

ОБЩИЕ СВОЙСТВА МЕТАЛЛОВ. СПЛАВЫ.

ПЛАН

1. Введение. Классификация металлов.
2. Металлическая связь.
3. Химические свойства.
4. Природные соединения металлов.
5. Общие методы получения.
6. Сплавы.
7. Интерметаллические соединения.

характерные признаки:

металлы тяжелее воды





Ga

Большинство -
твердые вещества
при комнатной
температуре, но есть
и жидкие:



Cs



Hg

Большинство имеют металлический блеск, серые или белые

Cs кристаллы



Cu самородок



Au самородок



КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТАЛЛОВ

1. Черные и цветные



2. Тяжелые ($\rho \geq 5 \text{ г/см}^3$) и легкие ($\rho \leq 5 \text{ г/см}^3$)



3. Драгоценные

Благородные



4. Платиновые

металлы



5. Редкоземельные

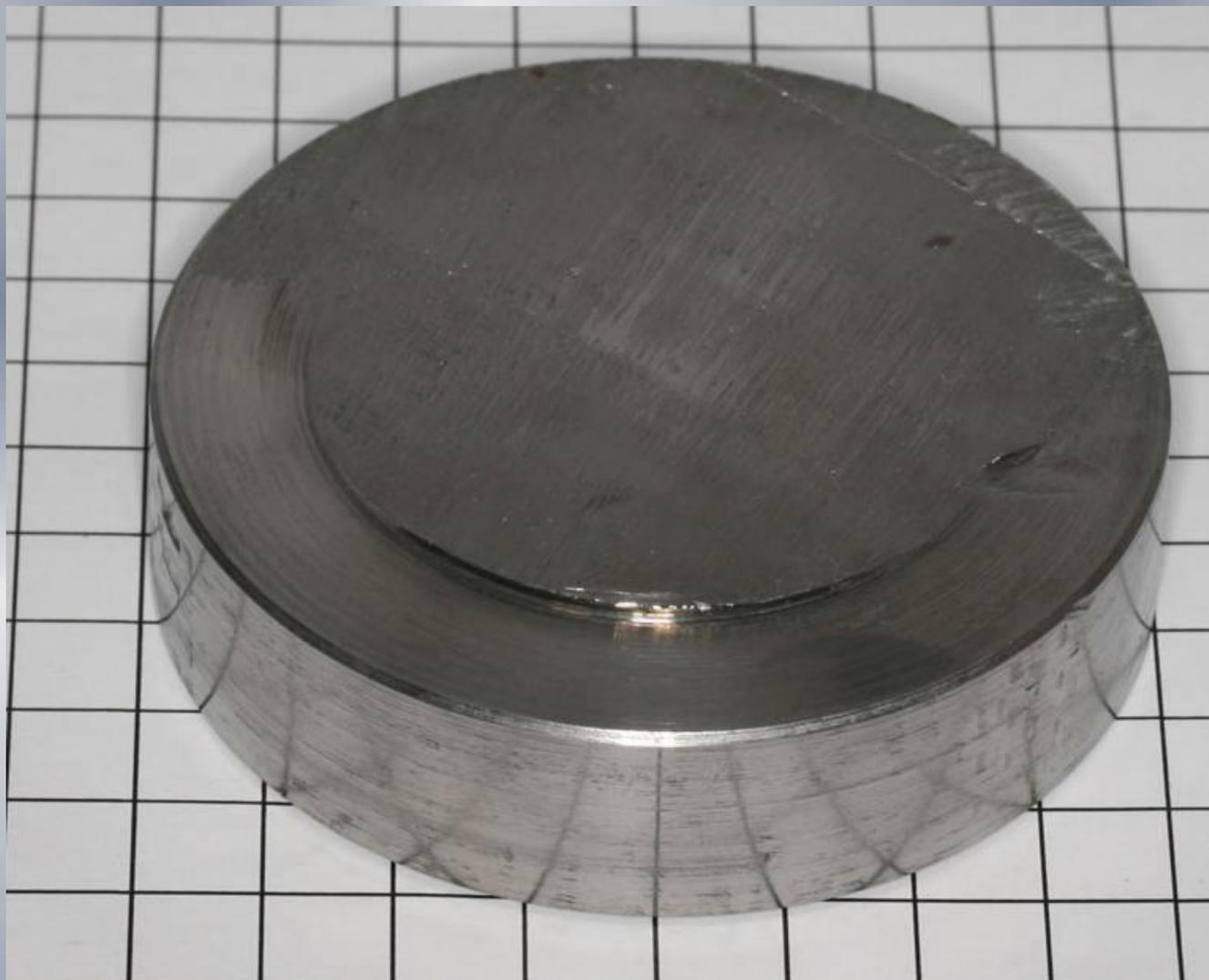
Y, Sc, La и лантаноиды



Черные

Fe

Получено
электро-
лизом,
чистота
99,97%



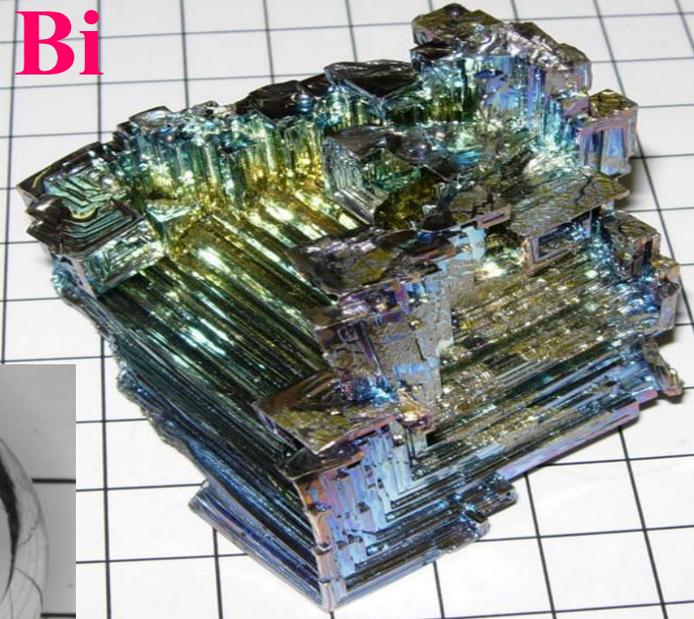
Т.В.Судакова СамГТУ

Цветные

Ag



Bi



Rb



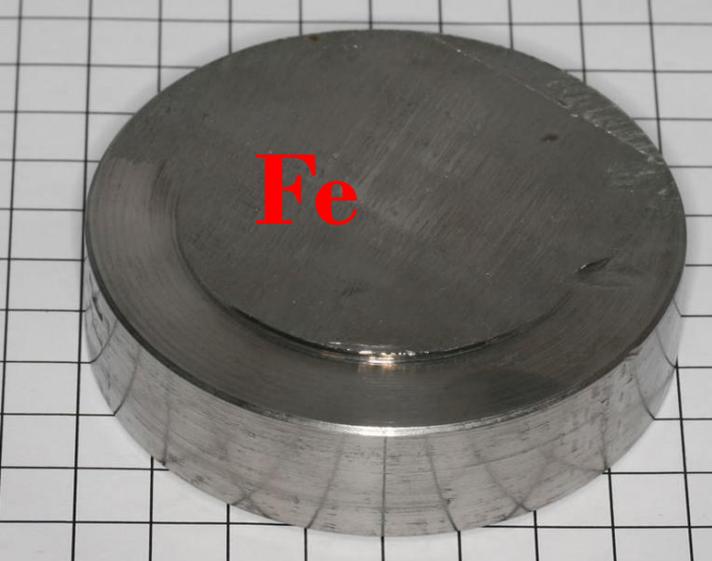
Ti



Sn



Т.В.Судаков



**Тяжелы
е**



Тяжелые



99,99%

Sb



Co



Ni

Медленный электролиз



Т.И

Легки

Li, K,
Na, Rb, e
Cs, Fr,
Be, Mg,
Ca, Sr,
Ba, Al,
Sn

Ca



Al «осч»



Rb



Mg



ДРАГОЦЕННЫЕ

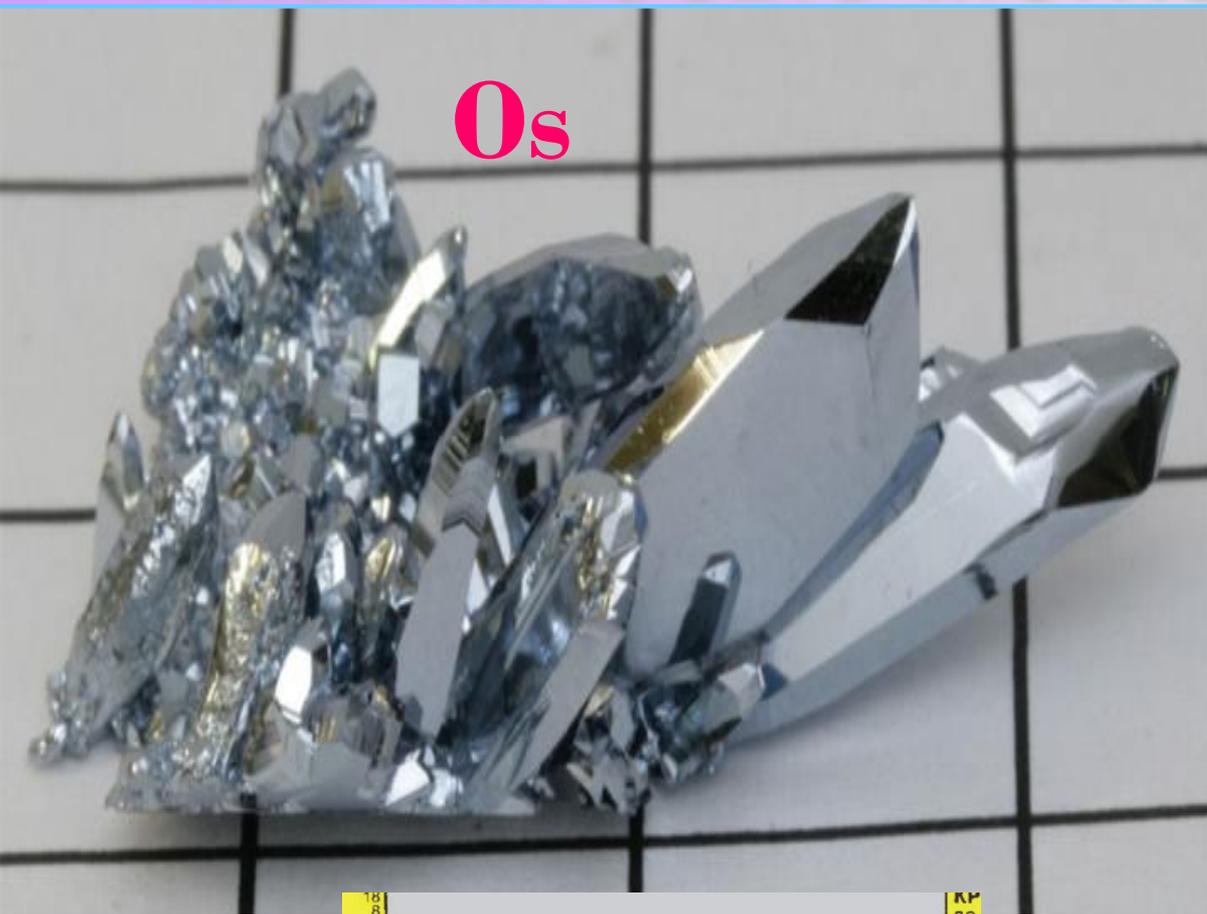
Ag



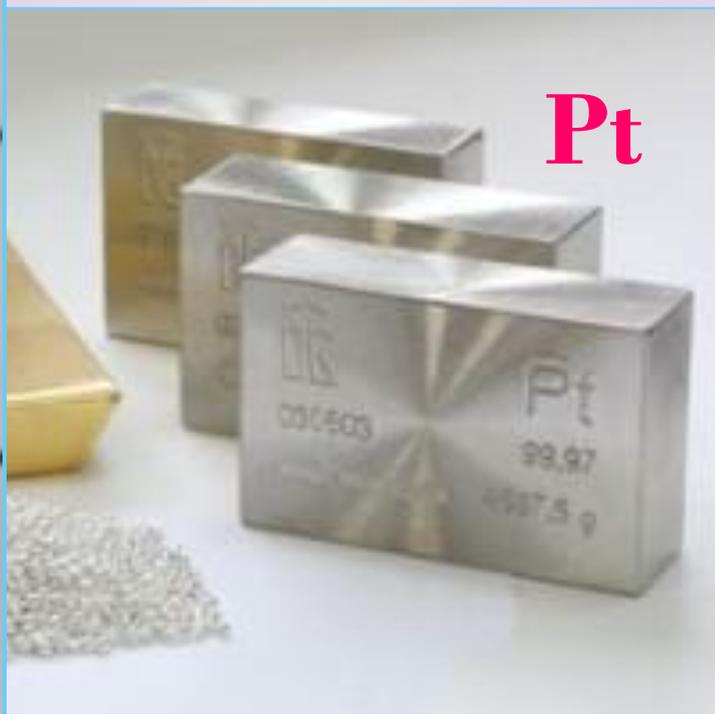
Au



Платиновые металлы



Os



Pt



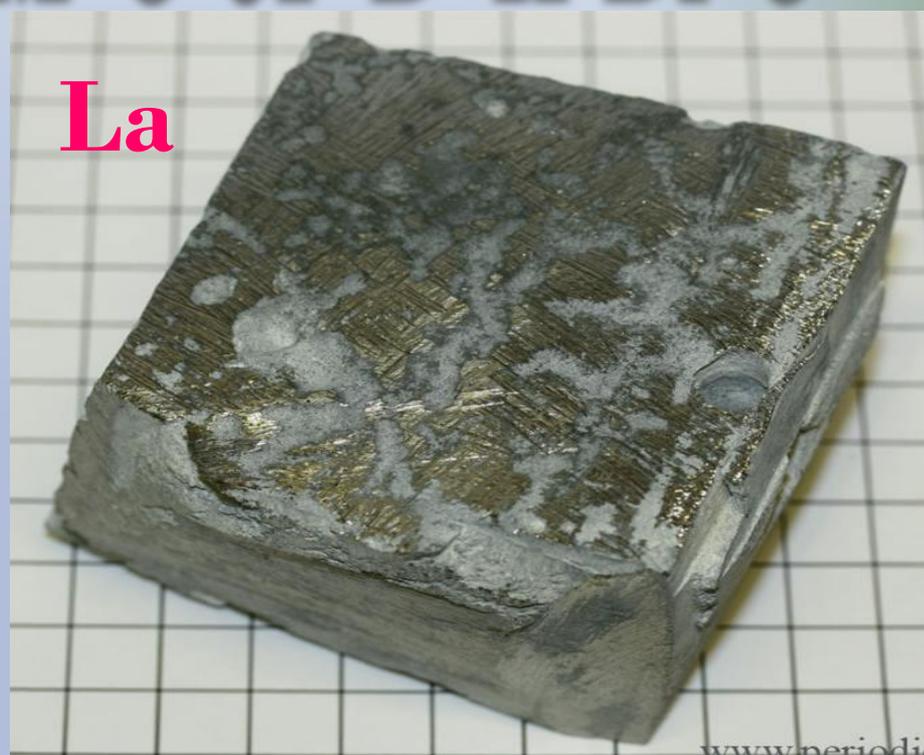
Rh

18 83	44 Ru РУТЕНИЙ 101.07	45 Rh РОДИЙ 102.906	46 Pd ПАЛЛАДИЙ 106.4	КР 83
3	76 Os ОСМИЙ 190.2	77 Ir ИРИДИЙ 192.22	78 Pt ПЛАТИНА 195.09	Х КС 13
К 7	Т.В.Судакова СамГТУ			Д



Редкоземельные

21	Sc СКАНДИЙ 44,956
31	Ga ГАЛЛИЙ 69,72
39	Y ИТРИЙ 88,906
49	In ИНДИЙ 114,82
57-71 ЛАНТАНОИДЫ	



ЛАНТАНОИДЫ

57 La ЛАНТАН 138,906	58 Ce ЦЕРИЙ 140,12	59 Pr ПРАЗЕОДИМ 140,908	60 Nd НЕОДИМ 144,24	61 Pm ПРОМЕТИЙ [145]	62 Sm САМАРИЙ 150,4	63 Eu ЕВРОПИЙ 151,96	64 Gd ГАДОЛИНИЙ 157,25	65 Tb ТЕРБИЙ 158,926	66 Dy ДИСПРОЗИЙ 162,5	67 Ho ГОЛЬМИЙ 164,93	68 Er ЭРБИЙ 167,26	69 Tm ТУЛИЙ 168,934	70 Yb ИТТЕРБИЙ 173,04	71 Lu ЛЮТЕЦИЙ 174,97
-----------------------------------	---------------------------------	--------------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	-----------------------------------	---------------------------------	----------------------------------	------------------------------------	-----------------------------------

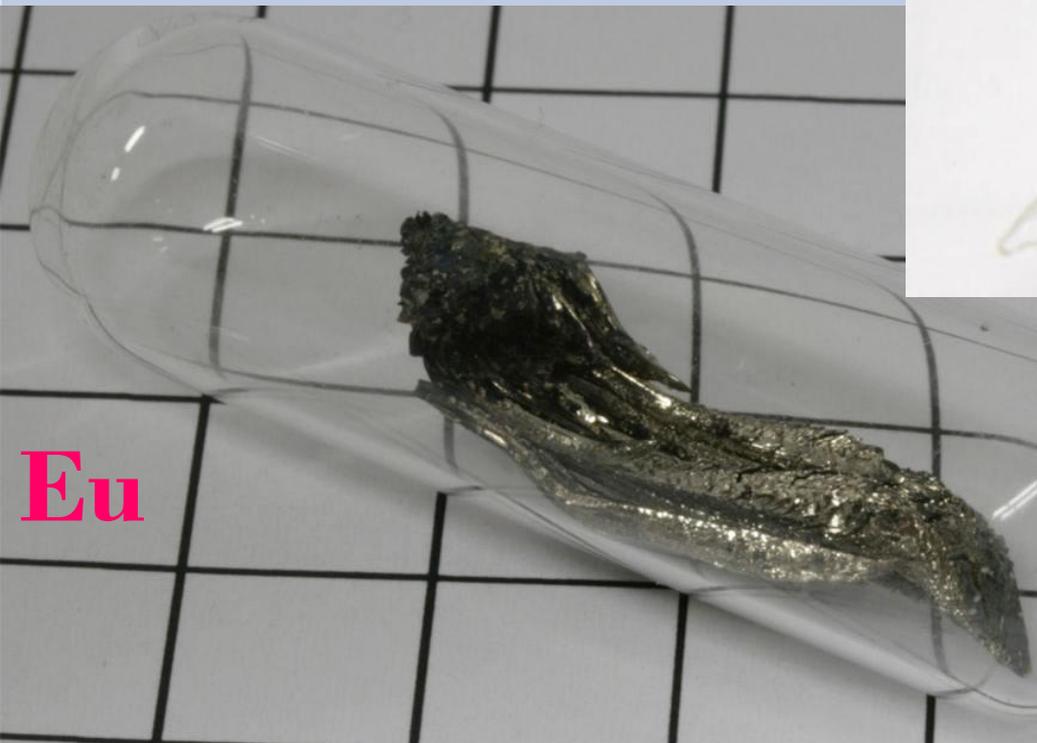
АКТИНОИДЫ

89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr
--------------	--------------	--------------	-------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	---------------	---------------	---------------	---------------

Sc



Eu



Y

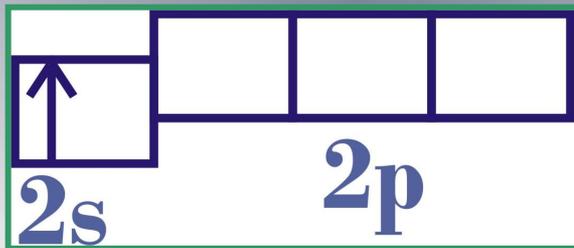


Металлы: s-, d-, f- элементы, а также небольшое количество p- элементов – Al, Ga, In, Tl, Sn, Pb, Bi.

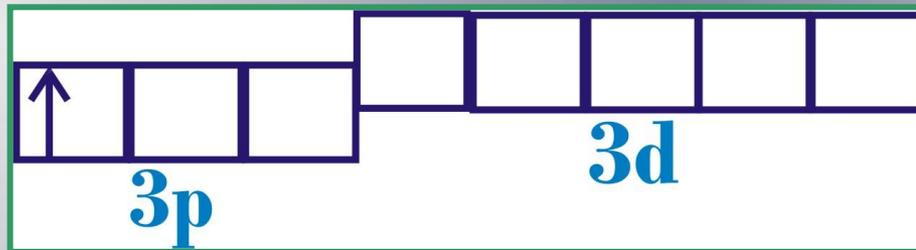
ХИМИЧЕСКИЕ И ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕТАЛЛОВ



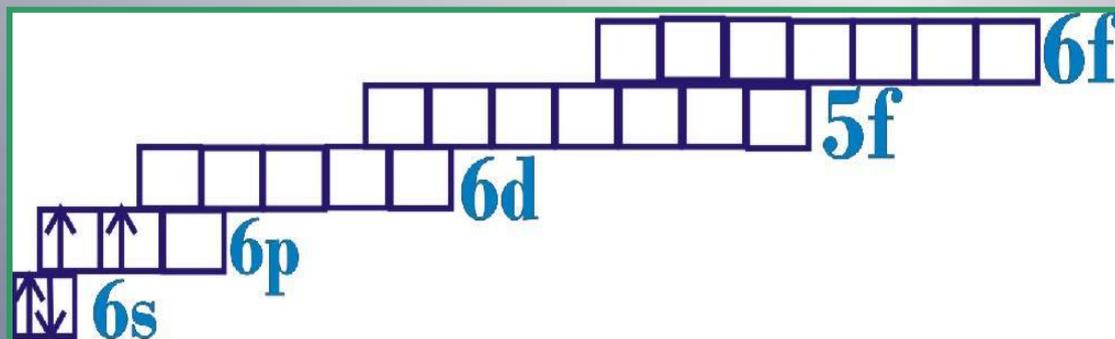
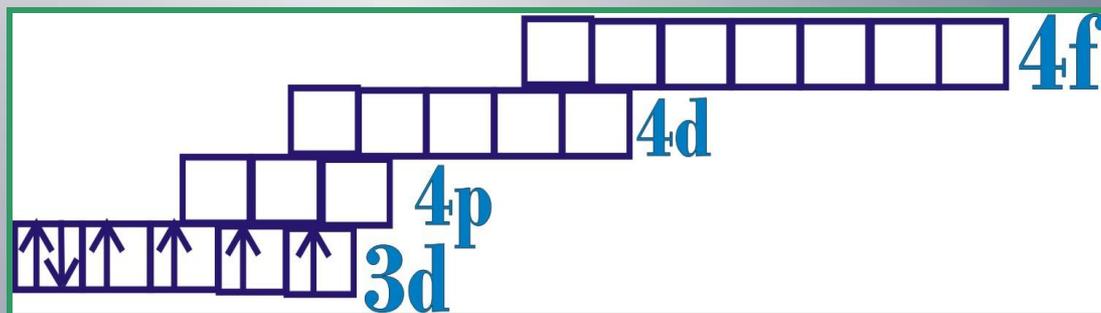
Металлическая связь

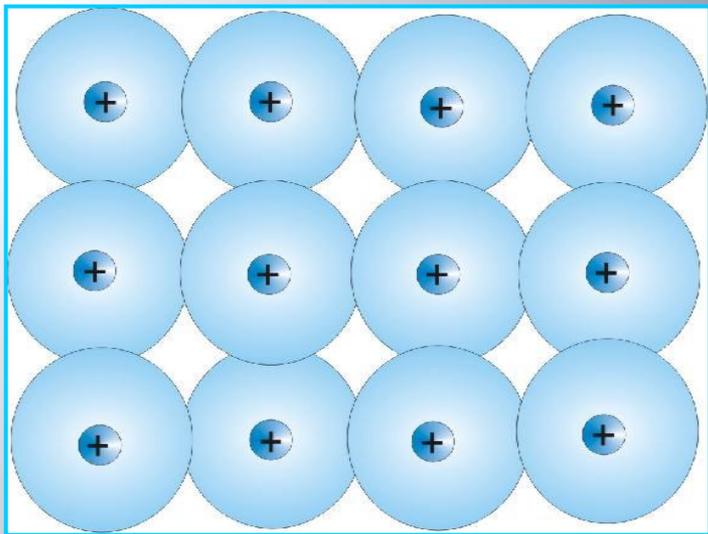


**Число ё мало,
число АО с
низкой энергией**



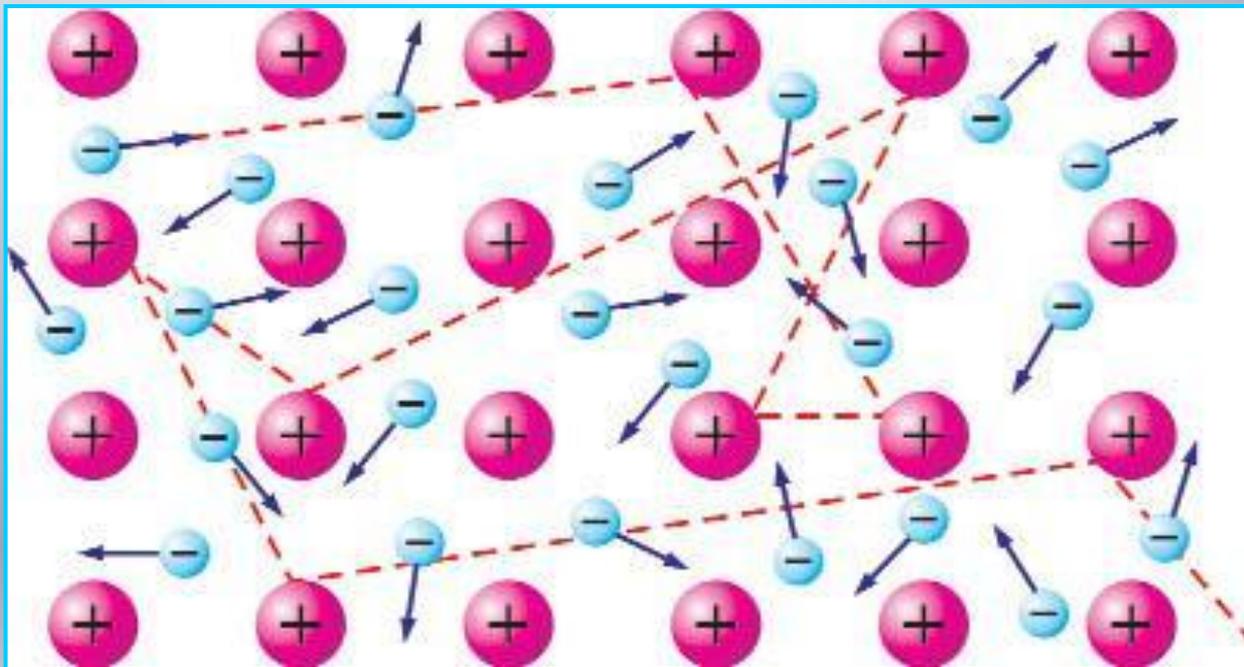
ВЕЛИКО





В кристаллах металлов АО перекрываются

**Единая
3-мерная
АО, в
пределах
которой
движутся
валентные e^-**





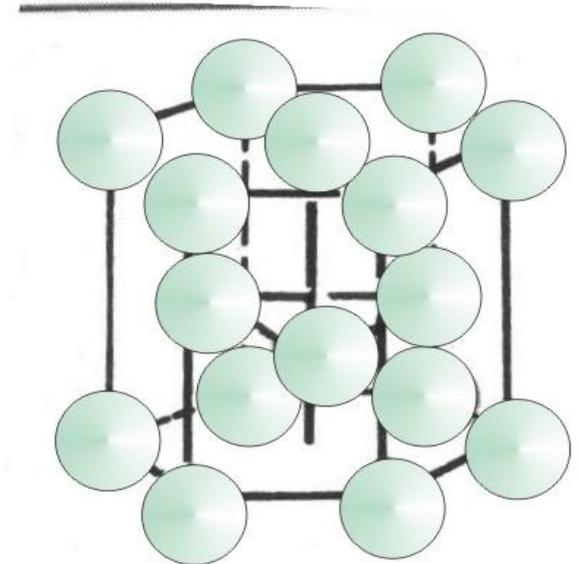
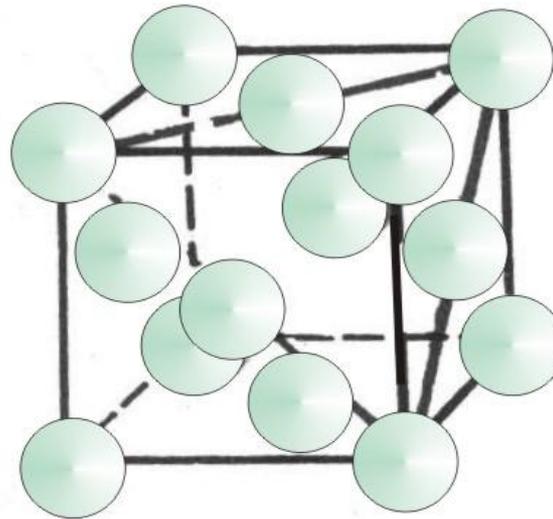
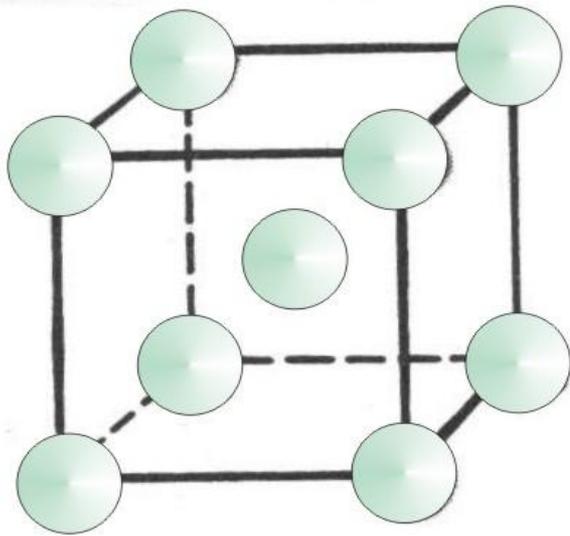
**Металлическая связь
ненаправленная, поэтому
большие значения
координационных чисел**

$$КЧ = 8 \div 12$$

КЧ=8

КЧ=12

КЧ=12



кубические:

**объемно-
центрирован-
ная**

**гране-
центрирован-
ная**

**гексагональная
плотная
упаковка**

ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Общие:

1. Малая электроотрицательность (ЭО).
2. Me в реакциях образуют только катионы:



Металлы – s-элементы:

CO = +1 и +2

Образуют основные оксиды и гидроксиды

Li_2O , LiOH , K_2O ,
 KOH , CaO ,
 Ca(OH)_2 , SrO ,
 Sr(OH)_2

Т.В.Судакова СамГТУ

Металлы p- и d-элементы:

**Низшая
СО +1, +2**

**Основные
оксиды и
гидроксиды**

**PbO, Pb(OH)₂,
CuO, Cu(OH)₂,
CrO, Cr(OH)₂,
MnO, Mn(OH)₂**

**Промежуточ-
ная СО +3, +4**

**Амфотер-
ные**

**Al₂O₃,
Al(OH)₃,
Cr₂O₃,
Cr(OH)₃,
Mn₂O₃,
Mn(OH)₃,
MnO₂,
Mn(OH)₄**

**Высшая СО
+4, +5, +6, +7,
+8**

**Кислотные оксиды
и гидроксиды**

**OsO₄, Mn₂O₇,
HMnO₄, H₂MnO₄,
MnO₃, Mn₂O₅,
HMnO₃, CrO₃,
H₂CrO₄**

ОВР с неметаллами

О-ль	Реагируют	Реагируют и пассивируются	Не реагируют	Основной продукт
F_2	Почти все	Al, Fe, Ni, Cu, Zn – без нагревания	–	Фторид NaF, AlF_3 , ZnF_2
Cl_2	Почти все 	Fe – в отсутствие влаги	–	Хлорид KCl, $NiCl_2$, $AlCl_3$
O_2	Многие	Al, Ti, Pb, Be, Mg – без нагревания	Au, Pt	Оксид (Al_2O_3 , MgO, Na_2O)
S	Многие, но при нагревании 	–	Большинство (при н.у. и охлаждении)	Сульфид (Na_2S , MgS)
H_2	Щелочные и щелочно-земельные металлы	–	Большинство, но многие растворяют водород	Гидрид (NaH, CaH_2 , MgH_2)
N_2	Li, щелочно-земельные металлы	–	Почти все	Нитрид (Li_3N , Ca_3N_2)

Отношение металлов к воде и водным растворам окислителей

В водных растворах восстановительная активность металлов характеризуется значением стандартного окислительно-восстановительного потенциала φ^0



Чем меньше φ^0 , тем сильнее восстановительные свойства Me^0 и слабее окислительные

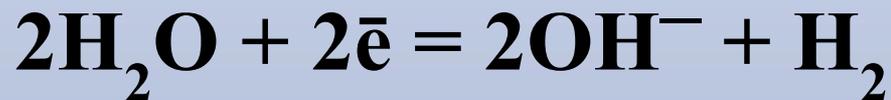
$$\varphi^0 (\text{Mg}) = -2,36\text{В},$$
$$\varphi^0 (\text{Pt}) = 1,19\text{В}$$



Mg легче окисляется, чем Pt

взаимодействие с водой -

это ОВР, где окислитель H^+



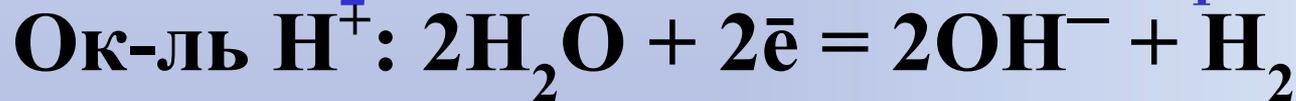
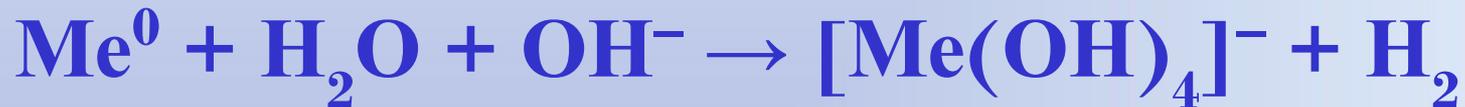
$$\varphi(2\text{H}^+/\text{H}_2) = -0,059 \cdot \text{pH} = 0,059 \cdot 7 = -0,413\text{В}$$

Активные Li – Al –3,04В ÷ –1,66В	Средней активности Al – H ₂ –1,66В ÷ 0,0 В	Малоактивные H ₂ – Au 0,0В ÷ 1,69В
Реагируют $\text{Me}^0 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ $\rightarrow \text{Me}^+\text{OH} + \text{H}_2$	Реагируют при нагревании, пассивируются: Al, Ti, Cr, Fe, Co, Ni, Zn, Sn, Cd, Pb	Не реагируют –0,413 < 0

Легче идет реакция $2\text{OH}^- + \text{H}_2 - 2\bar{e} = 2\text{H}_2\text{O}$

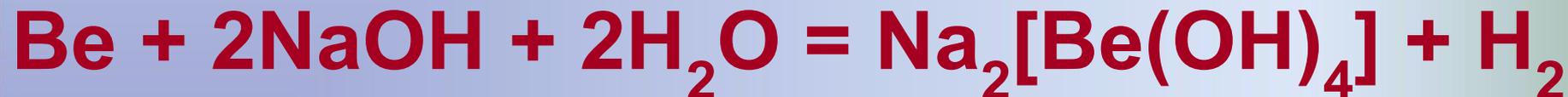
Взаимодействие со щелочами:

Реагируют только металлы, образующие амфотерные оксиды:



При pH=14 $\varphi(2\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2) = -0,059 \cdot 14 = -0,83 \text{ В}$

$\varphi^0(\text{Be}) = -1,85\text{В}$, $\varphi^0(\text{Al}) = -1,62\text{В}$, $\varphi^0(\text{Sn}) = -0,14\text{В}$



сплавление

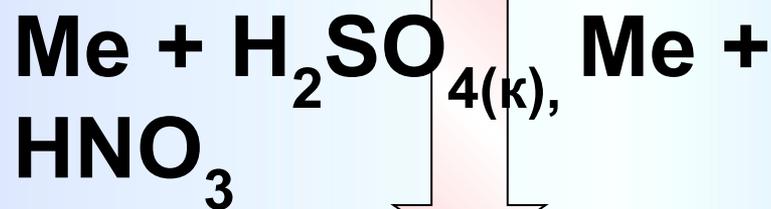


Взаимодействие с кислотами



зависит от
активности
металла (φ^0) и
окислительных
свойств
кислоты

Наиболее типичная
реакция:



Окислители – $\text{S}^{+6}, \text{N}^{+5}$

Руды – природные соединения металлов

Оксидные: Fe_2O_3 - гематит, $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ – гетит, Al_2O_3 – боксит, TiO_2 – рутил, SnO_2 – касситерит;

Сульфидные: FeS_2 – железный колчедан (пирит), $\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{FeS}_2$ – медный колчедан (халькопирит), PbS – свинцовый блеск, ZnS – цинковая обманка

Силикатные и алюмосиликатные: полевой шпат $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$, каолинит $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, берилл $3\text{BeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$;

Карбонатные: CaCO_3 - мрамор, мел, известняк; MgCO_3 - магнезит, $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ – малахит;

Галидные: NaCl - каменная или поваренная соль, KCl - сильвин, $\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ – карналлит.



матит

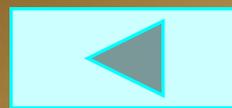


гематит Fe_2O_3



боксит Al_2O_3

касситерит SnO_2



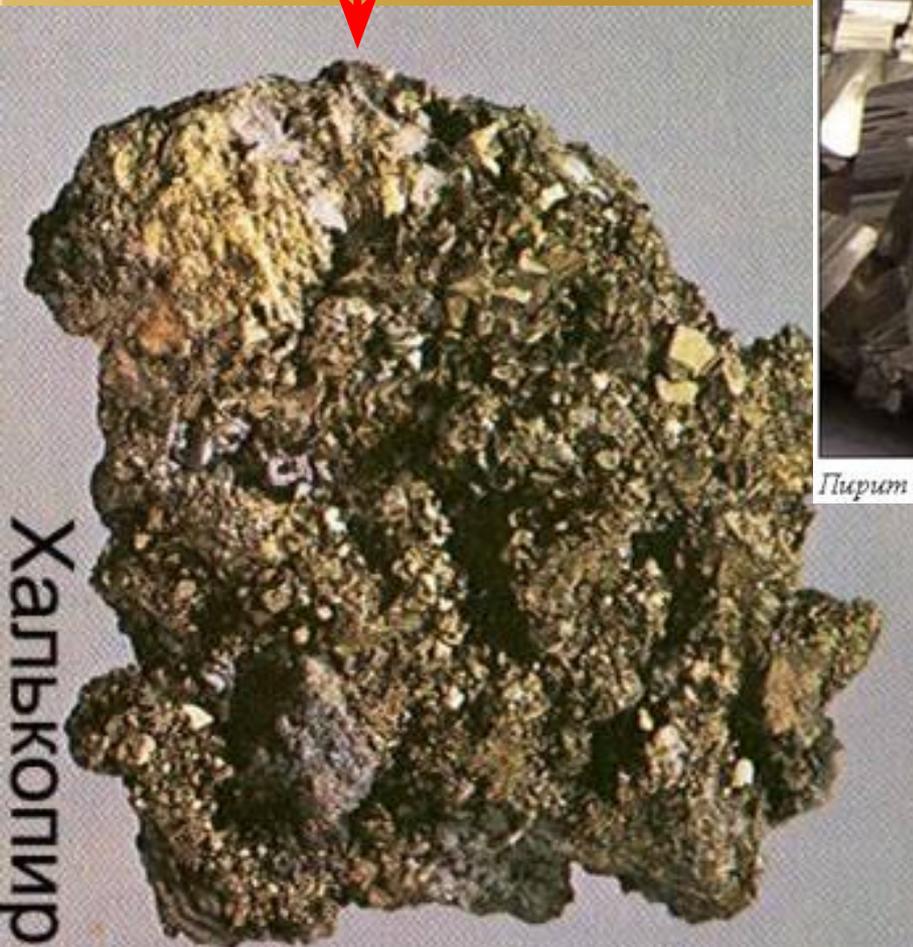
пирит FeS_2

халькопирит

$\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{FeS}_2$



Пирит (золотая обманка). Минерал по внешнему виду похож на золото.



Халькопирит



Общие методы получения:

- ◆ Вытеснение металла более активным металлом. 
- ◆ Восстановление металлов неметаллами - газообразными CO и H₂ или твердым углеродом C. 
- ◆ Электрометаллургия - электролиз либо водных растворов либо расплавов. 

Вытеснение металлами:

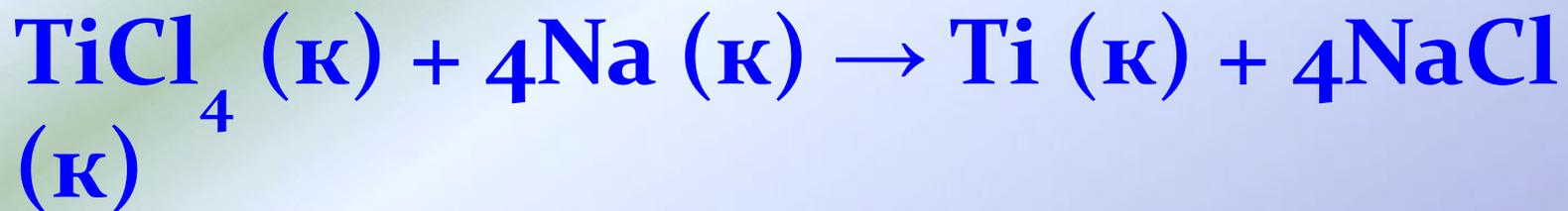
гидрометаллургия

водный р-р

металлотермия



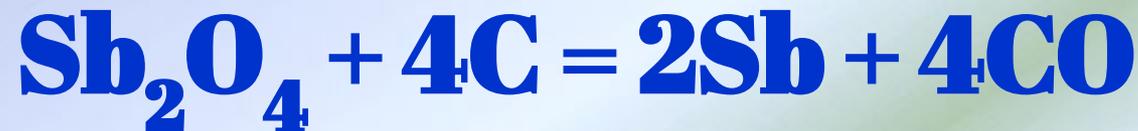
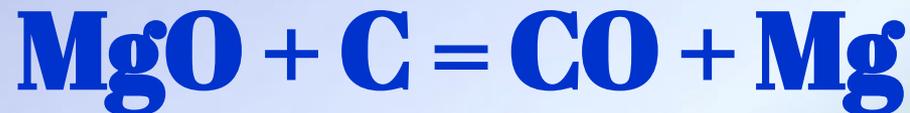
при нагревании



Восстановление неметаллами -

пирометаллургия - только при высоких температурах

2000°C



280-700°C



950°C

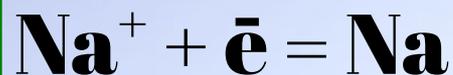


электролиз водных растворов или расплавов:

расплав



катод⁻:



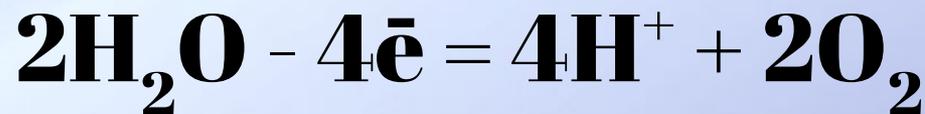
анод⁺:



катод⁻:



анод⁺:

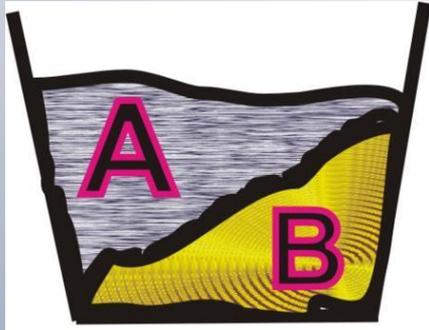


Сплав - макрогомогенная система, обладающая металлическими свойствами и состоящая из двух или более химических элементов.

Компоненты:

Не взаимодействуют

расслоение

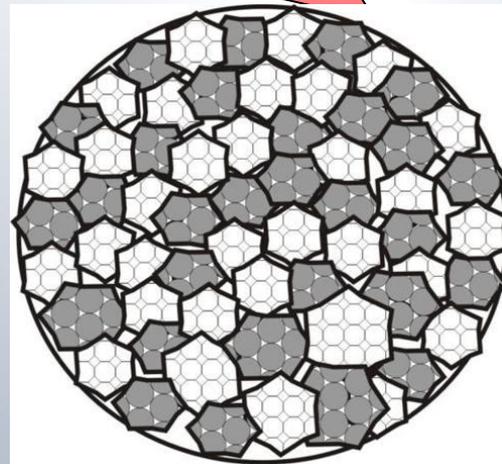


Al и Pd
Al и Cd
Zn и Pb

Гетерогенная система-
смесь компонентов

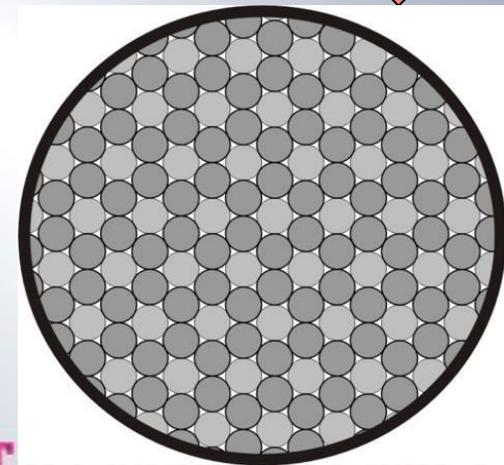
Взаимодействуют

слабо



Гомогенная
система-
твердый р-р

СИЛЬНО



Твердые растворы

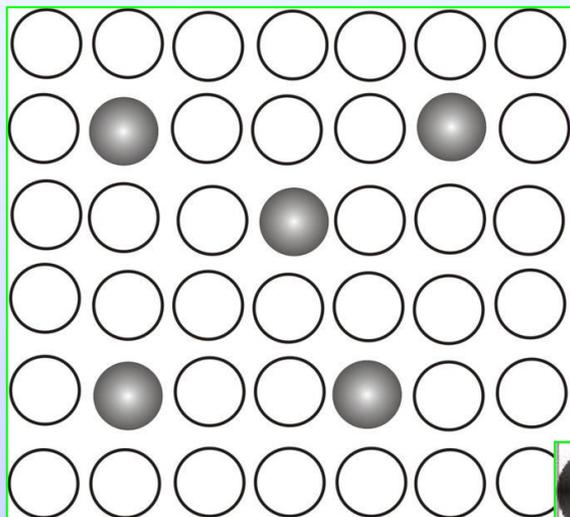
однородное (гомогенное) кристаллическое вещество переменного состава, в кристаллическую решетку которого входят атомы или ионы нескольких компонентов.

- ➔ **Непрерывные:** с постепенно меняющейся концентрацией компонентов от 0 до 100%
- ➔ **Ограниченные:** существует предел растворимости одного металла в другом.

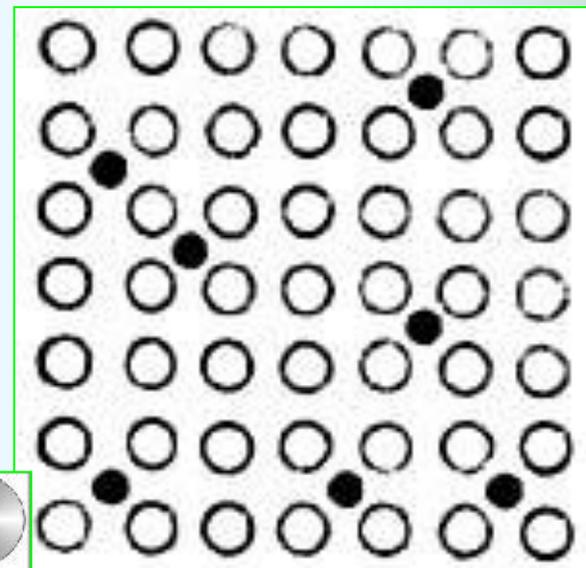
типы твердых растворов

растворы замещения

растворы внедрения



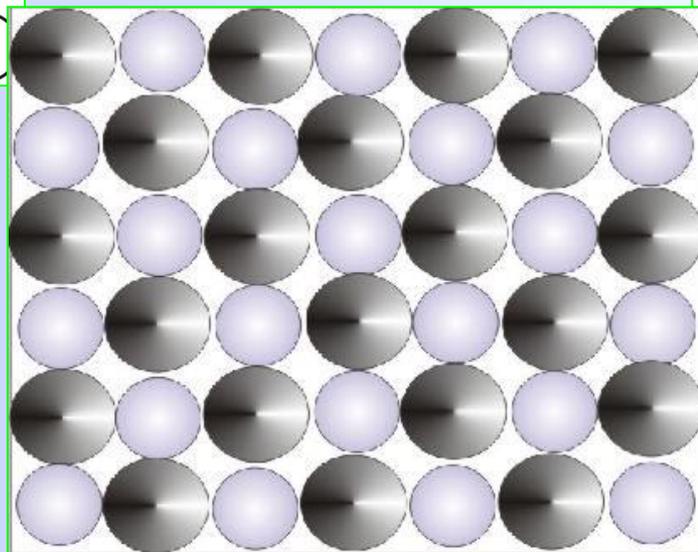
упорядоченные
растворы



Cu - Ni

Fe - Cr

Fe - Al



Fe - C

Fe - H

Cu - Au

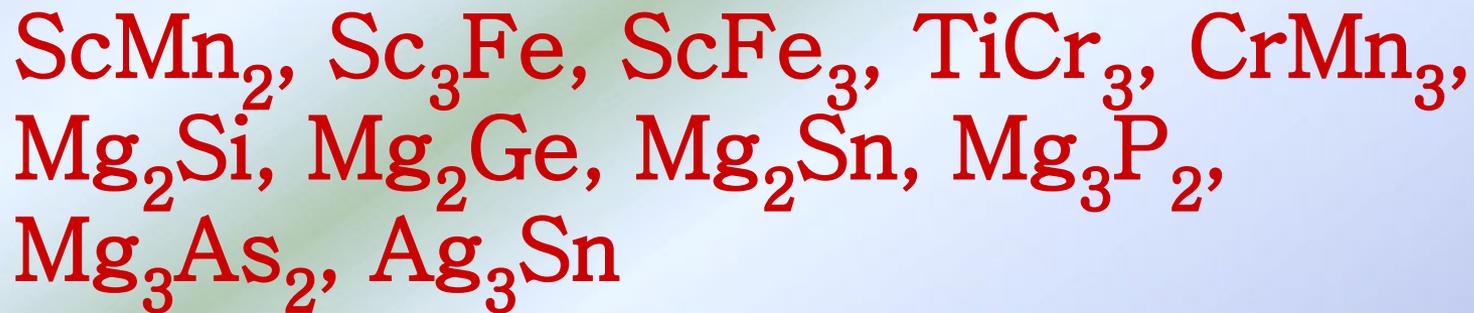
Fe - Si, Ni - Mn

Очень сильное взаимодействие между атомами металлов



Интерметаллические соединения (интерметаллиды)-

Соединения металлов между собой и с неметаллами (H, B, C, N и др.); связь металлическая.



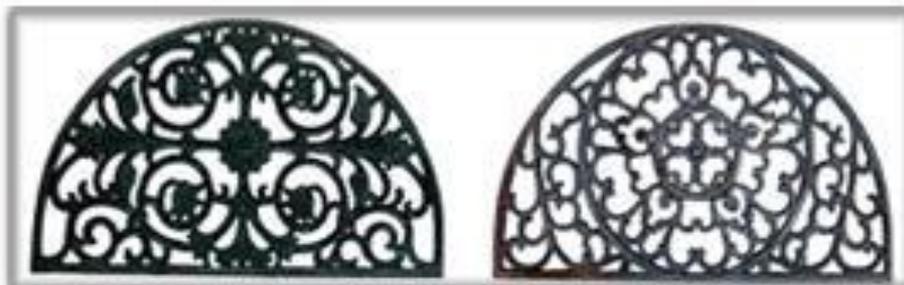
Примеры сплавов:

- i** Чугун – сплав Fe с C, содержание C $> 2\%$ масс.;
- i** Зеркальный чугун
- i** Сталь – сплав Fe с C, содержание C менее 2% масс.;
- i** Марганцовистая сталь – сталь, содержащая марганец не менее 1% ;
- i** Манганин – сплав 11% Mn, $2,5-3,5\%$ Ni и 86% Cu;
- i** Бронза – сплавы на основе Cu (Sn, Al, Be, As, Pb, Cr);
- i** Нейзильбер, фехраль.



Фотоколлаж: ООО Металлолом СПб

Декоративные свесы арочные из чугунины

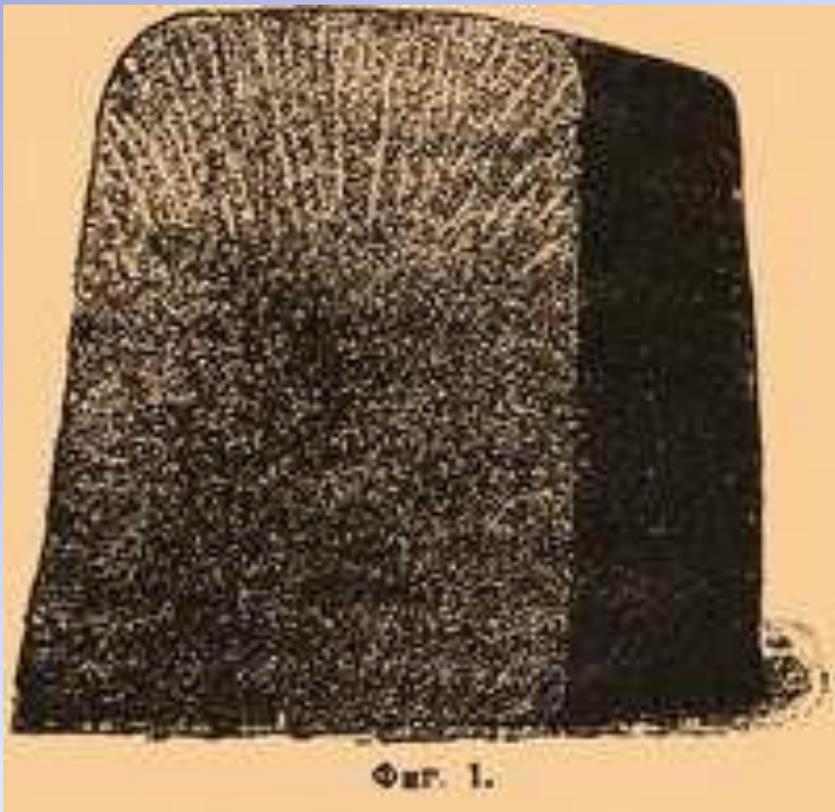


Чугунный
камин



Скульптуры и
монументы,
чугунное литье





сплав Fe с C (3,5-5,5%) и Mn (5-20%);

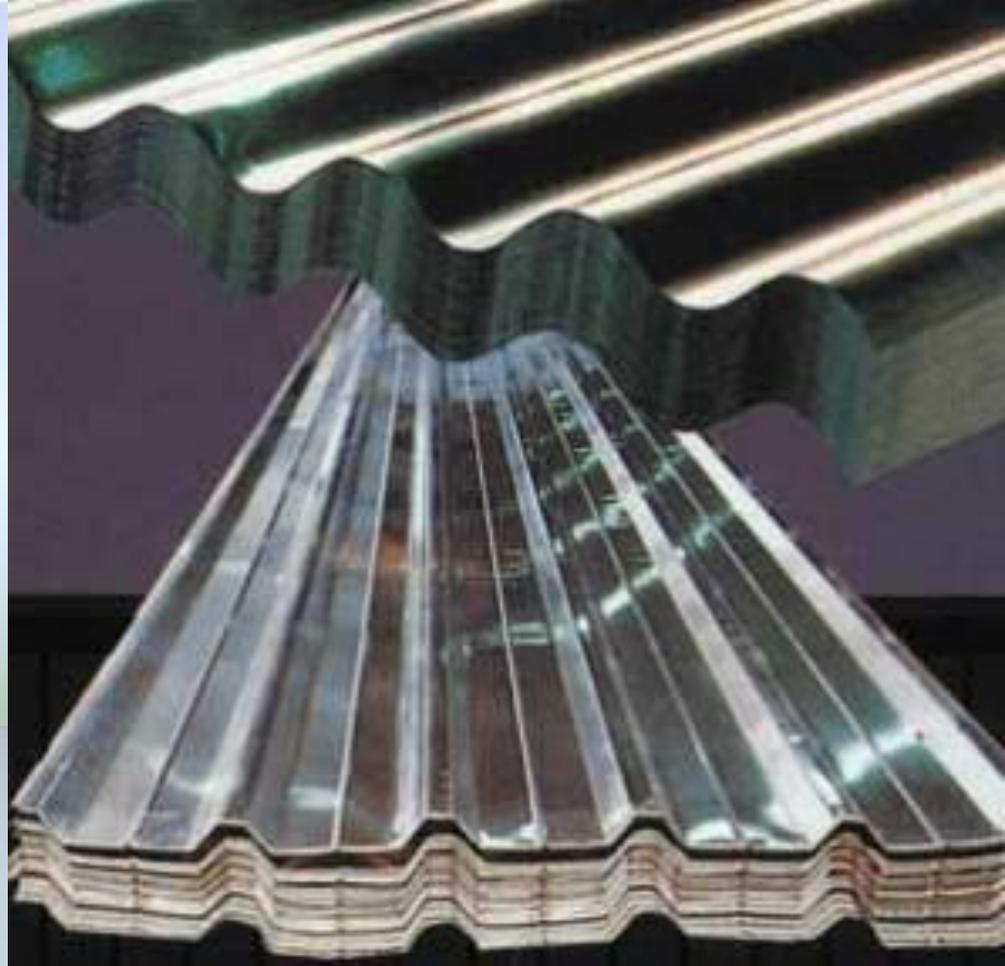
используется в производстве стали для раскисления и науглероживания:

Фиг. 1.

На изломе – зеркальный блеск



**Обычная
углеродистая**



Кровля, до 25 лет

нержавеющая



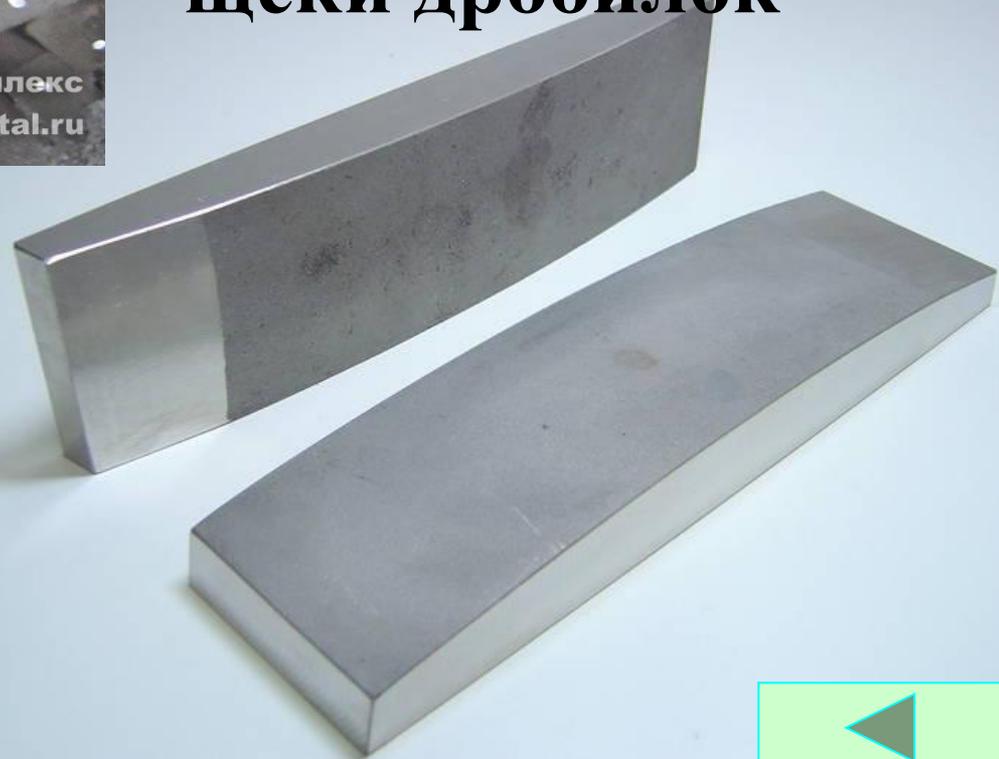
Т.В.Судакова СамГТУ

Сталь 35Г



Повышенная твердость и износостойкость

щеки дробилок



Индустриальный Металлургический Комплекс
ВсяСталь.рф www.mzstal.ru



башня танка



Т.В.Судакова СамГТУ



**высокое электрическое
сопротивление,**

демпфирование - поглощение
энергии механических колебаний -
при ударе по сплаву звук не звучит
громко.

**самые «тихие»
сплавы: 70% Mn и
30% Cu**





Бронза:

оловянная – Cu-Sn

алюминиевая – Cu-Al

бериллиевая – Cu-Be

и т.п.



Самая древняя !





Нейзильбер: Cu(50-60%) –Ni(20-25%) –Zn(18-22%)

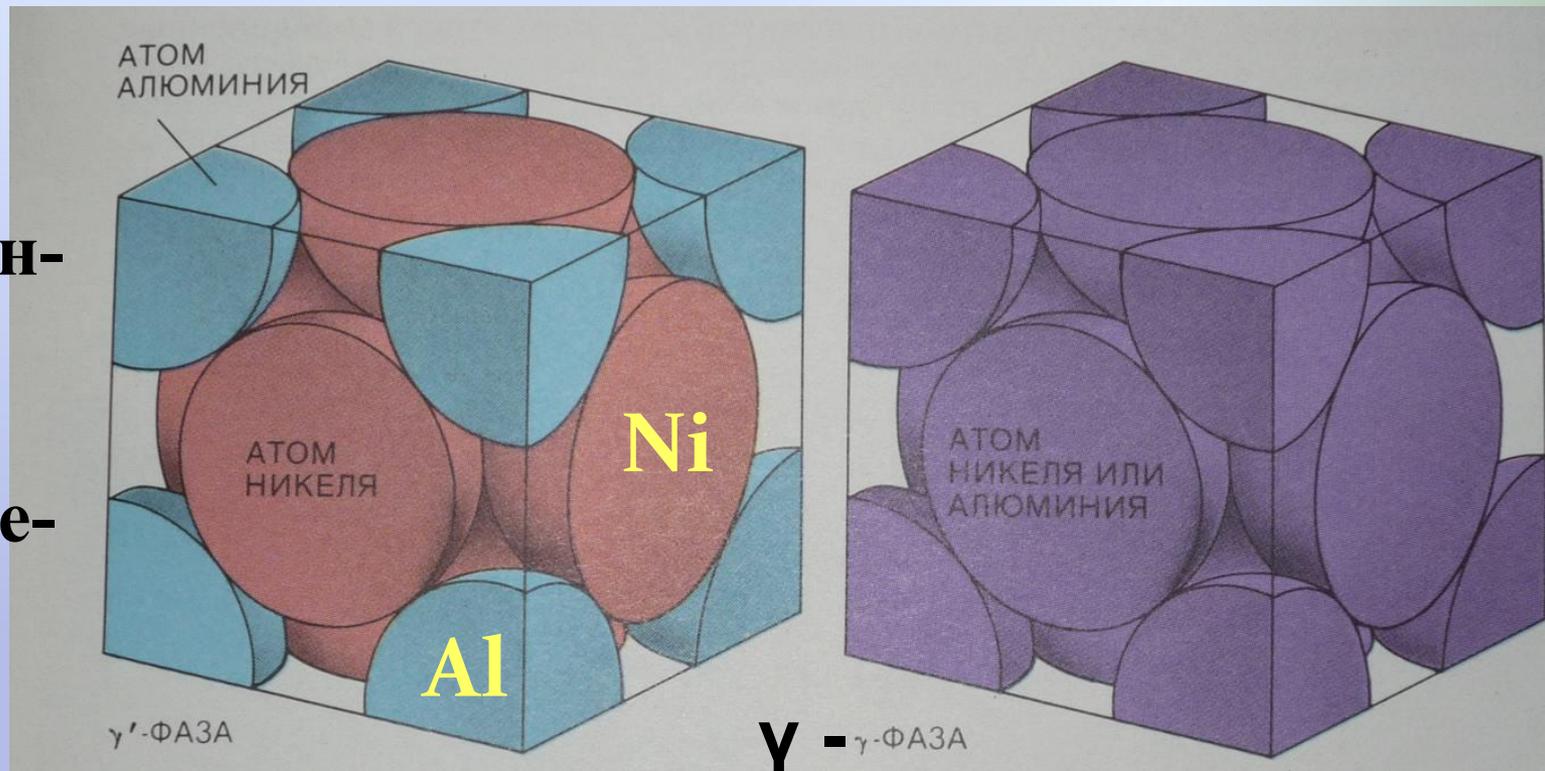
Фехраль: Al-Cr (15-30%)-Fe (70% и более)



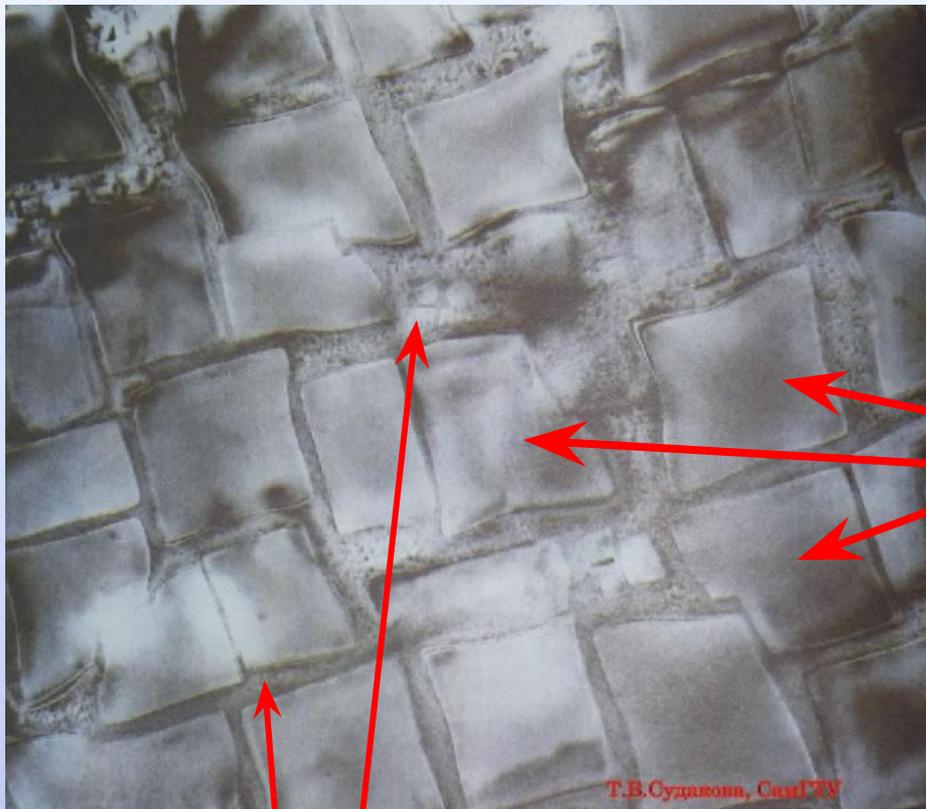
Суперсплав - двухфазная система, в которой фазы различаются степенью порядка в атомной структуре (расположение атомов).

Система Ni – Al, решетка кубическая

γ' - фаза
Определенный порядок расположения



хаотичное расположение



хаотичная γ - фаза

Поверхность супер-
сплава под
микроскопом:
увеличение 140

упорядоченная γ' -
фаза

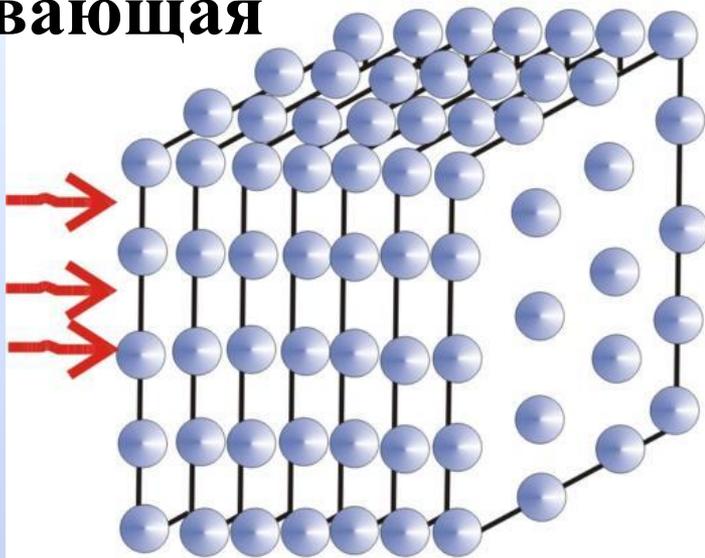
Прочность никелевых
суперсплавов
обусловлена трудностью
перемещения одиночной
дислокации через
упорядоченные кубики γ' -
фазы.

В неупорядоченной γ -фазе дислокация
перемещается относительно легко.

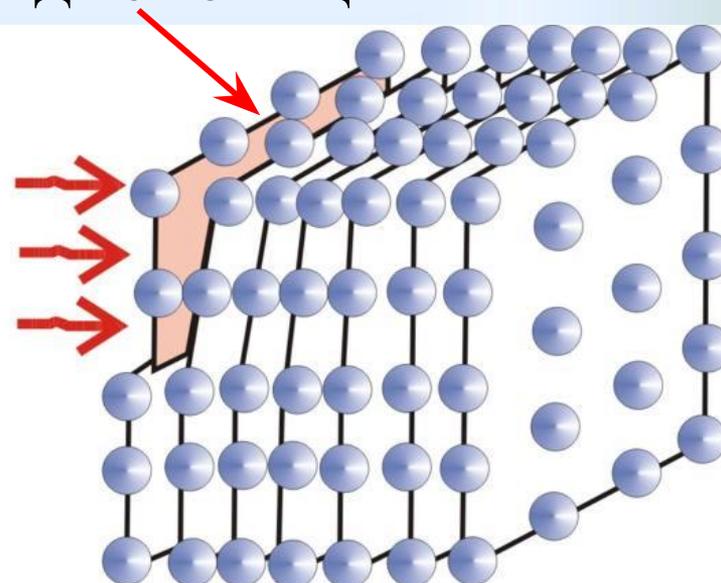


Неупорядоченный кристалл

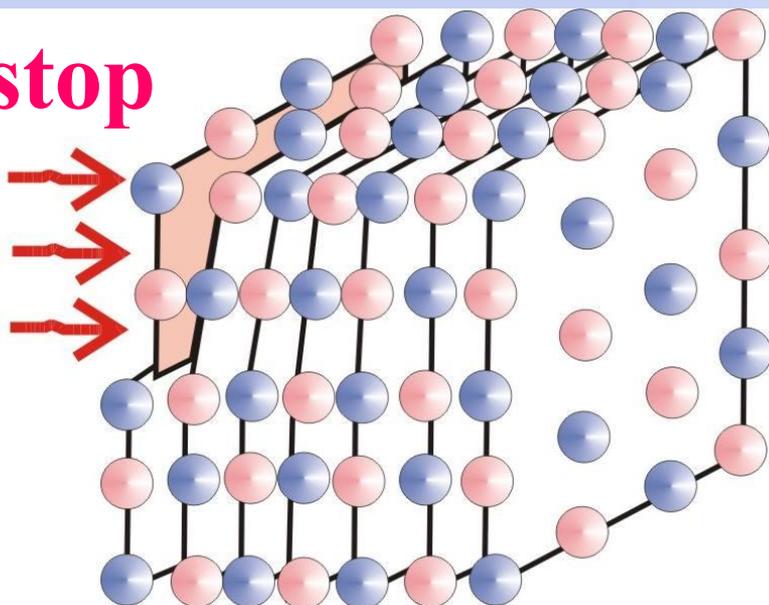
скалывающая
сила



дислокация



stop

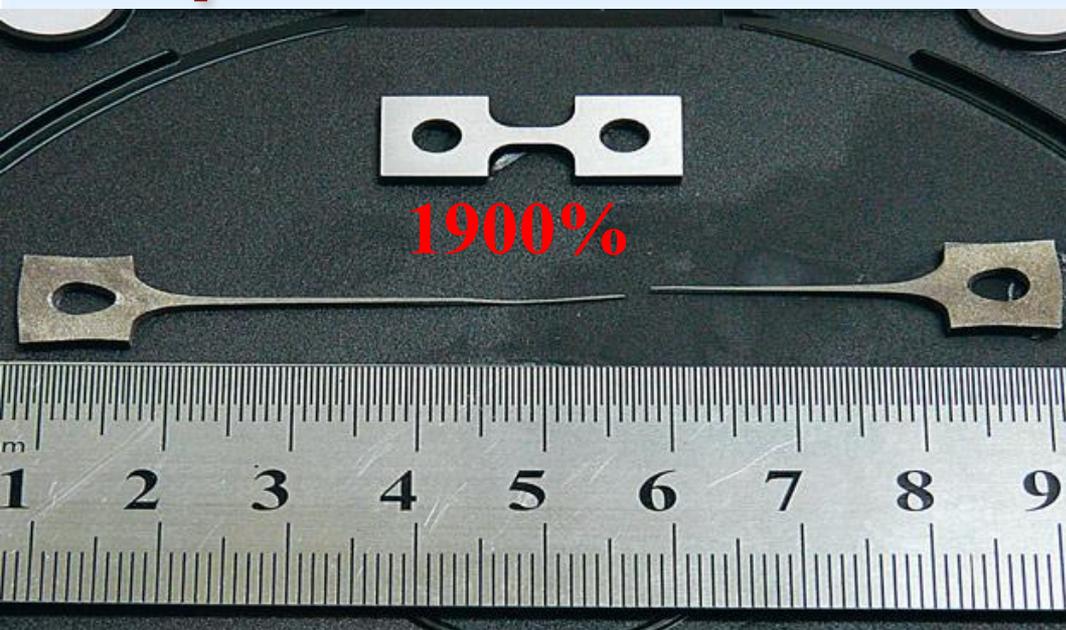


Упорядоченный кристалл

Нарушение порядка
требует
дополнительной
энергии!!!

Сверхпластичность

Сверхбыстрое охлаждение



зерна < 5 мкм, под нагрузкой скользят (текут) друг по другу без разрушения: относительное растяжение $\Delta l/l_0=10$, то есть длина образца увеличивается на 1000% от первоначальной.

сплав Al-Mg-Li после испытаний на сверхпластичность

Чем мельче зерно, тем выше скорость деформации. Причина - деформация металлических связей в контактах зерен, то есть большое количество поверхностных дефектов.

Чем больше S поверхности частиц (наноразмеры),
тем больше поверхностная G

Сплав не устойчив! При $\uparrow T$ зерна укрупняются!

Сверхпластическое формование детали

нагрев



быстрое охлаждение



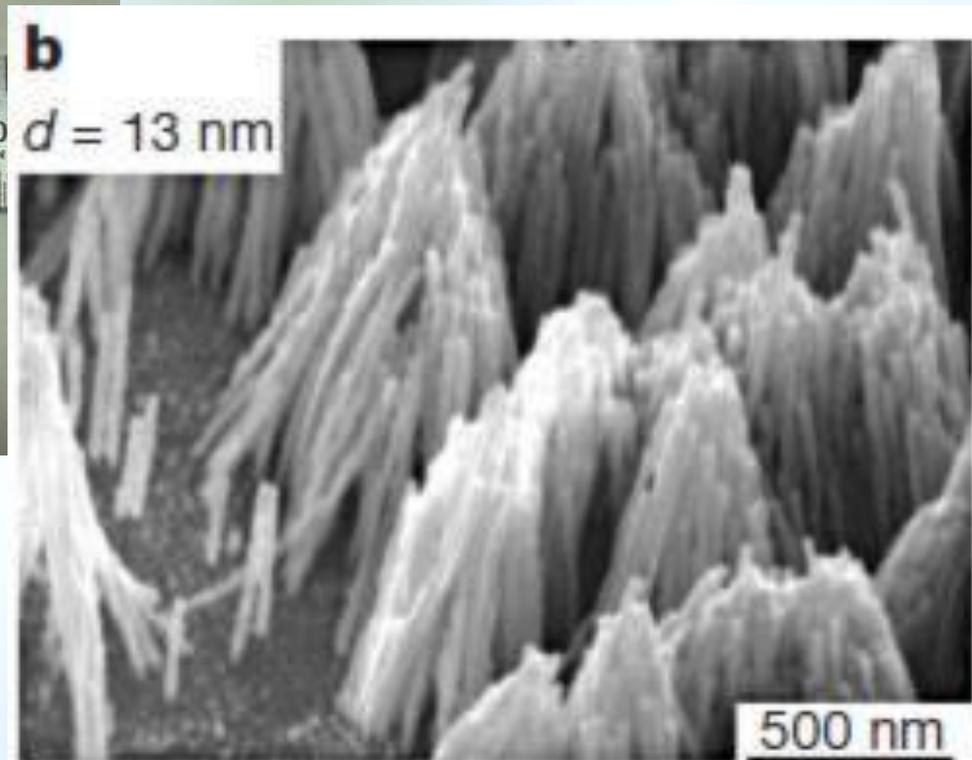
твердая прочная деталь

конец 1990-х, американская компания Superform: в режиме сверхпластической формовки из листа обычного алюминиевого сплава можно изготовить кузов «Феррари» за одну операцию в течение 16 часов.

аморфные металлы

Сверхбыстрое
охлаждение

Только ближний
порядок в структуре



Т.В.Судакова СамГТУ

1960г. -первый аморфный сплав $Au_{75}Si_{25}$

1976г. - лента аморфного магнитного сплава Ni-Fe-P-B

свойства:

нет кристаллитов (зерен)

нет кристаллической решетки

нет дефектов

нет границ между ними

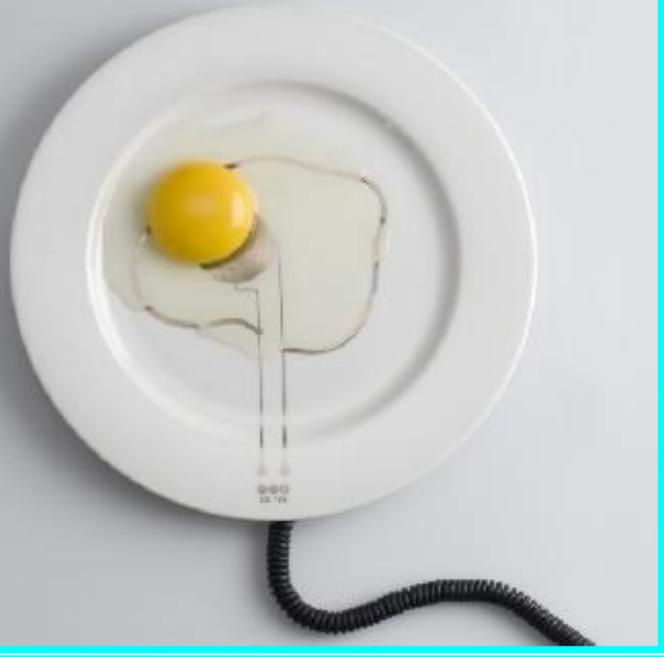
нет напряжений

высокая химическая однородность

Высокая прочность

Высокая коррозионная стойкость

НО! Материал пока получается довольно дорогой!



тарелки с нагревательным контуром из тонких металлических лент: подогрев пищи прямо в тарелке. Металл для нагревательного элемента - *Au и аморфный металл.*

Корейский ресурс Korea IT News пустил слух о применении аморфоного метала фирмы Liquidmetal в новых iPhone бго поколения. Впервые аморфный металл применялся в иголках для слота SIM в ограниченных партиях iPhone 3GS и iPad. Новый iPhone будет представлен в июне на WWDC 2012.



Источники информации:

Фролов В.В. Химия. М.: Высшая школа. 1986.

Глинка Н.А. Общая химия. М.: «Интеграл-Пресс». 2009. 727с.

<http://www.avglob.org/fehrlevaya-lenta.html>

<http://www.nanonewsnet.ru/>

<http://chemistry-chemists.com/index.html>

Popgun.ru,

Azocm.ua, ToStudent.ru

Nuclearfusion.narod.ru

Expert.ru

<http://itrecord.ru/gadzhety/korpus-iphone-5-budet-sdelan-iz-liquidmetal/>

Hrenovina.net

Radelan.com.ua,

periodictable.ru,