

Лекция № 12

Металлы и неметаллы

Металлы - простые вещества, в которых атомы связаны металлической связью. Поэтому определяющие физические свойства чистых металлов (следствие наличия металлической связи).

Неметаллы – это все элементы (и простые вещества), не являющиеся металлами. В нашей периодической таблице символы неметаллов красные, а металлов – синие.

Металлы и неметаллы

Весь естественный мир состоит из химических элементов И даже далекие галактики состоят из тех же химических элементов что и наша Земля.

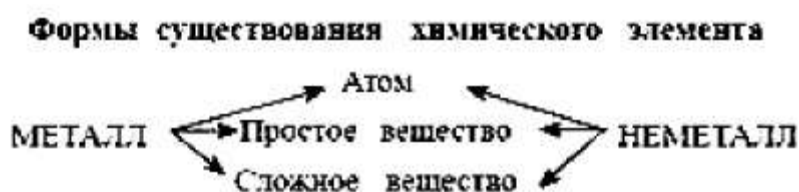
Наименьшая частица любого химического элемента, обладающая всеми его свойствами. — это атом.

Химические элементы делятся на металлы и неметаллы

Все металлы (кроме ртути) твердые при нормальных условиях. Однако твердость их различна.

Некоторые неметаллы в свободном виде при комнатной температуре являются газами, другие — твердые, и один — жидкий.

каждый из элементов периодической системы взаимосвязан с понятиями атом, простое или сложное вещество :



Металлы и неметаллы отличаются в первую очередь строением. Изобразим строение атома натрия и хлора



Сравните строение их внешних уровней. Легко заметить, что у металлов небольшое число электронов поэтому они легко отдают наружные электроны и проявляют восстановительные свойства. Склонность металла отдавать электроны зависит от его строения прежде всего, от размера атомов: чем больше атомные радиусы, тем легче металл отдает электроны.

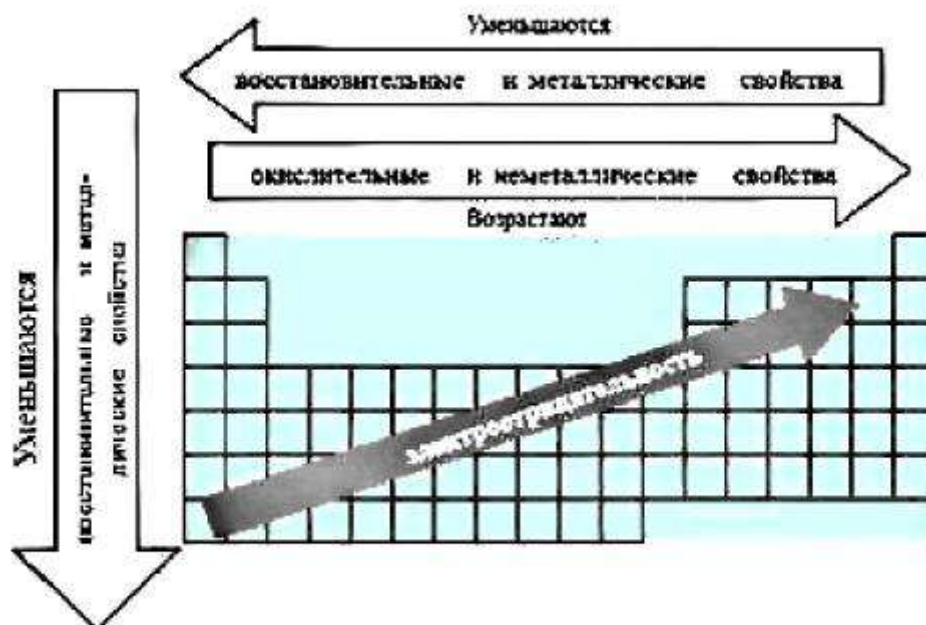


Рис. 36. Изменение свойств металлов и неметаллов в периодической системе

Металлы — простые вещества, степень окисления атомов в них равна 0. Вступая в реакции, металлы почти всегда изменяют степень окисления своих атомов. Электроотрицательность этих атомов невелика. Поэтому атомы металлов приобретают положительную степень окисления. Следовательно, все металлы в той или иной степени проявляют восстановительные свойства,

А неметаллы, наоборот, имеют большое число наружных электронов и легко присоединяют недостающие электроны и проявляют окислительные свойства. Окислительная активность неметаллов зависит, с одной стороны, от размеров атомов (чем меньше атомы, тем активнее вещество), а с другой — от прочности ковалентных связей в простом веществе (чем прочнее связи, тем менее активно вещество).

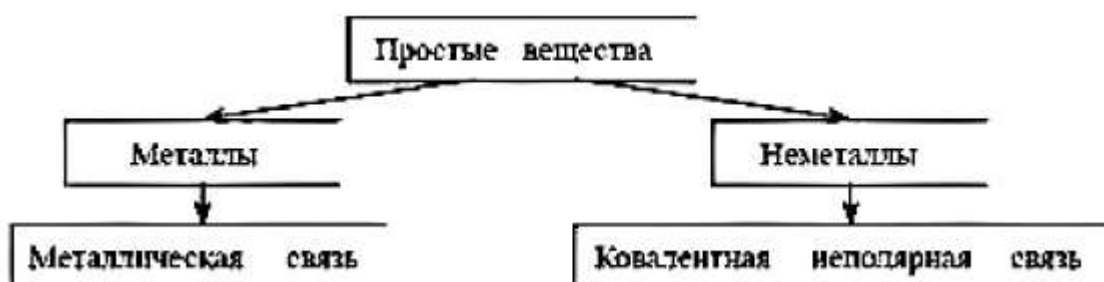
В периодической системе свойства металлов и неметаллов изменяются в периодах и группах (рис. 36).

Наблюдаются различия и в радиусах атомов этих элементов (рис. 37),

Аналогично существует различие в образовании химической связи у металлов

и

неметаллов:



Существуют различия и в кристаллических решетках простых веществ. У металлов только металлическая кристаллическая решетка, а неметаллам характерны атомные и молекулярные кристаллические решетки:

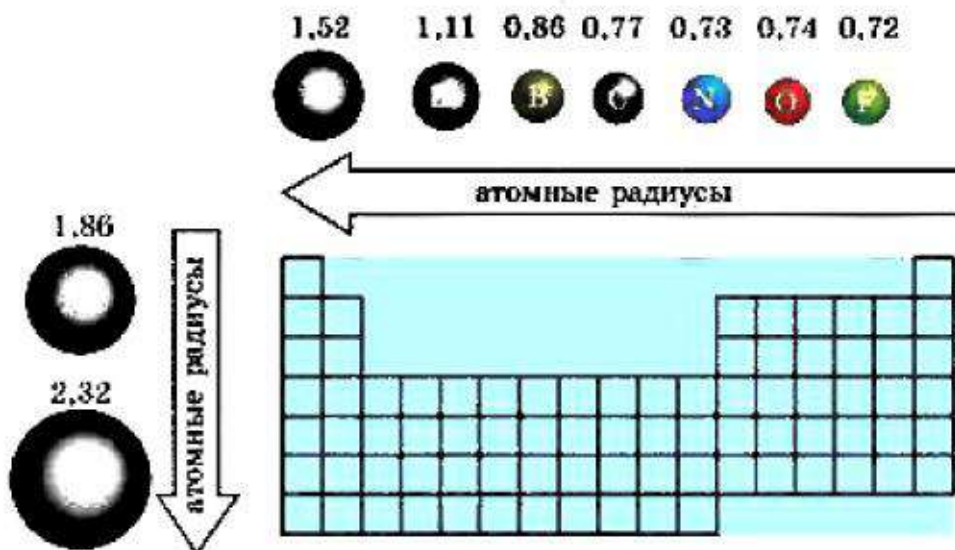
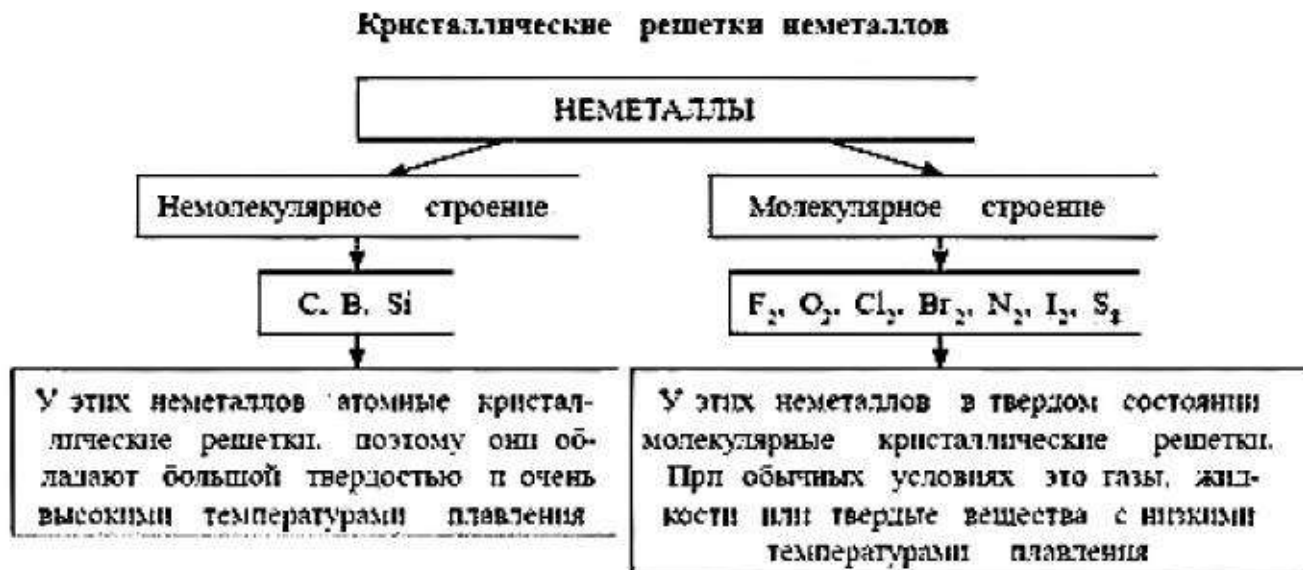


Рис. 37. Изменение радиусов атомов

Безусловно, различия в строении атомов, видах химических связей и кристаллическом строении приводят к различиям в физических свойствах металлов и неметаллов (табл. 14).

Сравнение физических свойств металлов и неметаллов

Свойства	Неметаллы	Металлы
1	2	3
Агрегатное состояние при комнатной температуре	Твердое (например, фосфор и графит), жидкое (только бром) или газообразное (например, кислород, хлор и др.)	Твердые вещества, за исключением ртути, представляющей собой жидкость
Цвет	Различный, например, бром — красно-бурый, сера — желтая, хлор — желтовато-зеленый. Блеск	Большинство металлов, за исключением золота и меди, имеют серебристо-серый цвет с различными

Продолжение

1	2	3
	отсутствует (за некоторым исключением, например кристаллический йод, графит)	оттенками, все металлы обладают характерным металлическим блеском
Пластичность	Отсутствует	Обладают
Теплопроводность	Только углерод (графит)	Хорошо проводят тепло
Электропроводность	Только углерод (графит) и черный фосфор	Хорошая проводимость

Используя полученные знания в курсе химии, на практике сравните физические свойства меди и серы.

Химические элементы делятся на металлы и неметаллы. Металлы — твердые вещества (кроме ртути). Неметаллы находятся в различных агрегатных состояниях.

Строение металлов и неметаллов — главная отличительная характеристика. Металлы имеют металлическую кристаллическую решетку. А неметаллам присущи молекулярные и атомные кристаллические решетки. Металлы проявляют восстановительные, а неметаллы окислительные свойства.

Сравнение химических свойств и способов получения металлов и неметаллов

Атомы металлов, не обладая склонностью принимать электроны, могут только их отдавать или обобщать. Все металлы в той или иной степени проявляют восстановительные свойства.

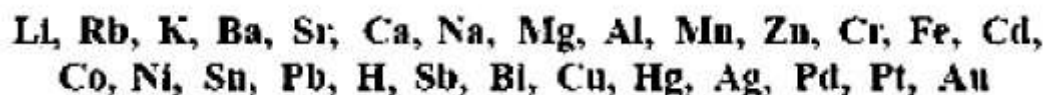
Казалось бы, что самым активным из металлов должен быть франций. Однако самый из долгоживущих изотопов франция имеет период полураспада 22,3 мин. Его равновесное содержание в земной коре только 340 г. Кроме него имеется еще один

вид с периодом полураспада 3.0 млн. Его равновесное содержание в земной коре составляет лишь 0.5 г.

Вследствие этого из применяемых металлов все-таки самым активным считается цезий.

Его легкость отдачи своего наружного электрона нашла применение в фотоэлементах.

Сравнительная активность металлов определяется схим рядом активности (приводится в сокращении):

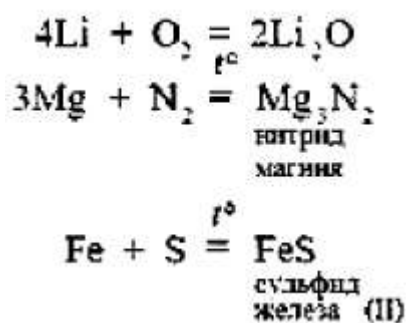


Расположение лития на первом месте в этом ряду объясняется легкостью образования гидратной оболочки в водных растворах кислот и солей.

Из расположения металлов в этом ряду видно, что самыми активными металлами являются металлы с одним внешним электроном, а самыми устойчивыми — платина и золото. Химические свойства металлов (рис. 37).

Металлы реагируют:

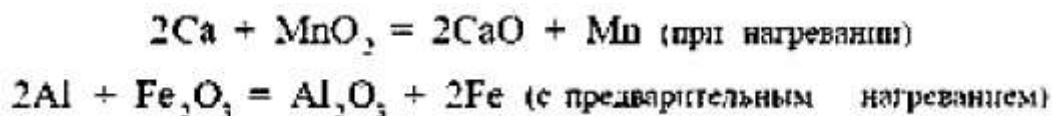
1. С неметаллами (не со всеми):



Наиболее активные металлы легко реагируют с галогенами и кислородом, а с азотом реагируют только литий, кальций и магний.

Реагируя с кислородом, большинство металлов образует оксиды, а наиболее активные — пероксиды (Na_2O_2 , BaO_2) и другие более сложные соединения.

2. С оксидами менее активных металлов:



3. С растворами кислот

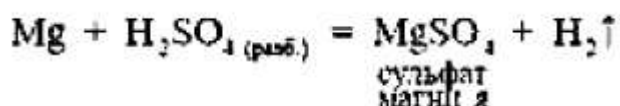
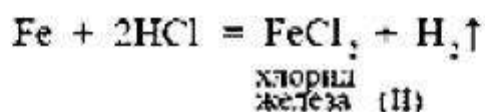
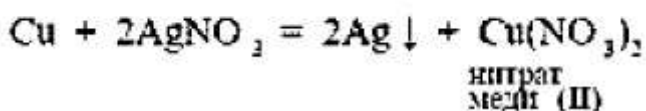
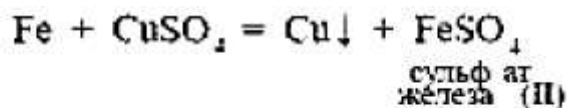


Рис. 37. Химические свойства металлов



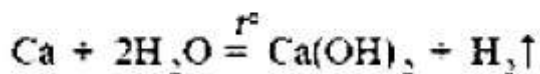
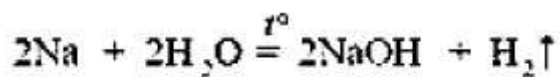
В этом случае возможность реакции легко определяется по ряду напряжений (реакция протекает, если металл в ряду напряжений стоит до водорода).

4. С растворами солей :

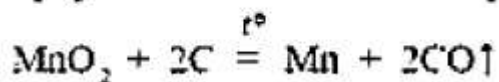
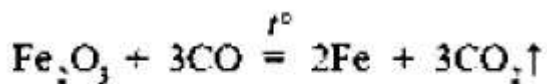


Для определения возможности протекания реакции здесь также используется ряд напряжений.

5. Кроме того, наиболее активные металлы (щелочные и щелочно-земельные) реагируют с водой :



Большинство металлов в промышленности получают восстанавливая их оксиды:



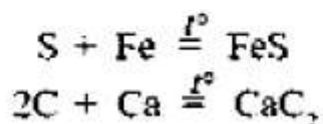
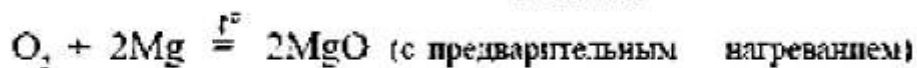
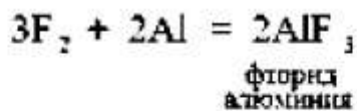
В лаборатории этого часто используют водород. Наиболее активные металлы как в промышленности, так и в лаборатории получают с помощью электролиза.

В лаборатории менее активные металлы могут быть восстановлены из растворов их солей более активными металлами.

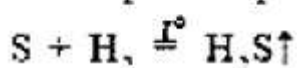
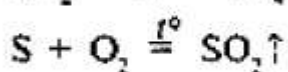
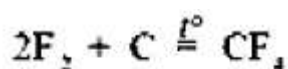
Неметаллы. В отличие от металлов, неметаллы обладают склонностью присоединять электроны, т. е. могут проявлять окислительные свойства. Самый активный неметалл — фтор. Он бурно взаимодействует почти со всеми веществами и с большинством из них — с горением и со взрывом. Контакт фтора с водородом приводит: к воспламенению и взрыву даже при очень низких температурах (до -252°C). В атмосфере фтора горят даже вода и платина. Фтор также способен окислять кислород, образуя фторид кислорода OF_2 .

Неметаллы могут окислять:

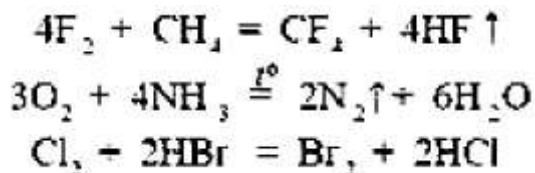
1. Металлы



2. Другие неметаллы :

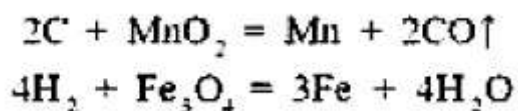


3. Многие сложные вещества :

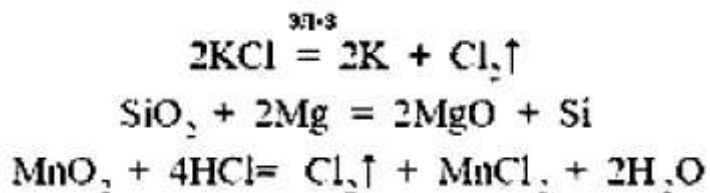


Фтор — самый сильный окислитель. Немного уступают ему кислород и хлор (обратите внимание на их положение в системе элементов).

В значительно меньшей степени окислительные свойства проявляют бор, графит, алмаз, кремний и другие простые вещества, образованные элементами, примыкающими к границе между металлами и неметаллами. Атомы этих элементов менее склонны присоединять электроны. Именно эти вещества (особенно графит и водород) способны проявлять восстановительные свойства:



Неметаллы получают из природных соединений, например, путем электролиза или сложных окислительно-восстановительных процессов.



Металлы проявляют в химических реакциях свойства восстановителем, а неметаллы — свойства окислителей. Сравнительная активность металлов определяется электрохимическим рядом активности. Металлы и неметаллы взаимодействуют с простыми и сложными веществами. Все металлы — восстановители, при взаимодействии с другими веществами отдают свои электроны и окисляются. Самые сильные восстановители — щелочные металлы, а неметаллы при взаимодействии с другими веществами присоединяют электроны и восстанавливаются. Самый сильный окислитель — фтор.

Соединения металлов и неметаллов

После того как мы сравнили строение и свойства простых веществ металлов и неметаллов, можно приступить к более полной классификации и сравнению свойств важнейших соединений металлов и неметаллов.

Общие формулы водородных соединений по группам периодической системы химических элементов приведены в таблице 15.

Таблица

I	II	III	IV	V	VI	VII
ЭН	ЭН ₂	ЭН ₃	ЭН ₄	ЭН ₃	Э ₂ Э	ЭЭ
Нелетучие водородные соединения			Летучие водородные соединения			

С металлами водород образует (за некоторым исключением) нелетучие соединения, которые являются твердыми веществами немолекулярного строения, поэтому их температуры плавления сравнительно высоки. Такие соединения называются гидридами.

С неметаллами водород образует летучие соединения молекулярного строения (например, фтороводород HF, сероводород H₂S, аммиак NH₃, метан CH₄). При обычных условиях это газы или летучие жидкости. При растворении в воде водородные соединения галогенов, серы, селена и теллура образуют кислоты той же формулы, что и сами водородные соединения; HF, HCl, HBr, HI, H₂S, H₂Se, H₂Te. При растворении в воде аммиака образуется аммиачная вода, обычно обозначаемая формулой NH₄OH и называемая гидроксидами аммония. Ее также обозначают формулой NH₃ · H₂O и называют гидратами аммиака. Помимо соединений с водородом неметаллы образуют с кислородом различные соединения;

Соединения неметаллов		
ионная	ковалентная полярная	ковалентная неполярная
NaCl, BaO, Na ₂ O	H ₂ O, HCl, NH ₃ , HF	CO ₂ , CH ₄ , CS

С кислородом неметаллы образуют кислотные оксиды. В одних оксидах они проявляют максимальную степень окисления, равную номеру группы (например, SO₃, N₂O₅), а в других — более низкую (например, SO₂, N₂O₃). Кислотным оксидам соответствуют кислоты, причем из двух кислородных кислот одного неметалла сильнее та, в которой он проявляет более высокую степень окисления.

Например, азотная кислота HNO_3 сильнее азотистой HNO_2 , а серная кислота H_2SO_4 сильнее сернистой H_2SO_3 .

Характеристики кислородных соединений неметаллов

1. Свойства высших оксидов в периодах слева направо постепенно изменяются от основных к кислотным

2. В группах сверху вниз кислотные свойства высших оксидов постепенно ослабевают. Об этом можно судить по свойствам кислот, соответствующих этим оксидам.

Существует несколько оксидов, которые в обычных условиях не реагируют ни с кислотами, ни со щелочами. Такие оксиды называются несолеобразующими. Это например, CO , SiO , N_2O , NO , MnO_2 . В отличие от них остальные оксиды называют солеобразующими.

Кислородные соединения металлов представлены в таблице 16

Таблица 16

Сравнительная характеристика соединений металлов

Степень окисления металла	Оксиды, их свойства	Гидроксиды	Примеры
+1 +2	Основные Me_2O MeO	MeOH Me(OH)_2	$\text{Na}_2\text{O} - \text{NaOH}$ $\text{CaO} - \text{Ca(OH)}_2$
+2 +3 +4	Амфотерные MeO Me_2O_3 MeO_2	$\text{Me(OH)}_2 - \text{H}_2\text{MeO}_2$ $\text{Me(OH)}_3 - \text{HMeO}_2$ $\text{Me(OH)}_4 - \text{H}_2\text{MeO}_3$	ZnO Al_2O_3 PbO_2
+5 +6 +7	Кислотные Me_2O_5 MeO_3 Me_2O_7	HMeO_3 H_2MeO_4 HMeO_4	V_2O_5 CrO_3 Mn_2O_7

Сравним свойства соединений металлов и неметаллов (табл. 17).

Таблица 17

Свойства соединений металлов и неметаллов

Реагенты	Соединения металлов	Соединения неметаллов
1	2	3
1. H_2O	$2\text{NaN} + \text{H}_2\text{O} = 2\text{NaOH} + \text{H}_2\uparrow$ $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca(OH)}_2$	$\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{NH}_4\text{OH}$ $\text{PCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{PO}_3 + 3\text{HCl}$

1	2	3
2. Основные оксиды	$ZnO + Na_2O = Na_2ZnO_2$	$BaO + SO_3 = BaSO_4$ $2HCl + CuO = CuCl_2 + H_2O$
3. Кислотные оксиды	$CrO_3 + 2KOH = K_2CrO_4 + H_2O$	$CaCO_3 + SiO_2 = CaSiO_3 + CO_2 \uparrow$
4. Основания	$ZnO + 2NaOH = Na_2ZnO_2 + H_2O$ $Al(OH)_3 + KOH = K[Al(OH)_4]$	$HNO_3 + NaOH = NaNO_3 + H_2O$
5. Кислоты	$BaO + H_2SO_4 = BaSO_4 + H_2O$ $Zn(OH)_2 + 2HCl = ZnCl_2 + 2H_2O$	$3P + 5HNO_3 \xrightarrow{2H_2O} 3H_3PO_4 + 5NO$ $H_2S + 3H_2SO_4 = 4SO_2 + 4H_2O$
6. Соли	$Ca(OH)_2 + CuCl_2 = Cu(OH)_2 + CaCl_2$	$Na_2S + 2HCl = 2NaCl + H_2S \uparrow$

Как видите, важнейшие классы химических веществ различаются по разным классификационным признакам. Но по какому бы признаку мы ни выделяли класс веществ, все вещества этого класса обладают общими химическими свойствами. Соединения металлов и неметаллов могут взаимодействовать между собой, так как их свойства противоположны.

Между всеми соединениями металлов и неметаллов существует генетическая связь, с которой вы уже знакомы (рис. 38).

С металлами водород образует нелетучие твердые соединения — гидриды. С неметаллами водород образует летучие соединения молекулярного строения. При обычных условиях это газы или летучие жидкости.

С кислородом неметаллы образуют кислотные оксиды, а металлы — основные оксиды. Соединения металлов и неметаллов могут взаимодействовать между собой, так как их свойства противоположны. Между всеми соединениями металлов и неметаллов существует генетическая связь.

Биологическая роль металлов и неметаллов в жизнедеятельности живых организмов

Хорошо известно, что организмы в своем составе содержат различные химические элементы. В то же время организм человека нуждается в регулярном поступлении элементов извне, т. е. в химически сбалансированной пище. Так как недостаток или избыток любого из элементов отрицательно сказывается на здоровье человека.

По современным представлениям из 118 известных элементов незаменимыми являются 22. Углерод, водород, азот и кислород не входят в этот список — они слишком широко природе.

Для удобства остальные элементы подразделяют на две большие группы: макроэлементы, присутствующие в больших количествах и микроэлементы, присутствующие в следовых количествах.

Макроэлементами принято считать те химические элементы, содержание которых в организме более 0,005% массы тела. Содержание макроэлементов в организме достаточно постоянно, но даже сравнительно большие отклонения от нормы совместимы с жизнедеятельностью организма.

К этой группе относятся водород, углерод, кислород, азот, натрий, магний, фосфор, сера, хлор, калий, кальций. Около 96% от массы тела человека приходится на водород (H), кислород (O), углерод (C), азот (N). Они поступают в организм преимущественно в связанном виде с пищей, водой, воздухом и участвуют в большинстве химических реакции, протекающих в организме. Кроме того, эти элементы входят в состав белков, жиров и углеводов (рис. 39). К этой же группе химических элементов относятся кальций (Ca), фосфор (P), калий (K), натрий (Na),



Рис. 39. Продукты, содержащие кальций, белки, жиры и углеводы

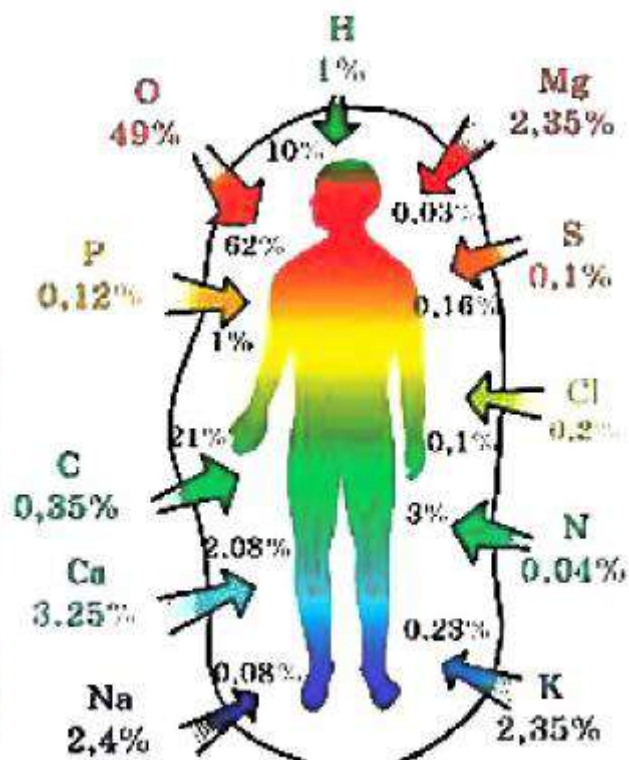


Рис. 40. Распределение элементов в организме человека

хлор (Cl), магний (Mg) и сера (S). На их долю в сумме приходится около 4% от массы организма.

Их роль сводится к:

- участию в пластических процессах и построении тканей (например, P и Ca — основные структурные компоненты костей);
- поддержанию кислотно-щелочного равновесия и водно-солевого обмена;
- поддержанию солевого состава крови и участию в структуре формирующих ее элементов:
- участию в структуре и функции большинства ферментативных систем и процессов, протекающих в организме.

Микроэлементами называются частицы, содержащиеся в организме в очень малых количествах. Их содержание не превышает 0,005% массы тела, а концентрация в тканях — не более 0.000001%.

В связи с этим их часто называют "следовыми" химическими элементами.

В организме каждого взрослого человека присутствует небольшое количество микроэлементов. Несмотря на их малое содержание, микроэлементы чрезвычайно важны.

В таблице 18 приведен список важнейших из них. Кроме того, исследования на животных показали, что в следовых количествах незаменимыми являются кобальт (Co), никель (Ni), мышьяк (As) и кадмий (Cd).

Макроэлементы сконцентрированы, как правило, в соединительных тканях (мышцы, кости, кровь), входя в состав органических соединений. Они определяют пластический материал основных несущих тканей, а также обеспечивают поддержку основных свойств внутренней среды организма в целом (гомеостаз): значение pH, осмотическое давление, кислотно-щелочное равновесие, устойчивость коллоидных систем в организме.

Микроэлементы неравномерно распределены между тканями и часто обладают сродством к определенному типу тканей и органам. Так, цинк аккумулируется в поджелудочной железе, молибден — в почках, барий — в сетчатке глаза, стронций — в костях, йод — в щитовидной железе (рис. 40, табл. 18).

Источники, функции и признаки недостаточности в организме для некоторых незаменимых минеральных веществ (элементов)

Элемент	Источник	Функции	Внешние признаки недостаточности
1	2	3	4
Макроэлементы			
Кальций	Молоко и молочные продукты, рыба, приготовленная с костями	Образование костной ткани, зубов, регулирование передачи сигнала по нервам, мышечные сокращения, свертывание крови, образование коллагена	Рахит у детей, остеопороз у взрослых
Фосфор	Животные белки	Часть костной ткани, генетического кода; участвует в передаче энергии и функционировании клеточных мембран, помогает поддерживать требуемый pH внутренних жидкостей	Практически неизвестны и не описаны
Калий	Апельсиновый сок, бананы, сухофрукты, картофель	Обеспечение сердечной деятельности, водного баланса и целостности клеток, необходим для передачи нервного сигнала, метаболизма углеводов и белков	Плохая передача нервных сигналов, аритмия сердечных сокращений
Хлор	Молоко, соленая пища, пищевая соль	Переваривание пищи (HCl), поддерживает электронейтральность жидкостей организма путем диффузии	Практически неизвестны и не описаны
Сера	Все белки	Входит в состав биологических молекул и ионов	Практически неизвестны и не описаны
Натрий	Соленая пища, пищевая соль	Регулирование содержания жидкости в организме, передача нервного сигнала	Головная боль, слабость, слабая память, потеря аппетита
Магний	Орехи, морская пища, шоколад	Катализирует синтез молекул — переносчиков энергии; участвует в синтезе белков и энергетических процессах, расслаблении мышц	Потеря жидкости организмом, сердечные спазмы
Микроэлементы			
Фтор	Морская пища, фторированная вода	Участвует в построении костей и зубов	Разрушение зубов (крапчатость эмали)

1	2	3	4
Хром	Печень, животные и растительные ткани	Необходим для переработки глюкозы	Потеря с возрастом эффективности инсулина
Марганец	Печень, почки, орехи, чай	Кофактор ряда ферментов	Потеря веса, дерматоз
Железо	Печень, мясо, зеленые листья овощей, цельное зерно	Составная часть белков — переносчиков кислорода (гемоглобина и миоглобина)	Железодефицитная анемия, усталость и апатия
Кобальт	Печень, животные белки	Составная часть витамина В ₁₂	Анемия
Медь	Печень, почки, яичный желток, цельное зерно	Образование гемоглобина, составная часть 11 ферментов	Встречаются редко
Селен	Печень и другие субпродукты, зерно, овощи	Составная часть ряда ферментов, антиоксидант	Болезнь Кашана — болезнь сердца, встречается в странах Азии
Цинк	Печень, мясо, морские продукты	Входит в состав 154 ферментов	Анемия, замедление роста, потеря обоняния
Молибден	Печень, почки, цельное зерно, бобовые, листья овощей	Составная часть многих ферментов	Неизвестны
Йод	Морепродукты, йодированная пищевая соль	Входит в состав тироксина, регулирует скорость использования энергии	Увеличенная щитовидная железа (зоб), пучеглазость, катаракта

Знаешь ли ты?

Снижение содержания цинка в плазме крови — обязательное следствие инфаркта миокарда.

Уменьшение содержания лития в крови — показатель гипертонического заболевания.

То, что, например, мышьяк, общеизвестный яд, незаменим для жизни, может вас удивить. Но нет ничего необычного в том, что одни и те же вещества могут приносить и пользу, и вред — все зависит от дозы. Даже поваренная соль может стать ядовитой, если попадет в организм в слишком больших количествах. Пороговое содержание различных элементов для организма человека представлено в таблице 19.

**Пороговое содержание некоторых элементов
для организма человека**

Элемент	Дефицит	Оптимум	Порог токсичности
Кадмий (Cd)	0,0005	0,001 — 0,005	0,03
Ртуть (Hg)	0,0005	0,001 — 0,005	0,05
Алюминий (Al)	0,001	0,02 — 0,1	2
Мышьяк (As)	0,001	0,05 — 0,1	20
Хром (Cr)	0,02	0,05 — 0,2	5
Кобальт (Co)	0,01	0,02 — 0,05	500
Йод (I)	0,01	0,1 — 0,15	5
Свинец (Pb)	0,001	0,01 — 0,02	1

Наша пища должна быть сбалансирована по необходимым химическим элементам. Правильное питание — залог здоровья каждого человека,

Знаешь ли ты?

Суточное потребление йода жителями Японии в несколько раз выше (за счет продуктов моря), чем в Центральной Азии.

В Казахстане снижено потребление йода, но превышено потребление калия, натрия.

Жители Индии потребляют с пищей в 3 раза больше магния, марганца, железа, в 2 раза больше меди и калия, чем жители Англии.

В то же время англичане потребляют с пищей в 2 раза больше хрома и кальция.

В Англии потребление с пищей алюминия — в 20 раз, лития — в 10 раз, молибдена — в 3 раз, а ниже, чем в США, а хрома — в 6 раз, калия — в 3 раза выше, чем в Германии.



В состав клеток живых организмов, в т. ч. и человека, входят органические и неорганические вещества.

Химические элементы и их соединения, необходимые для нормальной жизнедеятельности организма в сравнительно больших количествах, называются макроэлементами, а элементы, требующиеся организмам в крайне малых количествах, — микроэлементами. Среди микроэлементов также есть как неметаллы, так и металлы. Как избыток, так и недостаток элементов оказывает отрицательное влияние на организм, а некоторые элементы могут оказывать даже токсичное влияние.

Реакции, происходящие каждый день

1. Фотосинтез
2. Анаэробное клеточное дыхание
3. Аэробное дыхание
4. Горение
5. Ржавление
6. Смешивание продуктов питания
7. Пищеварение
8. Кислотно-основное взаимодействие
9. Использование мыла.
10. Использование батареек.