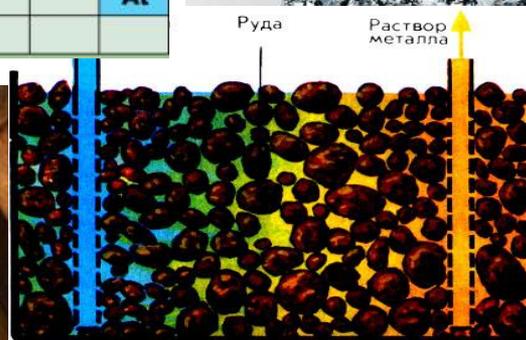


Общие свойства металлов



группа	IA	IIA	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA
период							
1	H						
2			B		неметаллы		
3				Si			
4					As		
5	металлы					Te	
6							At
7							

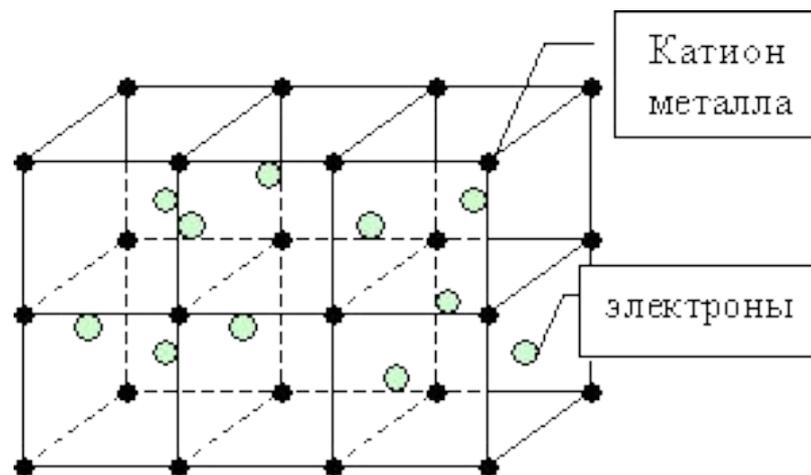


Из 118 известных к настоящему времени элементов только 24 относятся к неметаллам, большинство же элементов – металлы. К металлам относят все s-, d-, f-элементы, а также p-элементы, условно располагающиеся в нижней части периодической системы от диагонали, проведенной от бора к астату.

группа период	IA	IIA	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA
1	H						
2			B		неметаллы		
3				Si			
4					As		
5	металлы					Te	
6							At
7							

Металлы

это элементы, между атомами которых осуществляется металлическая связь. Это сильно нелокализованная связь, когда свободные электроны (электронный газ) связывают положительные ионы металла, находящиеся в узлах кристаллической решетки. Для осуществления металлической связи необходимо, чтобы атомы имели свободные орбитали на валентном уровне.



**Электро- и
теплопроводность**



Твердость



**признаки
металлов**

Блеск



Пластичность

Классификация металлов

В технике основана на различии физических свойств

По величине плотности их делят на **легкие** ($\rho < 5 \text{ г/см}^3$) и **тяжелые** ($\rho > 5 \text{ г/см}^3$).



максимальную плотность имеет осмий ($\rho = 22,5 \text{ г/см}^3$).

Самым легким считается Литий ($\rho = 0,53 \text{ г/см}^3$),



Классификация металлов

По температурам плавления, периодически изменяющимся с ростом порядкового номера элемента, различают

легкоплавкие металлы, с температурой плавления ниже $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$, и **тугоплавкие** – выше $1500\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Минимальную температуру плавления имеет ртуть ($-38,89\text{ }^{\circ}\text{C}$),



максимальную – вольфрам ($3410\text{ }^{\circ}\text{C}$).

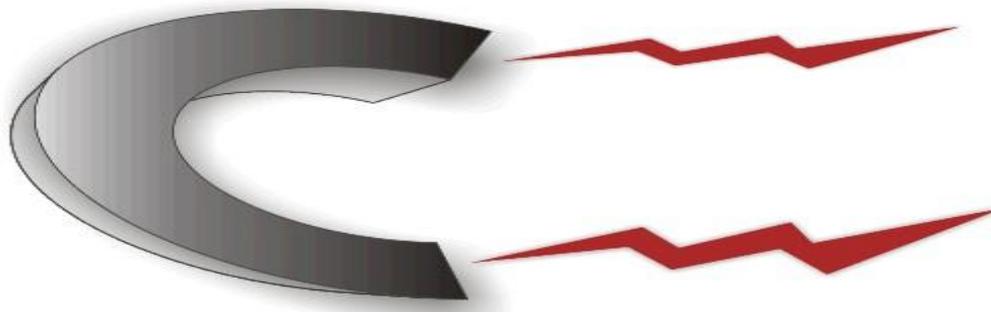
Классификация металлов

Металлы отличаются также своим **отношением к магнитным полям**. По этому свойству они делятся на три группы:

ферромагнитные металлы – способные намагничиваться при действии слабых магнитных полей (железо, кобальт, никель, гадолиний);

парамагнитные металлы – проявляющие слабую способность к намагничиванию (алюминий, хром, титан и большая часть лантаноидов);

диамагнитные металлы – не притягивающиеся к магниту и даже слегка отталкивающиеся от него (висмут, олово, медь).



Классификация металлов

В практике имеет место исторически сложившееся деление **металлов** на черные и **цветные**.

К **черным** принято относить железо, сплавы на его основе и металлы, которые применяются в этих сплавах (Mn, Cr).



Все остальные металлы объединяют в группу **цветных**.

С электрохимической точки зрения

под металлами принято понимать элементы, атомы которых благодаря низким ионизационным потенциалам склонны к отдаче электронов и образованию положительных ионов:



На основании структуры электронной оболочки атомов

к металлам относят

s-элементы (кроме водорода и гелия);
p-элементы (Al, Ga, In, Tl, Sn, Pb, Bi) ;
d- и f-элементы.

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА

ПЕРИОДЫ	ГРУППЫ																		
	1 (IA)	2 (IIA)	3 (IIIB)	4 (IVB)	5 (VB)	6 (VIB)	7 (VIIB)	8 (VIIIB)	9 (VIIIB)	10 (VIIIB)	11 (IB)	12 (IIB)	13 (IIIA)	14 (IVA)	15 (VA)	16 (VIA)	17 (VIIA)	18 (VIIIA)	
1	H ¹ 1,0079 Водород																	H	He ² 4,00260 Гелий
2	Li ³ 6,941 Литий	Be ⁴ 9,01218 Бериллий											B ⁵ 10,81 Бор	C ⁶ 12,011 Углерод	N ⁷ 14,0067 Азот	O ⁸ 15,9994 Кислород	F ⁹ 18,9984 Фтор	Ne ¹⁰ 20,179 Неон	
3	Na ¹¹ 22,989 Натрий	Mg ¹² 24,305 Магний											Al ¹³ 26,9815 Алюминий	Si ¹⁴ 28,0855 Кремний	P ¹⁵ 30,973 Фосфор	S ¹⁶ 32,06 Сера	Cl ¹⁷ 35,453 Хлор	Ar ¹⁸ 39,948 Аргон	
4	K ¹⁹ 39,0983 Калий	Ca ²⁰ 40,08 Кальций	Sc ²¹ 44,9559 Скандий	Ti ²² 47,88 Титан	V ²³ 50,9415 Ванадий	Cr ²⁴ 51,996 Хром	Mn ²⁵ 54,938 Марганец	Fe ²⁶ 55,847 Железо	Co ²⁷ 58,9332 Кобальт	Ni ²⁸ 58,69 Никель	Cu ²⁹ 63,546 Медь	Zn ³⁰ 65,39 Цинк	Ga ³¹ 69,72 Галлий	Ge ³² 72,59 Германий	As ³³ 74,9216 Мышьяк	Se ³⁴ 78,96 Селен	Br ³⁵ 79,904 Бром	Kr ³⁶ 83,80 Криптон	
5	Rb ³⁷ 85,4678 Рубидий	Sr ³⁸ 87,62 Стронций	Y ³⁹ 88,9059 Иттрий	Zr ⁴⁰ 91,22 Цирконий	Nb ⁴¹ 92,9064 Ниобий	Mo ⁴² 95,94 Молибден	Tc ⁴³ [98] Технеций	Ru ⁴⁴ 101,07 Рутений	Rh ⁴⁵ 102,905 Родий	Pd ⁴⁶ 106,42 Палладий	Ag ⁴⁷ 107,868 Серебро	Cd ⁴⁸ 112,41 Кадмий	In ⁴⁹ 114,82 Индий	Sn ⁵⁰ 118,69 Олово	Sb ⁵¹ 121,75 Сурьма	Te ⁵² 127,60 Теллур	I ⁵³ 126,904 Иод	Xe ⁵⁴ 131,29 Ксенон	
6	Cs ⁵⁵ 132,905 Цезий	Ba ⁵⁶ 137,33 Барий	La ⁵⁷ 138,905 Лантан	Hf ⁷² 178,49 Гафний	Ta ⁷³ 180,9479 Тантал	W ⁷⁴ 183,85 Вольфрам	Re ⁷⁵ 186,207 Рений	Os ⁷⁶ 190,2 Осмий	Ir ⁷⁷ 192,22 Иридий	Pt ⁷⁸ 195,08 Платина	Au ⁷⁹ 196,967 Золото	Hg ⁸⁰ 200,59 Ртуть	Tl ⁸¹ 204,383 Таллий	Pb ⁸² 207,2 Свинец	Bi ⁸³ 208,980 Висмут	Po ⁸⁴ [209] Полоний	At ⁸⁵ [210] Астат	Rn ⁸⁶ [222] Радон	
7	Fr ⁸⁷ [223] Франций	Ra ⁸⁸ [226] Радий	Ac ⁸⁹ [227] Актиний	Rf ¹⁰⁴ [261] Резерфордий	Db ¹⁰⁵ [262] Дубний	Sg ¹⁰⁶ [266] Сибборгий	Bh ¹⁰⁷ [264] Борий	Hs ¹⁰⁸ [269] Гассий	Mt ¹⁰⁹ [268] Мейтнерий	Ds ¹¹⁰ [271] Дармштадтий	111	112	113	114					



* Лантаноиды

58 Ce 140,12 Церий	59 Pr 140,908 Прозермий	60 Nd 144,24 Неодим	61 Pm [145] Прометий	62 Sm 150,36 Самарий	63 Eu 151,96 Европий	64 Gd 157,25 Гадолиний	65 Tb 158,925 Тербий	66 Dy 162,50 Диспрозий	67 Ho 164,930 Гольмий	68 Er 167,26 Эрбий	69 Tm 168,934 Тулий	70 Yb 173,04 Иттербий	71 Lu 174,967 Лютеций
--------------------------	-------------------------------	---------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	------------------------------	----------------------------	------------------------------	-----------------------------	--------------------------	---------------------------	-----------------------------	-----------------------------

В квадратных скобках приведены значения массового числа наиболее устойчивого изотопа данного элемента

** Актиноиды

90 Th 232,038 Торий	91 Pa [231] Протактиний	92 U 238,029 Уран	93 Np [237] Нептуний	94 Pu [244] Плутоний	95 Am [243] Америций	96 Cm [247] Кюрий	97 Bk [247] Берклий	98 Cf [251] Калифорний	99 Es [252] Эйнштейний	100 Fm [257] Фермий	101 Md [260] Менделевий	102 No [259] Нобелий	103 Lr [262] Лоуренсий
---------------------------	-------------------------------	-------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	-------------------------	---------------------------	------------------------------	------------------------------	---------------------------	-------------------------------	----------------------------	------------------------------

В больших периодах между s- и p-элементами расположены

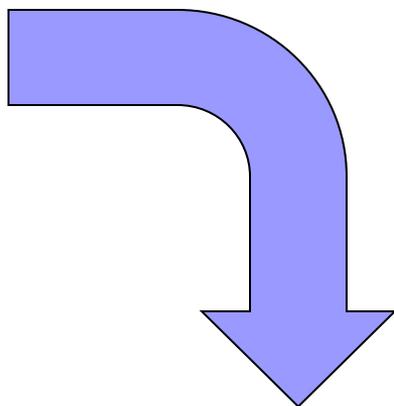
d-металлы.

Элементы, в атомах или ионах которых d- и f-оболочки частично заполнены электронами, называют *переходными*.

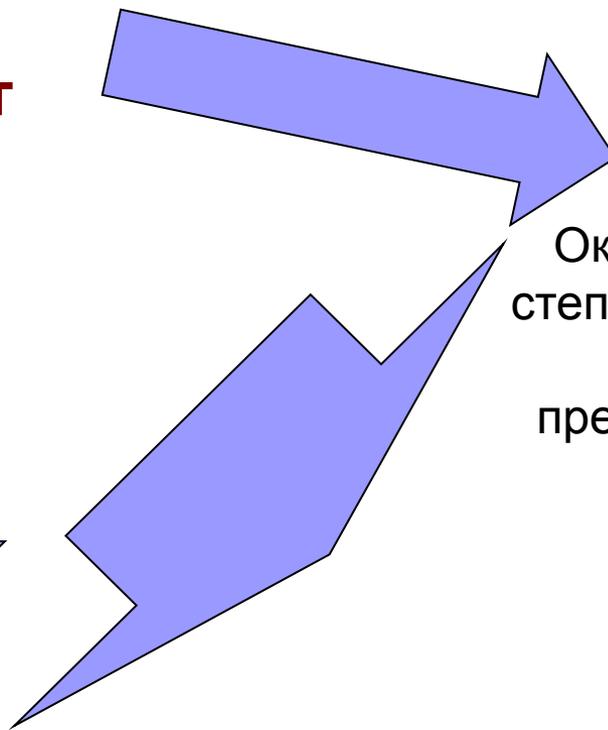
Такие d-элементы, как **Zn, Cd и Hg** не относятся к переходным, поскольку не образуют соединений в степени окисления +2. Однако наличие низкого по энергии заполненного d-подуровня делает их химию близкой к переходным металлам, поэтому их часто рассматривают вместе.

III	IV	V	VI	VII	VIII			I	II
Sc $3d^1 4s^2$	Ti $3d^2 4s^2$	V $3d^3 4s^2$	Cr $3d^5 4s^1$	Mn $3d^5 4s^2$	Fe $3d^6 4s^2$	Co $3d^7 4s^2$	Ni $3d^8 4s^2$	Cu $3d^{10} 4s^1$	Zn $3d^{10} 4s^2$
Y $4d^1 5s^2$	Zr $4d^2 5s^2$	Nb $4d^4 5s^1$	Mo $4d^5 5s^1$	Tc $4d^5 5s^2$	Ru $4d^7 5s^1$	Rh $4d^8 5s^1$	Pd $4d^{10} 5s^0$	Ag $4d^{10} 5s^1$	Cd $4d^{10} 5s^2$
La $5d^1 6s^2$	Hf $5d^2 6s^2$	Ta $5d^3 6s^2$	W $5d^4 6s^2$	Re $5d^5 6s^2$	Os $5d^6 6s^2$	Ir $5d^7 6s^2$	Pt $5d^9 6s^1$	Au $5d^{10} 6s^1$	Hg $5d^{10} 6s^2$
Ac $6d^1 7s^2$	Rf $6d^2 7s^2$	Db $6d^3 7s^2$	Sg $6d^4 7s^2$	Bh $6d^5 7s^2$	Hn $6d^6 7s^2$	Mt $6d^7 7s^2$	-	-	-

Характер оксидов d-элементов зависит от степени окисления металла



Оксиды с промежуточной степенью окисления металла обладают амфотерными свойствами



Оксиды с низкой степенью окисления элемента преимущественно **основные**.



а с высшей, главным образом – **кислотными**.

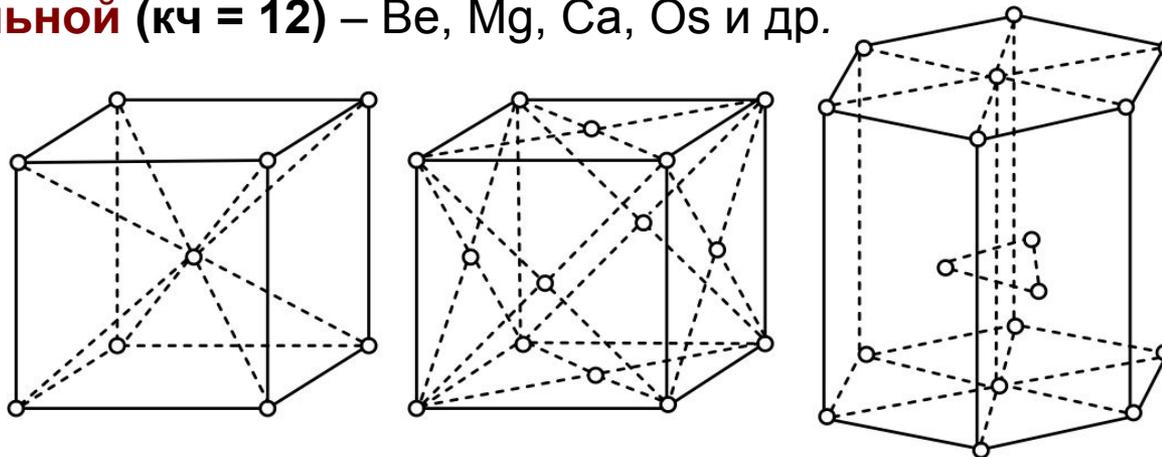


Кристаллическая решетка

В кристаллической решетке можно выделить наименьший параллелепипед, перемещением которого во всех трех измерениях получается кристалл. Такая структурная единица называется **элементарной ячейкой**.

Атомы металлов кристаллизуются лишь в трех структурах с плотнейшей упаковкой частиц:

- 1) **объемноцентрированной кубической** (кч = 8) – Li, Na, K, Rb, Cs, Ba;
- 2) **гранецентрированной кубической** (кч = 12) – Ca, Sr, Cu, Ag, Au и др.;
- 3) **гексоганальной** (кч = 12) – Be, Mg, Ca, Os и др.



Элементарные кристаллические решетки металлов

а) – кубическая объемноцентрированная;

б) – кубическая гранецентрированная;

в) – гексагональная

Металлы в природе

Металлы в природе встречаются в 3-х формах:

1. В свободном виде
2. Как в свободном, так и в виде соединений
3. Только в виде соединений

Только в соединениях	Как в свободном так и в виде соединений	Главным образом в виде соединений	Только в свободном виде
Li K Ca Na Mg Al Mn Zn Cr	Ni Sn Pb	Cu Ag Hg	Au Pt

*Самый распространенный металл на Земле – алюминий
(более 8% земной коры)*

Состав руд чрезвычайно разнообразен, часто металлы представлены в них в виде оксидных или сульфидных минералов.

Оксидные минералы



гематит Fe_2O_3



боксит $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$



куприт Cu_2O



касситерит SnO_2

пиролюзит MnO_2



Сульфидные минералы



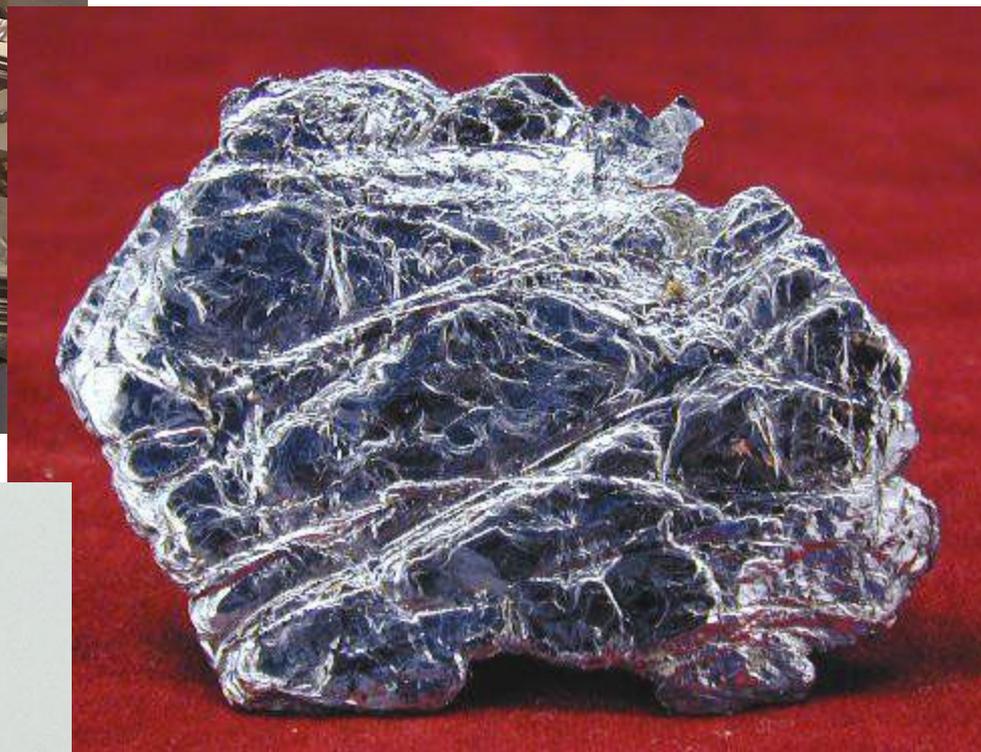
галенит PbS



арсенопирит FeAsS



пирит FeS_2



молибденит MoS_2



халькопирит
 CuFeS_2

Минералы-соли

Карбонаты:

CaCO_3 – кальцит (мел, мрамор, известняк);

SrCO_3 – стронцианит;

$\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ - доломит.

Сульфаты:

BaSO_4 – барит;

$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – гипс;

$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ – мирабилит;

Галиды:

KCl – сильвин;

$\text{NaCl} \cdot \text{KCl}$ – сильвинит;

$\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ – карналлит;

$3\text{NaF} \cdot \text{AlF}_3$ – криолит;

Силикаты и алюмосиликаты:

ZrSiO_4 – циркон;

$3\text{BeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ – берилл;

$\text{Na}_2\text{O} (\text{K}_2\text{O}) \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ – нефелин.

Полиметаллические руды:

FeTiO_3 – ильменит (титанат);

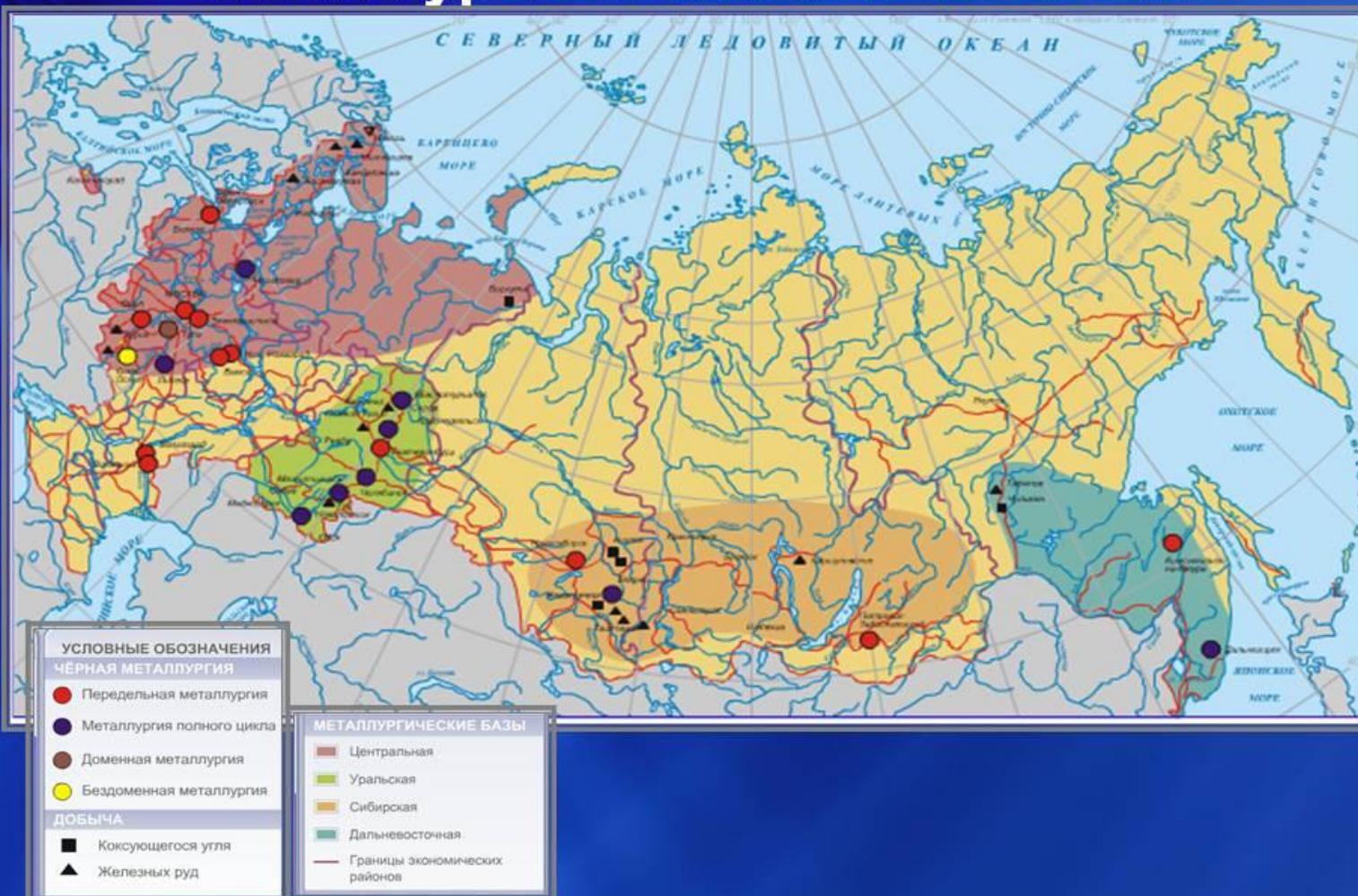
CaWO_4 – шеелит (вольфрамат);

PbCrO_4 – кроксит (хромат) и др.

*Некоторые металлы не образуют рудных залежей. Их принято называть **рассеянными** – Ga, In, Tl и др.*

Получением металлов занимается **металлургия** – одна из наиболее древних отраслей химической технологии.

Металлургические базы России



СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ МЕТАЛЛОВ

1. **Пирометаллургия** - восстановление металлов из руд при высоких температурах с помощью восстановителей (углерода, оксида углерода(II), водорода, магния, алюминия).



2. **Гидрометаллургия** – растворение природного соединения металла с последующим восстановлением его из раствора.

3. **Электрометаллургия** - способ получения металла с помощью электрического тока (электролиз).





Пирометаллургия

Пирометаллургическими считаются методы высокотемпературного извлечения металлов из различных соединений.

Чаще всего это процессы восстановления:

***более активными металлами
Al, Mg, Ca, Na и др.***

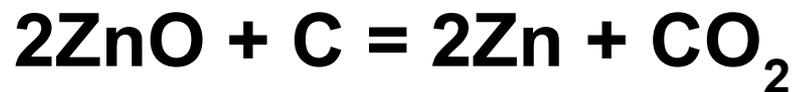
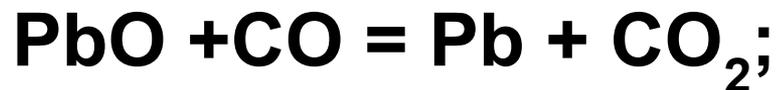
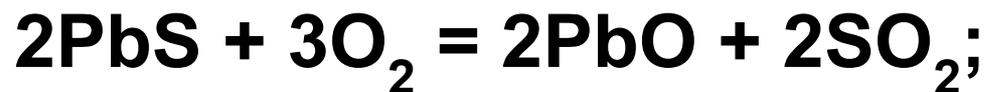
(металлотермия),

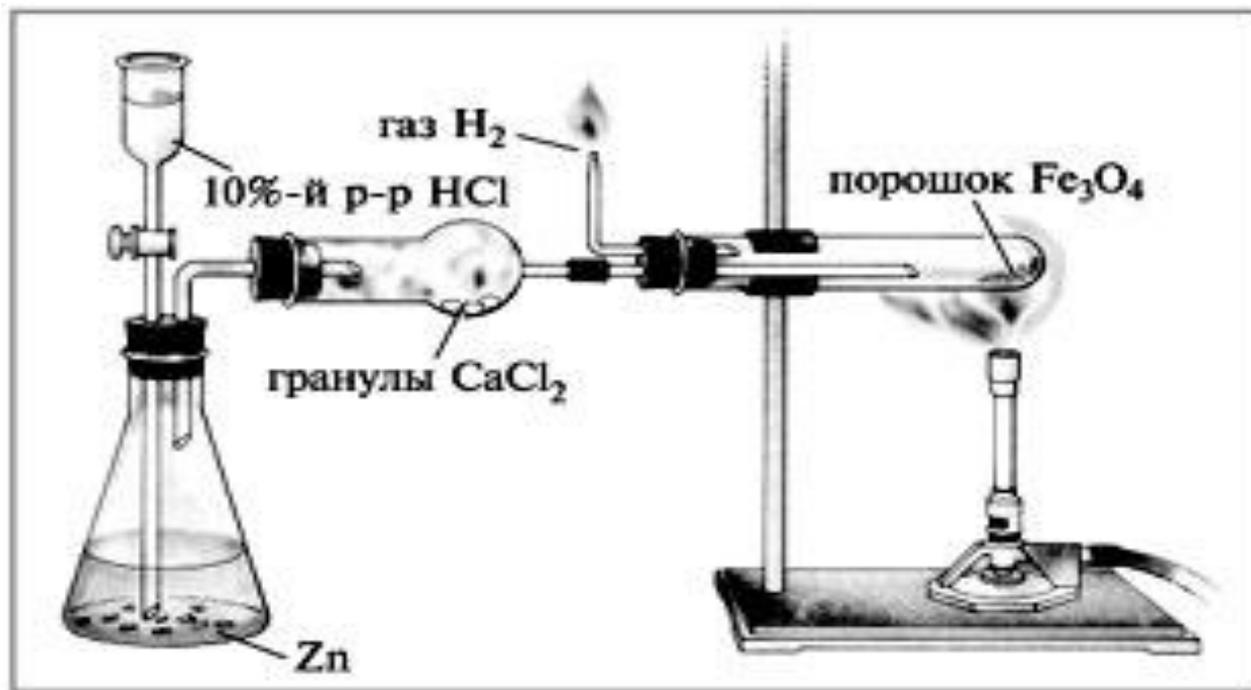
- кремнием (силикатотермия),***
- водородом,***
- гидридами металлов и т. д.***



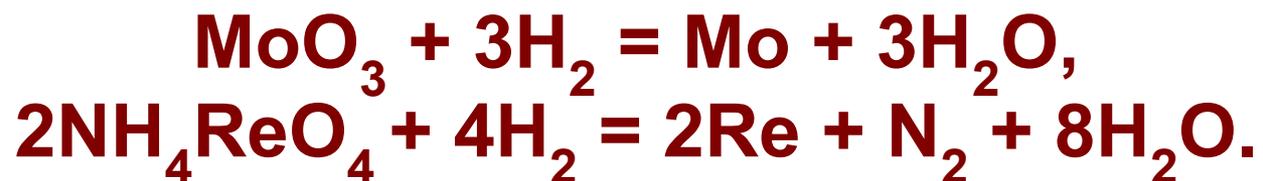
Например,

Сульфидные руды подвергают окислительному обжигу, а карбонатные – прокаливанию. Полученные оксиды затем восстанавливают:





Восстановление водородом проводится, как правило, тогда, когда необходимо получить сравнительно чистый металл. Водород используется, например, для получения чистого железа; вольфрама из WO_3 ; рения из NH_4ReO_4 ; осмия из $(NH_4)_2OsCl_6$ и др.

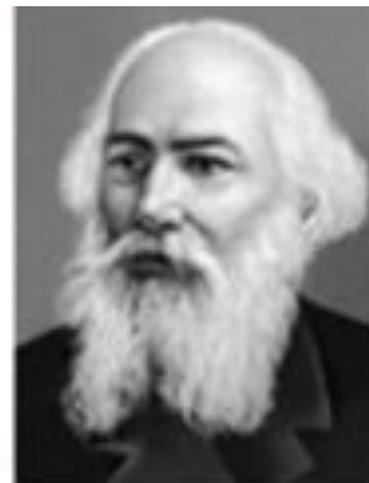


Металлотермия

используется обычно при восстановлении наиболее устойчивых соединений.



- Металлотермический метод открыл Н.Н. Бекетов.
- В 1859-1865 гг. он показал, что алюминий при высоких температурах восстанавливает оксиды (СаО, ВаО и др.) до металлов.
- В настоящее время этим способом получают такие металлы, как титан, уран, ниобий, тантал, а также безуглеродистые сплавы.



Николай Николаевич
Бекетов
(13.01.1827 - 13.11.1911)

Гидрометаллургия

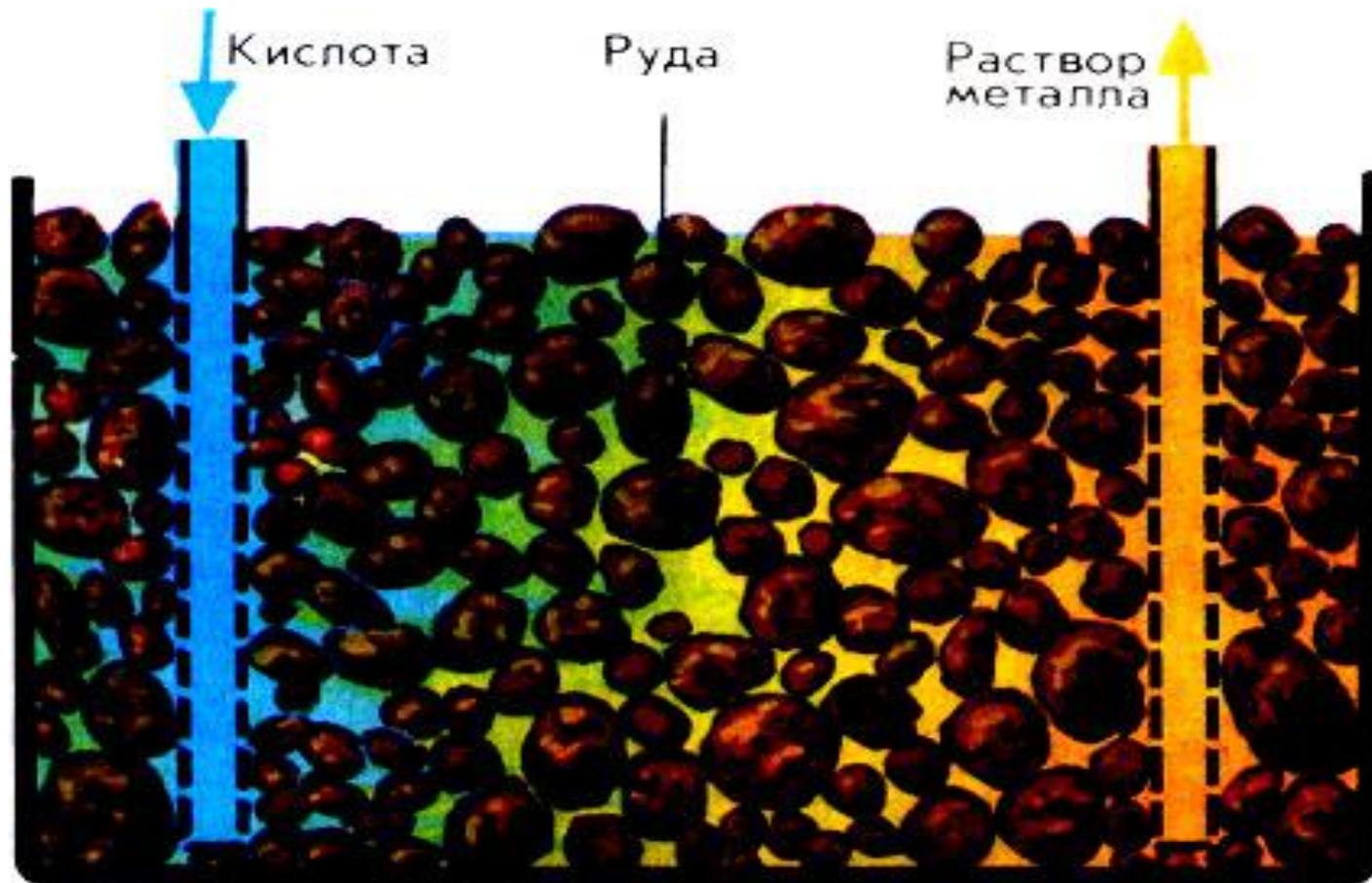
связана с низкотемпературными процессами получения металлов, протекающими в растворах (преимущественно в водных).

В гидрометаллургических процессах обычно подбирается растворитель, который переводит в раствор металл и оставляет нерастворенной пустую породу:



Медь из раствора может быть выделена восстановлением более активным металлом или электролизом.

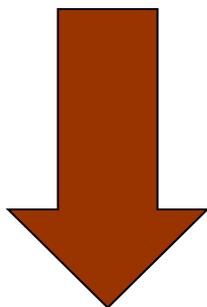
Гидрометаллургическим методом отделяют Ag, Au, Pb и другие металлы от пустой породы.



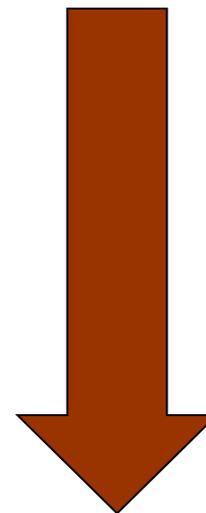
***Выщелачивание металлов из руд с помощью серной кислоты
- один из основных процессов гидрометаллургии***

Электрометаллургия

включает процессы получения металлов с применением электрического тока – это *электротермия и электролиз*.

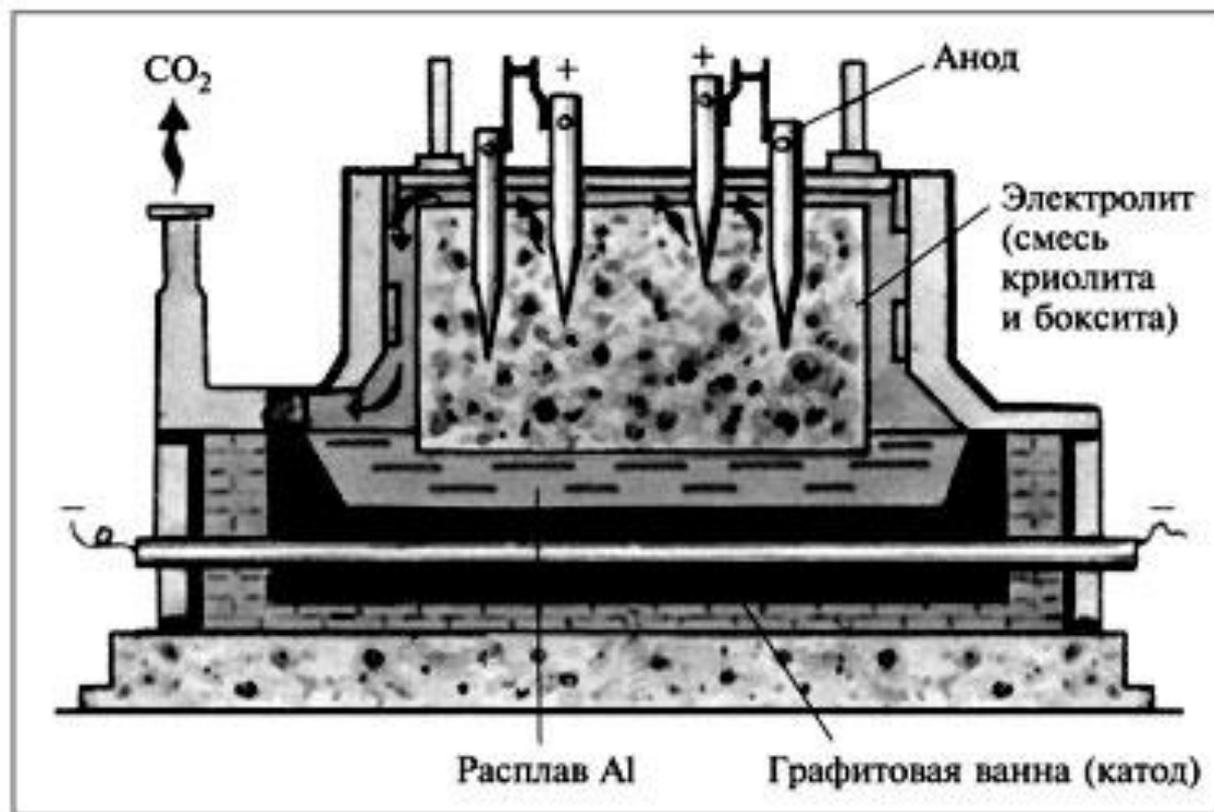


При **электротермии** электрический ток служит источником создания высоких температур (например, выплавка стали в электропечах);



при **электролизе** – используется для непосредственного выделения металлов из соединений.

Электролиз в настоящее время успешно применяется в промышленном получении щелочных и щелочноземельных металлов (электролиз расплавов солей NaCl , CaCl_2 и др.), алюминия.



Химические свойства

Химическую активность металлов в компактном состоянии оценивают обычно по энергии ионизации: чем меньше энергия или потенциал ионизации, тем легче атомы отдают электроны и тем активнее металл.

В подгруппах s- и p-элементов (сверху вниз) наблюдается значительное увеличение радиуса атома и снижение энергии ионизации. Самые низкие значения энергии ионизации (4–5 эВ/моль) имеют щелочные металлы.

В подгруппах d-элементов энергия ионизации изменяется немонотонно. При переходе от 5 к 6 периоду возрастание числа электронных слоев компенсируется вследствие лантаноидного сжатия (f-сжатия), вызванного заполнением электронами 4f-подуровня.

Поскольку отличие в структуре 4f-элементов (лантаноиды) и 5f-элементов (актиноиды) проявляются в третьем снаружи слое, то это мало влияет на химические свойства элементов и приводит к близким свойствам элементов для каждого из f-семейств.

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ РЯД НАПРЯЖЕНИЙ МЕТАЛЛОВ



← Восстановительная способность увеличивается

Окислительная способность увеличивается →

Ряд напряжений по существу представляет собой ряд активности, в начале которого располагаются наиболее активные металлы – щелочные и щелочноземельные, за ними следуют металлы средней активности (после Al до H₂), а непосредственно перед водородом и после него находятся малоактивные металлы (Cu, Ag, Au).

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ РЯД НАПРЯЖЕНИЙ МЕТАЛЛОВ

Li K Ba Ca Na Mg Al Mn Cr Zn Fe Co Sn Pb H Cu Hg Ag Au

← Восстановительная способность увеличивается

Окислительная способность увеличивается →

Активные металлы вытесняют из солей менее активные (металлы расположены в порядке убывания активности в ряду напряжений),

например,



Взаимодействие металлов с неметаллами

В результате возможно образование следующих типов соединений:

$Me_x O_y$ – оксиды. Все металлы, за исключением благородных, непосредственно соединяются с кислородом при различных температурах.

$Me_x C_y$ – карбиды. Их получают нагреванием порошкообразных металлов с углеродом или с парами углеводородов. Карбиды имеют очень высокую температуру плавления и твердость.

$Me_x N_y$ – нитриды. Образуются при нагревании металлов с азотом или аммиаком, обладают высокой твердостью, высокими температурами плавления, проявляют огнеупорные свойства.

$Me_x H_y$ – гидриды. Получают при нагревании металлов с водородом.

Взаимодействие с кислотами

В химической практике наиболее часто используются соляная, серная и азотная кислоты. Состав продуктов взаимодействия с ними в значительной степени зависит от концентрации кислоты, активности металла, температуры и других факторов.

В СОЛЯНОЙ КИСЛОТЕ и в других бескислородных кислотах роль окислителя играют ионы водорода (H^+), поэтому с ними взаимодействуют металлы, стоящие в ряду напряжений до водорода, вытесняя его:



$$\begin{aligned} E^\circ (Al/Al^{3+}) &= -1,66 \text{ В}, \\ E^\circ (H_2/2H^+) &= 0,00 \text{ В}, \\ ЭДС &= 0 + 1,66 = 1,66 \text{ В}. \end{aligned}$$

Металлы, стоящие в ряду напряжений после водорода, с указанными кислотами не взаимодействуют.

РАЗБАВЛЕННАЯ СЕРНАЯ КИСЛОТА

реагирует с металлами различной активности аналогично соляной:



Концентрированная серная кислота

служит окислителем особенно при нагревании. Окислителем в этом случае является сульфат-ион SO_4^{2-} , поэтому с ней взаимодействуют и некоторые металлы, стоящие в ряду напряжений после водорода (Cu, Ag и др.).

Приблизительно взаимодействие концентрированной серной кислоты с металлами различной активности можно представить схемой:



Например:



Некоторые металлы средней активности (Fe, Co, Ni, Cr и др.) пассивируются концентрированной серной кислотой, вероятно, образуя нерастворимые оксиды, и без нагревания с ней не взаимодействуют.

Взаимодействие

разбавленной азотной кислоты

с металлами различной активности можно приближенно выразить схемой:



Например,



Следует помнить, что HNO_3 взаимодействует с металлами практически **без выделения водорода**, так как роль окислителя в ней играют нитрат-ионы NO_3^- . Чем более разбавлена кислота и активнее металл, тем глубже идет процесс восстановления иона NO_3^- .

HNO₃ концентрированная

является одним из самых сильных окислителей.

Основным продуктом восстановления будет NO₂ и только при взаимодействии с наиболее активными металлами (щелочными и щелочноземельными) образуется N₂O.

Концентрированная азотная кислота аналогично серной пассивирует на холоде некоторые довольно активные металлы (Al, Cr, Fe)

Взаимодействие металлов с водой

Стандартный электродный потенциал системы



составляет – 0,628В, поэтому с водой взаимодействуют только довольно активные металлы (потенциал которых меньше указанной величины). Причем, взаимодействие протекает с высокой скоростью, если образующийся гидроксид растворим в воде:



Взаимодействие металлов со щелочами

Со щелочами взаимодействуют только те металлы, оксиды и гидроксиды которых обладают амфотерными свойствами. При этом образуется комплексная соль металла и выделяется газообразный водород из щелочи:



или

