南

Подписано в печать 24.10.2024 г.
Формат 60x90/16. Уч.-изд. л – 2,09. Усл. печ. л. – 5,64.
Тираж по требованию. Заказ 112.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Дальневосточный государственный аграрный университет»

Отпечатано в отделе оперативной полиграфии
Дальневосточного государственного
аграрного университета
675005, г. Благовещенск, ул. Политехническая, 86