

Электрохимический ряд  
напряжений

**МЕТАЛЛОВ**

# Электрохимический ряд напряжений металлов

Уменьшение восстановительных

свойств

Li K Ba Sr Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb (H<sub>2</sub>) Cu Ag Hg Pt Au

-ē

-3,02 -2,91 -2,84 -2,38 -1,05 -0,74 -0,40 -0,23 -0,13 +0,34 +0,85 +1,50

-2,93 -2,89 -2,71 -1,66 -0,76 -0,44 -0,28 -0,14 0,00 +0,80 +1,20

+ + 2+ 2+ 2+ + 2+ 3+ 2+ 2+ 3+ 2+ 2+ 2+ 2+ 2+ 2+ + 2+ + 2+ 2+ 3+

Li K Ba Sr Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb (2H) Cu Ag Hg Pt Au

+ē

Усиление окислительных  
свойств

Металлы

Внешний вид и условия хранения

Нахождение в природе

Получение металлов

Химические свойства металлов

Соединения металлов

Оксиды

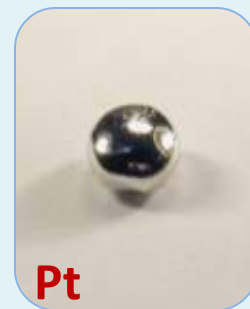
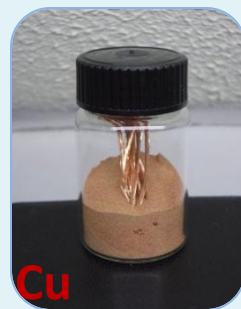
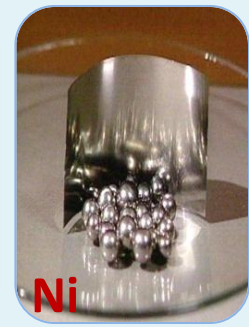
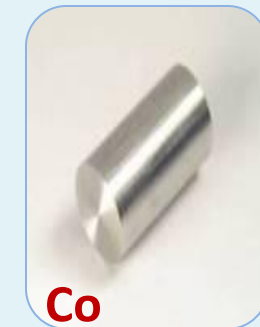
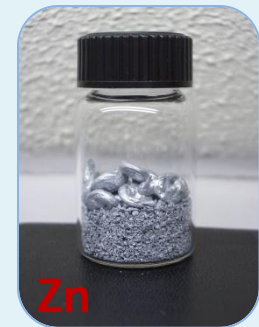
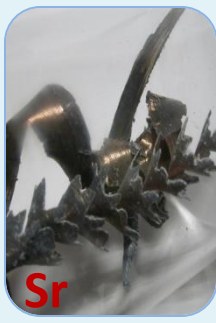
Гидроксиды

Соли

Проверь себя

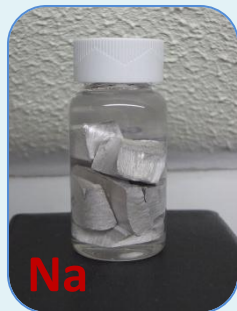
Внешний вид и условия хранения

Li K Ba Sr Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb (H<sub>2</sub>) Cu Hg Ag Pt Au



# Внешний вид и условия хранения

Li K Ba Sr Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb (H<sub>2</sub>) Cu Hg Ag Pt Au



Na

Хранят только в плотно закрытых сосудах под керосином

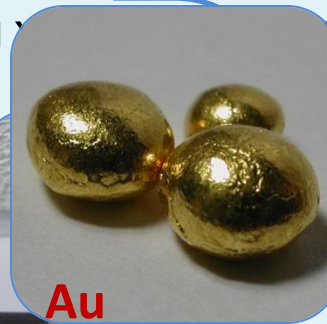


Al



Ag

Хранят в любых сосудах



Au

Объясните процессы, происходящие с литием.  
Хранят в плотно закрытых сосудах

Нахождение в природе

Li K Ba Sr Ca Na Mg Al

Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb (H<sub>2</sub>) Cu Hg

Ag Pt Au

Активные

Средней активности

Благородные

Пирит FeS<sub>2</sub>

Халькопирит CuFeS<sub>2</sub>

Киноварь HgS



Медный колчедан  
Стронция

МАГНЕТИТ

ГЕМАТИТ

красный железняк Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

магнитный железняк Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>

Самородная медь  
Корунд

Найдите одинаковые руды

ПИРИТ

СИДЕРИТ

медный блеск Cu<sub>2</sub>S

Гипс

Рубин

Сапфир

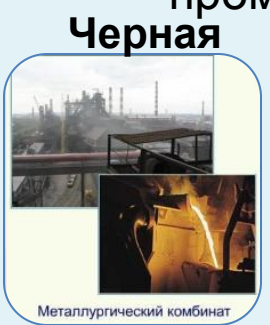
Каковы химические формулы руд активных Me?

# Получение металлов

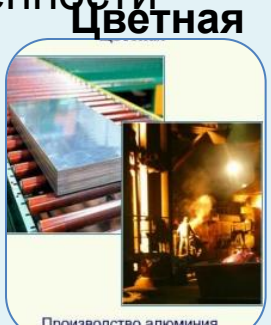
Уменьшение восстановительных свойств

$-e^-$	Li	K	Ba	Sr	Ca	Na	Mg	Al	Mn	Zn	Cr	Fe	Cd	Co	Ni	Sn	Pb	(H <sub>2</sub> )	Cu	Ag	Hg	Pt	Au
	-3,02	-2,91	-2,84	-2,38	-1,05	-0,74	-0,40	-0,23	-0,13										+0,34	+0,85	+1,50		
	-2,93	-2,89	-2,71	-1,66	-0,76	-0,44	-0,28	-0,14	0,00	+0,80	+1,20												
	+	+	2+	2+	2+	+	2+	3+	2+	2+	3+	2+	2+	2+	2+	2+	2+	+	2+	+	2+	2+	3+
$+e^-$	Li	K	Ba	Sr	Ca	Na	Mg	Al	Mn	Zn	Cr	Fe	Cd	Co	Ni	Sn	Pb	(2H)	Cu	Ag	Hg	Pt	Au
	Усиление окислительных свойств																						

**Металлургия** – это наука о промышленных способах получения металлов из руд и одновременно – это отрасль промышленности



**Производство Fe и его сплавов**



**Производство всех остальных Me и сплавов**

**Любой металлургический процесс** – это процесс восстановления ионов металла с помощью различных восстановителей



# Получение металлов

Li K Ba Sr Ca Na Mg Al

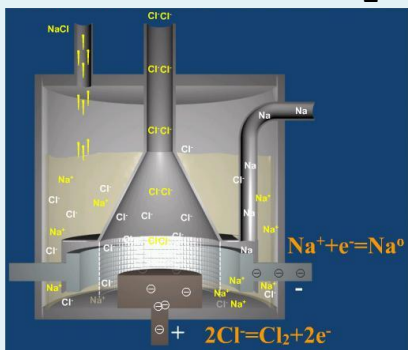
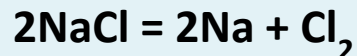
Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb (H<sub>2</sub>) Cu Hg

Ag Pt Au

Активные получают  
пирозэлектротехнологическим  
способом

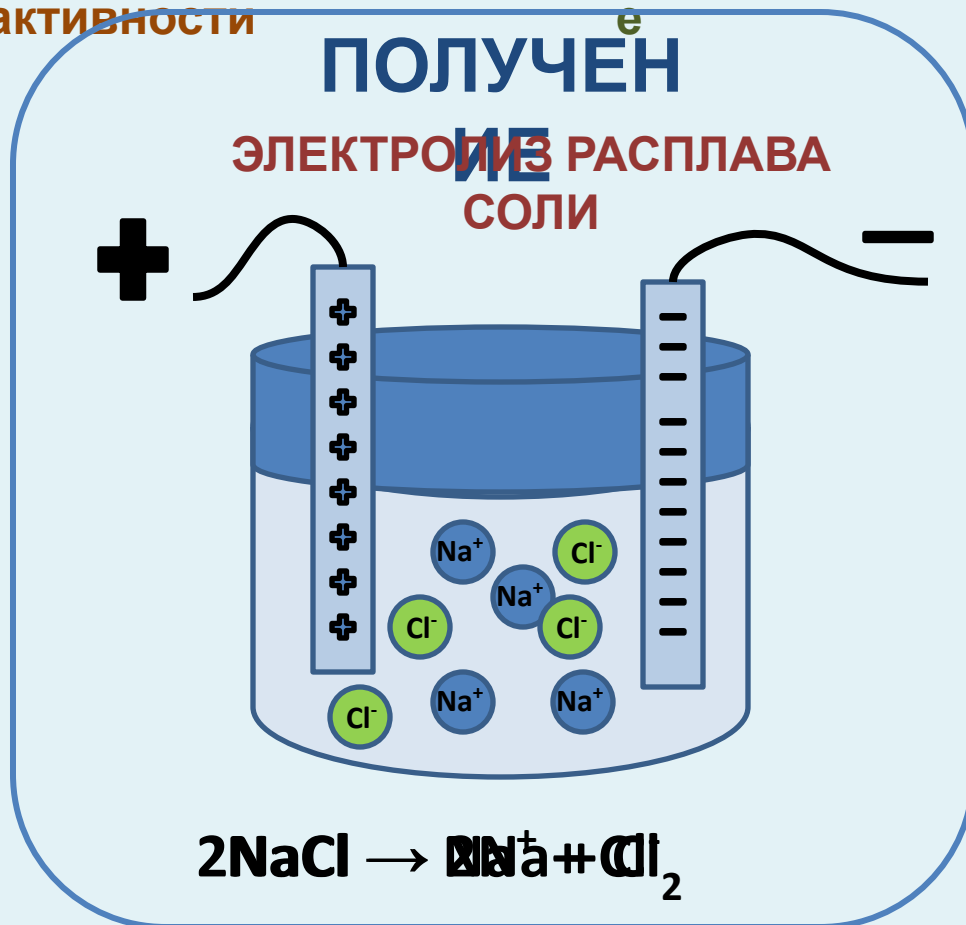
**Электрометаллургия** – это способ получения металлов с помощью электрического тока – электролиза. Так получают в основном активные металлы из расплавов оксидов, гидроксидов, солей.

Получение Na, K  
Электролиз расплава



Средней  
активности

Благородны



Интерактивная схема электролиза взята из презентации Гальцевой О.Н., учителя химии МОУ «Аннинская СОШ №1», пос. Аша, Верхнеуральской обл.

## Получение металлов

Li K Ba Sr Ca Na Mg Al

Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb ( $H_2$ ) Cu Hg

Ag Pt Au

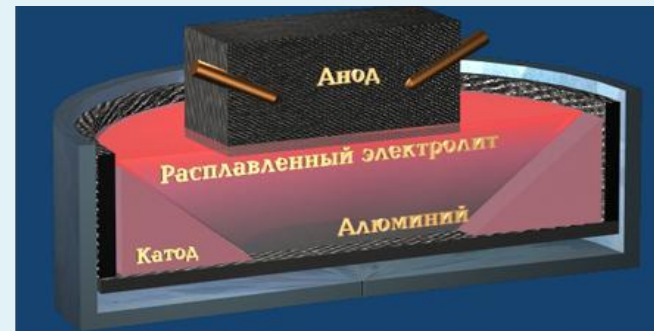
Активные получают  
пирометаллургическим

Средней  
активности

Благородны  
е

**способом**  
**Электрометаллургия** – это способ получения металлов с помощью электрического тока – электролиза. Так получают в основном активные металлы из расплавов оксидов, гидроксидов, солей.

### Получение Al электролизом



### Электролизер для получения Al

$T 950^\circ C$ ,  $Al_2O_3$  в расплаве криолита ( $Na_3AlF_6$ ); на катоде:  $Al^{3+} + 3e = Al^0$   
На угольном аноде (расходуется в процессе электролиза):  $O^{2-} - 2e = O^0$ ;  
 $C + O = CO \uparrow$ ;  $2CO + O_2 = 2CO_2 \uparrow$



# Получение металлов

Li K Ba Sr Ca Na Mg Al

Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb (H<sub>2</sub>) Cu Hg

Ag Pt Au

Активные

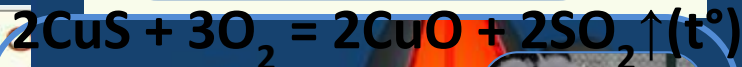
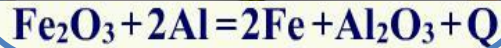
Средней активности получают пирометаллургическим способом

Благородные добывают

Металлотермия  
Доменный процесс  
(Al, Mg, Ca, Li)



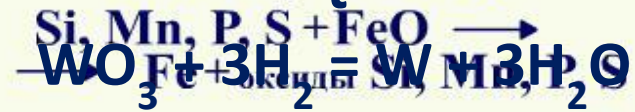
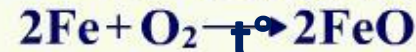
Получение оксидов с последующим восстановлением



**Пирометаллургия** – это

восстановление металлов из руд при высоких температурах с помощью различных восстановителей

Окисление примесей и частичное восстановление - водородотермия (H<sub>2</sub> при t°)



Превращение окисленных примесей в шлак.



Раскисление железа:



Li K Ba Sr Ca Na Mg Al

Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb (H<sub>2</sub>) Cu Hg

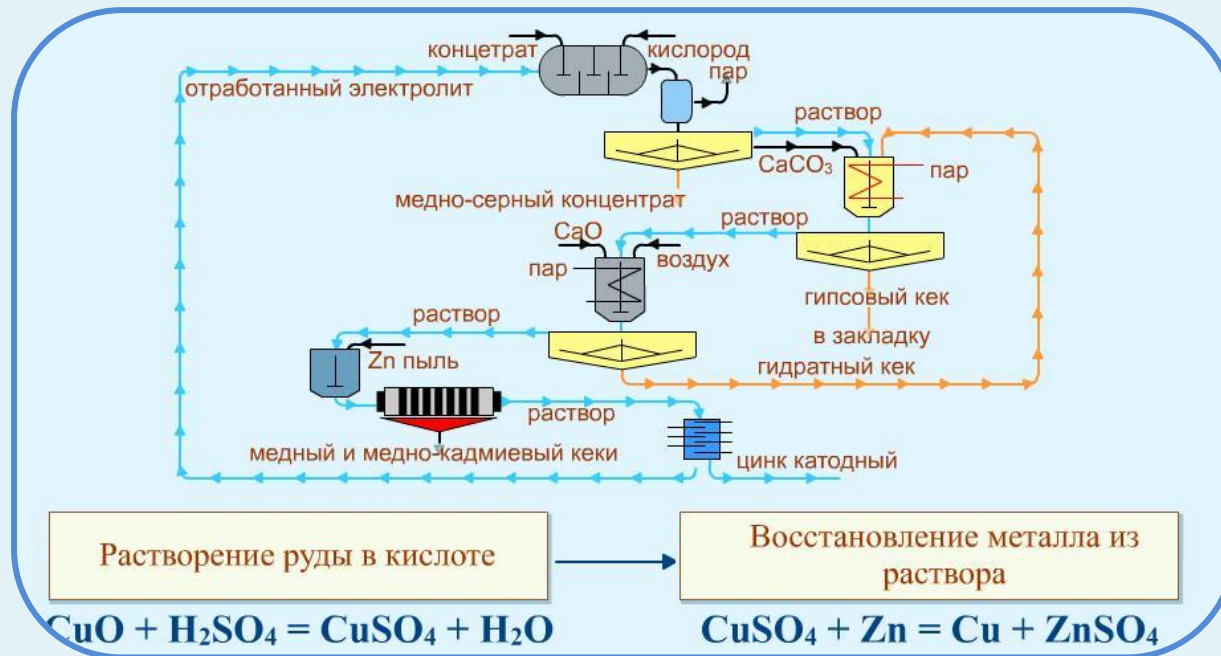
Ag Pt Au

Активные  
е

Средней активности получают пирро- или гидрометаллургическим способом

Благородные добывают

**Гидрометаллургия** – это получение металлов из растворов их солей электролизом или вытеснение более активным металлом.



## Химические свойства металлов

Li K Ba Sr Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb (H<sub>2</sub>) Cu Hg Ag Pt Au

Окисляются при комнатной температуре	При комн. t° окисл. только с поверх.	Окисляются только при нагревании	При t° не окисляются
При обычных условиях взаимодействуют с водой с образованием щелочи и H <sub>2</sub> ↑	С водой взаимодействуют только при нагревании с образованием оксида и H <sub>2</sub> ↑ <b>Помни!</b> $2Al + 6HON \rightarrow 2Al(OH)_3 + 3H_2\uparrow$ (если снять оксидную пленку)	С водой не взаимодействуют	

Коррозионная устойчивость чистых металлов усиливается →

Из растворов кислот вытесняют водород (исключение HNO <sub>3</sub> ) <b>Помни!</b> Щелочные и щелочноземельные металлы в водных растворах взаимодействуют прежде всего с H <sub>2</sub> O	Из растворов кислот не вытесняют водород
Взаимодействуют <b>с серной кислотой (конц.)</b> . В зависимости от условий и восстановительных свойств Me образуются SO <sub>2</sub> , S, H <sub>2</sub> S (Fe, Ni и некоторые металлы в H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (конц.) на холоду пассивируются).	Не взаимодействуют

Li K Ba Sr Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb (H<sub>2</sub>) Cu Hg Ag Pt Au

Li K Ba Sr Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb (H<sub>2</sub>) Cu Hg Ag Pt Au

Взаимодействуют с разбавленной и концентрированной **азотной кислотой** и в зависимости от условий, восстановительных свойств металлов, концентрации кислоты образуются N<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, NO, N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> и NH<sub>3</sub> (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>). Al, Fe, Cr в концентрированной азотной кислоте пассивируются.

С HNO<sub>3</sub> не реагируют

С разбавленной H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> взаимодействуют с образованием H<sub>2</sub>

С раствором H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> не реагируют

С HCl взаимодействуют с образованием H<sub>2</sub>

С HCl не реагируют

Каждый впереди стоящий металл вытесняет все последующие металлы из растворов и расплавов их солей

При **электролизе** сначала изменяется тот катион, металл которого находится правее в электрохимическом ряду напряжений металлов

**Примечание:** среди закономерностей, связывающих ряд напряжений металлов и химические свойства Me и их соединений, есть исключения из правил. Будьте внимательны, обратитесь к теории!

Li K Ba Sr Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb (H<sub>2</sub>) Cu Hg Ag Pt Au

# Соединения металлов

Главная

Li K Ba Sr Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb (H<sub>2</sub>) Cu Hg Ag Pt Au

Растворяются в H <sub>2</sub> O с образованием щелочей	Оксиды не растворяются в воде	<b>Оксиды</b>
	При нагревании оксиды не разлагаются	При t° разлагаются
Гидроксиды растворяются в воде	<b>Гидроксиды</b> Гидроксиды не растворяются в воде	Гидроксиды разлагаются в воде
Гидроксиды при t° не разлагаются	Гидроксиды при t° разлагаются на воду и оксиды	При t° разлагаются
Нитраты при t° разлагаются на нитриты и O <sub>2</sub>	<b>Соли</b> Нитраты при t° разлагаются на оксид, NO <sub>2</sub> и O <sub>2</sub>	на Me, NO <sub>2</sub> и O <sub>2</sub>
Соли, образованные сильными кислотами не гидролизуются	<b>Гидролиз солей</b> Соли, образованные сильными кислотами, гидролизуются с образованием кислой среды	
Соли, образованные слабыми кислотами гидролизуются (среда щелочная).	Существующие и растворимые соли, образованные слабыми кислотами, гидролизуются полностью	

Li K Ba Sr Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb (H<sub>2</sub>) Cu Hg Ag Pt Au

# Электрохимический ряд напряжений металлов

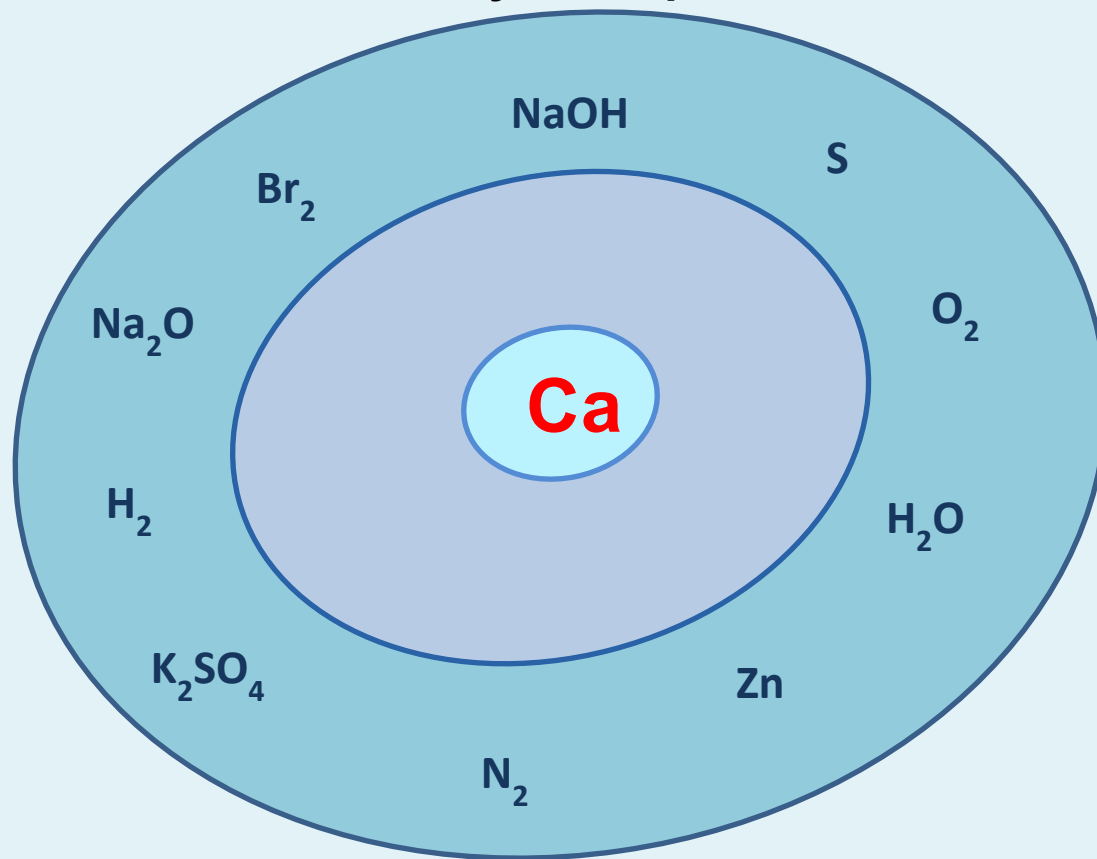
Проверь себя

$\text{Ba} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$	+	$\text{BaH}_2$	$\text{BaO}$	$\text{Ba(OH)}_2$	$\text{H}_2$
$\text{Fe} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{t^\circ}$	+	$\text{H}_2$	$\text{Fe(OH)}_2$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_3\text{O}_4$
$\text{Al} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{p}) \rightarrow$	+	$\text{H}_2\text{S}$	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	$\text{Al}_2\text{S}_3$	$\text{H}_2$
$\text{Zn} + \text{CuSO}_4(\text{p}) \rightarrow$	+	$\text{ZnS}$	$\text{Cu}$	$\text{CuO}$	$\text{ZnSO}_4$
$\text{Fe} + \text{O}_2 \xrightarrow{t^\circ}$			$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_3\text{O}_4$	$\text{FeO}$
$\text{Na} + \text{O}_2 \rightarrow$			$\text{NaO}_2$	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{Na}_2\text{O}_2$

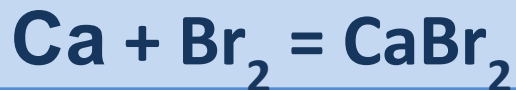
Проверь себя

## Тренажер «Химические свойства металлов»

Укажите, какие из предложенных веществ реагируют с кальцием и напишите уравнения соответствующих реакций.



Проверка



# Электрохимический ряд напряжений металлов

## Проверь себя

## Теоретические тесты с выбором ответа

1. Коэффициент перед формулой восстановителя в реакции, схема которой  
$$\text{Ca} + \text{HNO}_3 (\text{конц.}) \rightarrow \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{N}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$$

а) 5; б) 10; в) 1; г) 12;
2. Коэффициент перед формулой окислителя в реакции, схема которой  
$$\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 (\text{конц.}) \rightarrow \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2\text{S} \uparrow + \text{H}_2\text{O}$$

а) 1; б) 2; в) 4; г) 5;
3. В схеме превращений  
$$(1) \quad (2) \quad (3) \quad (4)$$
$$\text{Al} \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{AlCl}_3 \rightarrow \text{Al}$$
требуется провести электролиз расплава для осуществления реакции на этапе: а) 4; б) 2; в) 3; г) 4;
4. В схеме превращений из теста 3 требуется провести прокаливание для осуществления реакции на этапе: а) 1; б) 2; в) 3; г) 4;
5. При электролизе раствора NaCl образуются продукты  
а) Na; б) NaOH; в) Cl<sub>2</sub>; г) H<sub>2</sub>; д) HCl;

Проверк

а



С какими из веществ будут реагировать предложенные металлы при нормальных условиях?

Na

NaCl (p-p)

Li<sub>2</sub>O

H<sub>2</sub>O

K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (p-p)

O<sub>2</sub>

SO<sub>2</sub>

Mg

Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

FeSO<sub>4</sub> (p-p)

SO<sub>3</sub>

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (p-p)

Ca

NaOH (p-p)

Zn

FeCl<sub>2</sub> (p-p)

HCl

Al<sub>2</sub>(SO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>

Al<sub>2</sub>S<sub>3</sub>

H<sub>2</sub>O

SO<sub>2</sub>

Cu

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (конц)

HCl

CaO

O<sub>2</sub>

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

AgNO<sub>3</sub> (p-p)

# ВОПРОС

# ОТВЕТ

Главна  
я

К можно получить  
электролизом

раствора KCl

Ы:

раствора  $\text{KNO}_3$

расплава KCl

р-ва смеси KCl и  $\text{MgCl}_2$

Более сильным  
восстановителем,  
чем K будет

Li

Sr

Na

Ca

Более сильным  
окислителем  
будет ион

$\text{Cu}^{2+}$

$\text{Li}^{1+}$

$\text{Mg}^{2+}$

$\text{Au}^{3+}$

Щелочную среду при  
гидролизе  
образует раствор соли

NaCl

$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

$\text{K}_2\text{CO}_3$

$\text{Al}_2\text{S}_3$

Роль Al в  
алюминотермии

катализатор

восстановитель

ОКИСЛИТЕЛЬ

не знаю

**Гидролиз солей** – это реакция обменного взаимодействия соли с водой, в результате которой образуется слабый электролит

**Гидролиз солей**

**MA<sub>n</sub>**

**MOH** | сильное  
**HA<sub>n</sub>** | сильная  
нейтральная среда  
pH ~ 7  
*гидролиз не протекает*

**MOH** | сильное  
**HA<sub>n</sub>** | слабая  
 $A_n^- + H_2O \leftrightarrow OH^- + HA_n$   
щелочная среда  
pH > 7

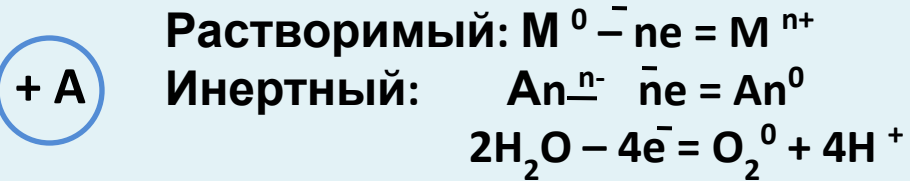
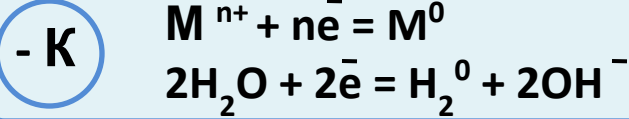
**MOH** | слабое  
**HA<sub>n</sub>** | сильная  
 $M^+ + H_2O \leftrightarrow H^+ + MOH$   
кислая среда  
pH < 7

**MOH** | слабое  
**HA<sub>n</sub>** | слабая  
 $M^+ + A_n^- + H_2O \leftrightarrow MOH + HA_n$ ; *гидролиз идет до конца*  
нейтральная среда; слабокислая;  
слабощелочная; pH ~ ?

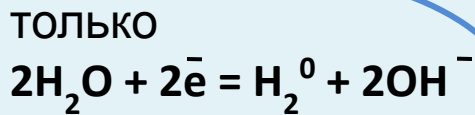


**Электролизом** называется окислительно-восстановительная реакция, которая протекает на электродах при пропускании через раствор или расплав электролита электрического тока

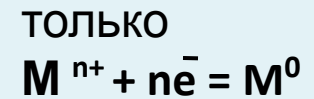
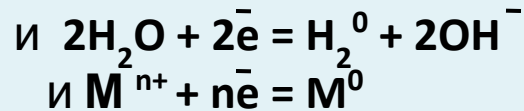
Электролиз  
растворов  
электролитов  
 $MAn \leftrightarrow M^{m+} + An^{n-}$   
 $H_2O$



Последовательность процессов восстановления на катоде

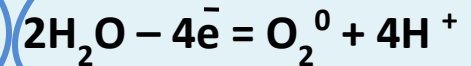
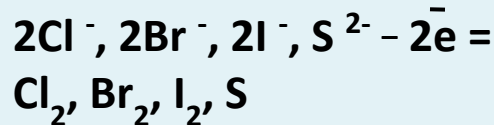


Al



$H_2$

Последовательность процессов окисления на аноде



Растворимый анод

Нерастворимый анод



# Электрохимический ряд напряжений металлов

Главна  
я

Уменьшение восстановительных

свойств

Li K Ba Sr Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb (H<sub>2</sub>) Cu Ag Hg Pt Au

-ē

-3,02 -2,91 -2,84 -2,38 -1,05 -0,74 -0,40 -0,23 -0,13 +0,34 +0,85 +1,50

-2,93 -2,89 -2,71 -1,66 -0,76 -0,44 -0,28 -0,14 0,00 +0,80 +1,20

+ + 2+ 2+ 2+ + 2+ 3+ 2+ 2+ 3+ 2+ 2+ 2+ 2+ 2+ + 2+ + 2+ 2+ 3+

Li K Ba Sr Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb (2H) Cu Ag Hg Pt Au

+ē

Усиление окислительных

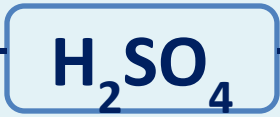
Для систематизации металлов по их способности к растворению в электролите и образованию ионов были измерены их **электродные потенциалы** (по отношению к водороду), и составлен **электрохимический ряд напряжений**.

Окислительно-восстановительные потенциалы объясняют порядок расположения атомов и катионов металлов в электрохимическом ряду и определяют возможность и направление протекания ОВР. Например, окислительно-восстановительный потенциал пары **Fe<sup>2+</sup>/Fe** (-0,44В) меньше, чем пары **Cu<sup>2+</sup>/Cu** (+0,34В). Поэтому железо способно вытеснять медь из раствора, а медь железо нет.

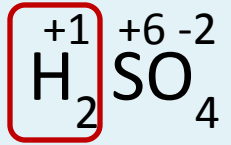
## Факторы, определяющие положение металла в электрохимическом ряду напряжений:

1. Строение электронной оболочки: число электронных уровней и число электронов на внешнем слое;
2. Прочность кристаллической решетки металла;
3. Энергия процесса гидратации иона (соединения его с водой).

**Помни!** Ряд напряжений характеризует лишь способность М к окислительно-восстановительным взаимодействиям в **водных** растворах при стандартных

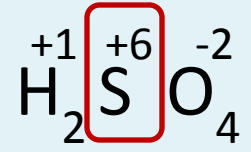


**разбавленная**

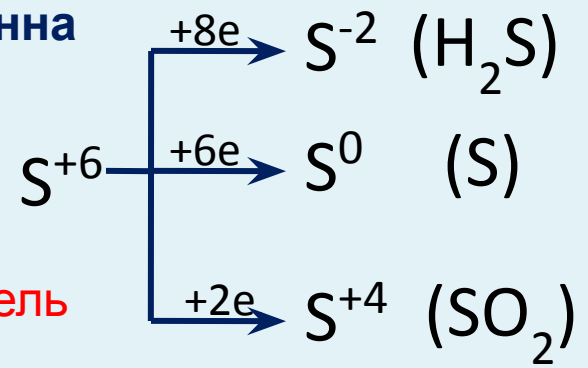


**H<sup>+</sup> - окислитель**  
 $2\text{H}^+ + 2\text{e} \rightarrow \text{H}_2\uparrow$

**концентрированная**



**S<sup>+6</sup> - окислитель**



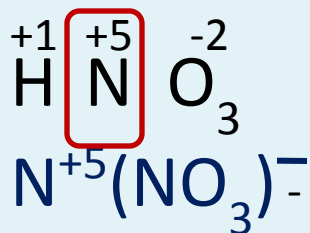
**Li K Ba Sr Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb (H<sub>2</sub>) Cu Hg Ag Pt Au**

<p>В водных р-рах реагируют с H<sub>2</sub>O</p>	<p><math>\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{p}) = \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2\uparrow</math></p>	<p><math>\text{M} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{p}) \neq</math></p>
<p>Если <b>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>(к)</b>, то в зависимости от активности М и условий протекания реакций могут выделяться <b>H<sub>2</sub>S, S, SO<sub>2</sub></b>.</p> <p><math>\text{Zn} + 2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц. при } t^\circ) = \text{ZnSO}_4 + \text{SO}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}</math></p> <p><math>3\text{Zn} + 4\text{H}_2\text{SO}_4(\text{разб.}) = 3\text{ZnSO}_4 + \text{S}\downarrow + 4\text{H}_2\text{O}</math></p>	<p>Выделяется <b>SO<sub>2</sub></b></p> <p><math>\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{к. при } t^\circ) = \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O} \neq</math></p>	



**5H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>(к) + 2Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>(к) = 4ZnSO<sub>4</sub>(к) + H<sub>2</sub>S↑ + 4H<sub>2</sub>O**  
 На холоду **H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>(к)** пассивирует некоторые металлы





Так как окислителем в  $\text{HNO}_3$  являются ионы  $\text{NO}_3^-$ , а не ионы  $\text{H}^+$ , то при взаимодействии  $\text{HNO}_3$  с  $\text{M}$  практически никогда не выделяется  $\text{H}_2$ ;  $\text{NO}_3^-$  - ионы восстанавливаются тем полнее, чем **более разбавлена** кислота и чем **более активен M**.

Li K Ba Sr Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb ( $\text{H}_2$ ) Cu Hg Ag Pt Au

### Взаимодействие азотной кислоты с металлами

Активными (Ca, Mg, Zn)			Средней активности (Fe, Cr, Ni)		Малоактивным и (Pb, Cu, Hg, Ag)		Благор. (Pt, Au) He реагирует
$\text{HNO}_3$ (к)	$\text{HNO}_3$ (р)	$\text{HNO}_3$ (очень разб.)	$\text{HNO}_3$ (к)	$\text{HNO}_3$ (р)	$\text{HNO}_3$ (к)	$\text{HNO}_3$ (р)	
Соль, вода и $\text{N}_2\text{O}$	Соль, вода и $\text{N}_2\text{O}$ или $\text{N}_2$	Соль, вода и $\text{NH}_3$ или $\text{NH}_4\text{NO}_3$	He реагирует	Соль, вода и $\text{NO}_2$ или $\text{NO}$ , $\text{N}_2\text{O}$	Соль, вода и $\text{NO}_2$	Соль, вода и $\text{NO}$	

Примеры реакций:

