Металлы –

самая представительная группа элементов 87 из 110 элементов – металлы

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА

Периоды	Ряды	Группы элементов I а	I б	II а	II б	III а	III б	IV а	IV б	V а	V б	VI а	VI б	VII а	VII б	VIII б	VIII а	Энергетические уровни
1	1	1 H ВОДОРОД 1,008															2 He ГЕЛИЙ 4,003	K
2	2	3 Li ЛИТИЙ 6,941		4 Be БЕРИЛЛИЙ 9,0122		5 B БОР 10,811		6 C УГЛЕРОД 12,011		7 N АЗОТ 14,007		8 O КИСЛОРОД 15,999		9 F ФТОР 18,998			10 Ne НЕОН 20,179	K L
3	3	11 Na НАТРИЙ 22,99		12 Mg МАГНИЙ 24,305		13 Al АЛЮМИНИЙ 26,98154		14 Si КРЕМНИЙ 28,086		15 P ФОСФОР 30,974		16 S СЕРА 32,064		17 Cl ХЛОР 35,453			18 Ar АРГОН 39,948	K L M
4	4	19 K КАЛИЙ 39,102		20 Ca КАЛЬЦИЙ 40,08		21 Sc СКАНДИЙ 44,956		22 Ti ТИТАН 47,956		23 V ВАНАДИЙ 50,941		24 Cr ХРОМ 51,996		25 Mn МАРГАНЕЦ 54,938		26 Fe ЖЕЛЕЗО 55,849	27 Co КОБАЛЬТ 58,933 / 28 Ni НИКЕЛЬ 58,7	K L M N
	5	29 Cu МЕДЬ 63,546		30 Zn ЦИНК 65,37		31 Ga ГАЛЛИЙ 69,72		32 Ge ГЕРМАНИЙ 72,59		33 As МЫШЬЯК 74,922		34 Se СЕЛЕН 78,96		35 Br БРОМ 79,904			36 Kr КРИПТОН 83,8	K L M N
5	6	37 Rb РУБИДИЙ 85,468		38 Sr СТРОНЦИЙ 87,62		39 Y ИТТРИЙ 88,906		40 Zr ЦИРКОНИЙ 91,22		41 Nb НИОБИЙ 92,906		42 Mo МОЛИБДЕН 95,94		43 Tc ТЕХНЕЦИЙ [99]		44 Ru РУТЕНИЙ 101,07	45 Rh РОДИЙ 102,906 / 46 Pd ПАЛЛАДИЙ 106,4	K L M N O
	7	47 Ag СЕРЕБРО 107,868		48 Cd КАДМИЙ 112,41		49 In ИНДИЙ 114,82		50 Sn ОЛОВО 118,69		51 Sb СУРЬМА 121,75		52 Te ТЕЛЛУР 127,6		53 I ИОД 126,905			54 Xe КСЕНОН 131,3	K L M N O
6	8	55 Cs ЦЕЗИЙ 132,905		56 Ba БАРИЙ 137,34		57–71 ЛАНТАНОИДЫ		72 Hf ГАФНИЙ 178,49		73 Ta ТАНТАЛ 180,948		74 W ВОЛЬФРАМ 183,85		75 Re РЕНИЙ 186,207		76 Os ОСМИЙ 190,2	77 Ir ИРИДИЙ 192,22 / 78 Pt ПЛАТИНА 195,09	K L M N O P
	9	79 Au ЗОЛОТО 196,967		80 Hg РТУТЬ 200,59		81 Tl ТАЛЛИЙ 204,37		82 Pb СВИНЕЦ 207,19		83 Bi ВИСМУТ 208,98		84 Po ПОЛОНИЙ [210]		85 At АСТАТ [210]			86 Rn РАДОН [222]	K L M N O P
7	10	87 Fr ФРАНЦИЙ [223]		88 Ra РАДИЙ [226]		89–103 АКТИНОИДЫ		104 Rf РЕЗЕРФОРДИЙ [261]		105 Db ДУБНИЙ [262]		106 Sg СИБОРГИЙ [263]		107 Bh БОРИЙ [262]		108 Hn ХАНИЙ [265]	109 Mt МЕЙТНЕРИЙ / 110	K L M N O P Q
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				

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 158,928	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 АКТИНИЙ [227]	90 Th ТОРИЙ 232,038	91 Pa ПРОТАКТИНИЙ [231]	92 U УРАН 236,29	93 Np НЕПТУНИЙ [237]	94 Pu ПЛУТОНИЙ [244]	95 Am АМЕРИЦИЙ [243]	96 Cm КЮРИЙ [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]

Д.И. Менделеев
1834–1907

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

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

$$Me_{(тв.)} \rightarrow Me_{(г).}$$

Температура плавления – мера прочности связи в кристаллической решетке металла

Металл	$T_{пл}$, ^oC	$E_{атомизации}$, *кДж/моль*
Hg	*-61,2*	*61,1*
W	*3420*	*836*

Металлы – понятие химическое и физическое одновременно.

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

$$Me^{o} \rightarrow Me^{z+} + Z\overline{e}$$

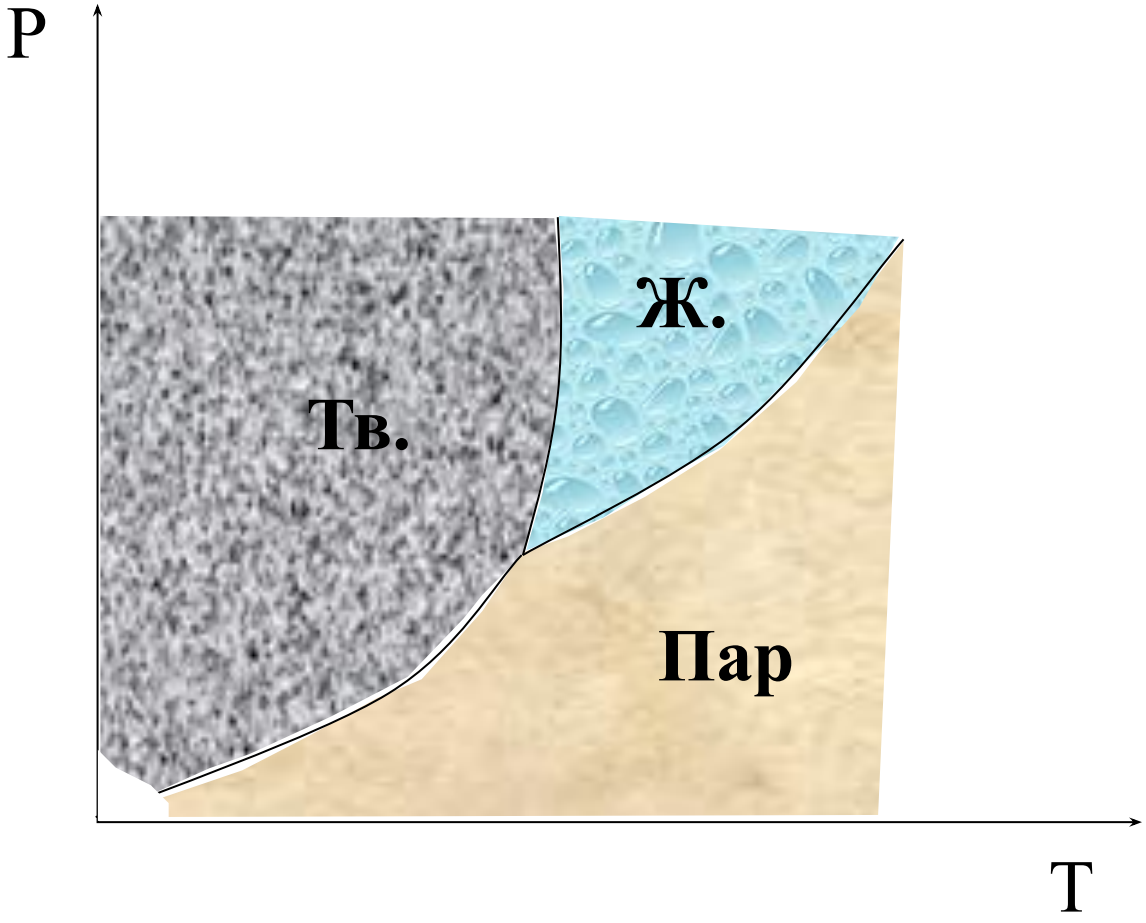
В физическом аспекте – металлы это вещества, обладающие рядом специфических свойств:

а) высокая тепло-электропроводность;

б) пластичность;

в) металлический блеск (связанный с высокой отражательной способностью и непрозрачностью).

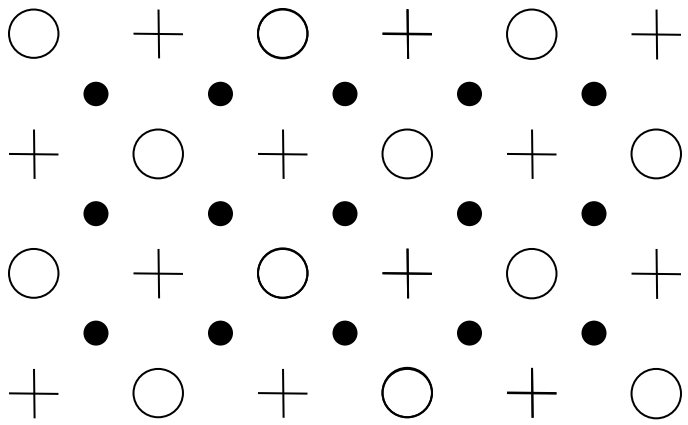
Диаграмма состояния металлов в координатах (P,T)



Физические характеристики некоторых металлов:

Металл	Удельное электросопротивление, Ом·см$^{-1}$	Коэффициент теплопроводности, кДж/(см·с·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;

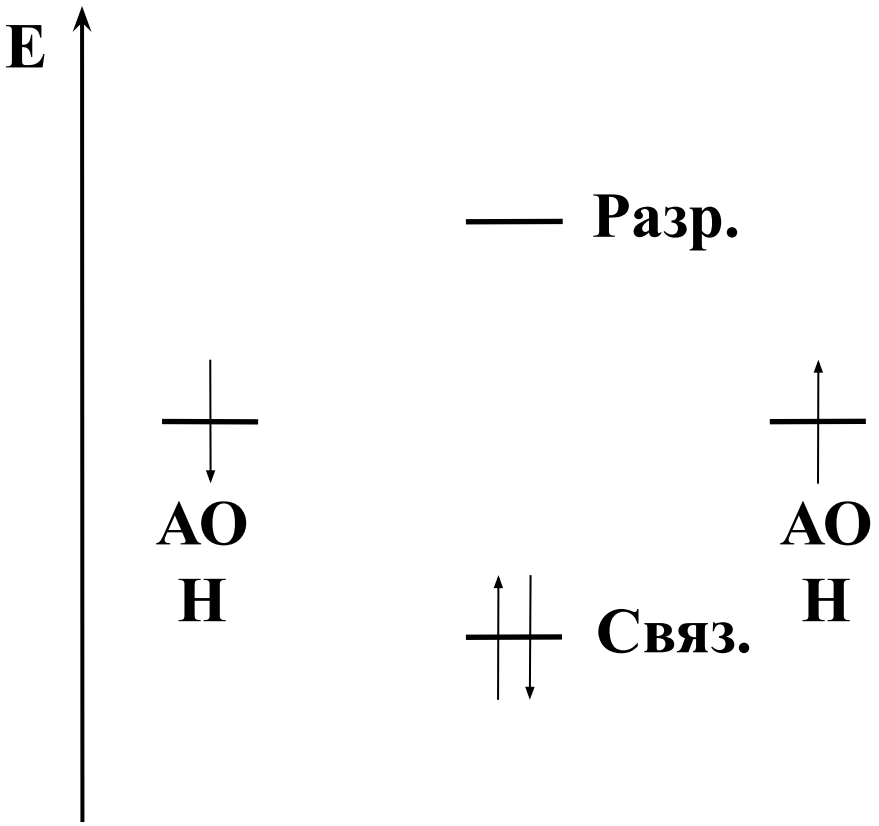
  в) при сообщении металлу высокого электрического потенциала (напряжения)

  – автоэлектронная эмиссия.

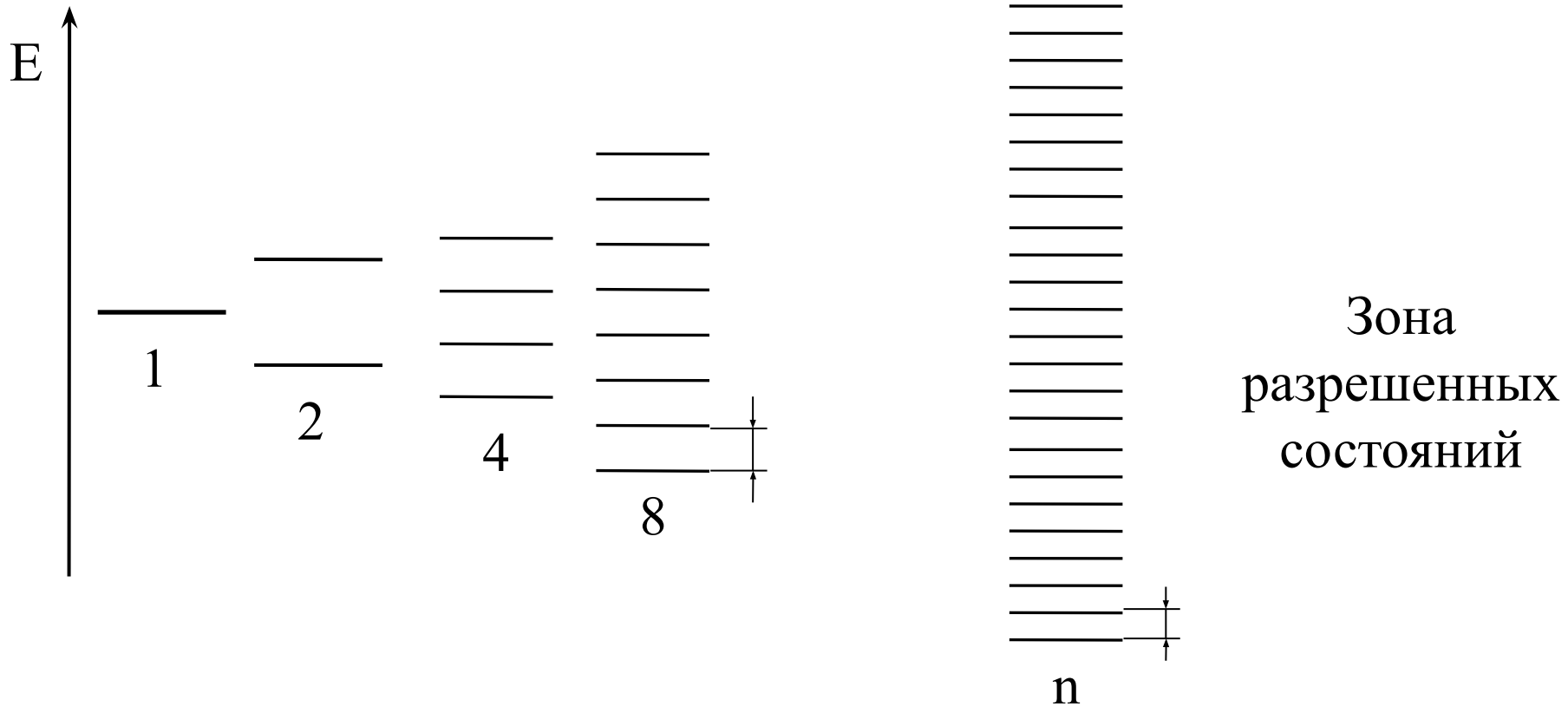
Характерные физические характеристики

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

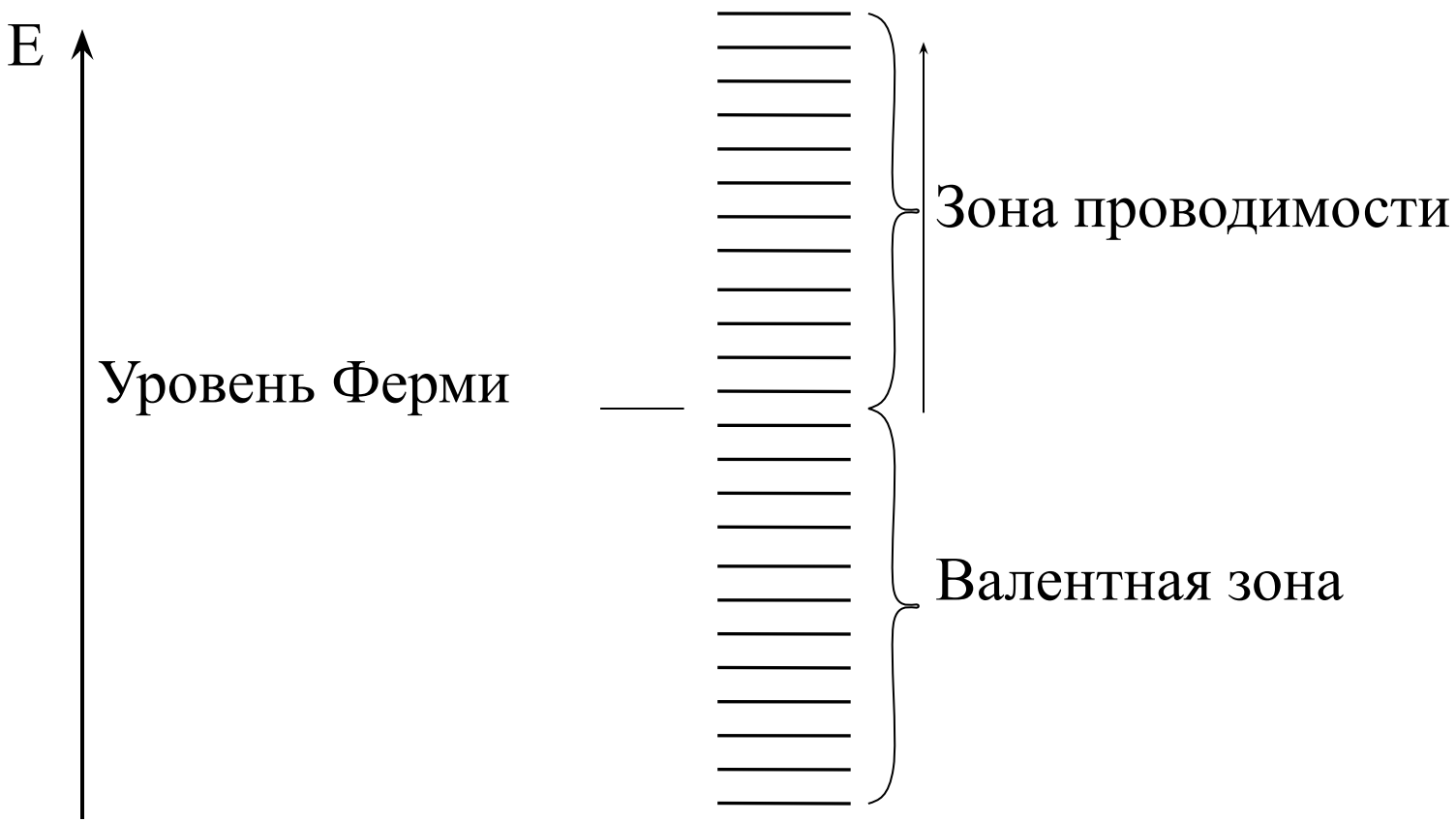
Метод молекулярных орбиталей (ММО) для молекулы водорода



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

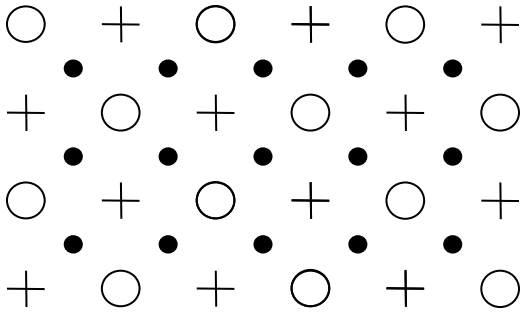


Схема 1

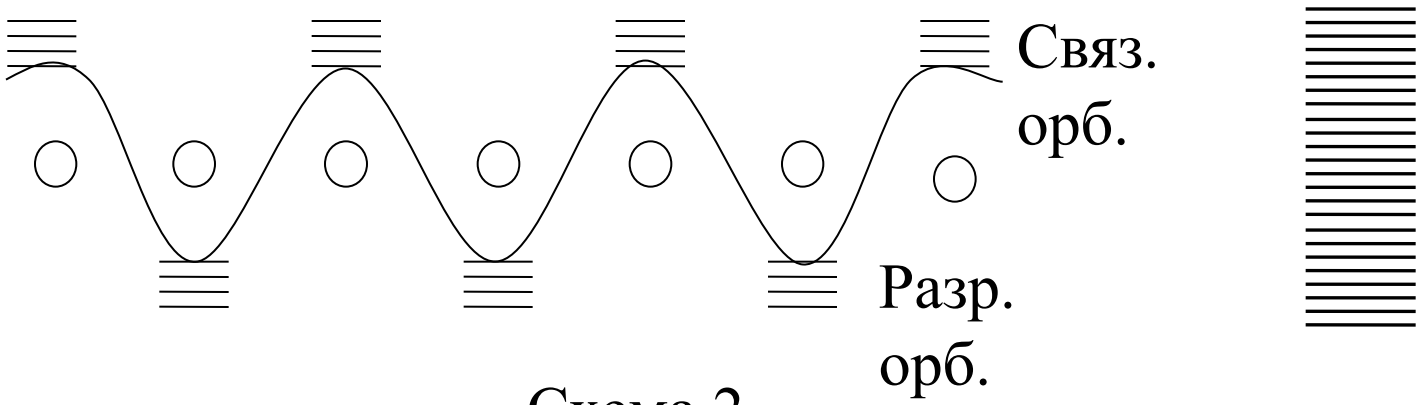
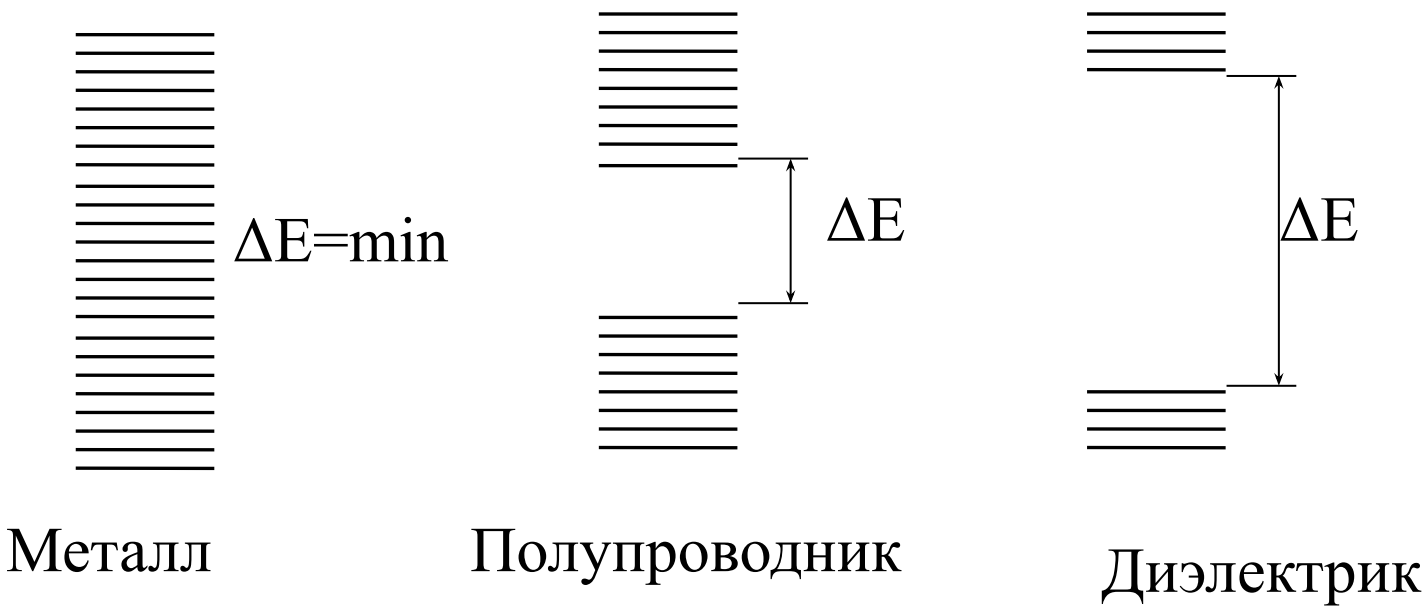


Схема 2

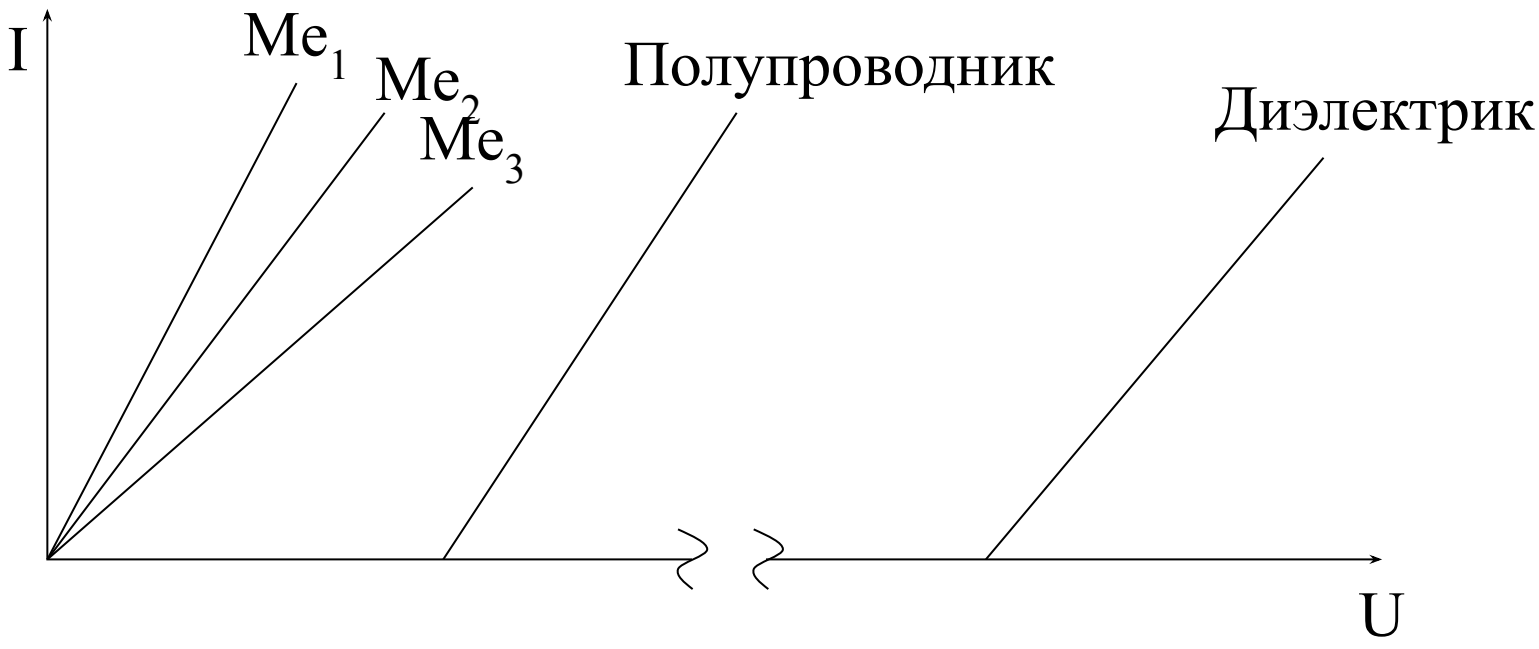
Электронная проводимость Кристаллов простых веществ

	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.

Пирометаллургический способ:

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

$$2ZnS + 3O_2 \xrightarrow{t^\circ} 2ZnO + \uparrow 2SO_2,$$

$$2MoS_2 + 7O_2 \xrightarrow{t^\circ} 2MoO_3 + \uparrow 4SO_2,$$

затем восстанавливают

$$ZnO + CO \rightarrow Zn + \uparrow CO_2,$$

$$MoO_3 + 3H_2 \rightarrow Mo + 3H_2O.$$

В качестве восстановителей используют активные металлы:

магниотермия: $TiCl_4 + 2Mg \xrightarrow{t^\circ} Ti + 2MgCl_2;$

натриотермия: $TiCl_4 + 4Na \xrightarrow{t^\circ} Ti + 4NaCl;$

алюмотермия: $Fe_2O_3 + 2Al \rightarrow 2Fe + Al_2O_3.$

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

Например:

$$CuO + H_2SO_{4(разб.)} \rightarrow CuSO_4 + H_2O,$$

$$CuSO_4 + Fe \rightarrow Cu + FeSO_4.$$

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

$$Ag_2SO_4 + 4NH_4OH \rightarrow \left[Ag\left(NH_3\right)_2\right]SO_4 + H_2O$$

Далее идет восстановление соли до металла.

Применение металлов.

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

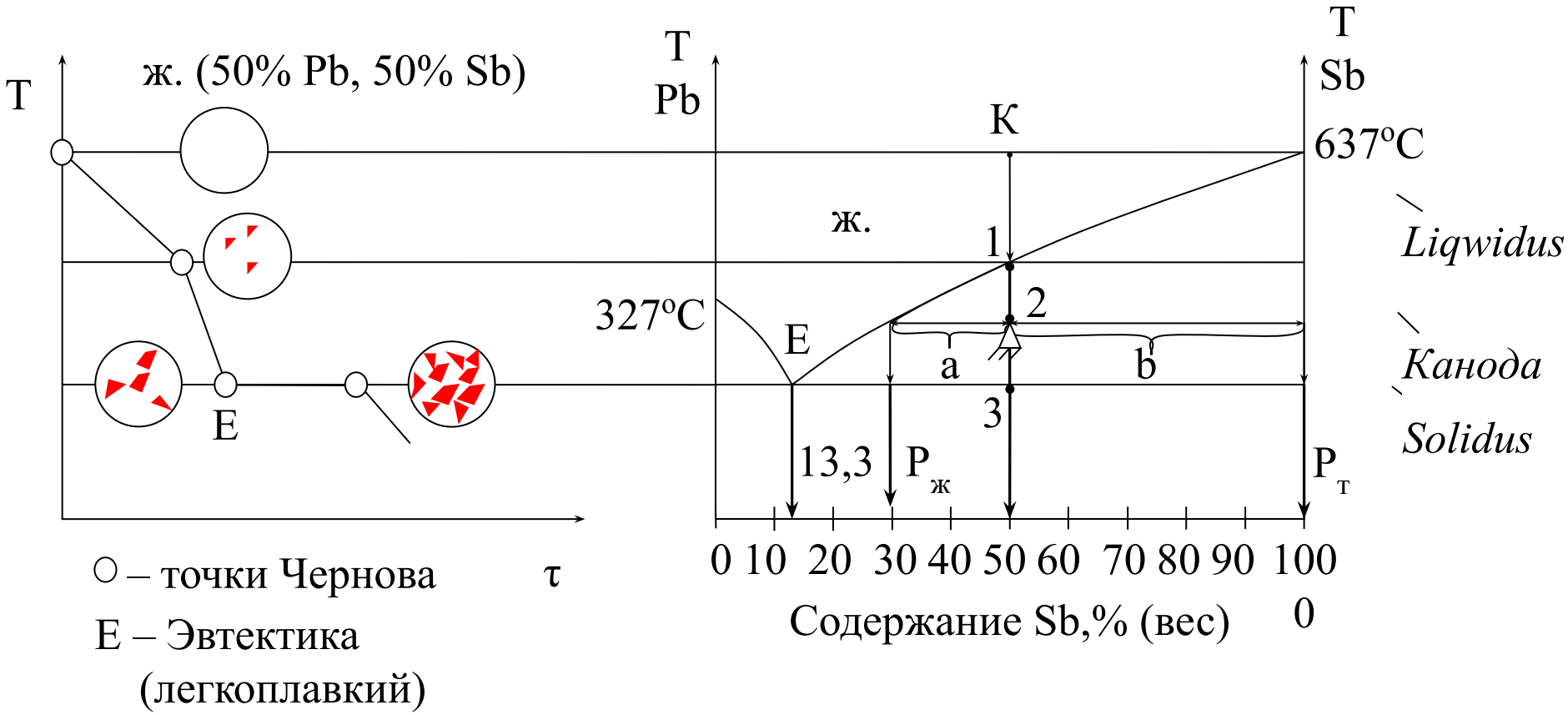
Влияние чистоты металла на применение

- 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



○ – точки Чернова

E – Эвтектика (легкоплавкий)

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

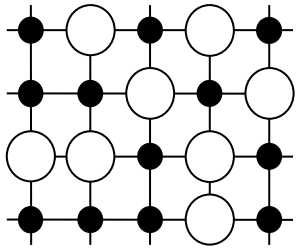
Для точки 2 справедливо соотношение:

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

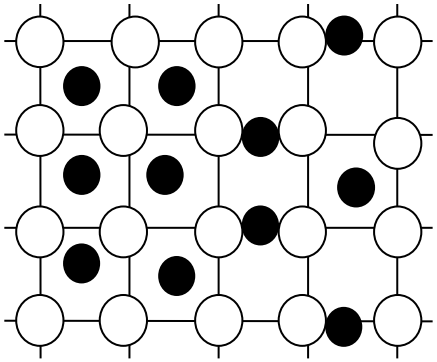
– правило рычага

Диаграмма с твердым раствором – второй тип

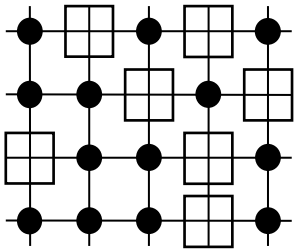
- Компоненты смешиваются как в жидком, так и в твердом состоянии;
- Атомы обоих компонентов способны замещать друг друга в кристаллических решетках.



Твердый раствор замещения

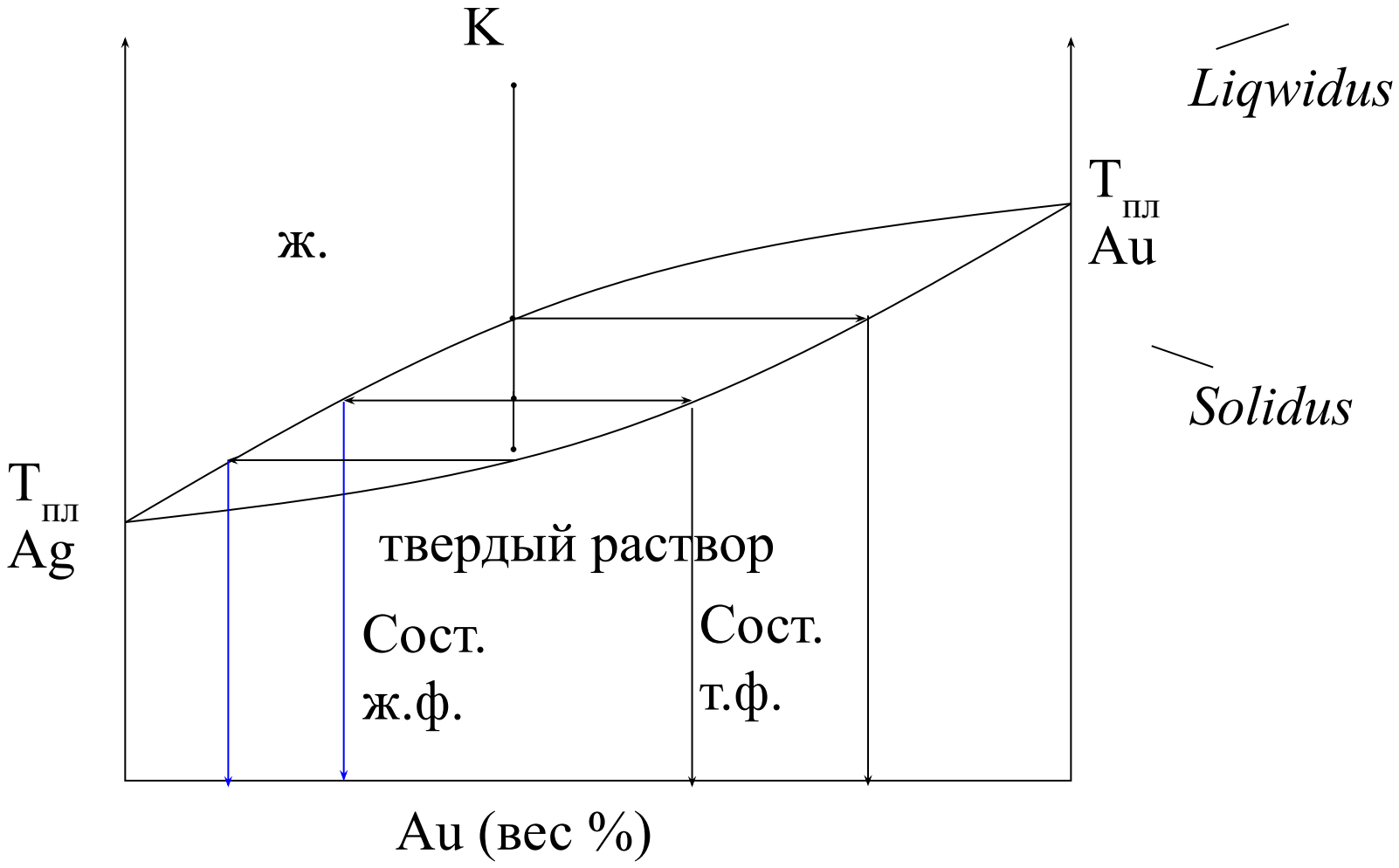


Твердый раствор внедрения



Твердый раствор вычитания

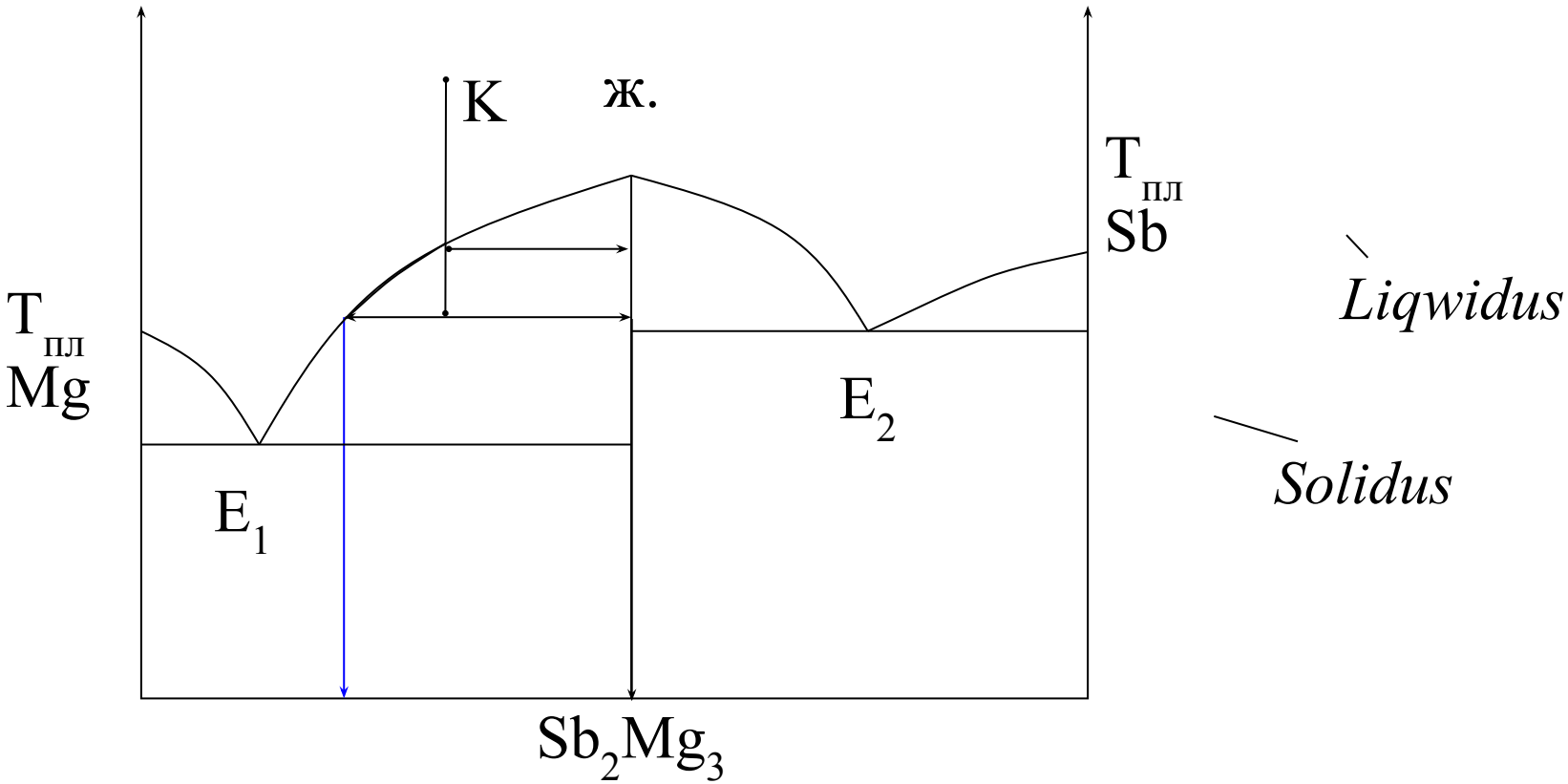
Путь кристаллизации из точки К



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.

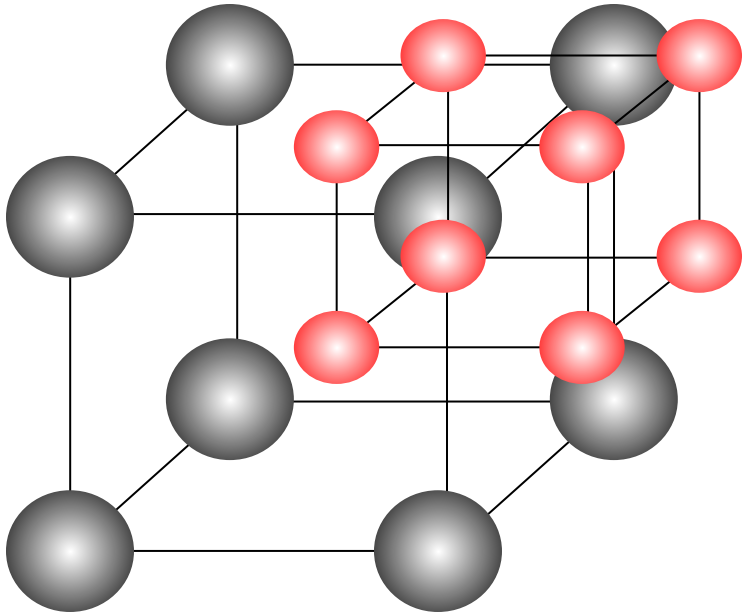
Диаграмма с образованием интерметаллического соединения – третий тип



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:

$$Q^{плавления}_{соединения} = Q_{разъединения} + Q^{кристал1}_{плавления} + Q^{кристал2}_{плавления}$$

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

- Для получения металлов использовался ряд активности металлов Бекетова:

$$K^+, Ca^{2+}, Na, Mg^{2+}, Al^{3+}, Zn^{2+}, Fe^{2+}, Sn^{2+}, Pb^{2+}, H^+, Cu^{2+}, Ag^+, Au^{3+} \longrightarrow$$

Легкость разряда катиона в водном растворе возрастает

Усиление металлических свойств

Усиление основных свойств оксидов

Усиление металлических свойств

Усиление основных свойств оксидов

Усиление неметаллических свойств

Усиление кислотных свойств

Усиление неметаллических свойств

Усиление кислотных свойств