

Металлы –

самая представительная группа
элементов 87 из 110 элементов –
металлы

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА

Периоды	Ряды	ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВ																Энергетический уровень
		I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII		
		а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	
1	1	H 1.008 ВОДОРОД															He 4.003 ГЕЛИЙ	2
2	2	Li 6.941 ЛИТИЙ	Be 9.0122 БЕРИЛЛИЙ	B 10.811 БОР	C 12.011 УГЛЕРОД	N 14.007 АЗОТ	O 15.999 КИСЛОРОД	F 18.998 ФТОР									Ne 20.179 НЕОН	10
3	3	Na 22.99 НАТРИЙ	Mg 24.305 МАГНИЙ	Al 26.98154 АЛЮМИНИЙ	Si 28.086 КРЕМНИЙ	P 30.974 ФОСФОР	S 32.064 СЕРА	Cl 35.453 ХЛОР									Ar 39.948 АРГОН	18
4	4	K 39.102 КАЛИЙ	Ca 40.08 КАЛЬЦИЙ	Sc 44.956 СКАНДИЙ	Ti 47.867 ТИТАН	V 50.941 ВАНАДИЙ	Cr 51.996 ХРОМ	Mn 54.938 МАРГАНЕЦ	Fe 55.847 ЖЕЛЕЗО	Co 58.933 КОБАЛЬТ	Ni 58.7 НИКЕЛЬ							
	5	Cu 63.546 МЕДЬ	Zn 65.37 ЦИНК	Ga 69.72 ГАЛЛИЙ	Ge 72.59 ГЕРМАНИЙ	As 74.922 АРСЕН	Se 78.96 СЕЛЕН	Br 79.904 БРОМ										Kr 83.8 КРИПТОН
5	6	Rb 85.468 РУБИДИЙ	Sr 87.62 СТРОНЦИЙ	Y 88.906 ИТРИЙ	Zr 91.22 ЦИРКОНИЙ	Nb 92.906 НИОБИЙ	Mo 95.94 МОЛИБДЕН	Tc 98 ТЕХНЕЦИЙ	Ru 101.07 РУТЕНИЙ	Rh 102.906 РОДИЙ	Pd 106.4 ПАЛЛАДИЙ							
	7	Ag 107.868 СЕРЕБРО	Cd 112.41 КАДМИЙ	In 114.82 ИНДИЙ	Sn 118.69 ОЛОВО	Sb 121.75 СУРЬМА	Te 127.6 ТЕЛЛУР	I 126.905 ИОД										Xe 131.3 КСЕНОН
6	8	Cs 132.905 ЦЕЗИЙ	Ba 137.34 БАРИЙ	57-71 ЛАНТАНОИДЫ		Hf 178.49 ГАФНИЙ	Ta 180.948 ТАНТАЛ	W 183.85 ВОЛЬФРАМ	Re 186.207 РЕНИЙ	Os 196.2 ОСМИЙ	Ir 192.22 ИРИДИЙ	Pt 195.09 ПЛАТИНА						
	9	Au 196.967 ЗОЛОТО	Hg 200.59 РУТУТЬ	Tl 204.37 ТАЛЛИЙ	Pb 207.19 СВИНЕЦ	Bi 208.98 ВИСМУТ	Po 210 ПОЛОНИЙ	At 210 АСТАТ										Rn 222 РАДОН
7	10	Fr 223 ФРАНЦИЙ	Ra 226 РАДИЙ	89-103 АКТИНОИДЫ		104 РЕЗЕРФОРДИЙ	105 ДУБИЙ	106 СИБОРГИЙ	107 БОРНИЙ	108 ХАНИЙ	109 МЕНТЕНРИЙ	110						
ВЫСШИЕ ОКСИДЫ		R_2O	RO	R_2O_3	RO_2	R_2O_5	RO_3	R_2O_7	RO_4									
ЛЕТУЧИЕ ВОДОРОДНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ					RH_4	RH_3	H_2R	HR										



Д.И. Менделеев
1834-1907



- s-элементы
- p-элементы
- d-элементы
- f-элементы

ЛАНТАНОИДЫ

57 La ЛАНТАН 138.905	58 Ce ЦЕРИЙ 140.12	59 Pr ПРАЗЕОДИЙ 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 158.928	66 Dy ДИСПРОЗИЙ 162.5	67 Ho ГОЛЬМИЙ 164.93	68 Er ЭРБИЙ 167.26	69 Tm ТУЛЬМИЙ 168.934	70 Yb ИТТЕРБИЙ 173.04	71 Lu ЛУТЕЦИЙ 174.97
-----------------------------------	---------------------------------	--------------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	-----------------------------------	---------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	-----------------------------------

АКТИНОИДЫ

89 Ac АКТИНИЙ [227]	90 Th ТОРИЙ 232.038	91 Pa ПРОТАКТИНИЙ [231]	92 U УРАН 238.029	93 Np НЕПУТУНИЙ [237]	94 Pu ПУТОНИЙ [244]	95 Am АМЕРИЦИЙ [243]	96 Cm КУРЧИЙ [247]	97 Bk БЕРКЛИЙ [247]	98 Cf КАЛИФОРНИЙ [251]	99 Es ЭЙНШТЕЙНИЙ [254]	100 Fm ФЕРМИЙ [257]	101 Md МЕНДЕЛЕВИЙ [258]	102 No НОБЕЛИЙ [259]	103 Lr ЛОУРЕНСИЙ [260]
----------------------------------	----------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------	------------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------	---------------------------------	----------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	----------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------

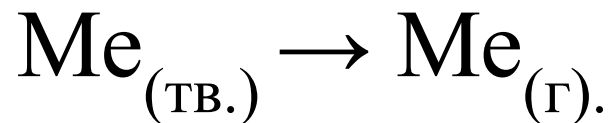
Общность свойств металлов

- 1) как правило, атомы металлов имеют небольшое число электронов на внешнем уровне электронной оболочки;
- 2) практически для всех металлов характерна слабая связь валентных электронов с ядрами атомов.

- Отличает металлическую связь от ковалентной отсутствие направленности связи и меньшая прочность.
- Энергия металлической связи в 3÷4 раза меньше энергии ковалентной связи.

Мерой энергии связи – является величина энергии атомизации металла

- Энергия атомизации ($E_{\text{атом}}$) – это та энергия, которую необходимо затратить для распада 1 моля вещества на свободные атомы:



Температура плавления – мера прочности связи в кристаллической решетке металла

<i>Металл</i>	$T_{пл}, ^\circ C$	$E_{атомизации}, \text{кДж/моль}$
<i>Hg</i>	<i>-61,2</i>	<i>61,1</i>
<i>W</i>	<i>3420</i>	<i>836</i>

Металлы – понятие химическое и физическое одновременно.

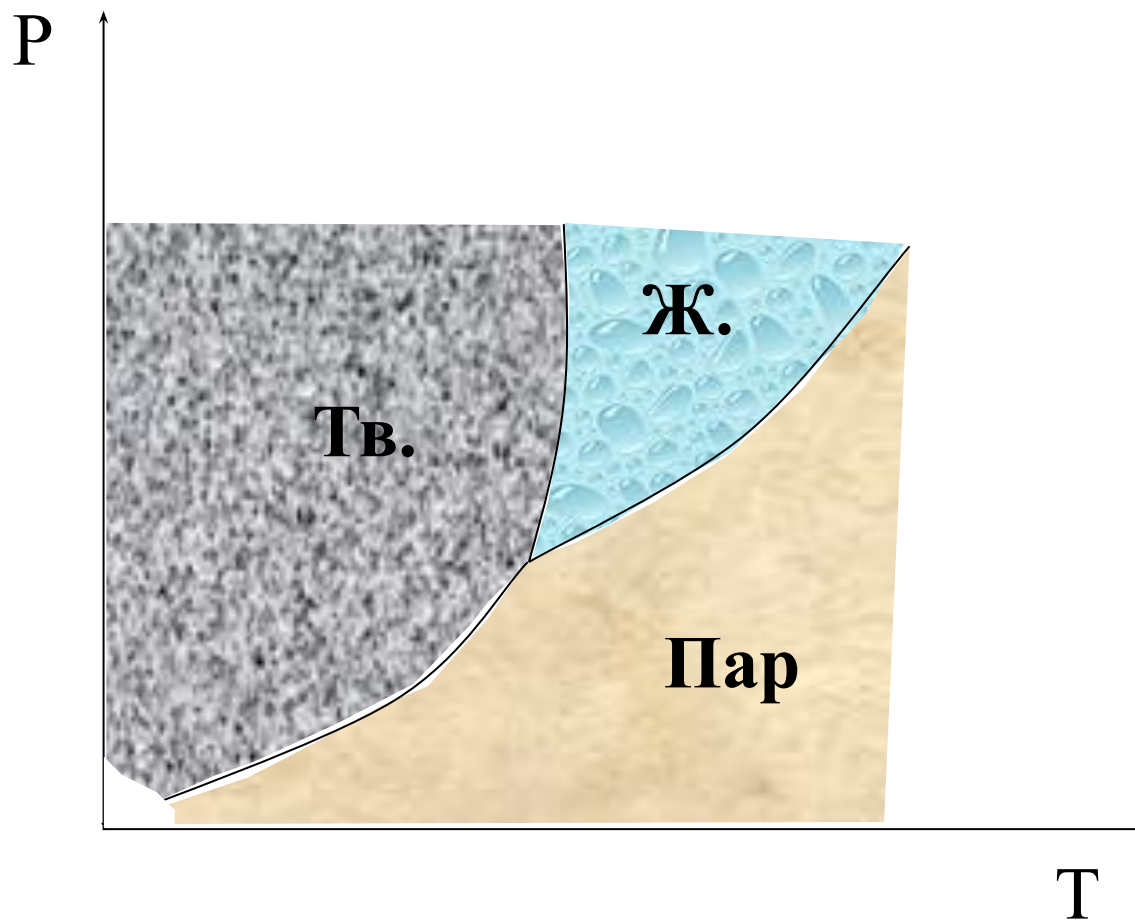
- В химическом аспекте металл это донор электронов (восстановитель):



В физическом аспекте – металлы это вещества, обладающие рядом специфических свойств:

- а) высокая тепло-электропроводность;
- б) пластичность;
- в) металлический блеск (связанный с высокой отражательной способностью и непрозрачностью).

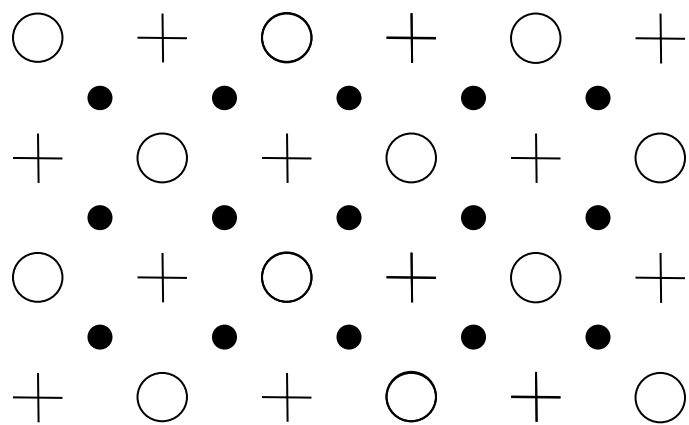
Диаграмма состояния металлов в координатах (P, T)



Физические характеристики некоторых металлов:

Металл	Удельное электросопротивление, $\text{Ом}\cdot\text{см}^{-1}$	Коэффициент теплопроводности, $\text{кДж}/(\text{см}\cdot\text{с}\cdot\text{К})$
Cu	$1,61\cdot 10^{-6}$	3,9
Al	$2,66\cdot 10^{-6}$	2,3
Fe	$9,71\cdot 10^{-6}$	0,73
Pb	$20,6\cdot 10^{-6}$	0,035
S	10^{23}	

Металлической называется кристаллическая решетка, где в узлах расположены атомы или ионы, а в межузловом пространстве электроны (электронный газ).



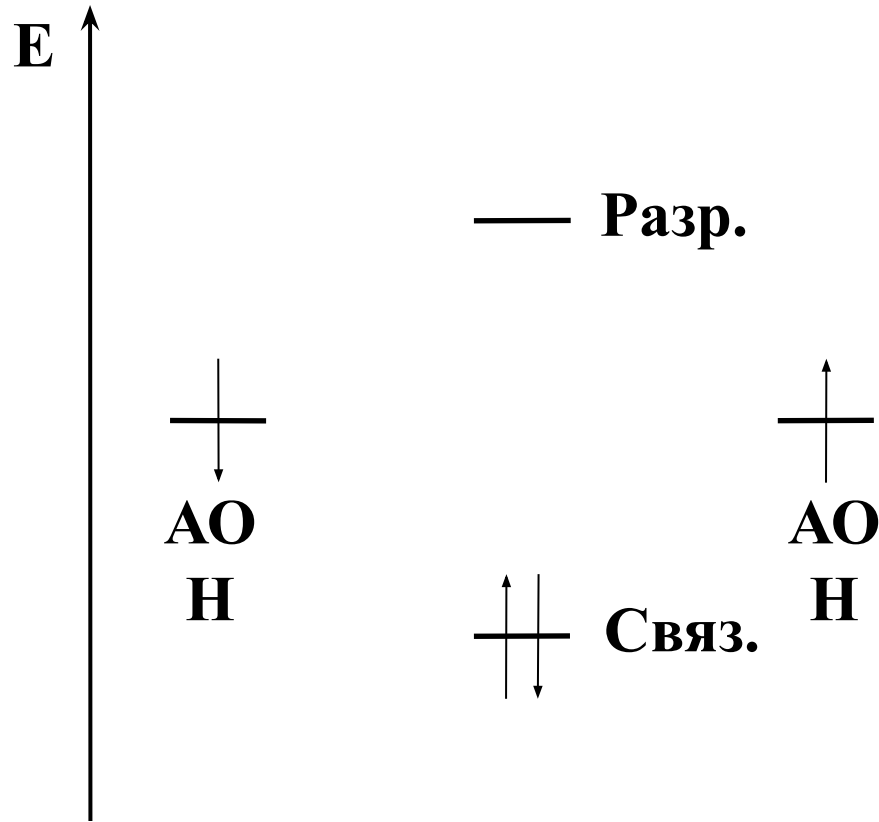
О свободе электронов:

- **электроны выбиваются с поверхности металла:**
 - а) при облучении металлов ультрафиолетом – фотоэффект Столетова;
 - б) при нагревании – термоэлектронная эмиссия;
 - в) при сообщении металлу высокого электрического потенциала (напряжения) – автоэлектронная эмиссия.

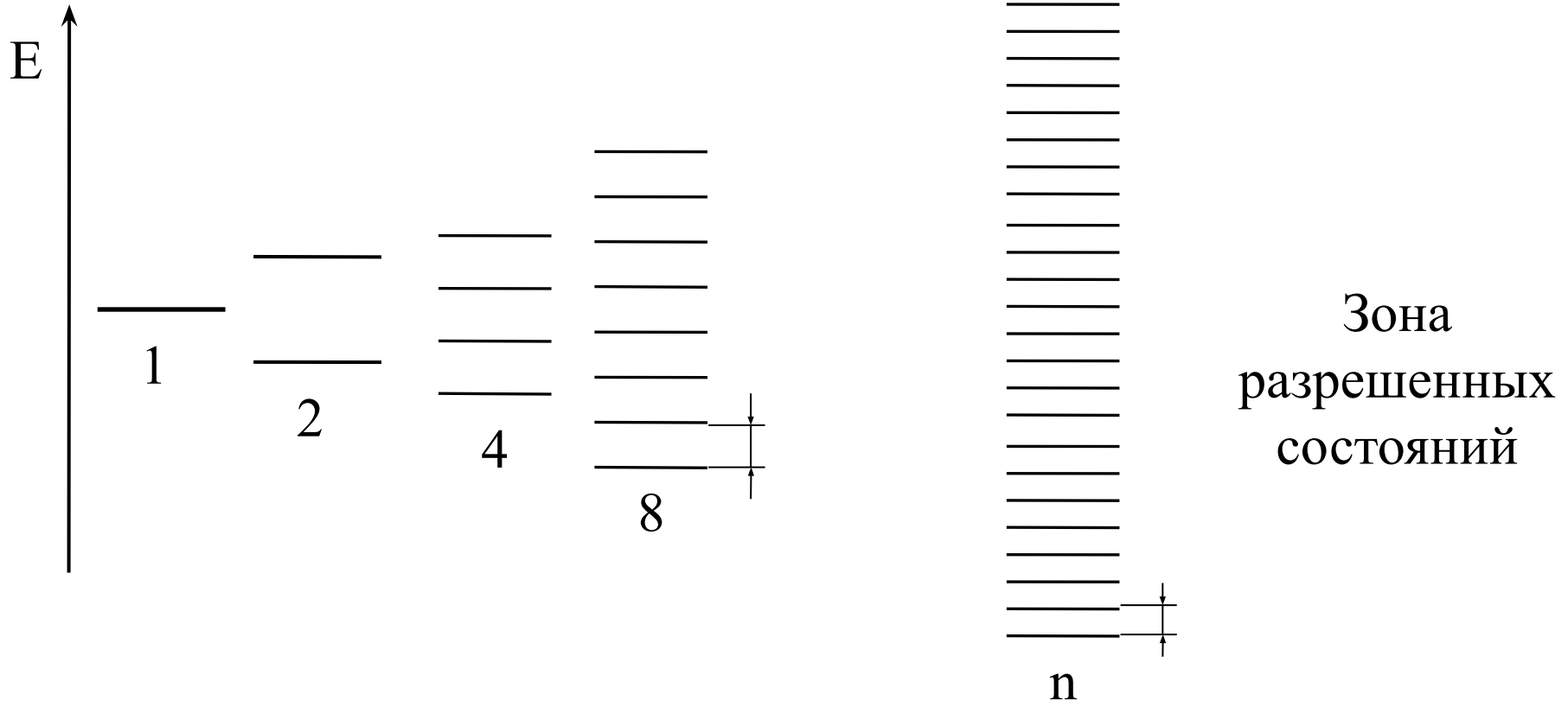
Характерные физические характеристики

Металл	Энергия отрыва электрона, эВ	Металл	Энергия отрыва электрона, эВ
Na	2,28	Mg	3,67
K	2,25	Cu	4,20
Al	4,20	Ni	5,01

Метод молекулярных орбиталей (ММО) для молекулы водорода



При взаимодействии n – атомов зона разрешенных состояний расширяется, уменьшается разность между дискретными уровнями.



Заполнение электронами энергетических уровней в кристалле металла при нормальных условиях



Две схемы трактовки структуры металла

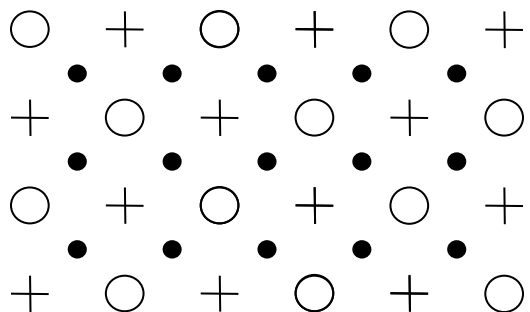


Схема 1

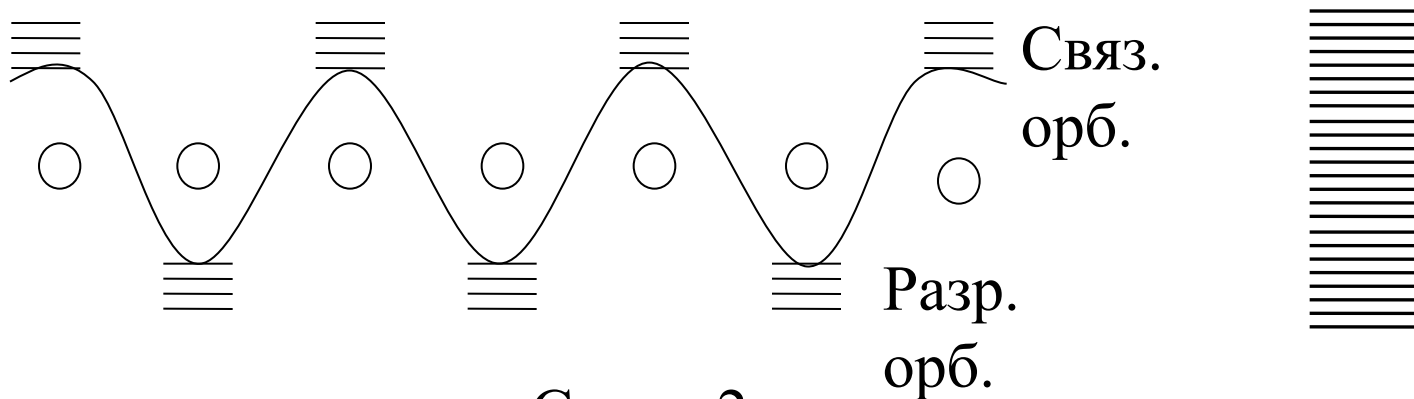
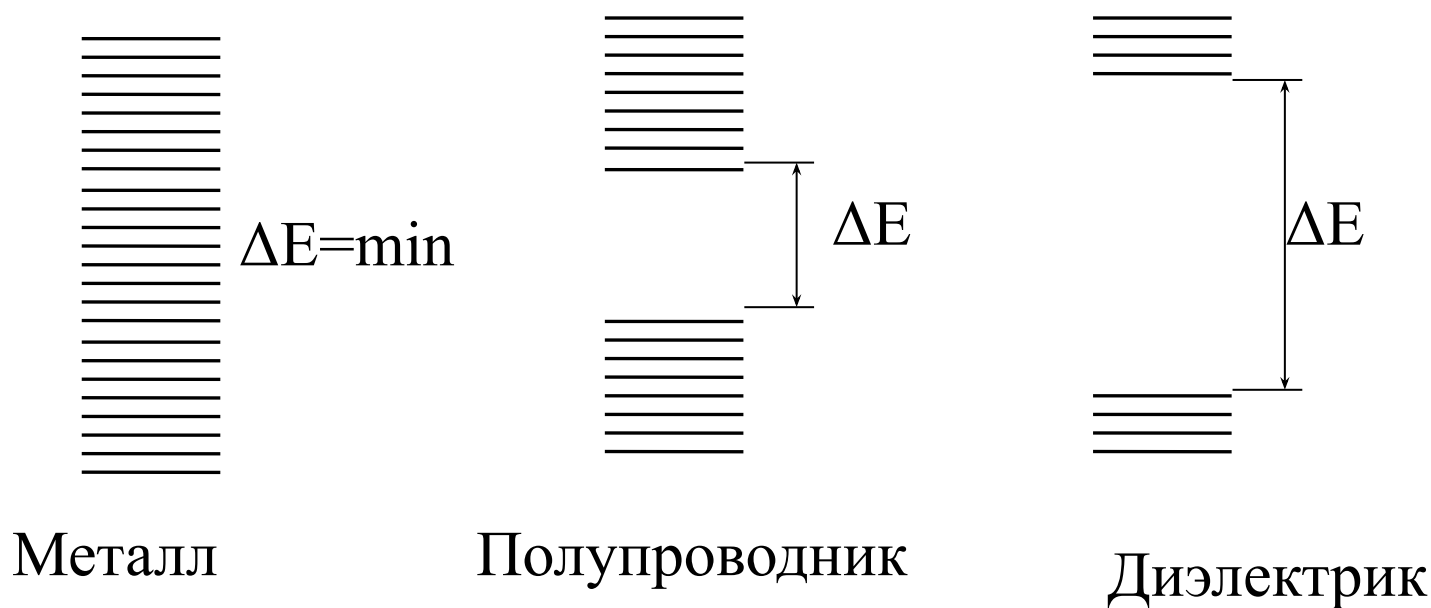


Схема 2

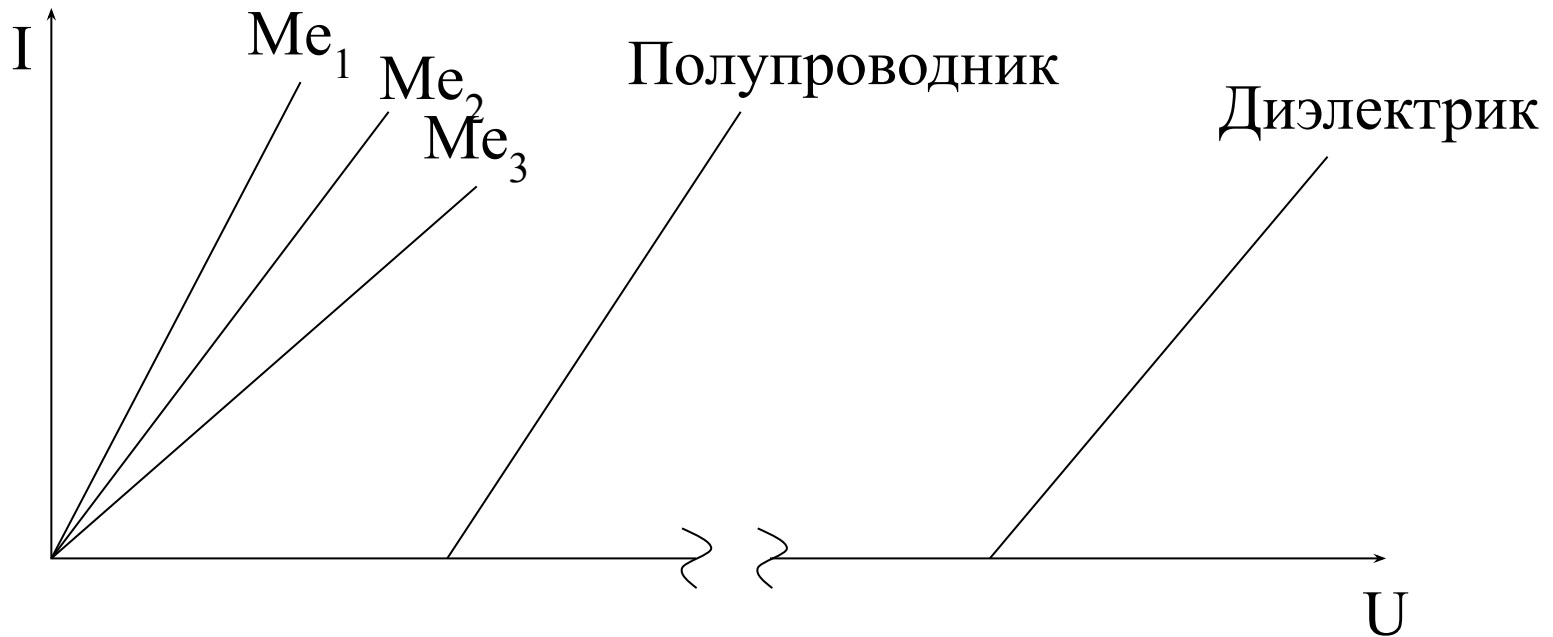
Электронная проводимость Кристаллов простых веществ

	ρ , Ом·см
Проводники (металлы)	$10^{-6} - 10^{-4}$
Полупроводники (Se, J ₂)	$10^{-3} - 10^{10}$
Изоляторы (диэлектрики)	более 10^{10}
Ионные проводники (NaCl электролит)	$10^2 - 10^{10}$

В полупроводниках и изоляторах
зоны проводимости и валентные
зоны разделены активационным
барьером – ΔE .



Зависимость проводимости от напряжения



Получение металлов из руд.

Различают:

- самородные металлы (Au, Ag, Hg, Cu, Pt);
- металлы в связанном состоянии (основная масса: оксиды, соли и т.д.).

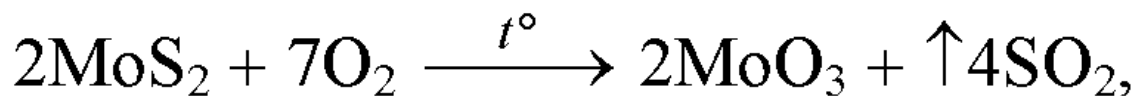
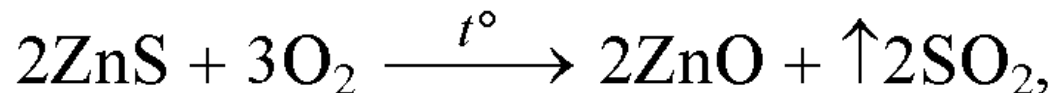
Самородные металлы получают механической обработкой руды (промывка золота с помощью драг - двух ярусный комбайн).

Остальные металлы получают химической переработкой руд следующими методами:

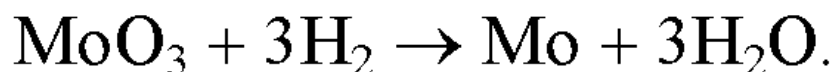
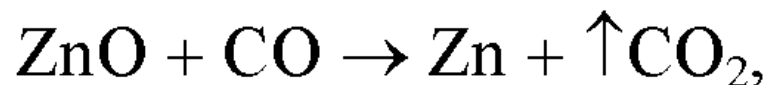
- Пирометаллургия – получение металлов при высокой температуре с помощью восстановителя (кокс – чугун, сталь).
- Гидрометаллургия – обработка руды водными растворами реагентов и последующим извлечением металлов из растворов.
- Электрометаллургия – электролиз растворов и расплавов.

Пиromеталлургический способ:

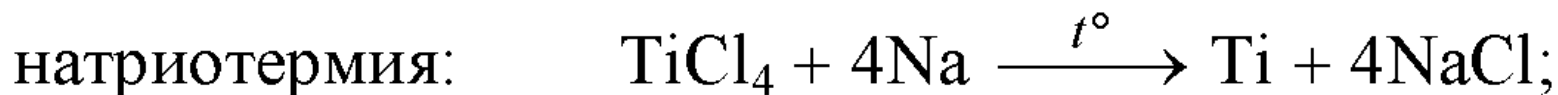
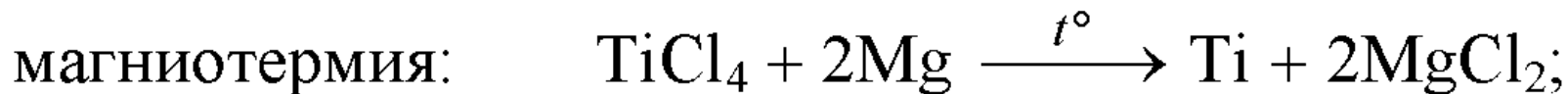
В начале металл в руде переводят в оксиды (обжиг):



затем восстанавливают

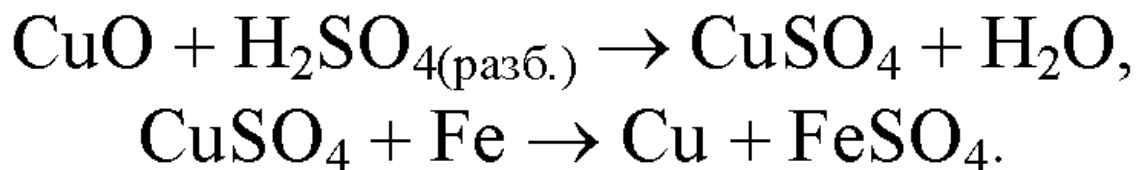


В качестве восстановителей используют активные металлы:

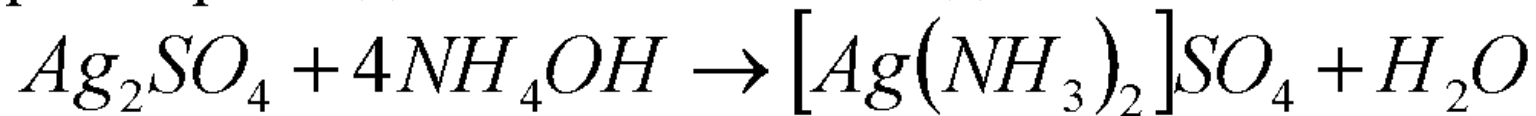


Гидрометаллургический способ включает две стадии: металл, входящий в руду, переводят в растворимую соль. Затем извлекают металл химическим или электрохимическим путем.

Например:



Из низко-концентрированных руд серебро, платину, золото извлекают с помощью **комплексометрического метода**. Для этого руду заливают раствором цианида калия или гидроксида аммония. При этом металл из руды переходит в раствор в виде комплексного соединения:



Далее идет восстановление соли до металла.

Применение металлов.

- Металлы применяют как конструкционные материалы и в виде комбинированных материалов (железобетон, металлокерамика, металлопластика и др.)

Влияние чистоты металла на применение

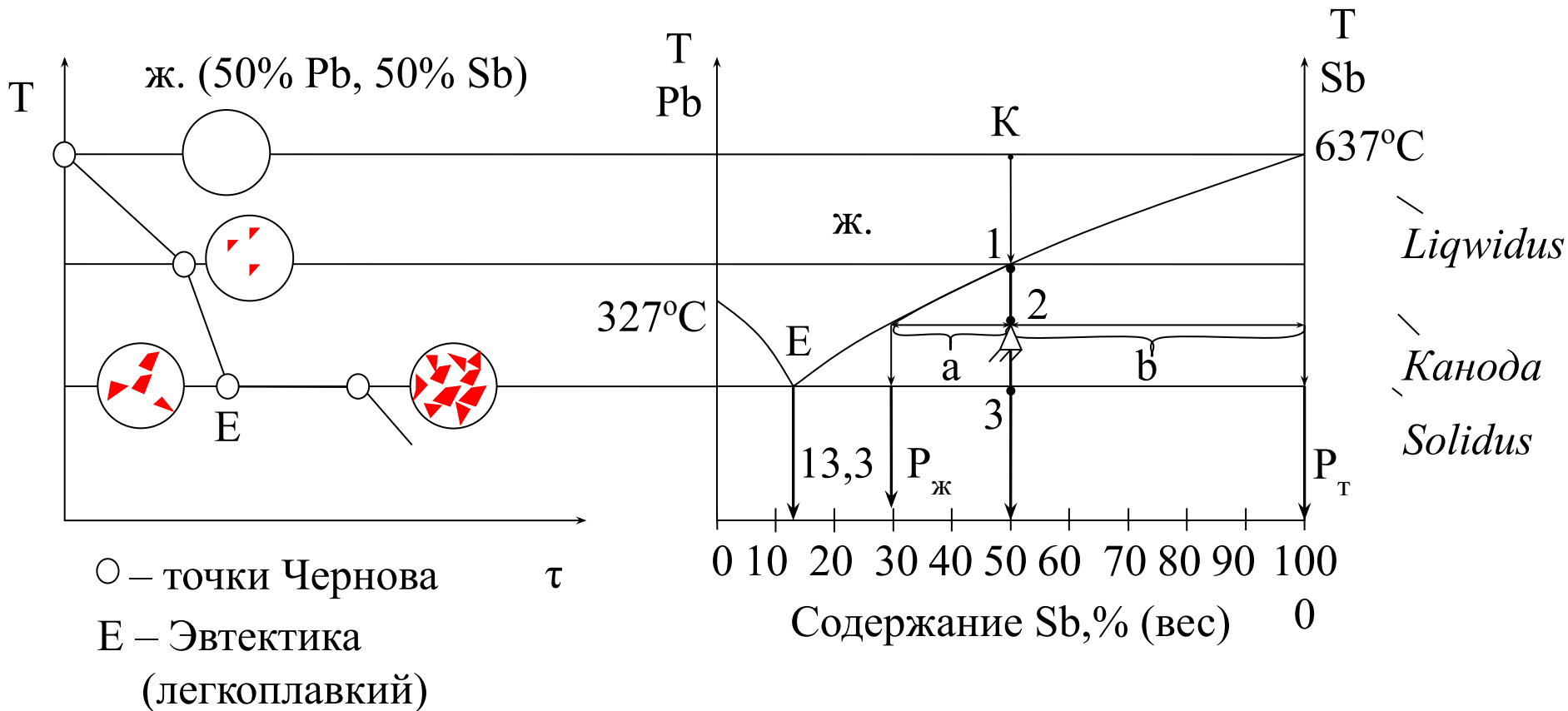
- металлы высокой чистоты (для каждого металла своя степень чистоты) используются в полупроводниковой технике (Ge), в атомной энергетике (Sr), в космической технике (Ti).
- металлы средней чистоты в технике
- сплавы – применение этих материалов весьма разнообразно.

Сплавы.

Выделяют сплавы трех модификаций:

- сплав – механическая смесь кристаллитов (простая эвтектика);
- твердые растворы;
- сплавы с интерметаллическим соединением.

Диаграммы плавкости – первый тип



Линия охлаждения состава в точке «К»

Номер точки (.)	Состав твердой фазы	Состав жидкой фазы	Примечания
К	Нет	50% Sb, 50% Pb	Расплав
1	Кристаллик Sb	50% Sb, 50% Pb	Начало кристаллизации (метастабильное состояние)
2	Кристаллы Sb	30% Sb, 70% Pb	Рост кристаллов Sb
3	Кристаллы Sb + Кристаллики Pb+Sb	13,3% Sb, 82,7% Pb	Совместная кристаллизация Sb и Pb (эвтектический состав), заканчивается кристаллизация

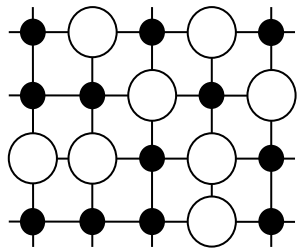
Для точки 2 справедливо
соотношение:

$$\frac{\text{количество жидкости}}{\text{количество твердых кристаллов}} = \frac{a}{b}$$

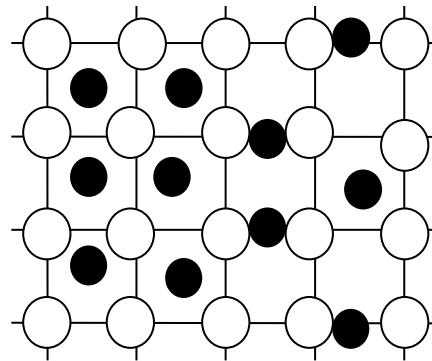
– правило рычага

Диаграмма с твердым раствором – второй тип

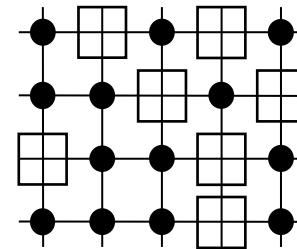
- Компоненты смешиваются как в жидком, так и в твердом состоянии;
- Атомы обоих компонентов способны замещать друг друга в кристаллических решетках.



Твердый
раствор
замещения

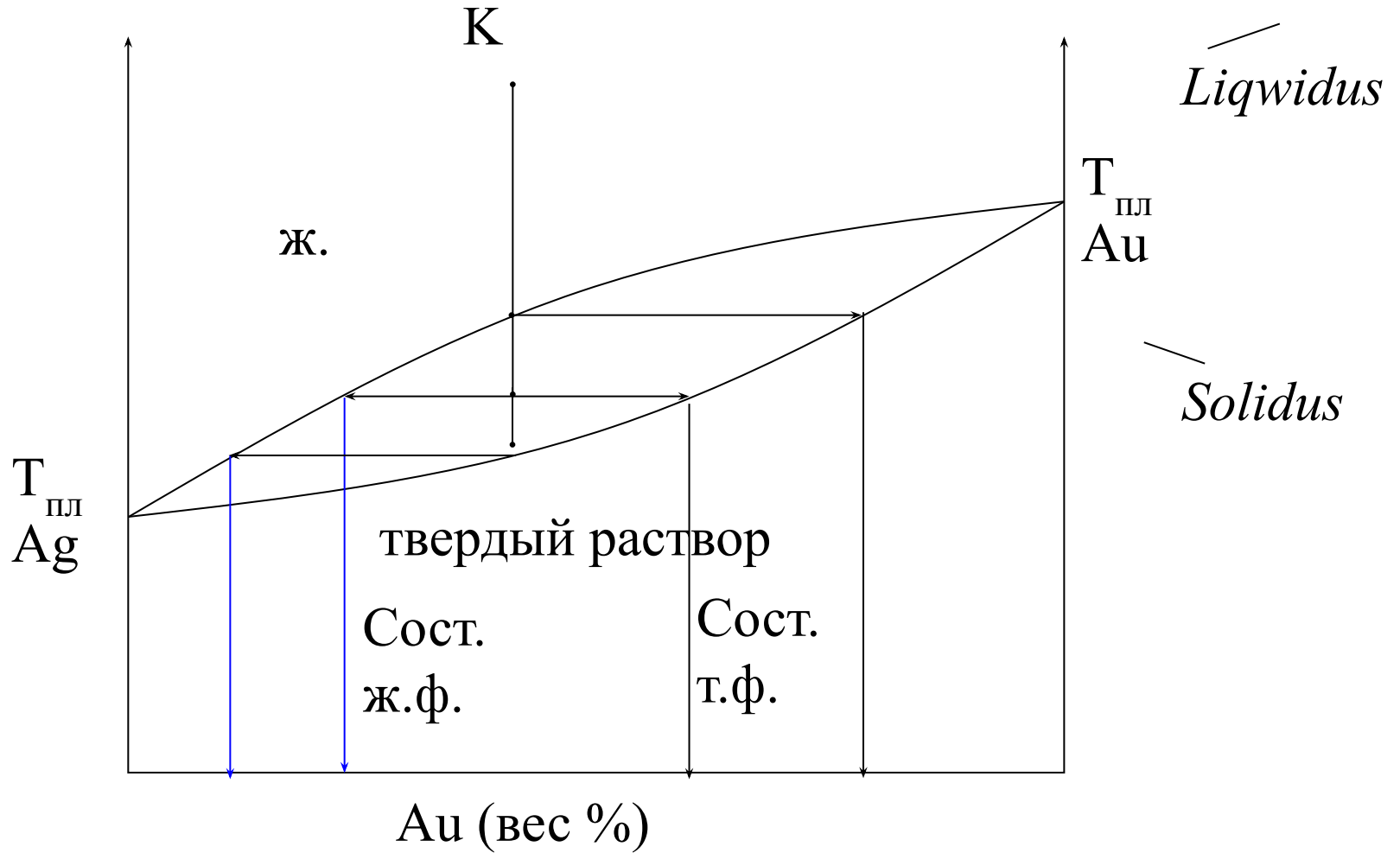


Твердый
раствор
внедрения



Твердый
раствор
вычитания

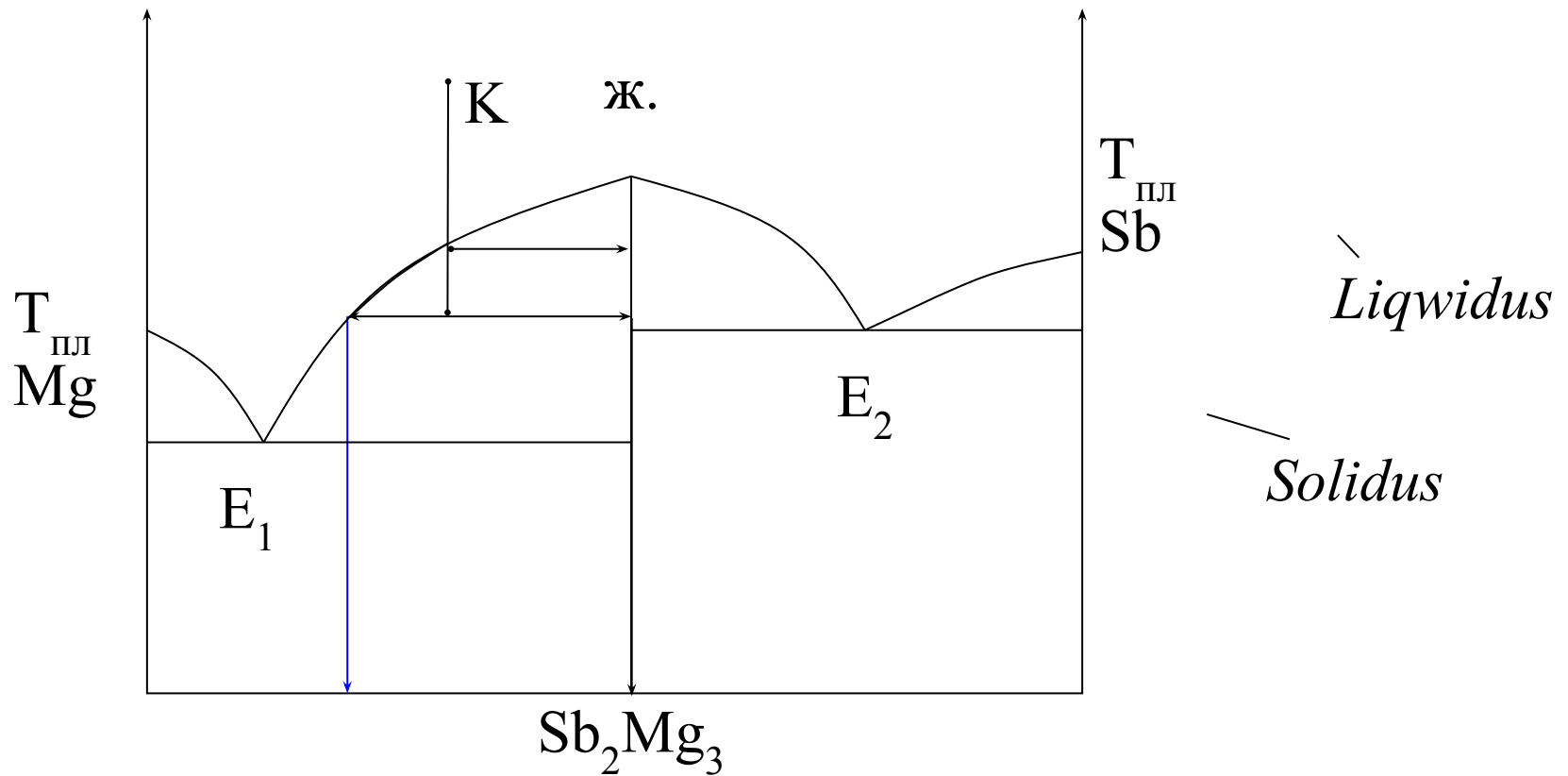
Путь кристаллизации из точки К



Условие образования твердых растворов:

- компоненты должны иметь одинаковые по типу кристаллические решетки;
- различие в атомных размерах компонентов должно быть в пределах (8-15%);
- компоненты должны обладать близким строением валентной оболочки.

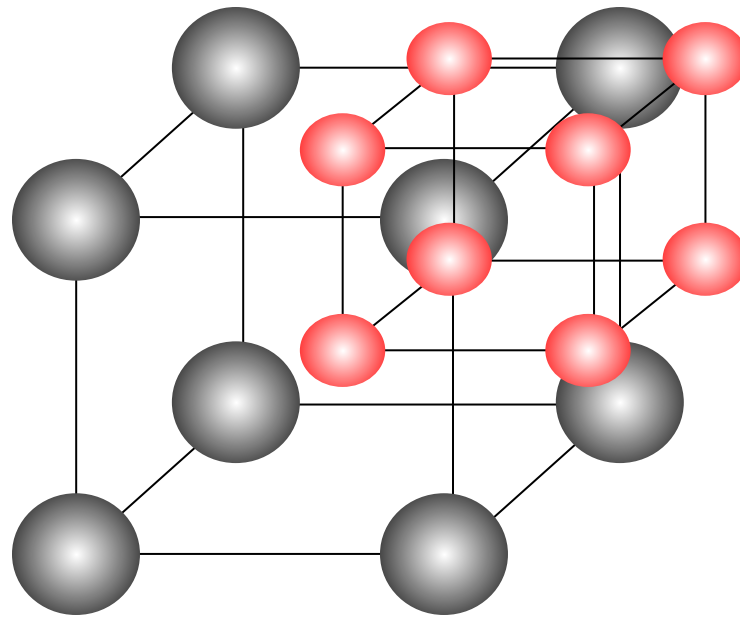
Диаграмма с образованием интерметаллического соединения – третий тип



Характерные особенности интерметаллического соединения

- атомы в решетке располагаются, упорядочено, т.е. атомы одного элемента закономерно и в определенном количестве расположены среди атомов другого элемента;
- в соединениях всегда сохраняется кратное весовое отношение элементов и это позволяет выразить их состав простой формулой, например, Sb_2Mg_3 ;
- резко отличаются свойства от свойств составляющих металлов (температура плавления).

Интерметаллические соединения -
кристалл одного сорта вошедший в
кристалл другого сорта частично,
углом, ребром или полностью

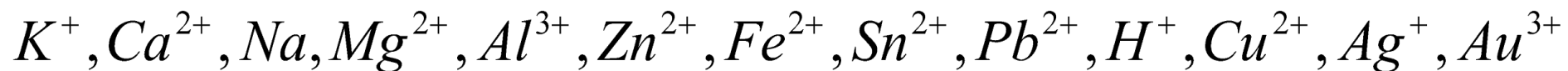


Теплота плавления интерметаллического соединения:

$$Q_{\text{соединения}}^{\text{плавления}} = Q_{\text{разъединения}} + Q_{\text{плавления}}^{\text{кристалл1}} + Q_{\text{плавления}}^{\text{кристалл2}}$$

Химические свойства металлов s-,p-,d- элементов

- Для получения металлов использовался ряд активности металлов Бекетова:



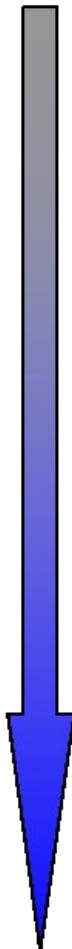
Легкость разряда катиона в водном растворе возрастает

Усиление металлических свойств



Усиление основных свойств оксидов

Усиление металлических свойств



Усиление основных свойств оксидов

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА

Периоды	Ряды	ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВ																														
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII																							
1	1	H																He														
2	2	Li	Be	B	C	N	O	F										Ne														
3	3	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl										Ar														
4	4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni							Zn														
5	5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd							Cd														
6	6	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt							Hg														
7	7	Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hn	Mt								Po														
		R ₂ O		RO		R ₂ O ₃		RO ₂		R ₂ O ₅		RO ₃		R ₂ O ₇		RO ₄																
						RH ₄		RH ₃		H ₂ R		HR																				
ЛАНТАНОИДЫ																																
<table border="1"> <tr> <td>57 La</td><td>58 Ce</td><td>59 Pr</td><td>60 Nd</td><td>61 Pm</td><td>62 Sm</td><td>63 Eu</td><td>64 Gd</td><td>65 Tb</td><td>66 Dy</td><td>67 Ho</td><td>68 Er</td><td>69 Tm</td><td>70 Yb</td><td>71 Lu</td> </tr> </table>																		57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu																		
АКТИНОИДЫ																																
<table border="1"> <tr> <td>89 Ac</td><td>90 Th</td><td>91 Pa</td><td>92 U</td><td>93 Np</td><td>94 Pu</td><td>95 Am</td><td>96 Cm</td><td>97 Bk</td><td>98 Cf</td><td>99 Es</td><td>100 Fm</td><td>101 Md</td><td>102 No</td><td>103 Lr</td> </tr> </table>																		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
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																		



Д.И. Менделеев
1834-1907

СИМВОЛ ЭЛЕМЕНТА
ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР

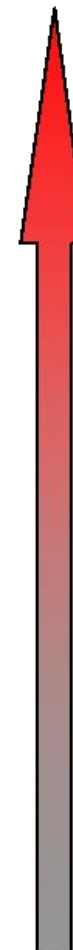
НАЗВАНИЕ ЭЛЕМЕНТА

ОТНОСИТЕЛЬНАЯ АТОМНАЯ МАССА

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОНОВ ПО СЛОЯМ

- s-элементы
- p-элементы
- d-элементы
- f-элементы

Усиление неметаллических свойств



Усиление кислотных свойств

Усиление неметаллических свойств



Усиление кислотных свойств