Лекция 1: *конструкционные материалы*

Конструкционными называют материалы, обеспечивающие целостность и несущую способность конструкции тех или иных изделий.

Экономические	Цена и доступность Возможность вторичной переработки
Физические	Плотность
Механические	Модуль упругости Предел текучести и прочность Твердость Вязкость разрушения Усталостная прочность Скорость ползучести Демпфирование колебаний
Тепловые	Теплопроводность Удельная теплоемкость Коэффициент теплового расширения
Электрические и магнитные	Удельное сопротивление Диэлектрическая постоянная Магнитная проницаемость
Воздействие окружающей среды	Стойкость к окислению Коррозионная стойкость Износостойкость
Технологические	Простота производства Способность к соединению Отделка
Эстетические	Цвет Текстура Тактильные ощущения

Классы свойств материалов

Что главное?

Лекция 1: *конструкционные материалы*

Материалы с **повышенной и высокой прочностью** для работы в условиях **высоких температур**

Материалы с **малой плотностью и высокой удельной прочностью**

Материалы с повышенными **технологическими свойствами**

Материалы **триботехнического назначения,** включая

износостойкие твердые и мягкие

Материалы с **высокими упругими свойствами**

Материалы**, устойчивые к воздействию температуры и внешней рабочей среды**

Материалы **с особыми физическими свойствами**

Лекция 1: *конструкционные материалы*

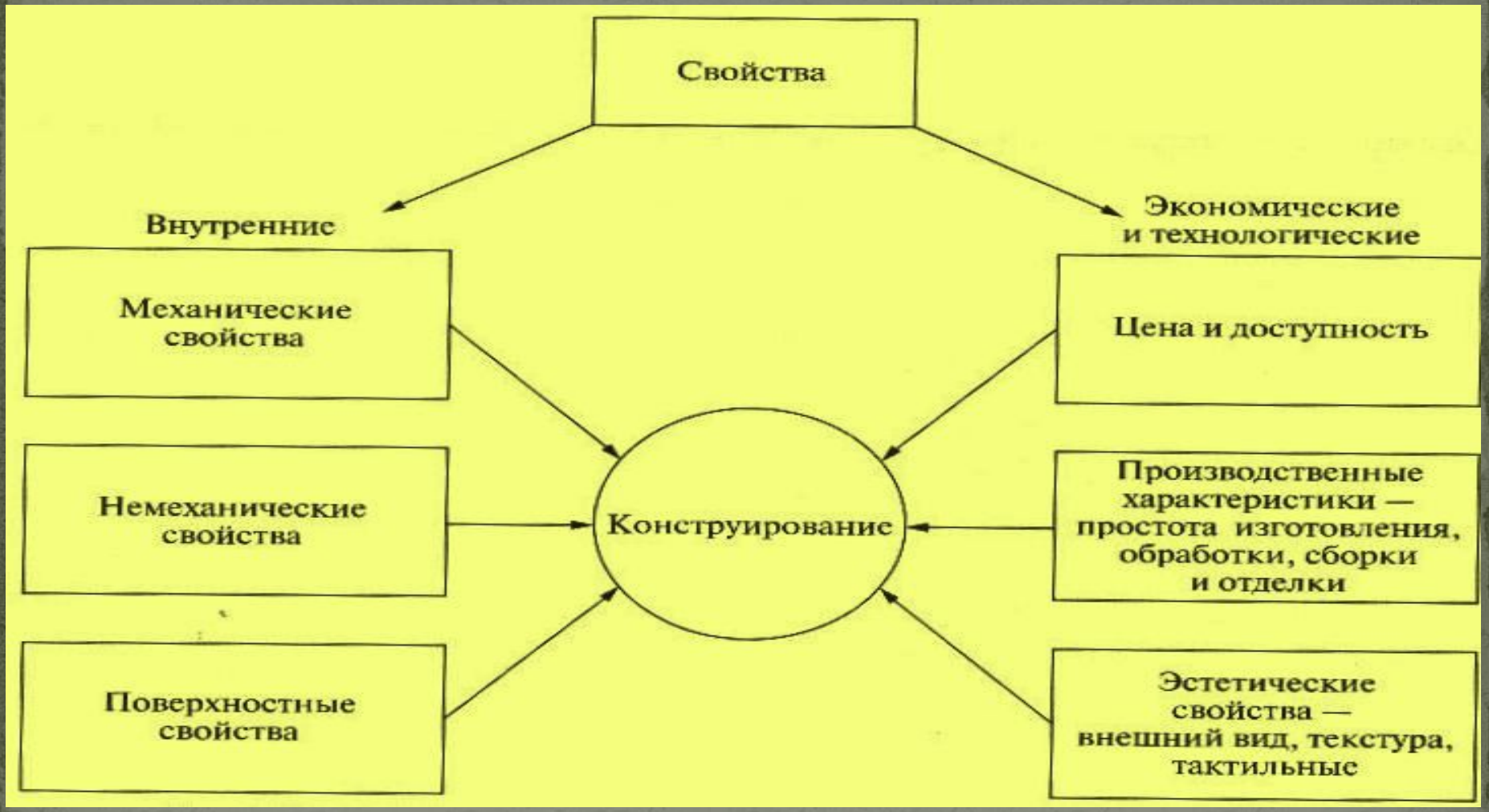
Распределение материалов по классам

Лекция 1: *конструкционные материалы*

Металлы и сплавы	Железо и сталь
	Алюминий и его сплавы
	Сплавы меди
	Сплавы никеля
	Сплавы титана
Полимеры	Полиэтилен (ПЭ)
	Полиметилметакрилат (ПММА)
	Полиамид (нейлон)
	Полистирол (ПС)
	Полиуретан (ПУ)
	Поливинилхлорид (ПВХ)
	Полиэтилентерефталат (ПЭТФ)
	Полиэтилэфиркетон (ПЭЭК)
	Эпоксиды
	Эластомеры, например, натуральный каучук
Керамики и стекла*	Оксид алюминия (Al_2O_3, корунд, сапфир)
	Оксид магния (MgO)
	Силикатные (SiO_2) стекла и силикаты
	Карбид кремния (SiC)
	Нитрид кремния (Si_3N_4)
	Цемент и бетон
Композиты	Стеклопластик
	Углепластик
	Наполненные полимеры
	Керметы
Натуральные материалы	Древесина
	Кожа
	Хлопок/шерсть/шелк
	Кость

Классы конструкционных материалов

Лекция 1: *конструкционные материалы*



Конструирование изделий и свойства материалов

Лекция 1: *конструкционные материалы*

Таблица 6.3. **Удельная прочность на разрыв различных материалов [72]**

Материал	Прочность на разрыв, МПа	Плотность, кг/дм^3	Удельная прочность, кН · м/кг*	Длина разрыва, км**
Цемент	10	2,30	4,34	0,44
Резина	15	0,92	16,3	1,66
Латунь	580	8,55	67,8	6,91
Нейлон	75	1,15	97,3	9,92
Полипропилен	80	0,90	88,9	9,06
Алюминий	600	2,70	222	22,7
Сталь	2,000	7,86	254	25,9
Титан	1,300	4,51	288	29,4
Карбид кремния	3,440	3,16	1,088	110
Стекловолокно	3,400	2,60	1,307	133
Графит	4,300	1,75	2,457	250
Кевлар***	3,620	1,44	5,246	534
Углеродные нанотрубки	62,000	1,34	46,268	4,716

* Прочность, отнесенная к плотности материала.

** Длина ленты одинаковой ширины, которая при подвешивании за один конец разрывается под собственной тяжестью.

*** Синтетическое волокно, используемое для пуленепробиваемых жилетов, состоящее из поли-(*пара*-фенилентерефталамида).

Лекция 1: *конструкционные материалы*

Сфера применения	Материал	Цена за тонну, долл. США
Строительство	Древесина, железобетон, сталь	90–900
Машиностроение, легкая промышленность	Металлы, сплавы и полимеры для авиации, автомобильной промышленности, домашних приборов и т. д.	900–9000
Специальные материалы	Сплавы для лопастей турбин, композиты (углепластик, борокомпозит) и др.	9000–90000
Драгоценные металлы	Сапфировые подшипники, контакты из серебра, микросхемы из золота	90000–18 млн
Промышленные алмазы	Режущий и полировочный инструмент	> 180 млн

Материалы и цены

Лекция 1: *конструкционные материалы*

Алюминий	280
Пластики	85–180
Медь	140, возрастет до 300
Цинк	68
Сталь	55
Стекло	20
Цемент	7
Кирпич	4
Лесоматериалы	2,5–7
Гравий	0,2
Нефть	44
Каменный уголь	29

Приблизительные величины энергозатрат при производстве различных материалов, ГДж/т

Лекция 1: *конструкционные материалы*

Материалы, из которых изготавливают автомобиль

71% Сталь	Кузов, панели
15% Чугун	Блок цилиндров, коробка передач, задняя ось
4% Резина	Шины, трубы
Остальное	Стекло, цинк, медь, алюминий, полимеры

Рис. 3.26. Применение нанотехнологий в автомобильной промышленности (Источник: Заблоцкий А.В. Образовательный центр «Нанотехнологии»)

Лекция 1: *конструкционные материалы*

А. Высокопрочная сталь

Преимущества	Недостатки
Сохранение существующей технологии	Достаточная экономия веса только в деталях, производимых пластической деформацией

Б. Алюминиевый сплав

Преимущества	Недостатки
Большая экономия веса при изготовлении кузова и блока цилиндров	Более высокая стоимость
Сохранение существующей технологии	Плохо поддается штамповке
Превосходная коррозионная стойкость	Утрата гибкости проектирования

Алюминиевый сплав позволяет снизить общий вес автомобиля на 40%. Повышение стоимости компенсируется более низким расходом топлива и возможностью повторной утилизации алюминия.

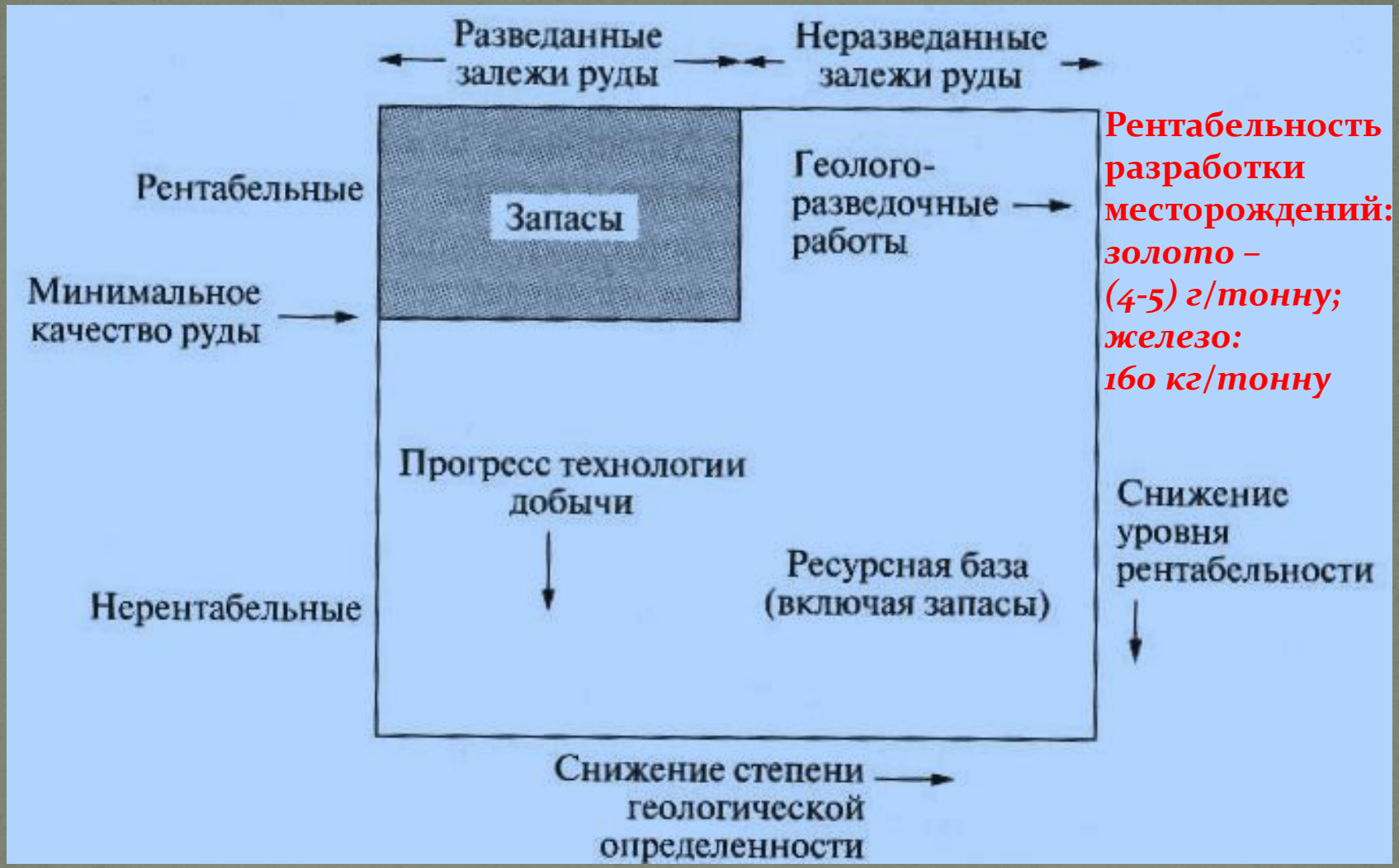
В. Стеклопластик

Преимущества	Недостатки
Большая экономия веса кузова	Более высокая относительная стоимость
Превосходная коррозионная стойкость	Существенное изменение технологии производства
Серьезное улучшение гибкости проектирования и одновременное изготовление нескольких деталей	Необходимость учитывать ползучесть

Лекция 1: *конструкционные материалы*

Земная кора		Мировой океан		Атмосфера	
Элемент	Вес. %	Элемент	Вес. %	Элемент	Вес. %
Кислород	47	Кислород	85	Азот	79
Кремний	27	Водород	10	Кислород	19
Алюминий	8	Хлор	2	Аргон	2
Железо	5	Натрий	1	Диоксид углерода	0,04
Кальций	4	Магний	0,1		
Натрий	3	Сера	0,1		
Калий	3	Кальций	0,04		
Магний	2	Калий	0,04		
Титан	0,4	Бром	0,007		
Водород	0,1	Углерод	0,002		
Фосфор	0,1				
Марганец	0,1				
Фтор	0,06				
Барий	0,04				
Стронций	0,04				
Сера	0,03				
Углерод	0,02				

Распространённость элементов в земной коре, мировом океане и атмосфере



Рентабельность разработки месторождений:
золото – (4-5) г/тонну;
железо: 160 кг/тонну

Диаграмма Мак-Элви, демонстрирующая соотношение между запасами и ресурсной базой

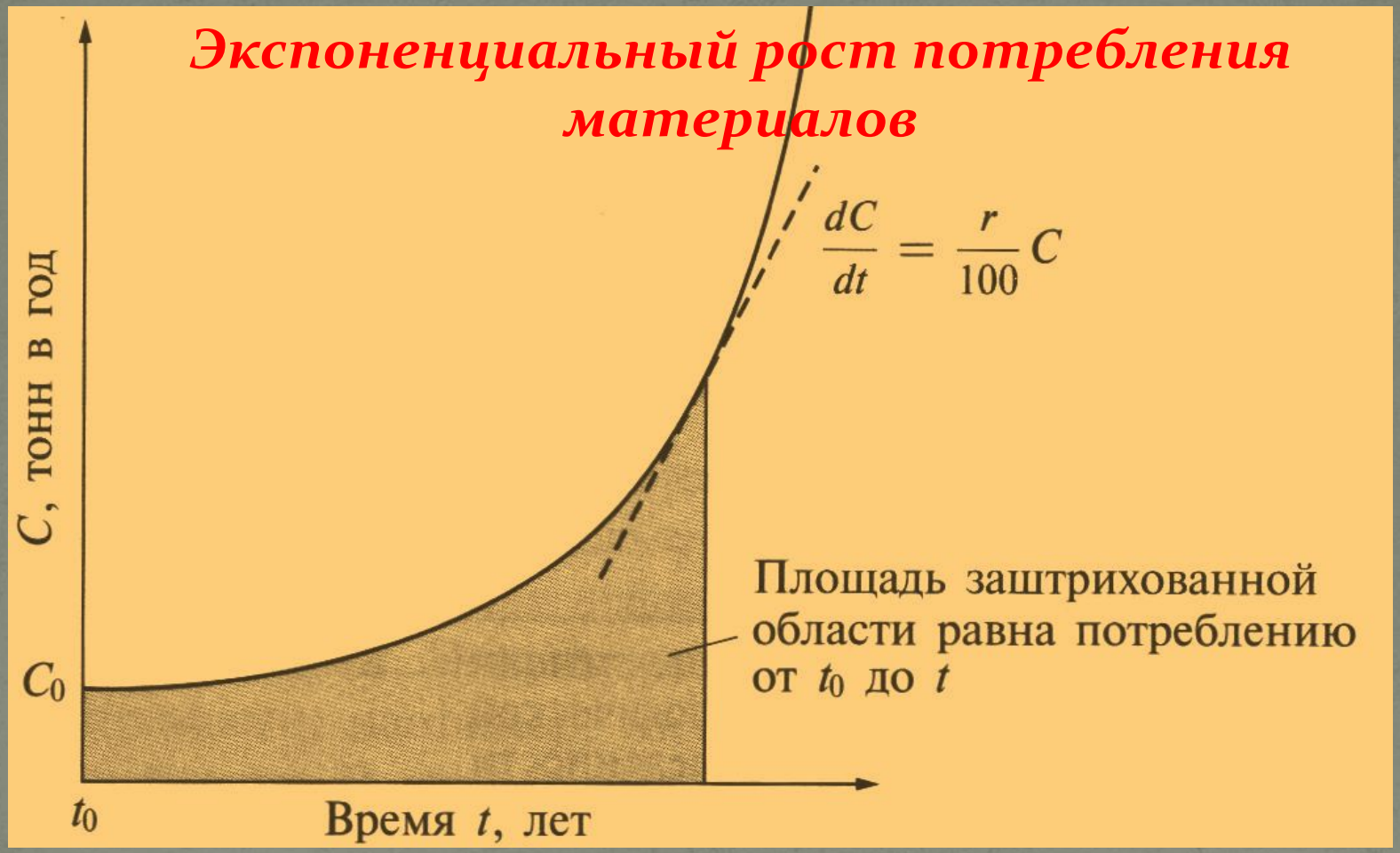
Резервы минеральных веществ в мире
(U. S. Burean of Mines, Mineral Facts and problems, 1970)

Ресурсы	Добываемый вид	Резервы, т	Примечания
1	2	3	4
Алюминий	$Al_2O_3 \cdot nH_2O$	$1{,}1 \cdot 10^9$	Включая предполагаемые резервы
Сурьма	Sb_2S	$3{,}6 \cdot 10^6$	50% в материковом Китае
Хром	$FeCr_2O_4$	$4{,}4 \cdot 10^9$	Менее 0,5% в Северной Америке
Уголь	—	$4{,}7 \cdot 10^{12}$	58% коксующихся углей и антрацита
Кобальт	$CuCo_2S_4$, $CoAs_2$	$2{,}2 \cdot 10^6$	Побочный продукт переработки медно-никелевых сульфидных руд
Медь	$CuFeS_2$, Cu_2S	$280 \cdot 10^6$	Небольшое количество в виде карбонатных руд
Золото	Au	$11{,}0 \cdot 10^3$	Некоторое количество в виде побочных продуктов переработки медных, свинцово-цинковых руд
Железо	Fe_2O_3, Fe_3O_4	$88 \cdot 10^9$	Большая часть потенциальных руд
Свинец	PbS, $PbCO_3$	$82 \cdot 10^6$	Побочный продукт переработки медно-цинковых руд
Марганец	MnO_2, $Mn_2O_3 \cdot H_2O$	$635 \cdot 10^6$	Кроме подводных месторождений
Ртуть	HgS, Hg	$115 \cdot 10^3$	Запасы рассчитаны по цене 200 долларов за 76 фунтов

Лекция 1: *конструкционные материалы*

таблица 76 (окончание)

1	2	3	4
Молибден	MoS_2	$5.2 \cdot 10^6$	65% в Северной Америке
Никель	(Fe, Ni)S	$68.0 \cdot 10^6$	Большие резервы в виде латеритного цинка
Нефть	—	$54.1 \cdot 10^9$	Достоверные запасы
Фосфат	$Ca_5(PO_4)_3(F, Cl, OH)$	$19.8 \cdot 10^9$	—
Поташ	KCl, $KMgCl_3 \cdot 6H_2O$	$98.9 \cdot 10^9$	Большие запасы в морской воде
Серебро	Ag, Ag_2S, Ag_2AsS_3	$171 \cdot 10^3$	Побочный продукт переработки медных, свинцово-цинковых руд
Олово	SnO_2	$4.46 \cdot 10^6$	Менее 1% в Северной Америке
Титан	TiO_2, $FeTiO_3$	$310 \cdot 10^6$	
Вольфрам	$CaWO_4$, (Fe, Mn)WO_4	$1.3 \cdot 10^6$	75% в материковом Китае
Уран	U_3O_8	$749 \cdot 10^3$	В виде U_3O_8, кроме запасов СССР, Китая и Японии
Цинк	ZnS, ZnO	$112 \cdot 10^6$	Главным образом, как основной побочный продукт переработки медно-свинцовых руд



Обычные темпы роста 1-5% в год, r -ежегодный прирост в %. Интегрирование даёт $C=C_o exp[r (t-t_o)/100]$, где C_o - объём потребления в начальный момент времени $t= t_o$. Время удвоения потребления - $C/C_o = 2$, откуда $t_D = 100/r \times ln2 \approx 70/r$.

Объёмы и скорости роста потребления некоторых материалов

Материал	Потребление, тонн в год	Прогнозируемый прирост потребления, % в год
Железо и сталь	$3 \cdot 10^8$	2
Алюминий	$4 \cdot 10^7$	3
Полимеры	$1 \cdot 10^8$	4

Рост потребления стали ~ 2% в год, полимеров ~4-5%, удвоение каждые 35 и 14 лет, соответственно

Лекция 1: *конструкционные материалы*

Металл	Типичный состав, вес.%	Типичная область применения
Низкоуглеродистая («мягкая») сталь	Fe + (0,04–0,3) C (+ ≈ 0,8 Mn)	Низкие напряжения. Общая конструкционная сталь, хорошо сваривается
Среднеуглеродистая сталь	Fe + (0,3–0,7) C (+ ≈ 0,8 Mn)	Средние напряжения: детали механизмов — гайки и болты, валы, приводы
Высокоуглеродистая сталь	Fe + (0,7–1,7) C (+ ≈ 0,8 Mn)	Высокие напряжения: рессоры, режущий инструмент, пресс-формы
Низколегированная («нержавеющая») сталь	Fe + 0,2 C 0,8 Mn 1 Cr 2 Ni	Высокие напряжения: аппараты высокого давления, авиационные детали
Высоколегированная («нержавеющая») сталь	Fe + 0,1 C 0,5 Mn 18 Cr 8 Ni	Высокие напряжения или коррозионная среда: химические или паровые установки
Чугун	Fe + (1,8–4) C (+ ≈ 0,8 Mn 2 Si)	Низкие напряжения: блоки цилиндров, сточные трубы

Сплавы на основе железа

Лекция 1: *конструкционные материалы*

Металл	Типичный состав, вес. %	Типичные области применения
Медь	100 Cu	Вязкая, коррозионно-стойкая, с хорошей электропроводностью: водопроводные трубы, электропровода
Латунь	Zn	Прочнее меди, легко обрабатывается. Достаточная коррозионная стойкость: фитинги водопроводных труб, болты, детали электропроводки
Бронза	Cu + (10–30) Sn	Хорошая коррозионная стойкость: подшипники, корабельные винты, колокола
Мельхиор	Cu + 30 Ni	Хорошая коррозионная стойкость: (медно-никелевый сплав) монеты

Медные сплавы

Металлы	Типичный состав, вес. %	Типичные области применения
Монели	Ni + 30 Cu 1 Fe 1 Mn	Прочные, устойчивые к коррозии: трубы теплообменников
Суперсплавы	Ni + 30 Cr 30 Fe 0,5 Ti 0,5 Al	Устойчивые к ползучести и окислению: детали печей
	Ni + 10 Co 10 W 9 Cr 5 Al 2 Ti	Высокая стойкость к ползучести: турбинные лопасти и диски

Никелевые сплавы

Металл	Типичный состав, вес. %	Типичные области применения
Чистый Al 1000 серия	> 99 Al	Мягкий и пластичный, с хорошей электропроводностью: линии электропередач, кухонная фольга
2000 серия; основной легирующий металл Cu	Al + 4 Cu + Mg, Si, Mn	Прочный сплав, поддающийся дисперсионному упрочнению: фюзеляжи и лонжероны самолетов, поковки, заклепки
3000 серия, основной легирующий металл Mn	Al + 1 Mn	Умеренно прочный, пластичный, с превосходной коррозионной стойкостью: кровельные листы, кухонные сковороды, банки для разлива напитков
5000 серия, основной легирующий металл Mg	Al + 3 Mg 0,5 Mn	Прочные плиты, поддающиеся дисперсионному упрочнению и сварке: аппараты высокого давления, корабельные надстройки
6000 серия, основные легирующие элементы Mg + Si	Al + 0,5 Mg 0,5 Si	Сплав средней прочности, поддающийся дисперсионному упрочнению: анодированные профили, полученные методом экструдирования, например, оконные рамы
7000 серия, основные легирующие металлы Zn + Mg	Al + 6 Zn + Mg, Cu, Mn	Прочный сплав, поддающийся дисперсионному упрочнению: авиационные поковки, лонжероны, облегченные железнодорожные вагоны
Сплавы для литья	Al + 11 Si	Детали, полученные литьем в песчаную форму или литьем под давлением
Алюминиево-литиевые сплавы	Al + 3 Li	Низкая плотность и достаточная прочность: фюзеляжи и лонжероны самолетов

Сплавы на основе алюминия

Сплав	Содержание элементов (остальное Ti), %				Структура	Механические свойства		
	Al	V	Mo	Прочие		$\sigma_в$, МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ, %
ВТ5	4,3 – 6,2	–	–	–	α-сплавы	700 – 950	660 – 850	10 – 15
ВТ5 – 1	4 – 6	–	–	2 – 3 Sn		750 – 950	650 – 850	10 – 15
ОТ4 – 1	1 – 2,5	–	–	0,7 – 2 Mn	Псевдо-α-сплавы	600 – 750	470 – 650	20 – 40
ОТ4	3,5 – 5	–	–	0,8 – 2 Mn		700 – 900	550 – 650	12 – 20
ВТ20	5,5 – 7,0	0,8 – 2,3	0,5 – 1,8	1,4 – 2,5 Zr		950 – 1150	850 – 1000	8
ВТ6*	5,3 – 6,8	3,5 – 5,3	–	–	(α+β)-сплавы	1100 – 1150	1000 – 1050	14 – 16
ВТ14*	3,5 – 6,3	0,8 – 1,9	2,5 – 3,8	–		1150 – 1400	1080 – 1300	6 – 10
ВТ16*	1,6 – 3,8	4,0 – 5,0	4,5 – 5,5	–		1250 – 1450	1100 – 1200	4 – 6
ВТ22	4,8 – 5,2	4,5 – 5,5	4,5 – 5,5	0,8 – 1,2 Cr 0,8 – 1,2 Fe		1100 – 1250	–	9

* Свойства этих сплавов приведены после закалки и старения, остальных – в отожженном состоянии.

Сплавы на основе титана

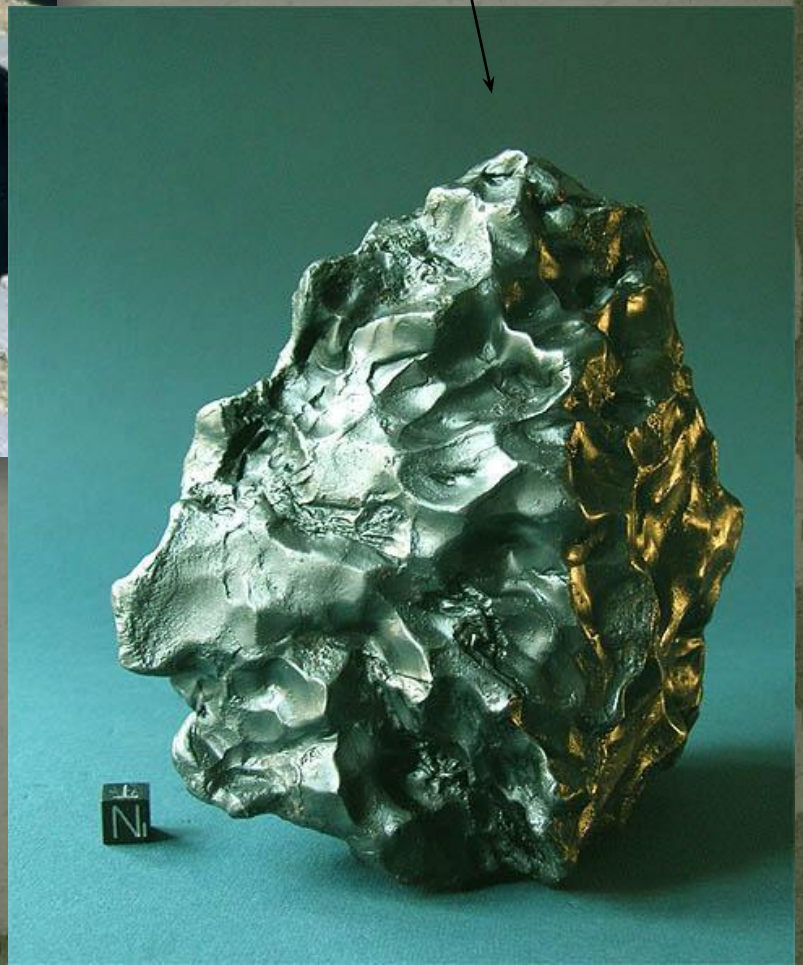
Лекция 1: *металлы их классификация и свойства*

Самородная медь

Самородное золото

Лекция 1: *металлы их классификация и*

Сихотэ-Алиньский метеорит



***Железный метеорит* Hoba (*Намибия*)**

Лекция 1: *металлы их классификация и свойства*

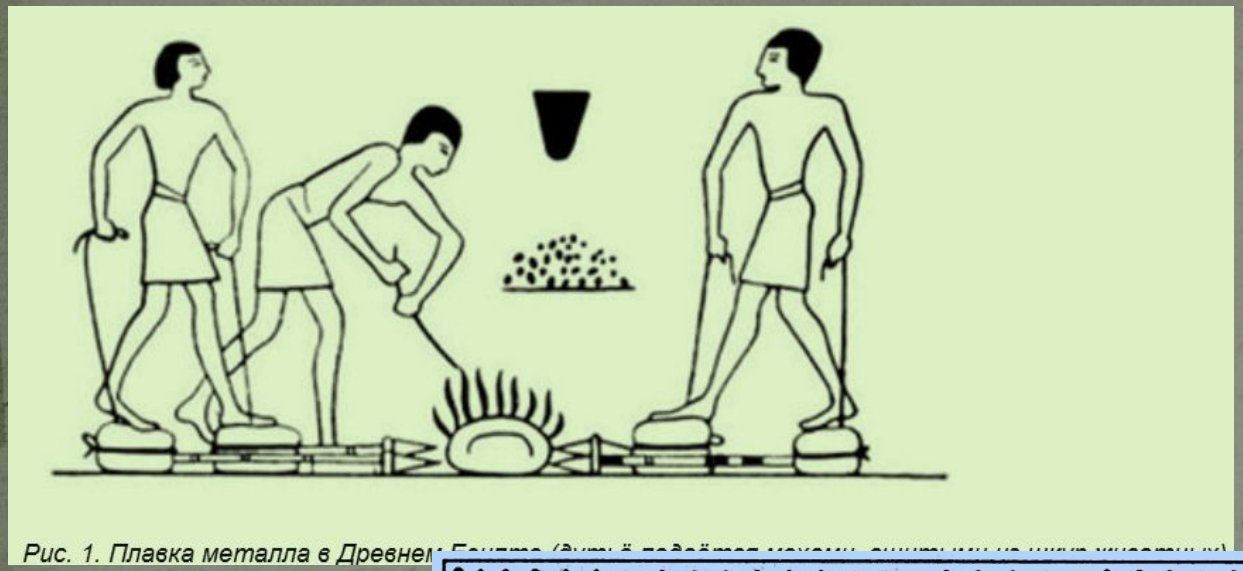
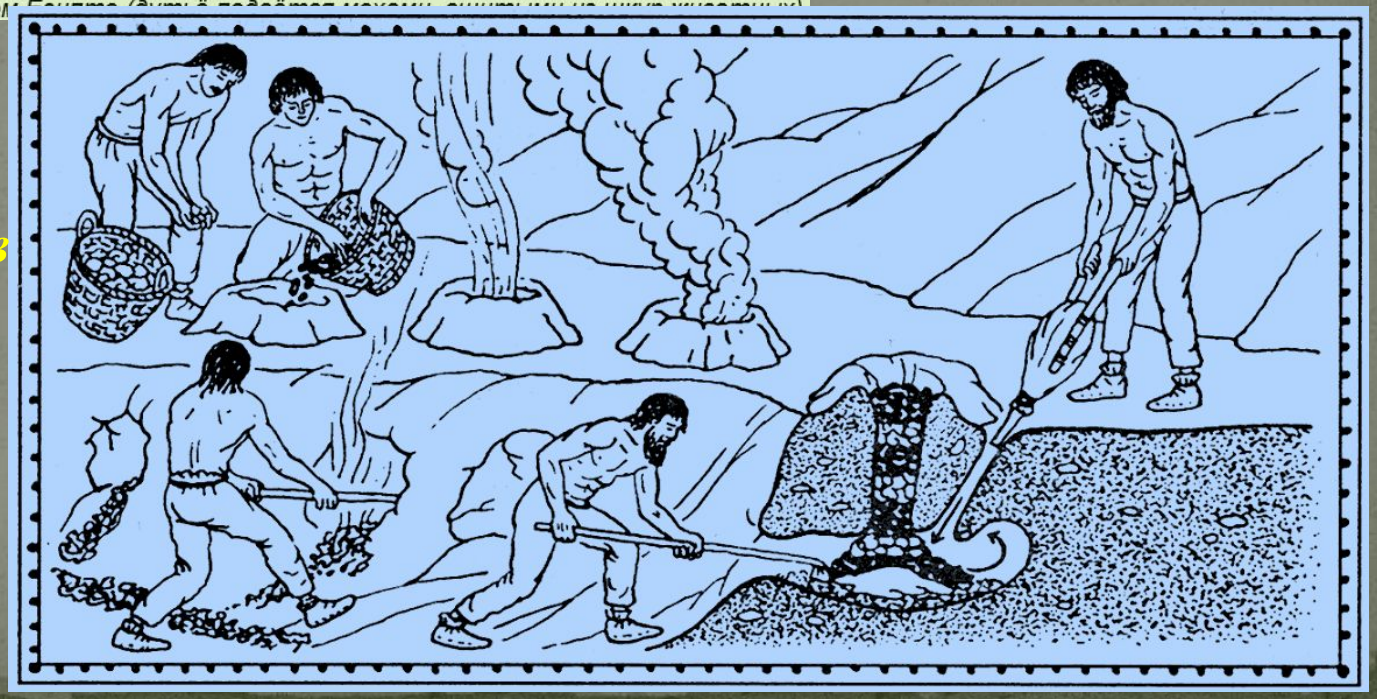


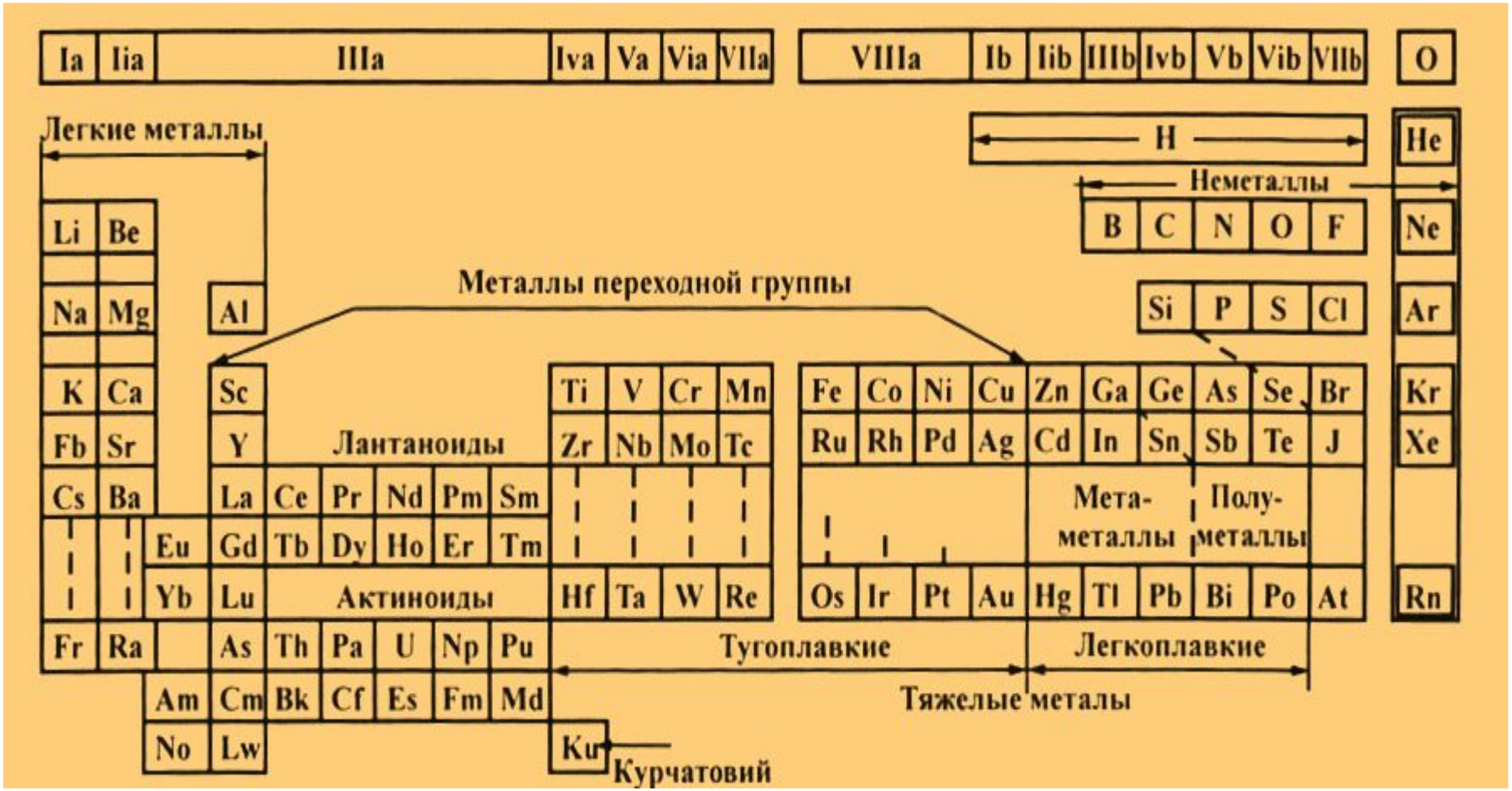
Рис. 1. Плавка металла в Древнем Египте (Дуть й подойтет мехами, снять ими из шкур животных)

Плавка металлов в Древнем Египте

Плавка металлов в Скифии



Лекция 1: *металлы их классификация и свойства*



Лекция 1: *металлы их классификация и свойства*

<u>Металлом</u> называют простое (т.е. состоящее из атомов одного сорта) вещество, обладающее в обычном состоянии рядом характерных свойств:

- *высокой тепло- и электропроводностью;*
- *уменьшением электрического сопротивления при понижении температуры;*
- *кристаллическим строением и способностью к пластической деформации;*
- *специфическим блеском.*

Лекция 1: *металлы их классификация и свойства*

Наука о металлических материалах - ***металловедение*** - изучает

- *зависимость между составом, строением и свойствами металлов и сплавов;*
- *закономерности процессов, происходящих в металлах и сплавах при механических, тепловых, химических и радиационных воздействиях.*

Лекция 1: *металлы их классификация и свойства*

Все металлы принято разделять на два класса: черные и цветные. К черным металлам относят железо и его сплавы. Остальные металлы относят к цветным.

Цветные металлы условно делят на пять подгрупп:

1. ***Основные тяжелые металлы:*** **медь, никель, свинец, цинк и олово.**
2. ***Малые (младшие) тяжелые металлы*****: висмут, мышьяк, сурьма, кадмий, ртуть и кобальт.**
3. ***Легкие металлы:*** **алюминий, бериллий, магний, титан, натрий, калий, барий, кальций, и стронций.**
4. ***Благородные металлы:*** **золото, серебро, платина и платиноиды (палладий, родий, рутений, осмий и иридий).**
5. ***Редкие металлы.***

Лекция 1: *металлы их классификация и свойства*

По промышленной классификации редкие металлы подразделяются на:

а) тугоплавкие — вольфрам, молибден, тантал, ниобий, хром, цирконий и гафний, титан;

б) легкие редкие, называемые иногда щелочными металлами, — литий, бериллий, рубидий и цезий;

в) рассеянные — не образующие в природе собственных месторождений рудного сырья, — галлий, индий, таллий, германий, селен, теллур и рений;

г) радиоактивные — полоний, радий, актиний и актиниды (торий, актиний, уран и заурановые элементы);

д) редкоземельные (редкие земли) — скандий, иттрий, лантан и лантаниды (всего 14 от церия до лютеция).

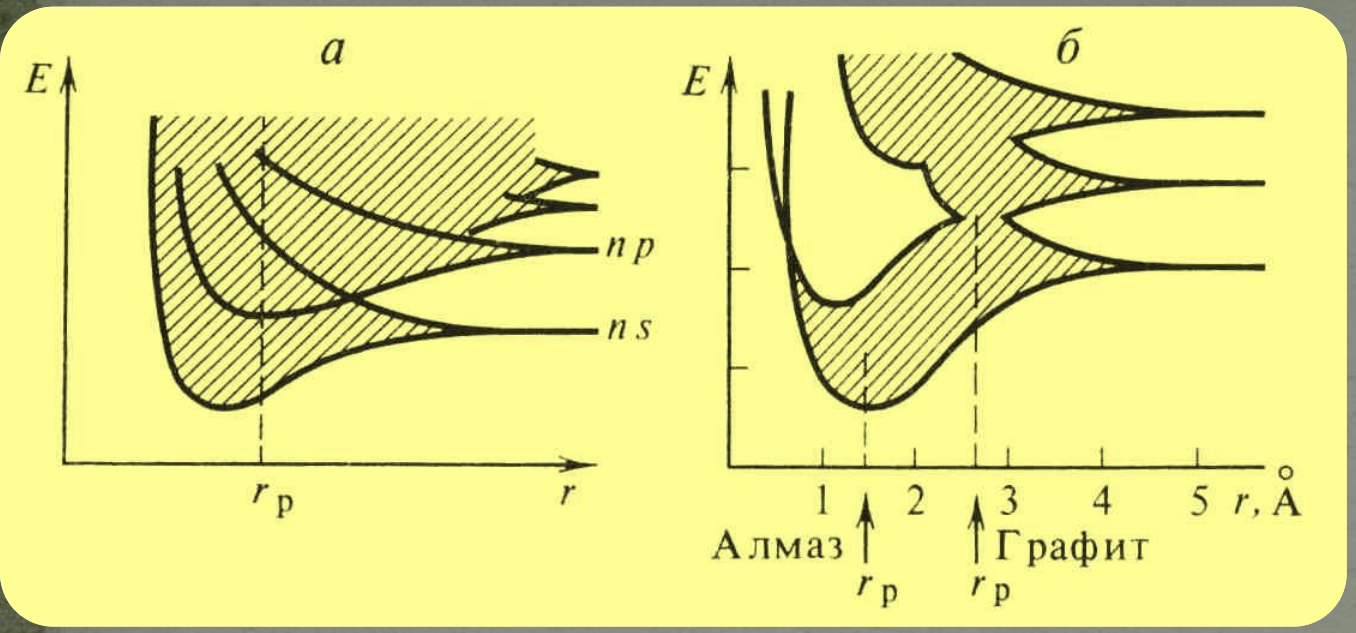
К тугоплавким отнесены металлы, температура плавления которых равна или выше температуры плавления железа - 1539 °С!

Лекция 1: *металлы их классификация и свойства*

ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ ЦЕНЫ ВАЖНЕЙШИХ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

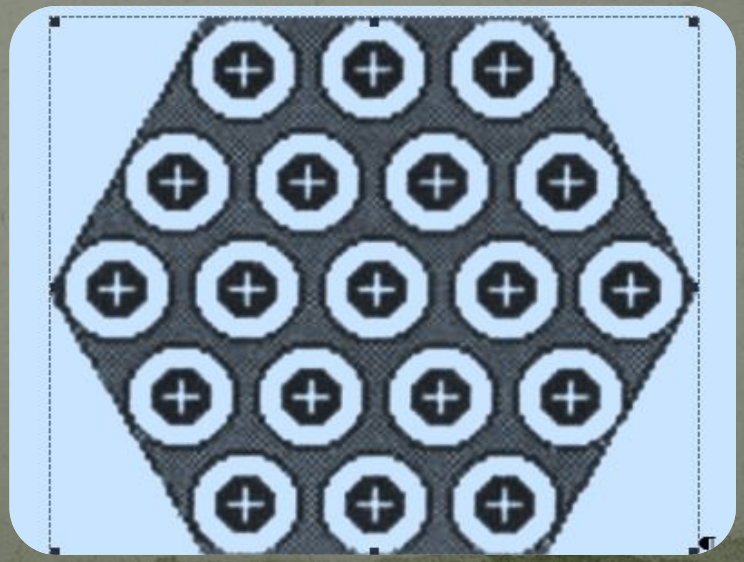
Металл	Цена	Металл	Цена	Металл	Цена
Железо	1	Кобальт	35	Ниобий	800
Свинец	2,5	Висмут	50	Рубидий	2200
Цинк	3	Ртуть	65	Палладий	6000
Алюминий	6	Вольфрам	75	Золото	11000
Медь	7,5	Титан	160	Рений	12000
Магний	8	Молибден	170	Иридий	25000
Никель	17	Серебро	200	Осмий	25000
Олово	22	Ванадий	750	Платина	27000
Хром	25	Тантал	800	Родий	45000

Лекция 1: *металлы их классификация и свойства*



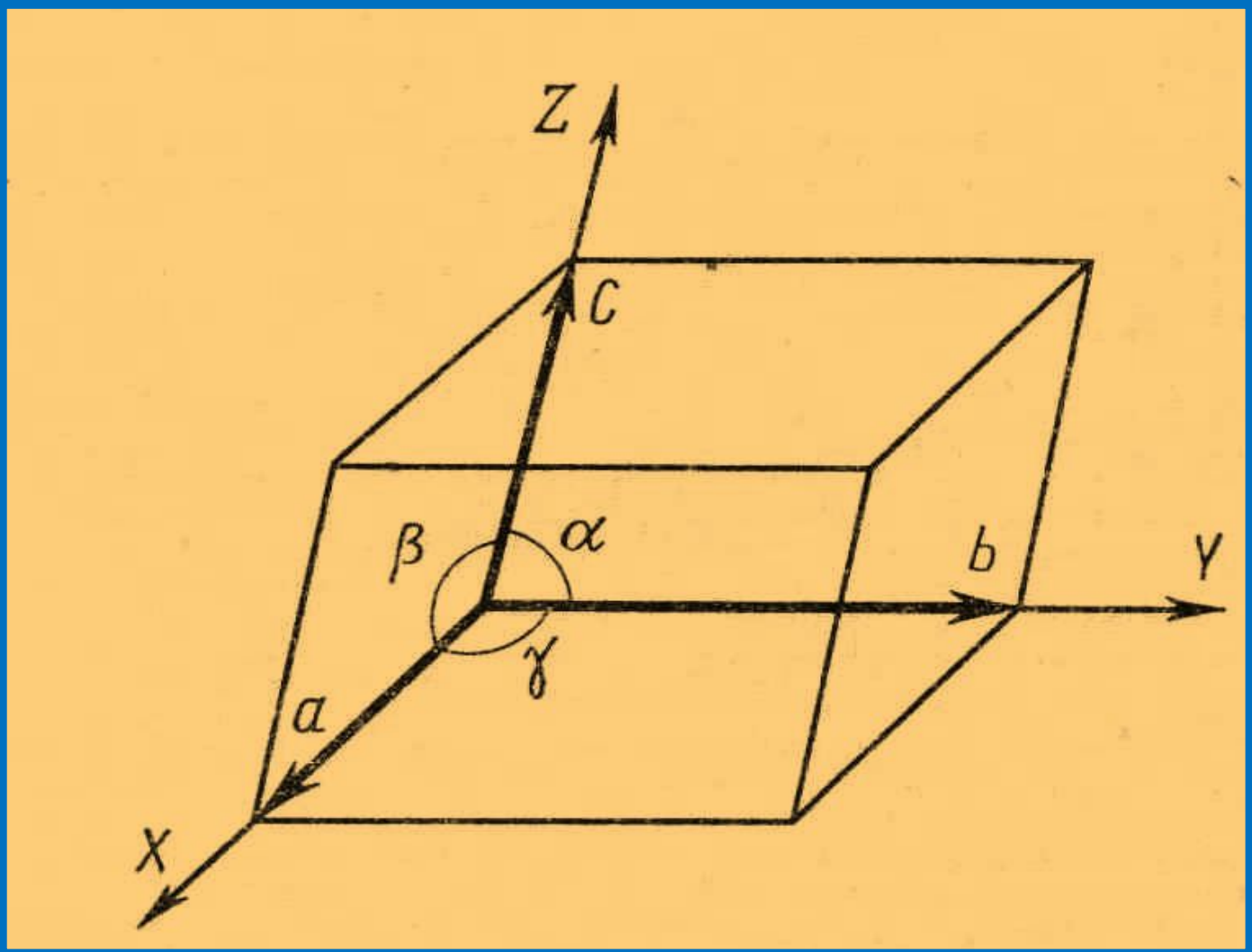
Изменение энергетического спектра электронов при сближении атомов: а-металл

Металлический кристалл как ионно-кристаллическая система: каркас из упорядоченных положительно заряженных ионов «погружён» в электронный газ



Лекция 1: *металлы их классификация и свойства*

Атомно-кристаллическое строение металлов



Элементарная кристаллическая ячейка **– фрагмент кристаллической решётки, имеющий минимальный объём и правильно отражающий её симметрию**

Величины ***a, b, c; α, β, γ*** называют ***параметрами*** элементарной кристаллической ячейки, а длины рёбер ***a, b, c*** параллелепипеда повторяемости - *периодом* кристаллической решётки

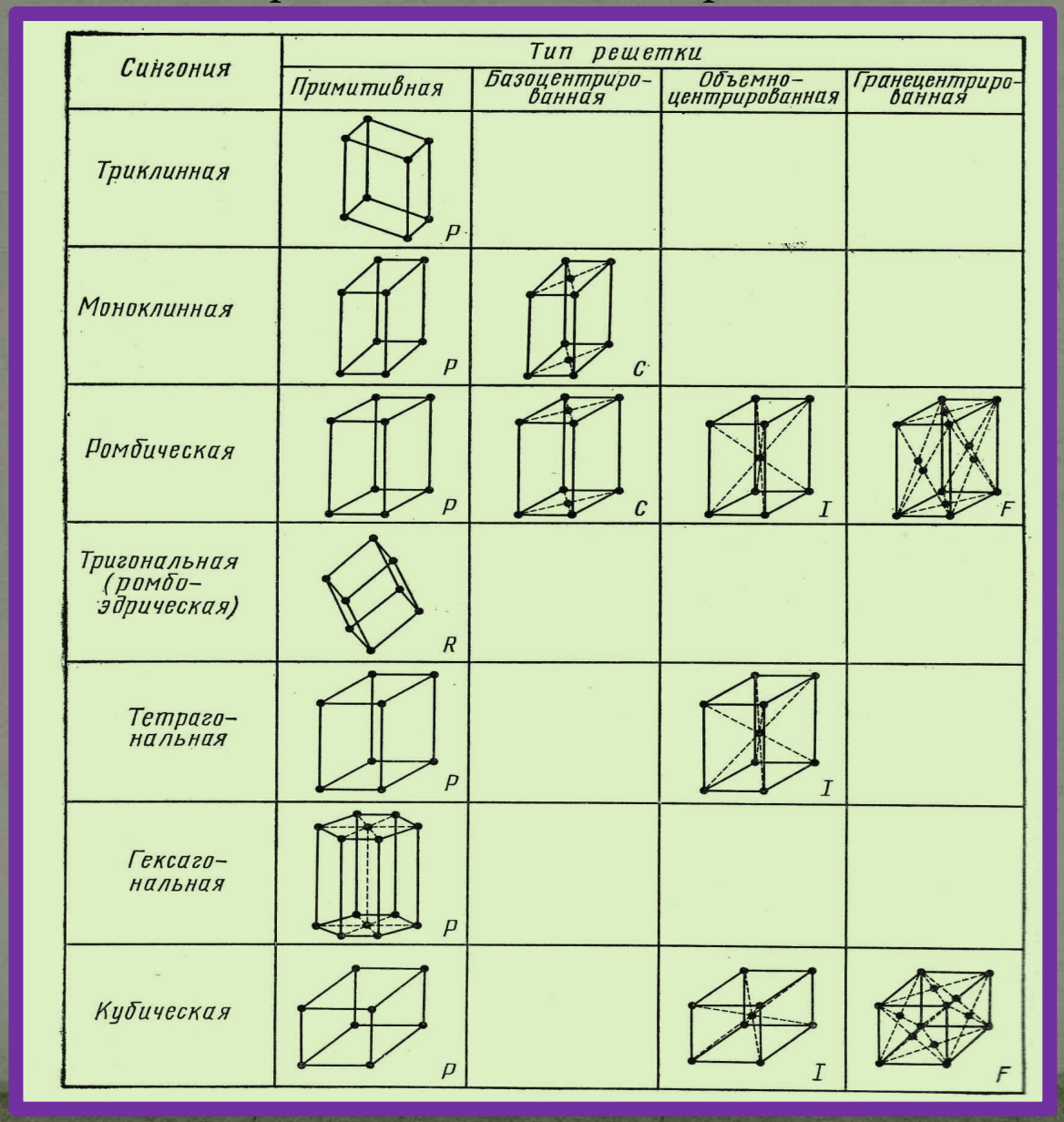
Лекция 1: *металлы их классификация и свойства*

Атомно-кристаллическое строение металлов

Группа симметрии	**Параметры элементарной ячейки**
Триклинная	$\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$, $a \neq b \neq c$
Моноклинная	$\alpha = \beta = 90^\circ \neq \gamma$, $a \neq b \neq c$
Ромбическая	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$, $a \neq b \neq c$
Тригональная	$\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$, $a = b = c$
Тетрагональная	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$, $a = b \neq c$
Гексагональная	$\alpha = \beta = 90^\circ$, $\gamma = 120^\circ$, $a = b \neq c$
Кубическая	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$, $a = b = c$

Лекция 1: *металлы их классификация и свойства*

Атомно-кристаллическое строение металлов



Сингония	Тип решетки			
	Примитивная	Базоцентрированная	Объемно-центрированная	Гранецентрированная
Триклинная	P			
Моноклинная	P	C		
Ромбическая	P	C	I	F
Тригональная (ромбоэдрическая)	R			
Тетрагональная	P		I	
Гексагональная	P			
Кубическая	P		I	F

14 решёток Бравэ

Лекция 1: *металлы их классификация и свойства*

Атомно-кристаллическое строение металлов

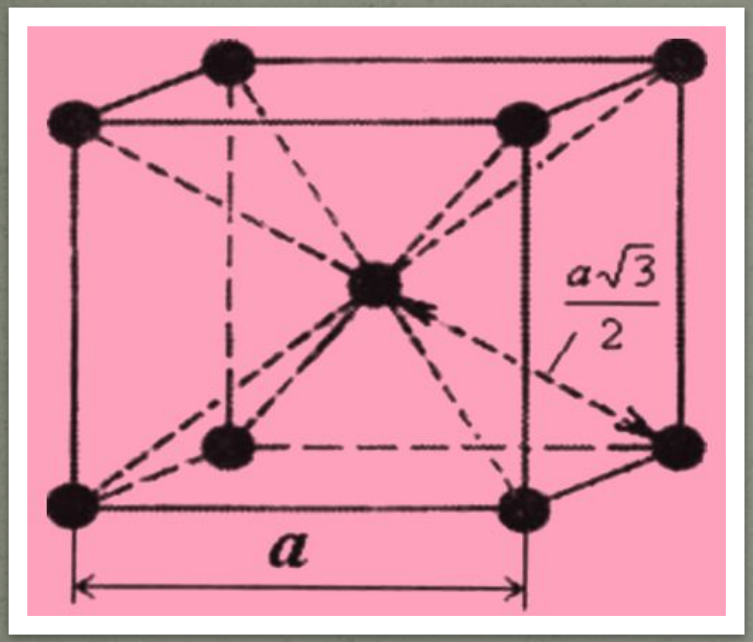
В подавляющем большинстве случаев кристаллические решетки металлов обладают либо ***кубической*****,** либо ***гексагональной*** симметрией**.** Наиболее распространенными среди металлов типами кристаллических решеток являются ***объемноцентрированная кубическая*** **(ОЦК),** ***гранецентрированная кубическая*** **(ГЦК)** и ***гексагональная плотноупакованная*** **(ГПУ).** Международные обозначения BCC **(Body-Centered Cubic), FCC (Face-Centered Cubic), HCP (Hexagonal Close-Packed),** соответственно**.**

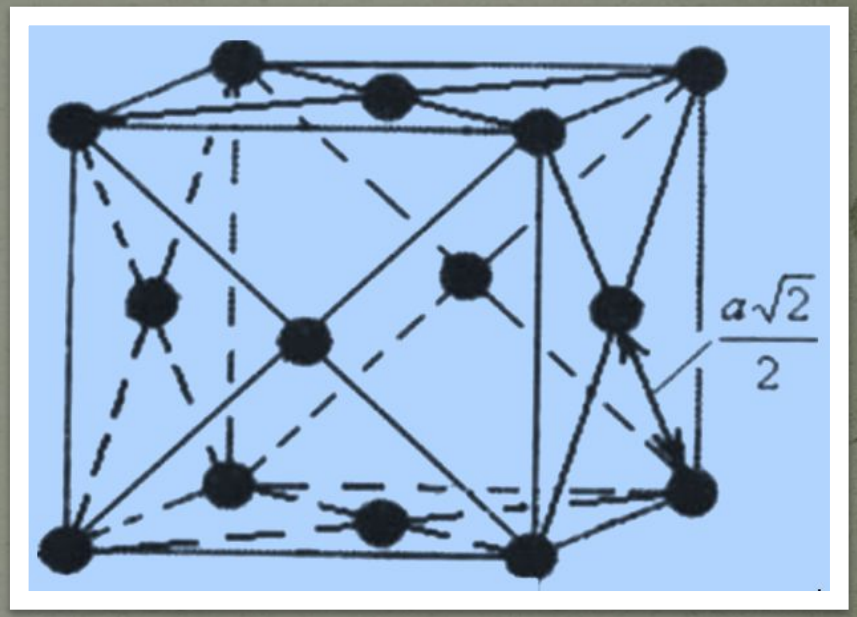
Лекция 1: *металлы их классификация и свойства*

Чистый металл	Структура	Размер элементарной ячейки, нм	
		a	*c*
Алюминий	ГЦК	0,405	
Бериллий	c.p.h.	0,229	0,358
Кадмий	c.p.h.	0,298	0,562
Хром	ОЦК	0,289	
Кобальт	c.p.h.	0,251	0,409
Медь	ГЦК	0,362	
Золото	ГЦК	0,408	
Гафний	c.p.h.	0,320	0,506
Индий	Гранецентрированная тетрагональная		
Иридий	ГЦК	0,384	
Железо	ОЦК	0,287	
Лантан	c.p.h.	0,376	0,606
Свинец	ГЦК	0,495	
Магний	c.p.h.	0,321	0,521
Марганец	Кубическая	0,891	
Молибден	ОЦК	0,315	
Никель	ГЦК	0,352	
Ниобий	ОЦК	0,330	
Палладий	ГЦК	0,389	
Платина	ГЦК	0,392	
Родий	ГЦК	0,380	
Серебро	ГЦК	0,409	
Тантал	ОЦК	0,331	
Таллий	c.p.h.	0,346	0,553
Олово	Объемо-центрированная тетрагональная		
Титан	c.p.h.	0,295	0,468
Вольфрам	ОЦК	0,317	
Ванадий	ОЦК	0,303	
Иттрий	c.p.h.	0,365	0,573
Цинк	c.p.h.	0,267	0,495
Цирконий	c.p.h.	0,323	0,515

Лекция 1: *металлы их классификация и свойства*

Атомно-кристаллическое строение металлов

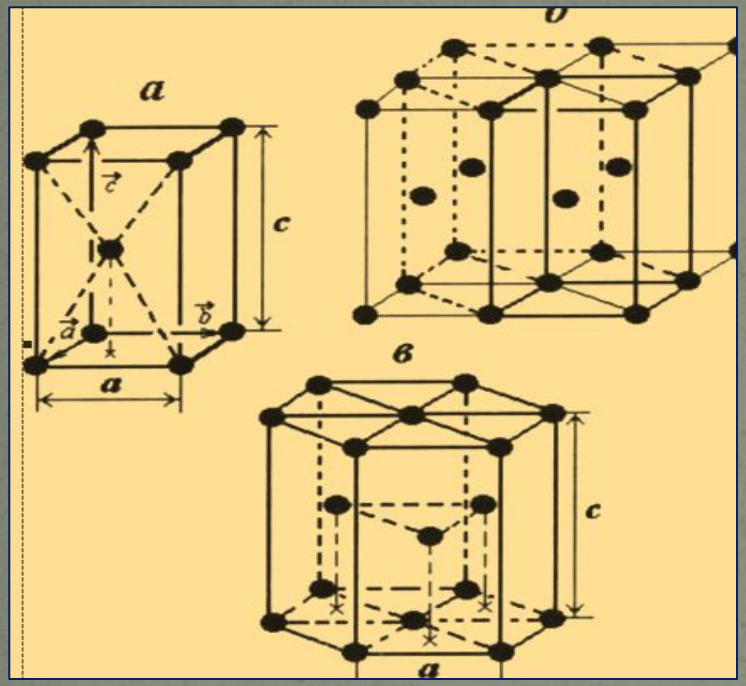




а **б**

Элементарные кристаллические ячейки ОЦК (а) и ГЦК (б)

Лекция 1: *металлы их классификация и свойства*



Кристаллическая решетка ГПУ:
а) элементарная ячейка;
б) соотношение между ромбической и гексагональной ячейками;
в) гексагональная ячейка

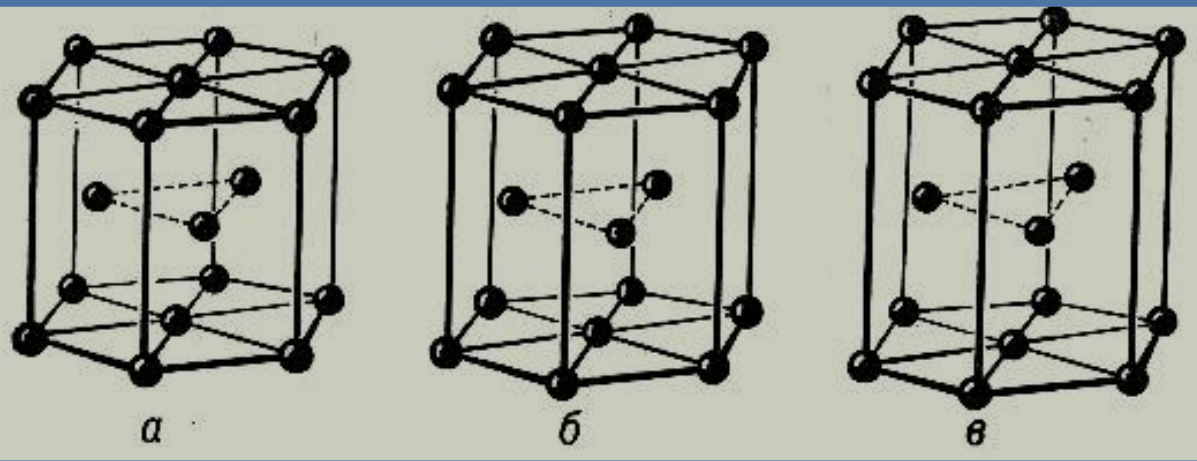


Рис. 60
Отклонение от идеального отношения $c/a = 1{,}633$ в структурах некоторых металлов
а — Be, $c/a = 1{,}57$;
б — идеальная решетка;
в — Cd, $c/a = 1{,}89$

Лекция 1: *металлы их классификация и свойства*

Атомно-кристаллическое строение металлов

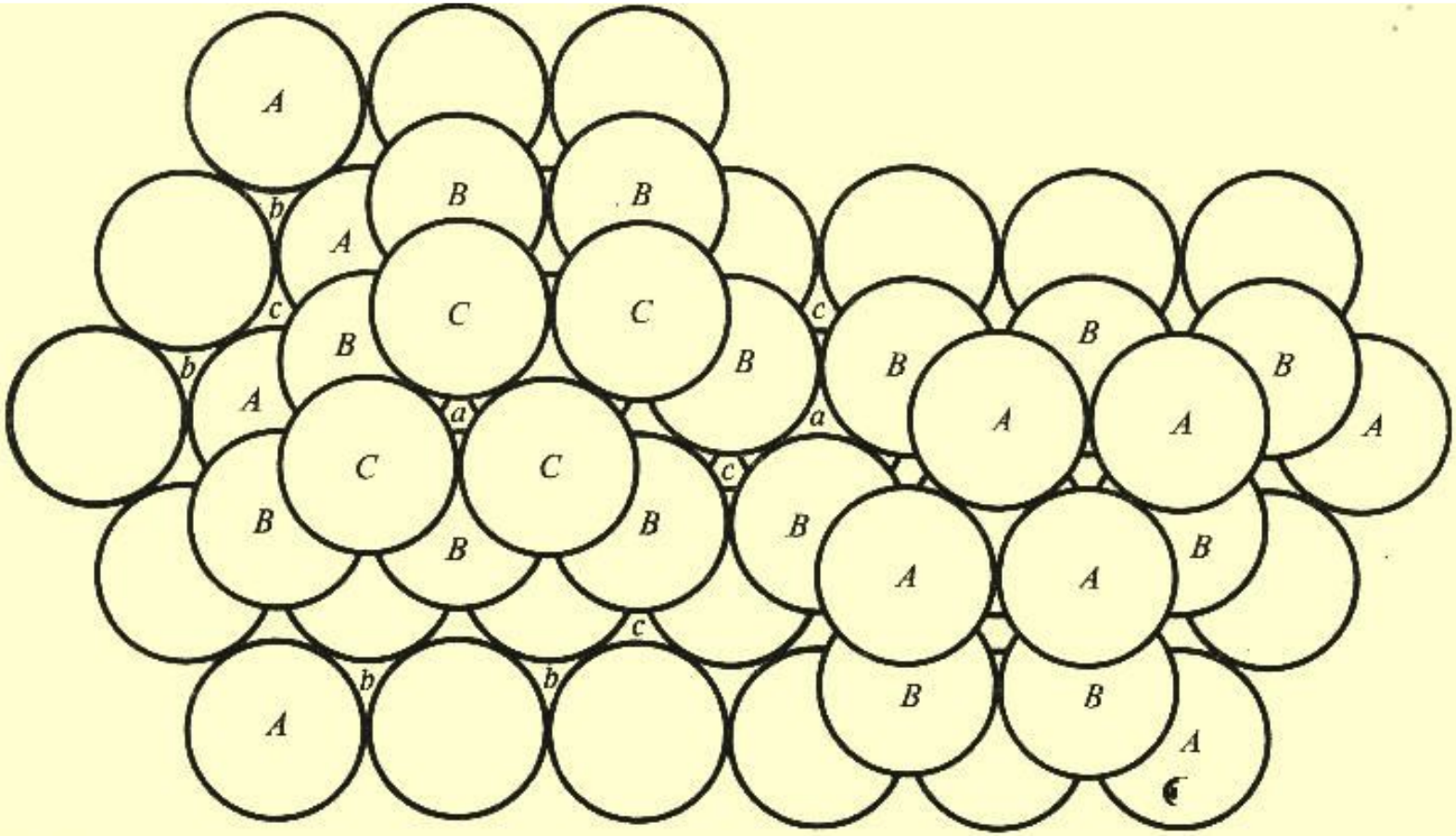
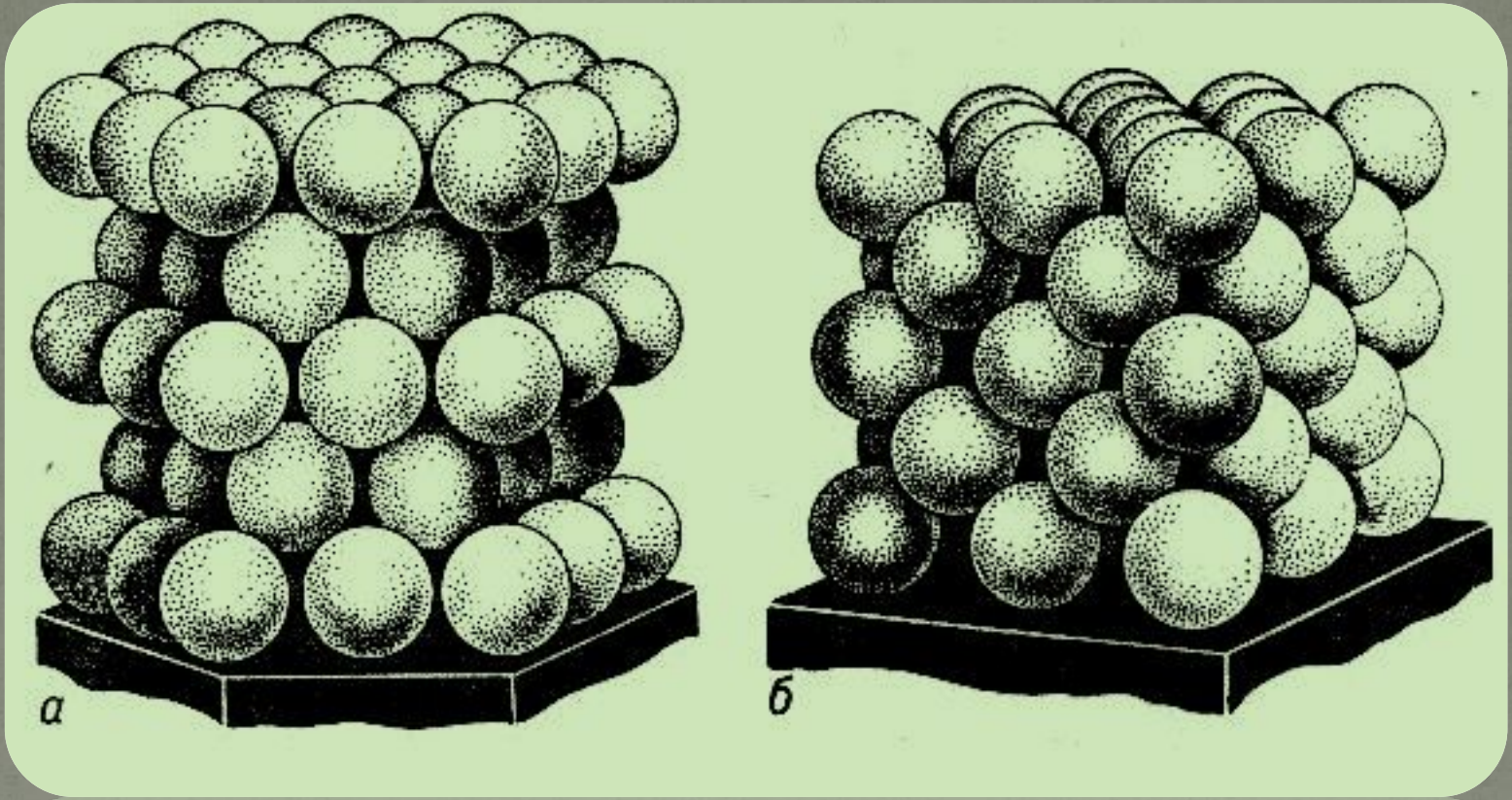


Рис. 56

Два основных варианта образования трехмерной плотнейшей упаковки шаров из слоев типа A, B, C, укладывающихся на промежутки нижнего слоя a, b, c: ABC (слева) и ABA (справа)

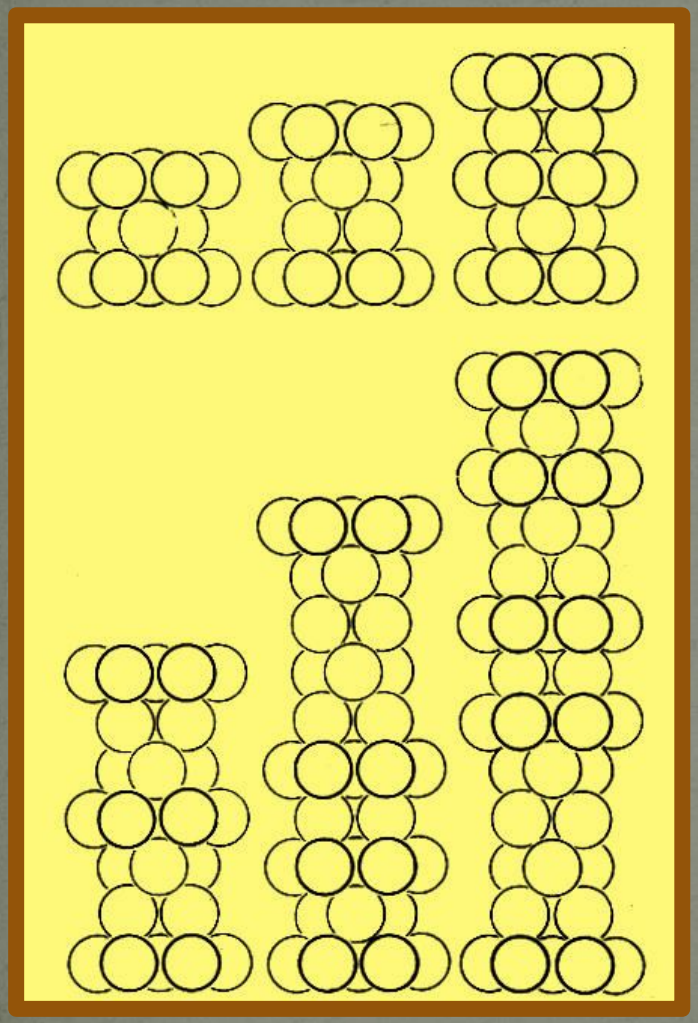
Лекция 1: *металлы их классификация и свойства*

Атомно-кристаллическое строение металлов



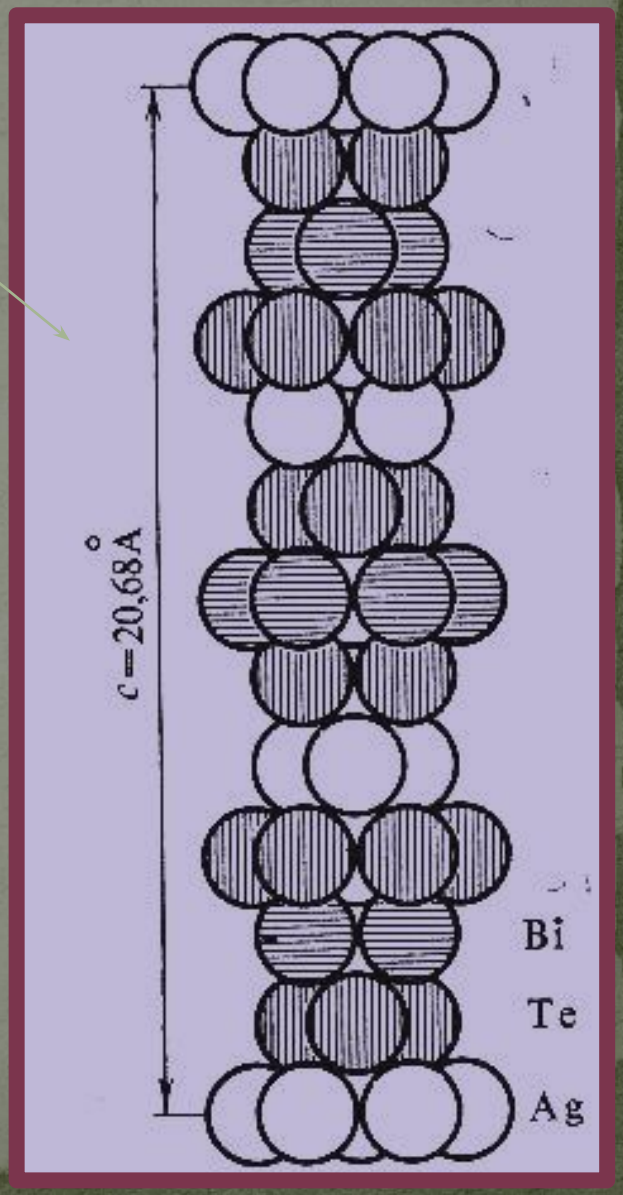
Гексагональная (а) и кубическая (б) плотнейшие упаковки

Лекция 1: *металлы их классификация и свойства*



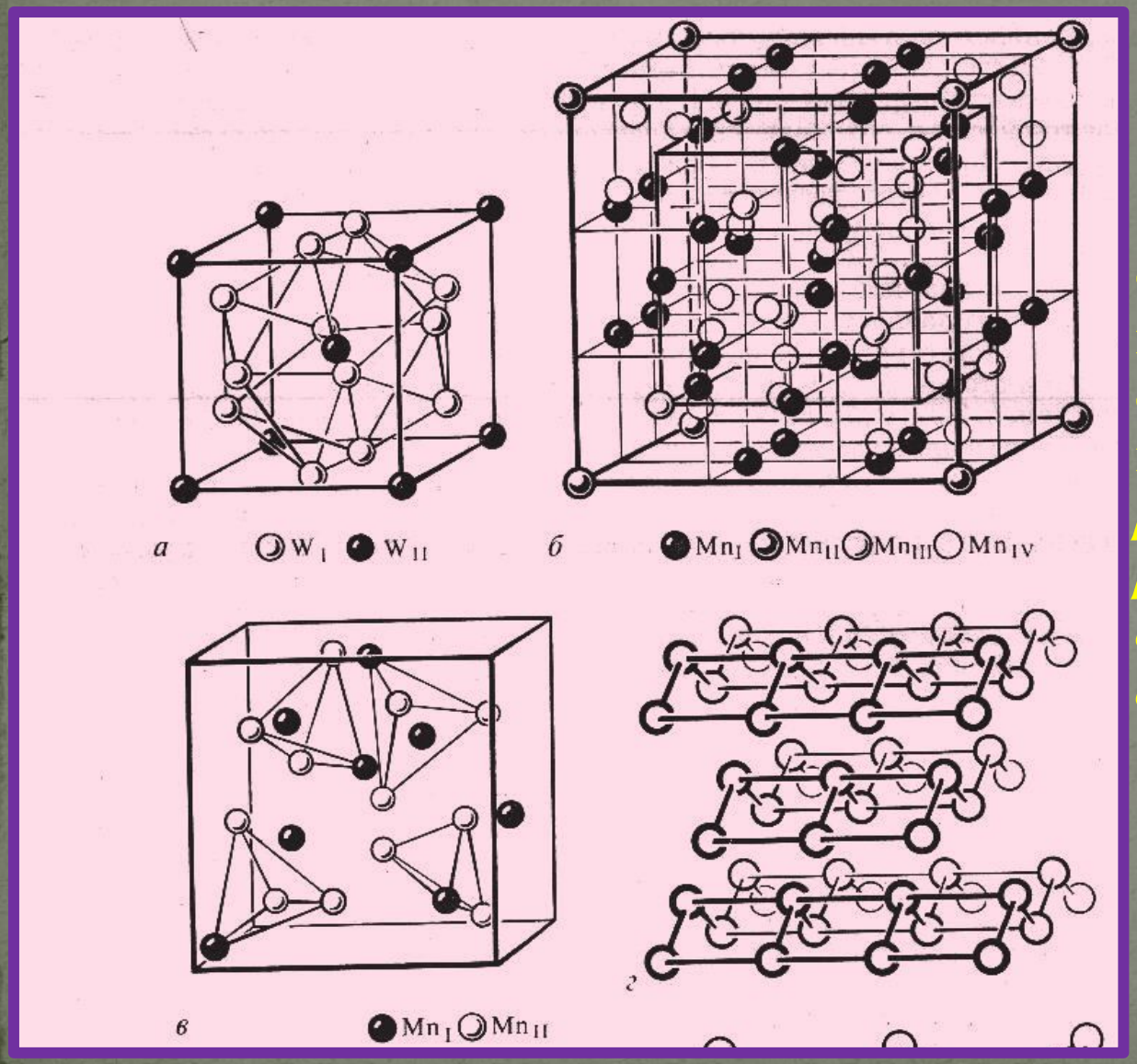
Некоторые плотнейшие упаковки различной слойности: 2,3,4,6,9,12

Структура AgBiTe2



Лекция 1: *металлы их классификация и свойства*

Атомно-кристаллическое строение металлов



Структура некоторых металлов со сложной координацией:
β **-вольфрам,**
β**- марганец,**
α**- марганец,**
α **-уран**

Лекция 1: *металлы их классификация и свойства*

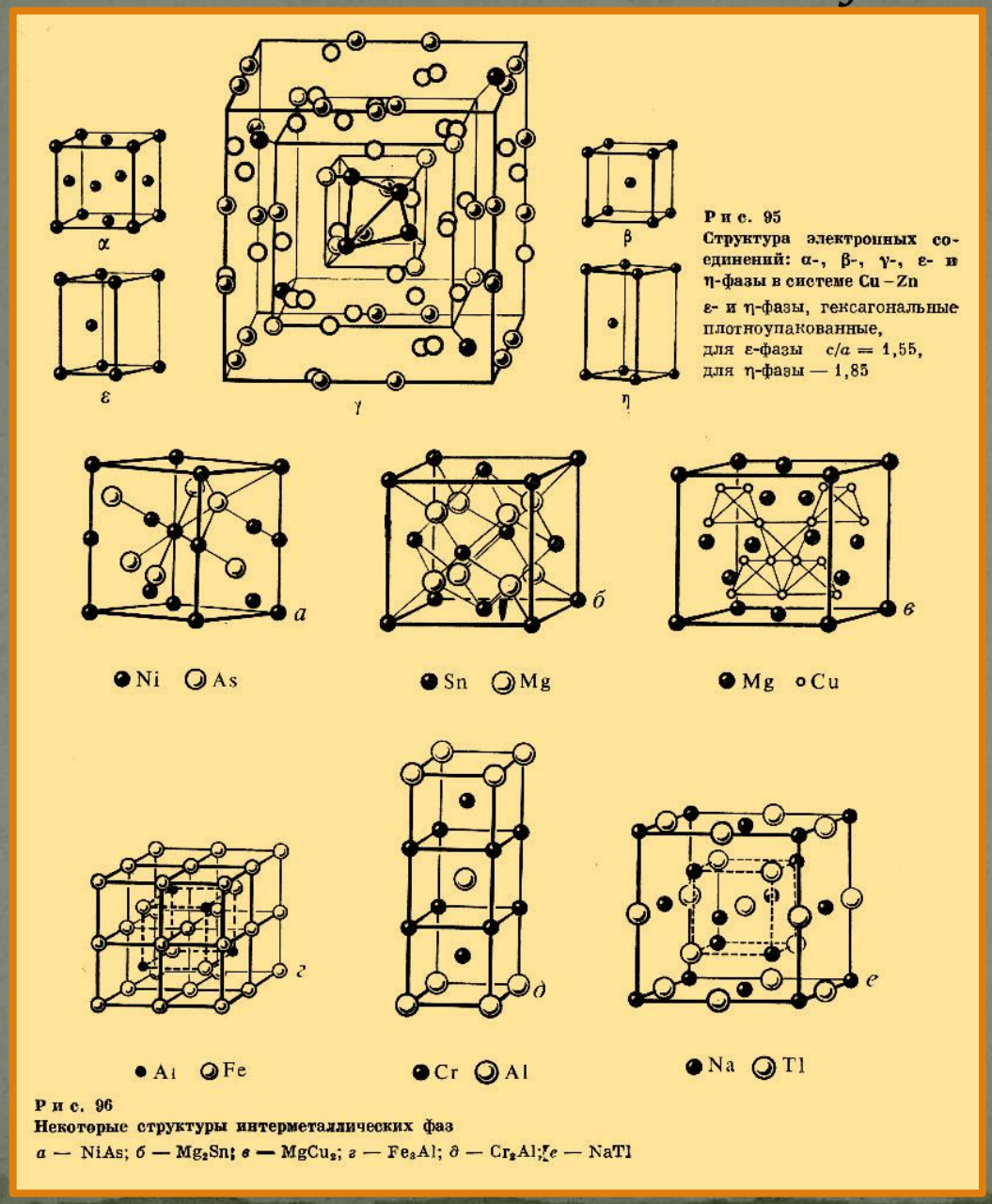


Рис. 95
Структура электронных соединений: α-, β-, γ-, ε- и η-фазы в системе Cu – Zn
ε- и η-фазы, гексагональные плотноупакованные, для ε-фазы $c/a = 1{,}55$, для η-фазы — 1,85

Рис. 96
Некоторые структуры интерметаллических фаз
а — NiAs; *б* — Mg_2Sn; *в* — $MgCu_2$; *г* — Fe_3Al; *д* — Cr_2Al; *е* — NaTl

Структура некоторых металлических фаз

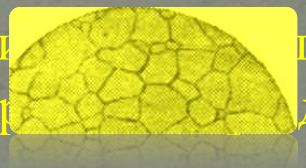
Лекция 1: *металлы их классификация и свойства*

Поликристаллическое строение и полиморфные модификации металлов

Анизотропия **-** неодинаковость механических**,** физических или любых других свойств кристалла в зависимости от кристаллографического направления**.**

Реальные технические металлы являются веществами ***поликристаллическими:*** они состоят из множества мелких анизотропных кристаллов**,** которые ориентированы друг относительно друга случайным образом**.** Поэтому свойства металла как бы усредняются и в результате практически не зависят от направления**.** В этом смысле поликристаллические металлы ***квази-***или ***псевдоизотропны.***

Металлические кристаллы в составе поликристалл[illegible]териала называют ***кристаллитами*** или ***зернами,*** а повер[illegible]дела **-** ***границами зерен.***



Поликристаллическое строение и полиморфные модификации металлов

Существование одного металла в различных кристаллических формах при разных температурах называют ***полиморфизмом*** или ***аллотропией***, а
процесс перехода металла из одного кристаллического состояния в другое называют ***полиморфным (аллотропическим) превращением***.

T1 < T2 < T3

α β γ δ

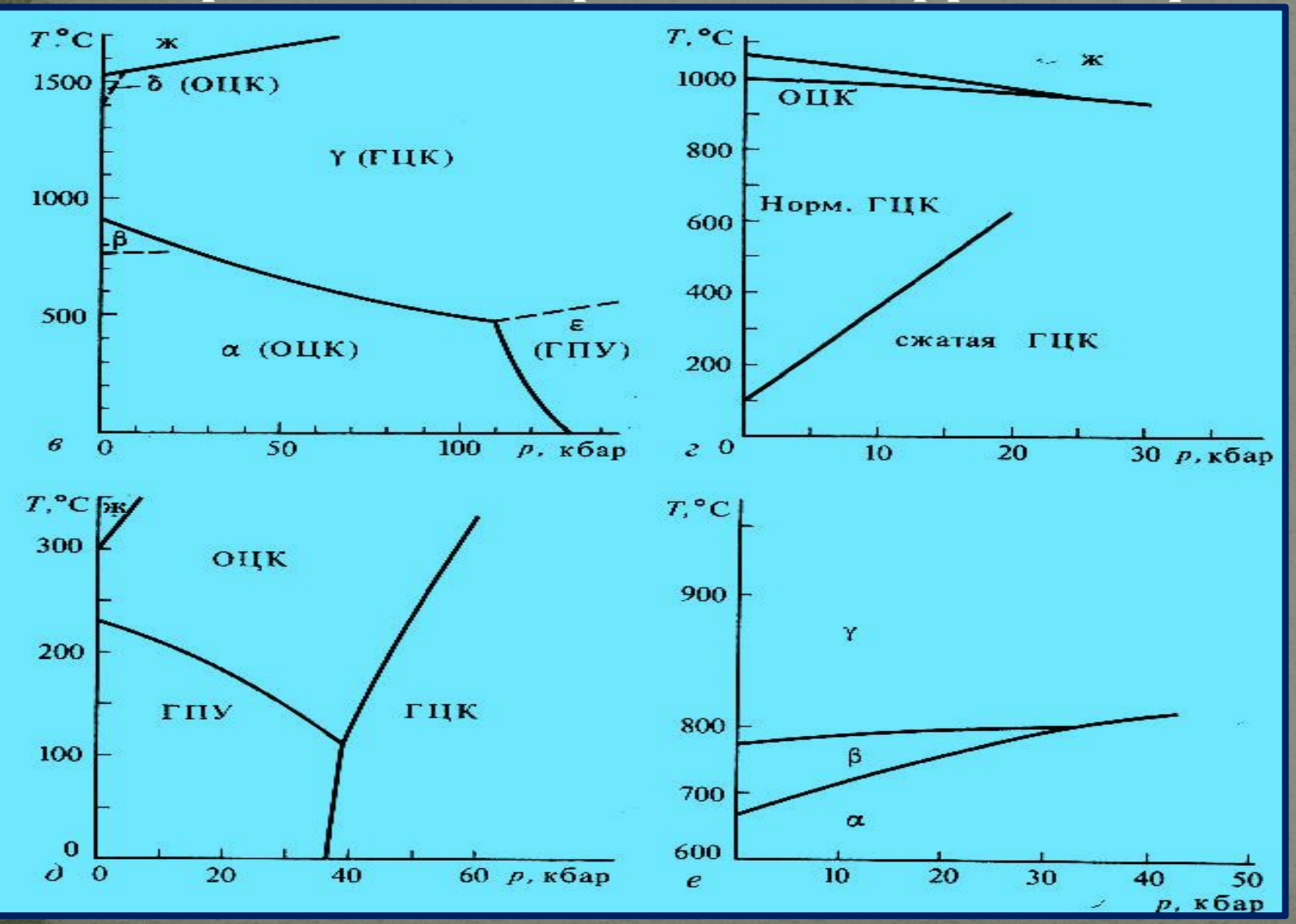
Изоморфизм – однотипность структуры химически разнородных веществ с возможностью образования между ними твёрдых растворов.

Политипия – изменение типа плотнейшей упаковки без изменения координационного числа.

Лекция 1: *металлы их классификация и свойства*

Атомно-кристаллическое строение металлов

Поликристаллическое строение и полиморфные модификации металлов

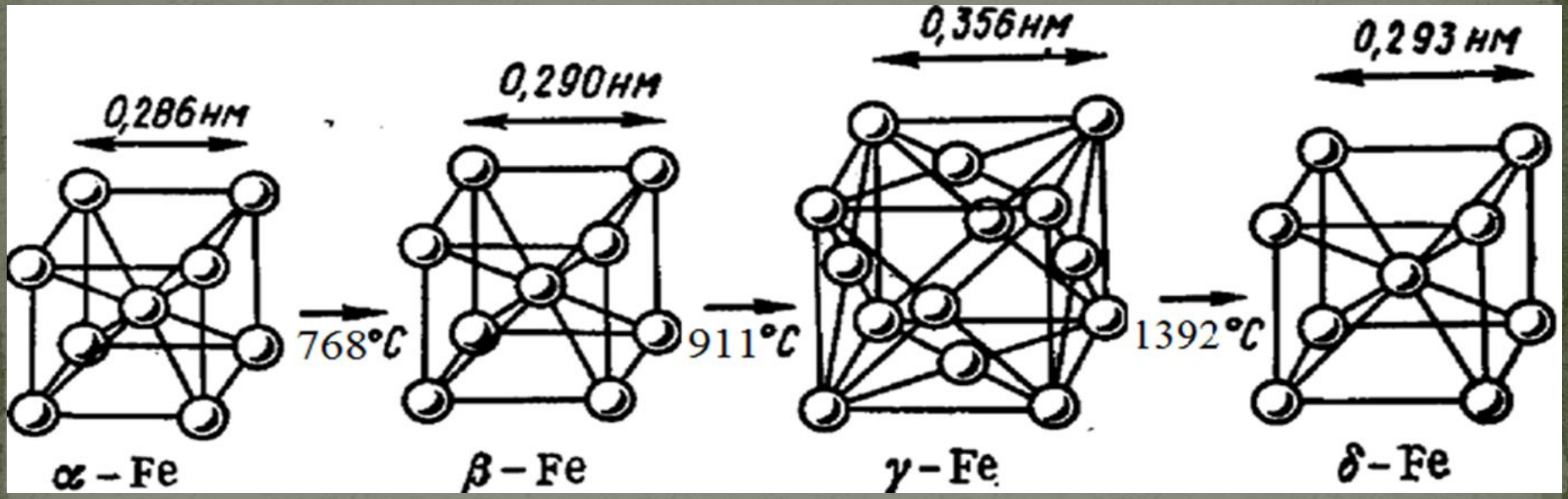


***P-T* – диаграммы:**
***в*-железо,**
***г*-церий,**
***д*-таллий,**
***е*-уран**

Лекция 1: *металлы их классификация и свойства*

Атомно-кристаллическое строение металлов

Поликристаллическое строение и полиморфные модификации металлов



Полиморфные превращения в железе

Лекция 1: *металлы их классификация и свойства*

Атомно-кристаллическое строение металлов

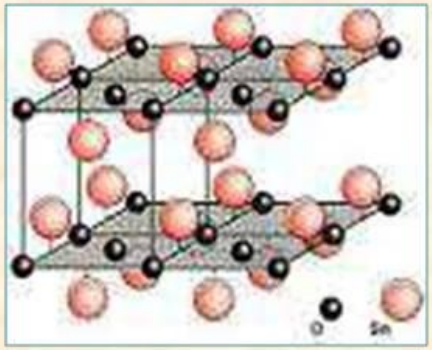
Поликристаллическое строение и полиморфные модификации металлов

«Оловянная чума»

При $t^0 = -33^0C$
скорость максимальна

Белое олово
устойчиво при $t^0 > 13^0C$

Серое олово
устойчиво при $t^0 < 13^0C$



Лекция 1: *металлы их классификация и свойства*

Атомно-кристаллическое строение металлов

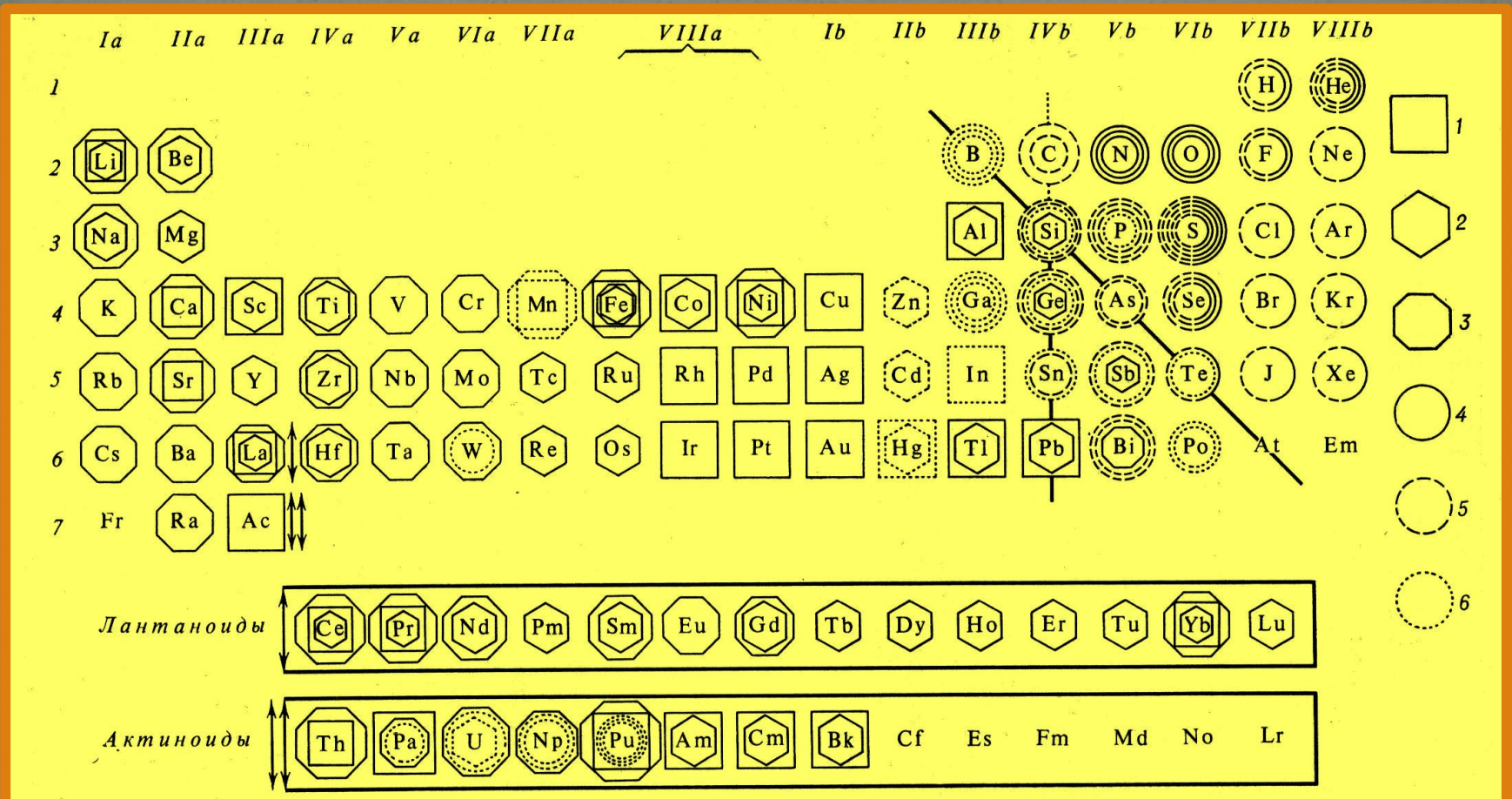


Рис. 85
Структуры простых веществ, расположенные согласно периодической системе

Структуры показаны символами:
1 — кубическая плотная упаковка; *2* — гексагональная плотная упаковка; *3* — объемноцентрированная кубическая упаковка; *4* — молекулярная структура; *5* — структура с координационным числом, равным *8* — *N*; *6* — прочие структуры. Если у вещества имеется несколько модификаций, то переход от наружного символа к внутреннему соответствует переходу от высокотемпературной модификации к низкотемпературной и далее к модификации, существующей при высоких давлениях. Некоторые малоизученные модификации не показаны

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»

ИЯФИТ
Кафедра №

Реферат на тему:

«Каучуки и резины »

Студент:

Группа:

Преподаватель: Севрюков О.Н.

Москва 2019г.