

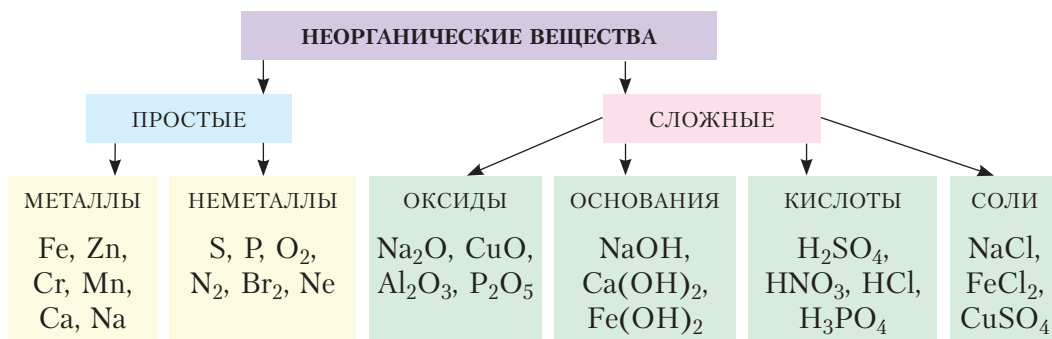
9. Определите массовую долю азота в смеси, содержащей 10 г мочевины $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ и столько же хлорида калия.

10. Руда содержит минералы FeS_2 (массовая доля 92 %), FeAsS (массовая доля 6 %) и примеси, не содержащие серу. Рассчитайте массу серы, содержащейся в 1 кг такой руды.



§ 3. Основные классы неорганических соединений

Изучаемые вещества классифицируют с учётом состава, строения, свойств и других критериев. Основными классами простых веществ являются металлы и неметаллы, сложных — оксиды, основания и соли. Их состав, свойства и способы получения вы изучали ранее. В данном параграфе вспомним принципы номенклатуры и классификации веществ (рис. 6).



§ 3.1



§ 3.2



§ 3.3

Рис. 6. Классы неорганических веществ

Металлы — простые твёрдые при комнатной температуре вещества (за исключением жидкой ртути), обладающие пластичностью и теплопроводностью, высокой электропроводностью. Полированные поверхности металлов всегда блестящие.



§ 3.4

Неметаллы — простые твёрдые, жидкие или газообразные при комнатной температуре вещества. В твёрдом состоянии они, как правило, непластичные или даже хрупкие, плохо проводят тепло и электрический ток.



§ 3.5

Оксиды — сложные вещества, состоящие из двух элементов, один из которых кислород ($\text{Э}_x\text{O}_y$).

Оксиды металлов при нормальных условиях — твёрдые вещества. Оксиды неметаллов при этих же условиях могут быть в твёрдом, жидком и газообразном состояниях.

Кислород в оксидах проявляет степень окисления -2 : $\overset{+4}{\text{C}}\overset{-2}{\text{O}}_2$ (оксид углерода(IV)), $\overset{+2}{\text{Ca}}\overset{-2}{\text{O}}$ (оксид кальция).



Напомним: если атомы элемента могут существовать в разных положительных степенях окисления, эту степень в названиях или формулах оксидов, оснований, солей указывают римскими цифрами. Их ставят в скобках после названия соответствующего элемента, например: оксид железа(III), гидроксид железа(II), хлорид железа(II).

Различают *солеобразующие* (кислотные, амфотерные, основные) и *несолеобразующие* оксиды (рис. 7).

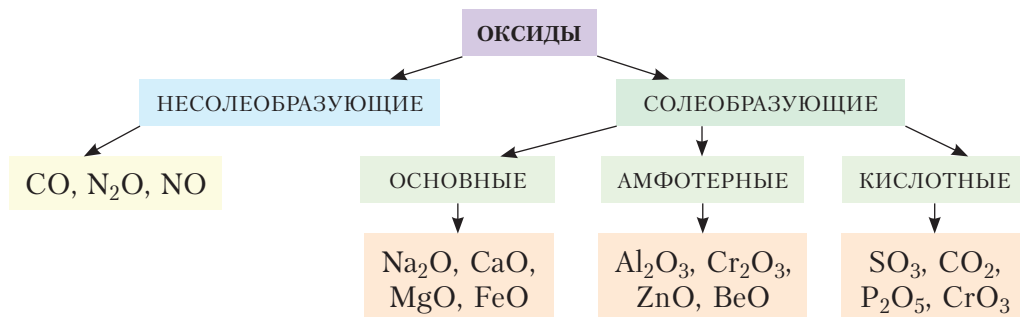
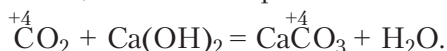


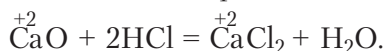
Рис. 7. Классификация оксидов

К *кислотным* относятся оксиды, которым соответствуют кислоты. Кислотные оксиды реагируют со щелочами с образованием соли и воды:



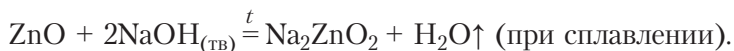
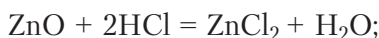
Кислотным оксидам соответствуют кислородсодержащие кислоты: оксиду $\overset{+4}{\text{C}}\text{O}_2$ соответствует кислота $\text{H}_2\overset{+4}{\text{C}}\text{O}_3$ (степени окисления углерода одинаковы в оксиде и кислоте).

К *основным* относятся оксиды, которым соответствуют основания. Основные оксиды реагируют с кислотами с образованием соли и воды:



Основным оксидам соответствуют основания. Например, оксиду $\overset{+2}{\text{Ca}}\text{O}$ соответствует основание $\overset{+2}{\text{Ca}}(\text{OH})_2$.

Амфотерные оксиды реагируют и с кислотами, и со щелочами:



Реакции амфотерных оксидов со щелочами могут протекать не только при сплавлении, но и в растворе:



Соединение $\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$ относят к классу комплексных соединений. Дополнительные сведения о таких соединениях приведены в конце данного параграфа, а также в материале о свойствах амфотерных оксидов и гидроксидов в главе II и металлов в главе VII.

К *несолеобразующим* оксидам относят $\overset{+2}{\text{CO}}$, $\overset{+1}{\text{N}_2\text{O}}$, $\overset{+2}{\text{NO}}$. При комнатной температуре они не реагируют ни с кислотами, ни со щелочами.

Кислотами называют сложные вещества, содержащие атомы водорода и кислотные остатки, причём атомы водорода способны замещаться атомами металлов.

Кислоты также определяют как электролиты, при диссоциации которых в водных растворах в качестве катионов образуются только катионы водорода H^+ :



В таблицах 1 и 2 приведён состав и дана классификация кислот по различным признакам.

Таблица 1. Названия некоторых кислот и их солей

Бескислородные кислоты			Кислородсодержащие кислоты (гидроксиды)		
Химическая формула	Название кислоты	Название соли	Химическая формула	Название кислоты	Название соли
HI	Йодоводородная	Йодид	HNO_3	Азотная	Нитрат
HBr	Бромоводородная	Бромид	HNO_2	Азотистая	Нитрит
HCl	Хлороводородная	Хлорид	H_2SO_4	Серная	Сульфат
HF	Фтороводородная	Фторид	H_2SO_3	Сернистая	Сульфит
H_2S	Сероводородная	Сульфид	H_3PO_4	Фосфорная	Фосфат
			H_2CO_3	Угльная	Карбонат
			H_2SiO_3	Кремниевая	Силикат
			HClO_4	Хлорная	Перхлорат

Таблица 2. Классификация кислот

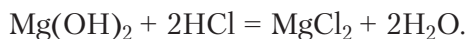
Признак классификации	Классификационные группы	Примеры
По происхождению	Неорганические (минеральные)	HCl, H ₂ SO ₄ , HNO ₃
	Органические (карбоновые)	HCOOH, CH ₃ COOH, C ₁₇ H ₃₅ COOH
По наличию атомов кислорода	Кислородсодержащие	H ₃ PO ₄ , H ₂ SO ₄ , H ₂ CO ₃
	Бескислородные	HCl, H ₂ S, HF
По числу атомов водорода, способных замещаться атомами металлов	Одноосновные	HNO ₃ , HF, HCl, CH ₃ COOH
	Многоосновные (двухосновные, трёхосновные)	H ₂ SO ₄ , H ₂ SO ₃ , H ₂ CO ₃ , H ₃ PO ₄
По силе (способности диссоциировать на ионы в водном растворе)	Сильные	H ₂ SO ₄ , HNO ₃ , HCl, HClO ₄
	Слабые	H ₂ S, H ₂ SiO ₃ , CH ₃ COOH

Основания — сложные вещества, состоящие из атомов металлов и гидроксогрупп OH: гидроксид натрия NaOH, гидроксид железа(II) Fe(OH)₂.

Основания — это электролиты, при диссоциации которых в качестве анионов образуются только гидроксид-ионы OH⁻:



Все основания реагируют с кислотами, образуя соль и воду (реакция нейтрализации):



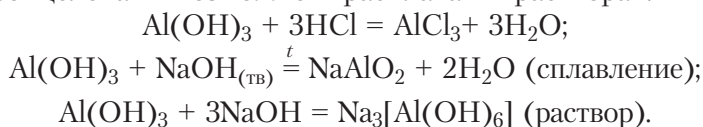
В основе классификации оснований лежат следующие признаки.

1. *Число групп OH.* По числу групп OH, приходящихся на один атом металла, различают однокислотные (NaOH, KOH, LiOH) и многокислотные (Mg(OH)₂, Ca(OH)₂, Fe(OH)₂) основания.

2. *Растворимость в воде.* Гидроксиды металлов — твёрдые вещества. Водный раствор аммиака — гидрат аммиака (NH₃ · H₂O) — также обладает основными свойствами и диссоциирует с образованием гидроксид-ионов. Для того чтобы подчеркнуть это свойство, формулу гидрата аммиака часто записывают в привычном для оснований виде — NH₄OH. По *растворимости* в воде неорганические основания делят на растворимые (щёлочи) и нерастворимые.

Щёлочи — это растворимые в воде основания. К щелочам относят растворимые гидроксиды всех элементов IА-группы и щёлочноземельных металлов: стронция, бария, радия, включая малорастворимый гидроксид кальция.

Амфотерные гидроксиды $Zn(OH)_2$, $Be(OH)_2$, $Al(OH)_3$, подобно соответствующим им оксидам, реагируют как с кислотами, так и со щелочами. Взаимодействие со щелочами возможно в расплавах и растворах:



Соли — это сложные вещества, состоящие из атомов металлов и кислотных остатков.

С точки зрения теории электролитической диссоциации солями называют сложные вещества, при диссоциации которых образуются катионы металлов и анионы кислотных остатков:



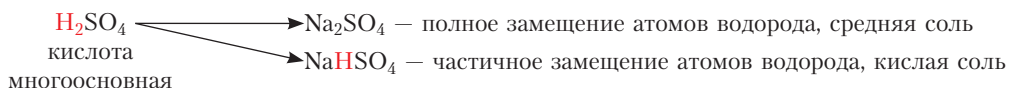
К солям относят также соединения, содержащие ион аммония и кислотный остаток (хлорид аммония NH_4Cl , сульфат аммония $(NH_4)_2SO_4$ и др.)

В основе систематических названий солей лежат названия кислотного остатка и металла с указанием в скобках римскими цифрами степени окисления атомов металла, если она может иметь разные значения. Например, $MgSO_4$ — сульфат магния, $FeCl_2$ — хлорид железа(II), $Fe_2(SO_4)_3$ — сульфат железа(III).

В зависимости от полноты замещения атомов водорода в кислотах различают *средние* и *кислые* соли.

Кислые соли могут образовывать многоосновные кислоты (H_2SO_4 , H_2CO_3 , H_2S , H_3PO_4) при частичном замещении атомов водорода в их молекулах. Наличие в составе кислой соли атомов водорода отражается в названии, например $NaHCO_3$ — гидрокарбонат натрия (питьевая сода), $Ca(HCO_3)_2$ — гидрокарбонат кальция, NaH_2PO_4 — дигидрофосфат натрия, $NaHSO_4$ — гидросульфат натрия.

На следующей схеме показана возможность полного и неполного замещения.



При неполном замещении гидроксогрупп в основании на кислотные остатки образуются основные соли. В качестве примера основных солей можно привести $Al(OH)_2NO_3$. Эту соль можно рассматривать как продукт замещения одной группы OH в основании $Al(OH)_3$ на кислотный остаток NO_3^- .

Отдельную группу солей образуют так называемые *комплексные соединения*. В курсе химии 11-го класса вы встретитесь с некоторыми из таких соединений: $\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$ — тетрагидроксоцинкат натрия, $\text{K}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]$ — гексагидроксоалюминат калия. Они содержат комплексные ионы, которые в химических формулах заключают в квадратные скобки.

Соли, в состав которых входят молекулы воды, называют кристаллогидратами, а вода — кристаллизационной: $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (железный купорос, или гептагидрат сульфата железа(II)), $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (глауберова соль, или декагидрат сульфата натрия).



Из курса органической химии вам известны соли карбоновых кислот (ацетат натрия CH_3COONa , стеарат калия $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOK}$) и соли аминов (хлорид метиламмония $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{Cl}$, гидросульфат фениламмония $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_3\text{HSO}_4$).

К основным классам простых неорганических веществ относят металлы и неметаллы, сложных — оксиды, основания, кислоты и соли.

Вопросы, задания, задачи

1. Заполните таблицу, используя формулы веществ: $\text{Fe}(\text{OH})_2$, CaO , H_2SO_4 , SO_3 , CO_2 , NaOH , Na_2SO_4 , HCl , H_2SO_3 , K_3PO_4 , $\text{Ba}(\text{OH})_2$, KCl .

Оксиды	Кислоты	Основания	Соли

2. Выпишите формулы одноосновных кислот: H_3PO_4 , CH_3COOH , HI , H_2S , HNO_2 .

3. Составьте формулы оксидов: а) соответствующих кислотам:

Кислота	HNO_2^{+3}	HNO_3^{+5}	$\text{H}_3\text{PO}_4^{+5}$	$\text{H}_2\text{CO}_3^{+4}$	$\text{H}_2\text{SO}_4^{+6}$	$\text{H}_2\text{SO}_3^{+4}$
Кислотный оксид						

б) соответствующих основаниям:

Основание	LiOH	NaOH	$\text{Ba}(\text{OH})_2$	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	$\text{Fe}(\text{OH})_2$	$\text{Sr}(\text{OH})_2$
Основной оксид						

4. Назовите вещества, формулы которых: а) Fe_2O_3 , $\text{Fe}(\text{OH})_2$, H_2S , CuCl_2 , SO_3 , H_2SO_3 , $\text{Mn}(\text{OH})_2$; б) CO , KOH , MgCl_2 , HNO_3 , Fe_2O_3 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, Cu_2O , $\text{Cu}(\text{OH})_2$.

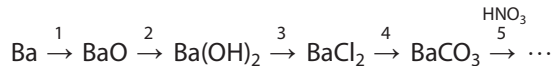
5. Составьте формулы веществ: а) оксид бария, гидроксид железа(III), стеарат калия, сульфат натрия, сульфид кальция, сульфит калия; б) оксид лития, оксид меди(I), гидроксид бария, фосфат кальция, фторид натрия, стеарат кальция.

6. Выберите вещества, реагирующие: а) с соляной кислотой: гидроксид железа(II), оксид углерода(IV), оксид магния, гидроксид бария, хлорид бария; б) с гидроксидом калия: оксид магния, оксид углерода(IV), серная кислота, хлорид натрия, хлорид железа(II). Составьте уравнения соответствующих реакций.

7. Вычислите и сравните массовую долю натрия в его хлориде и сульфате.

8. Определите элемент X и назовите соединение K_3XO_4 , массовая доля кислорода в котором равна 30,19 %.

9. Назовите вещества в схеме, составьте уравнения реакций согласно схеме:



10. Рассчитайте массовую долю хлора в смеси, в которой массовая доля хлорида калия составляет 67 %, хлорида натрия — 27 %, оксидов кремния и железа — 6 %.



§ 4. Количественные характеристики вещества

Наука начинается с тех пор, как начинают измерять.

Точная наука немыслима без меры.

Д. И. Менделеев

Свойства веществ, которые можно оценить количественно, с помощью чисел, называются *физическими величинами*.

Величины, характеризующие массу частиц вещества (A_r , M_r , m_a) или содержание вещества в смеси (массовая доля ω (в-ва), объёмная доля φ (в-ва)), мы рассмотрели в предыдущих параграфах. Некоторые величины (объём V , плотность ρ , масса m) подробно изучались в курсе физики.

В данном параграфе более детально рассмотрим особенности одной из семи основных физических величин Международной системы единиц СИ — **количество вещества**, также известной вам по предыдущим годам изучения химии и физики.

Количество вещества (химическое количество)

Вещества участвуют в химических реакциях в определённых количественных соотношениях.

Чтобы установить взаимосвязь числа взаимодействующих частиц с массой и объёмом, ввели физическую величину — количество вещества.

Количество вещества (химическое количество) — это физическая величина, равная отношению числа структурных единиц, составляющих его порцию, к постоянной Авогадро.