

# Лекция № 9-МЕТАЛЛЫ



# **Общие свойства металлов**

обусловлены:

- Строением атома**
- Наличием кристаллической решетки**
- Наличием металлической связи**

# Расположение металлов в периодической системе Д.И. Менделеева

3 Li	4 Be													
11 Na	12 Mg	13 Al												
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As*
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb
55 Cs	56 Ba	57-71 лантан оиды	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi
87 Fr	88 Ra	89-103 Актин оиды	Черные металлы				Цветные металлы							

	Щелочноземельные металлы
	Легкие металлы
	Редкоземельные металлы
	Урановые металлы

	Тугоплавкие металлы
	Железные металлы
	Благородные металлы
	Легкоплавкие металлы

# Расположение металлов в периодической системе Д.И. Менделеева

**s-металлы:** элементы IA и IIA групп.

Свойства s-металлов:

- постоянные валентности или степени окисления (+1 и +2);
- основной характер оксидов, за исключением бериллия.

**p-металлы:** элементы **IIIA** (кроме бора B), **IVA** (германий Ge, олово Sn, свинец Pb) и **VA** (сурьма Sb и висмут Bi) групп.

Свойства:

- образование химических связей осуществляется s- и p-электронами в процессе их возбуждения и гибридизации орбиталей;
- оксиды p-металлов проявляют *амфотерный* характер;
- *основные* оксиды образуют только p-элементы IIIA группы *пятого* и *шестого* периодов – индий In и таллий Tl.

**d-металлы:** 30 элементов, расположенных в серединах периодов (IV, V, VI, VII) и достраивающих d-подуровень предпоследнего слоя при уже заполненном внешнем ns-подуровне.

Свойства:

- в образовании химических связей у атомов d-металлов могут принимать участие как s-, так и d-электроны. Все d-элементы, кроме Zn и Cd, обладают переменной степенью окисления;
- характер оксидов d-металлов зависит от степени окисления: оксиды *низшей* степени окисления имеют *основной* характер, *средней* - *амфотерный*, *высшей* – *кислотный*.

**f-металлы:** лантаноиды и актиноиды. У этих элементов достраиваются энергетические подуровни 4f и 5f при заполненном внешнем уровне  $6s^2$  и  $7s^2$ .

Сложное строение электронных оболочек f-металлов сказывается на их свойствах:

- f-металлы проявляют устойчивую степень окисления +3, при возбуждении возможны и более высокие степени окисления;
- f-металлы обладают высоким сродством к кислороду и образуют устойчивые оксиды типа  $R_2O_3$ .

# Черные металлы

**Черные металлы** характеризуются темно-серым цветом, большой плотностью (кроме щелочноземельных Me), высокой температурой плавления, относительно высокой твердостью, часто имеют - полиморфизм.



**Черные** подразделяются:

- ***Железные металлы*** - Fe, Co, Ni (ферромагнетики) и Mn.
- ***Тугоплавкие металлы*** - температура плавления выше Fe (1539°C) - добавки легированных сталей и основы для соответствующих сплавов.
- ***Урановые металлы*** - актиниды - для сплавов атомной энергетики.
- ***Редкоземельные металлы (РЗМ)*** – лантан , церий, неодим, празеодим и др. - лантаноиды + иттрий и скандий. Близки по химическим, различаются по физическим свойствам. Присадки к сплавам других элементов.
- ***Щелочноземельные металлы.*** В свободном состоянии применяются в особых случаях (теплоносители в атомных реакторах).

# Цветные металлы

**Цветные металлы** характеризуются: характерной окраской (красная, желтая, белая), большой пластичностью, низкой температурой плавления, отсутствием полиморфизма.



## Цветные подразделяются:

- *Легкие металлы* - Be, Mg, Al - малая плотность.
- *Благородные металлы* - Ag, Au, платиновая группа (Pt, Pd, Ir (иридий), Rh (родий), Os (осмий), Ru (рутений)), "полублагородная" медь. Высокая устойчивость против коррозии.
- *Легкоплавкие металлы* - Zn, Cd, Hg, Sn, Pb, Bi, Tl (таллий), Sb (сурьма), элементы с ослабленными металлическими свойствами: Ga (галлий), Ge (германий).

# Нахождение металлов в природе

- В самородном состоянии: Cu, Ag, Hg, Pt, Au
- В виде соединений: оксидные ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$  –

магнетит), карбонатные

( $\text{CaCO}_3$  – известняк),

фосфатные, силикатные,

алюмосиликатные

( $\text{K}_2\text{O} \times \text{Al}_2\text{O}_3 \times 6\text{SiO}_2$  – шпат или ортоклаз),

полевой

сульфидные ( $\text{HgS}$  –

киноварь) и галидные

( $\text{NaCl}$  – галит, каменная или поваренная соль).



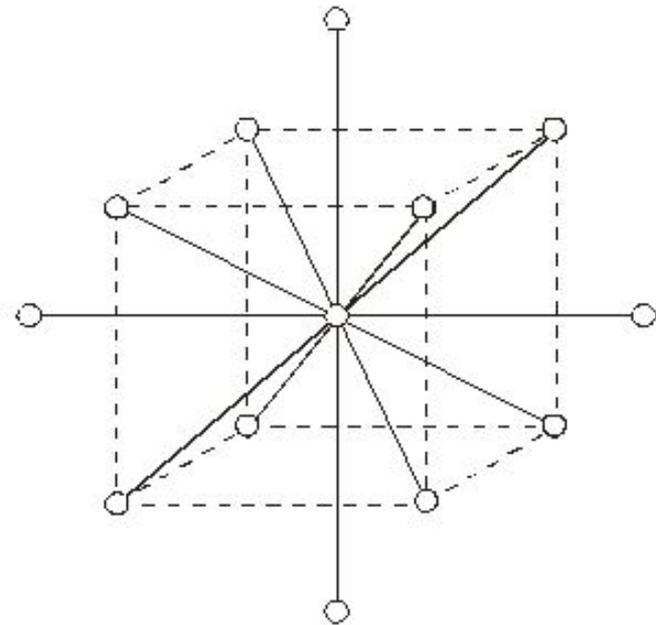
# Кристаллические структуры металлов

## 1. Объемноцентрированная кубическая решетка (ОЦК)

(Na, K,  $\alpha$ -Fe,  $\delta$ -Fe, V, Cr, Mo, W)

координационное число: к.ч. = 8

коэффициент упаковки:  $\rho = 68 \%$

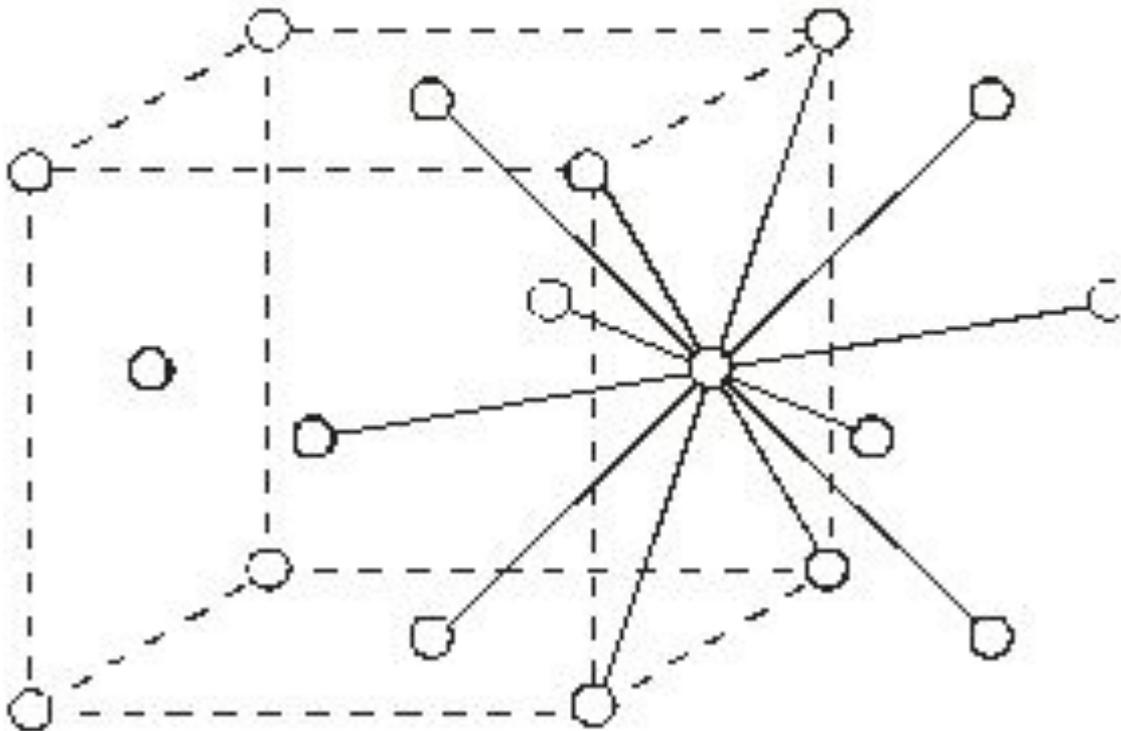


## 2. Гранецентрированная кубическая решетка (ГЦК).

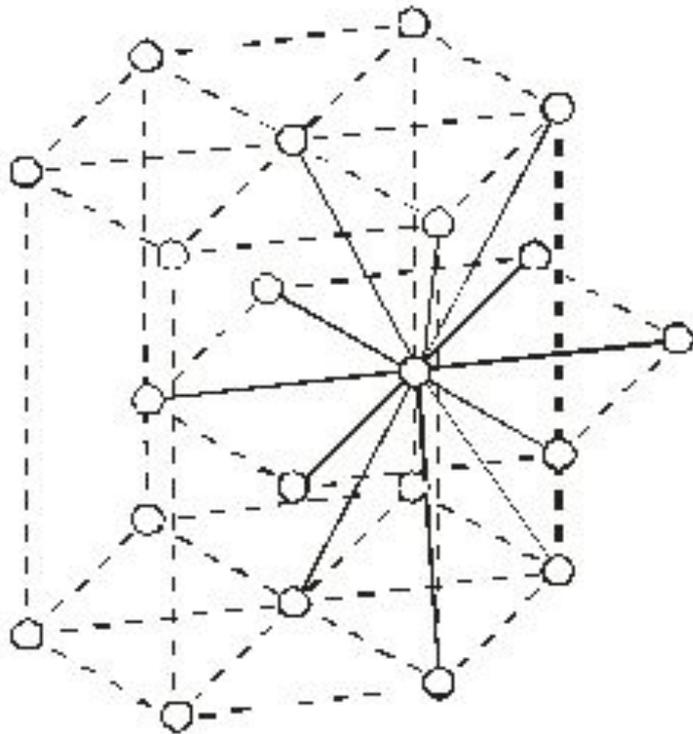
Решетка куба с центрированными гранями ( $\gamma$ -Fe, Al, Ag, Ni, Pb, Cu, Ca, Ir, Pt, Pd, Au).

$$\text{к.ч.} = 12$$

$$\rho = 74 \%$$



**3. Гексагональная решетка с гексагональной плотной упаковкой (ГПУ).** Каждый атом окружен 12тью атомами, находящимися на одинаковом расстоянии от центрального атома (Be, Mg, Cd, Hg, Zn, Sc, Y, La, Ti, Hf, Zr, Tc, Re, Ru, Os).



$$\text{к.ч.} = 12$$

$$\rho = 74 \%$$

# Полиморфизм

$\alpha$  – модификация устойчива при сравнительно низких температурах,

$\beta$  – устойчива при более высоких температурах.

Например, **железо** может существовать в виде четырех полиморфных модификаций  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -,  $\delta$ -Fe.

Модификации  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\delta$ -Fe отличаются друг от друга температурными интервалами устойчивости и магнитными свойствами, но имеют одинаковую объемноцентрированную кубическую решетку.

Модификация  $\gamma$ -Fe, устойчивая в интервале 910-1401°C, имеет гранецентрированную кубическую решетку.

# Физические свойства металлов

## 1. Твердость (кроме Hg)

Самый твердый Cr. Самые мягкие – щелочные.

## 2. Непрозрачность/металлический блеск

Все металлы серого цвета, кроме Cu, Cs, Au.

Al и Mg имеют блеск в порошкообразном состоянии.

## 3. Температура плавления

$t > 1000^{\circ}\text{C}$  тугоплавкие

$t < 1000^{\circ}\text{C}$  легкоплавкие

$$t_{\text{пл}}(\text{Hg}) = -39^{\circ}\text{C}; \quad t_{\text{пл}}(\text{W}) = 3420^{\circ}\text{C}$$

## 4. Плотность

От 0,53 Li до 22,5 г/см<sup>3</sup> Os

$\rho < 5 \text{ г/см}^3$  – легкие металлы (щелочные, щелочно-земельные, Be, Al, Sc, Y, Ti).

$\rho > 5 \text{ г/см}^3$  – тяжелые металлы

## 5. Пластичность (ковкость)

Au, Ag, Cu, Sn, Pb, Zn, Fe

уменьш.



Из 1 г золота можно вытянуть проволоку длиной 34,2 м. Можно получить золотую фольгу толщиной 0,0001 мм, что в 500 раз тоньше волоса).

## 6. Магнитные свойства

а) Диамагнитные

(в основном амфотерные Me: Be, Zn, Ga, Ge)

б) Парамагнитные

в) Ферромагнитные (Fe, Co, Ni)

## 7. Высокая тепло- и электропроводность

Наибольшая Ag, Cu

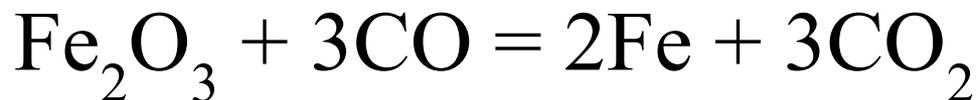
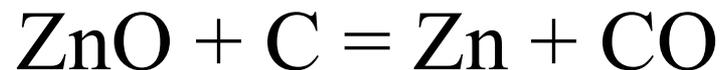
Наименьшая Pb, Hg

# Получение металлов

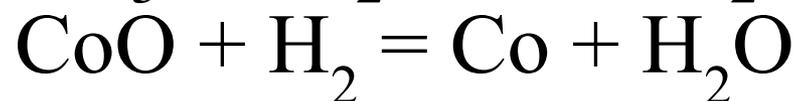
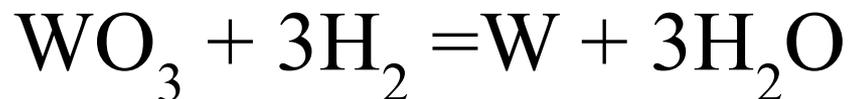
## Пиromеталлургия

Восстановители: уголь, оксида углерода (II) или водород.

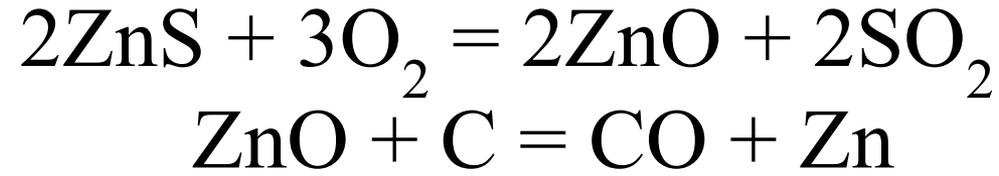
— С или CO



— H<sub>2</sub>

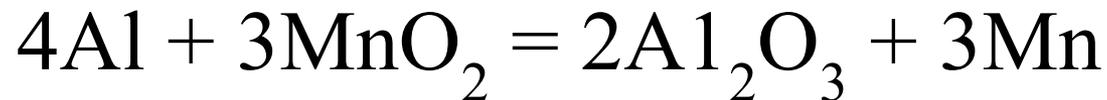


— *Сульфидные руды*

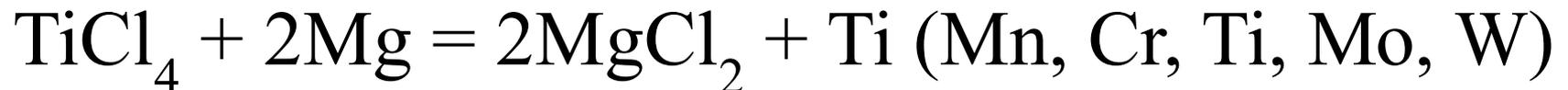


## **Металлотермия**

— алюминотермия

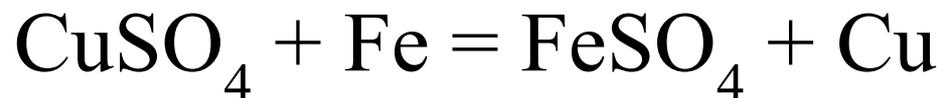
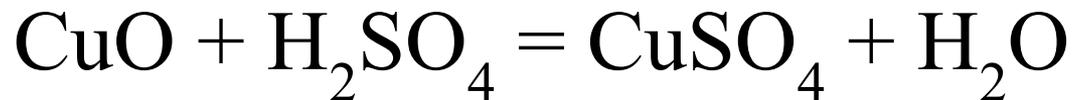


— магнийтермия



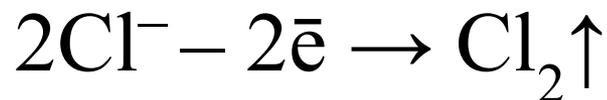
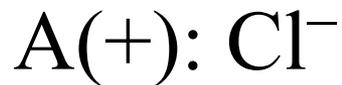
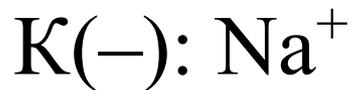
# Гидрометаллургия

Руда  $\rightarrow$  раствор

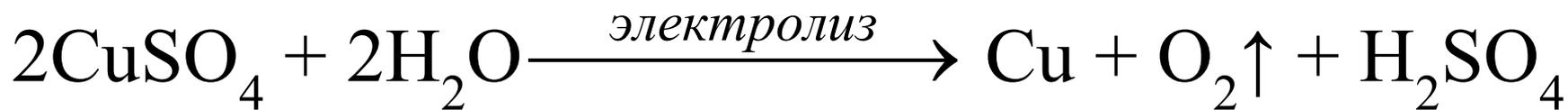


# Электрометаллургия

Электролиз *расплава*:



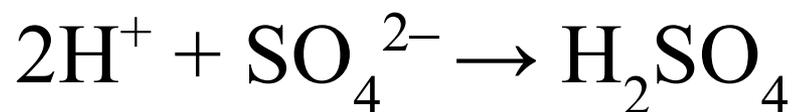
## Электролиз *раствора*



$\phi^o$       **0.34 > -0.41**



**2.05 > 1.23**



# ПОЛУЧЕНИЕ МЕТАЛЛОВ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

*1. Электролитическое рафинирование*

(Ag, Cu, Fe, Ni, Pb)

*2. Перегонка и переплавка в вакууме*

(W, Mo, Re)

### 3. Химические транспортные реакции

#### Карбонильный способ (Ni, Fe)

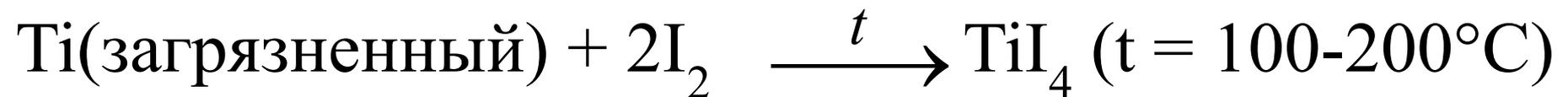


тетракарбонил Ni



пентакарбонил Fe

#### Йодидный способ (Ti, Zr)



## *4. Зонная плавка*

(Ge, W, Mo) до чистоты  $10^{-8}$  %

# ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

## 1. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С ПРОСТЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ

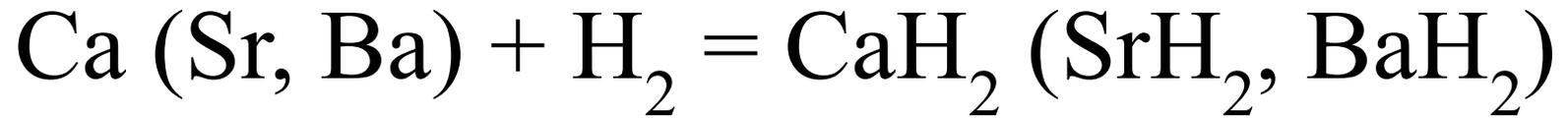
*С кислородом.*

Все, кроме Pt, Pd, Au.



## *С водородом.*

Взаимодействуют щел. и щел.-зем.  
металлы:



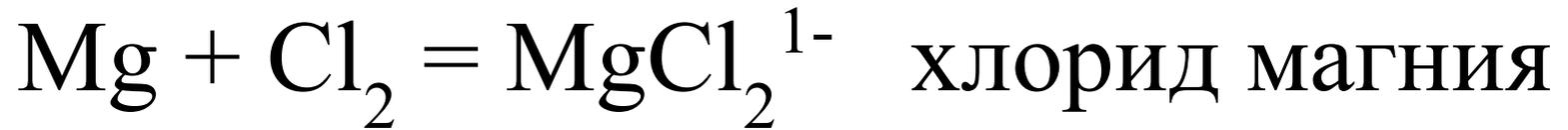
гидриды

Гидриды щелочных металлов  
малоустойчивы, обладают  
восстановительными свойствами.

***C серой.***

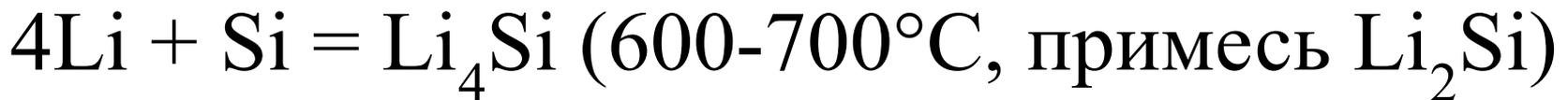


***C галогенами.***



## *С другими неметаллами.*

*Из металлов I группы с азотом, углеродом, кремнием непосредственно взаимодействует только литий:*



*Металлы II группы:*



## 2. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ СО СЛОЖНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ

*) С водой.*

*Металлы I группы:*  $\text{Na} + \text{H}_2\text{O} = \text{NaOH} + \frac{1}{2} \text{H}_2 \uparrow$

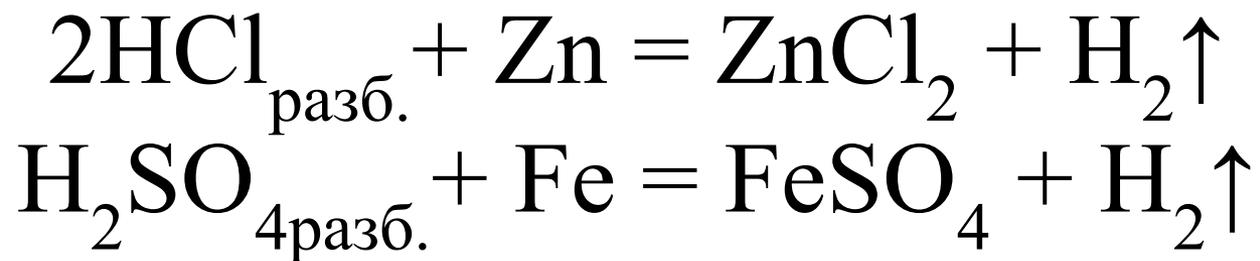
При переходе от Li к Cs интенсивность реакции увеличивается, цезий взаимодействует с водой наиболее бурно.

*Металлы II группы:*  $\text{Ca} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}_2 \uparrow$

Be и Mg взаимодействуют медленно из-за обволакивания металлов образующимися гидроксидами.

## 2) С кислотами.

Все металлы, расположенные в ряду напряжений до водорода вытесняют его из *разбавленных кислот*, кроме азотной кислоты:

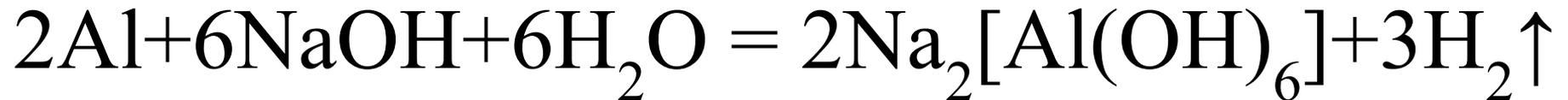
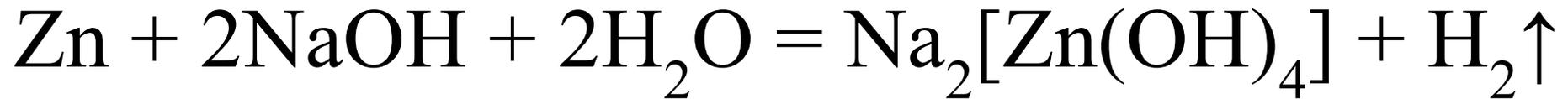


С конц.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и разб. и конц.  $\text{HNO}_3$  взаимодействуют все Me, кроме Au и Pt.

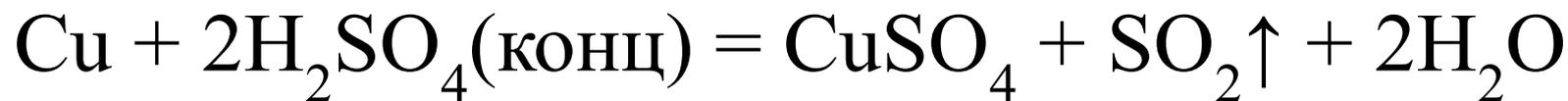
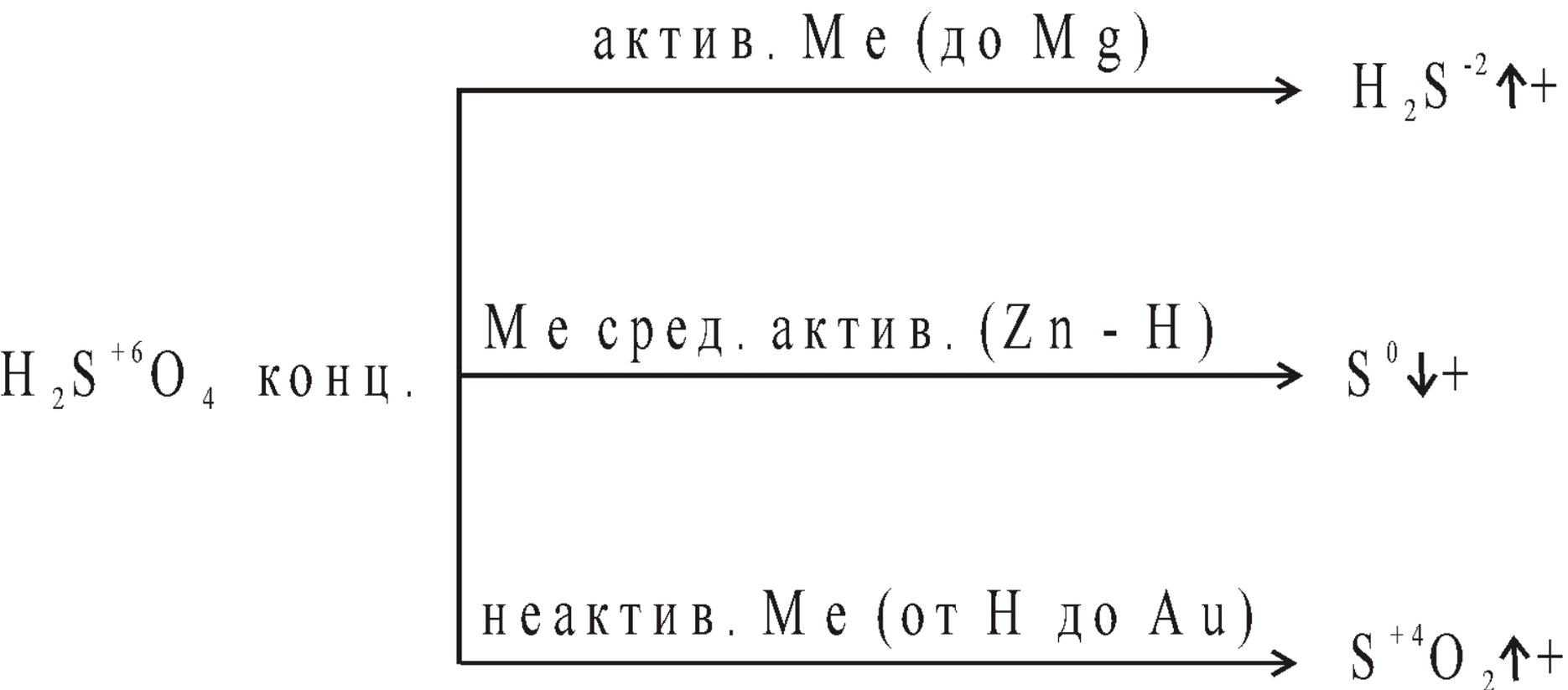


### *3) Со щелочами.*

Взаимодействуют амфотерные металлы (Zn, Al, Pb, Sn, Be, Cr(III)).



С концентрированной серной кислотой реакции  
идут по схеме:



Схемы образования твердого раствора (или смешанного кристалла) в металлах: а – решетка металла-растворителя; б – твердый раствор замещения; в – фаза со сверхструктурой; г – твердый раствор внедрения.