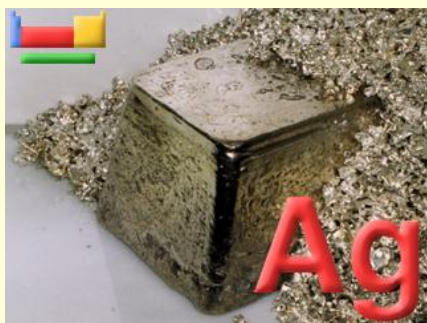
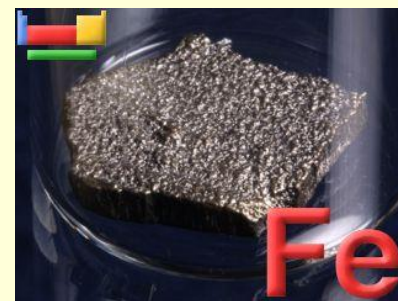


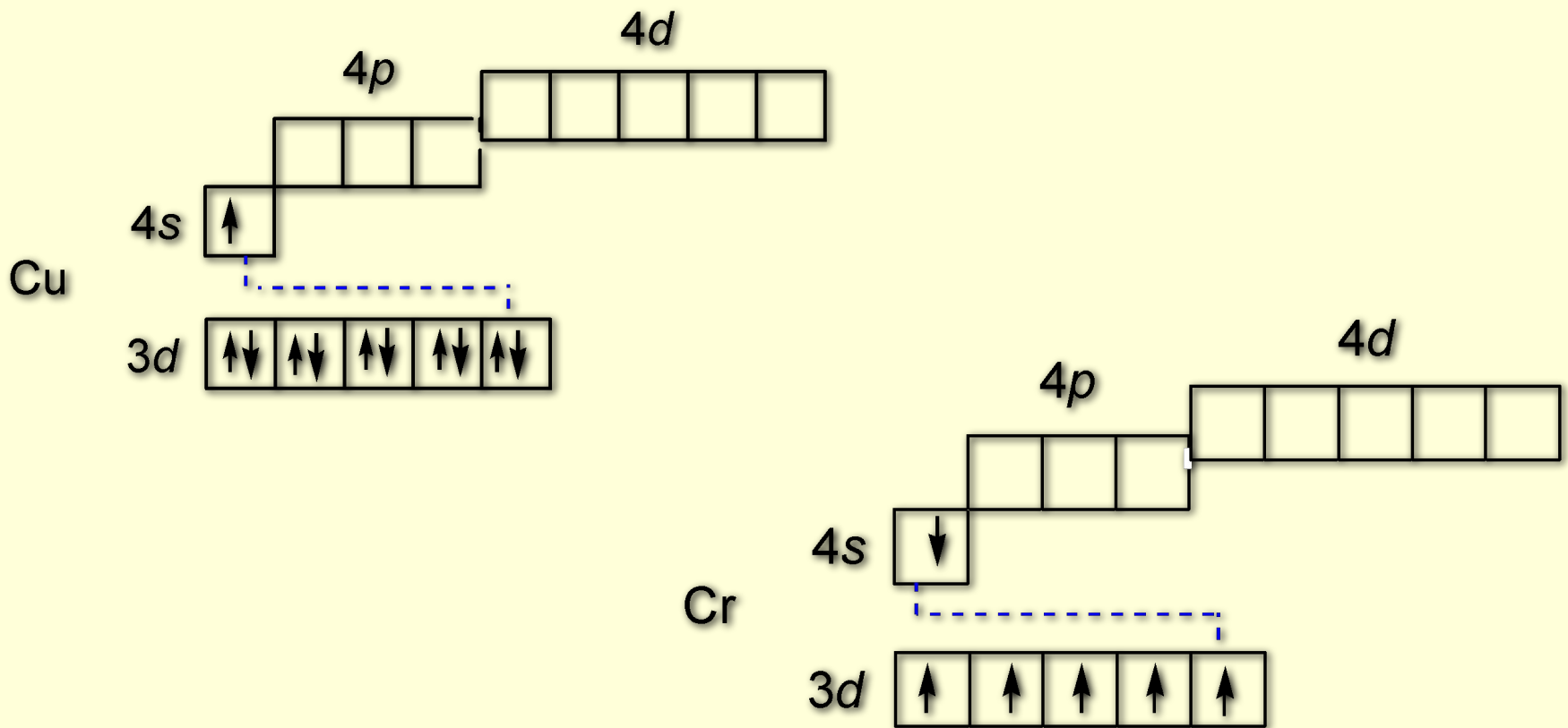
Некоторые *d*-элементы



IA	IIA	IIIB	IVB	VB	VIB	VIIIB	VIIIIB	IB	IIB	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA		
H															He		
Li	Be										B	C	N	O	F	Ne	
Na	Mg										Al	Si	P	S	Cl	Ar	
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg							

Провал электронов

Cr, Cu, Nb, Mo, Ru, Rh, Ag, Pt, Au



d-ЭЛЕМЕНТЫ

Sc $3d^1$ $4s^2$	Ti $3d^2$ $4s^2$	V $3d^3$ $4s^2$	Cr $3d^5$ $4s^1$	Mn $3d^5$ $4s^2$	Fe $3d^6$ $4s^2$	Co $3d^7$ $4s^2$	Ni $3d^8$ $4s^2$	Cu $3d^{10}$ $4s^1$	Zn $3d^{10}$ $4s^2$
Y $4d^1$ $5s^2$	Zr $4d^2$ $5s^2$	Nb $4d^4$ $5s^1$	Mo $4d^5$ $5s^1$	Tc $4d^5$ $5s^2$	Ru $4d^7$ $5s^1$	Rh $4d^8$ $5s^1$	Pd $4d^{10}$ $5s^0$	Ag $4d^{10}$ $5s^1$	Cd $4d^{10}$ $5s^2$
La $5d^1$ $6s^2$	Hf $5d^2$ $6s^2$	Ta $5d^3$ $6s^2$	W $5d^4$ $6s^2$	Re $5d^5$ $6s^2$	Os $5d^6$ $6s^2$	Ir $5d^7$ $6s^2$	Pt $5d^9$ $6s^1$	Au $5d^{10}$ $6s^1$	Hg $5d^{10}$ $6s^2$
Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	

Распространение в природе

Элемент	Содержание в земной коре, %	Минералы
Cr	0,01	Хромит $\text{Fe}(\text{CrO}_2)_2$
Mn	0,095	Пиролюзит MnO_2 Родохрозит MnCO_3
Fe	4,1	Магнитный железняк Fe_3O_4 Бурый железняк $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$
Cu	0,005	Халькопирит CuFeS_2 Халькозин Cu_2S Куприт Cu_2O Малахит $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$
Zn	0,0075	Сфалерит ZnS
Ag	0,000007	Аргентит Ag_2S
Hg	0,000005	Киноварь HgS

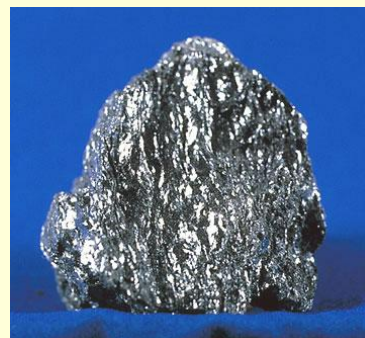
Минералы



Лимонит
 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$



Магнетит
 Fe_3O_4



Гематит
 Fe_2O_3



Пирит
 FeS_2



Смитсонит
 ZnCO_3



Сфалерит
 ZnS



Минералы



Малахит
 $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$



Крокоит
 PbCrO_4



Хромит
 $(\text{Fe}, \text{Cr}_2)\text{O}_4$

Минералы



Киноварь
 HgS



Пиролюзит
 MnO_2

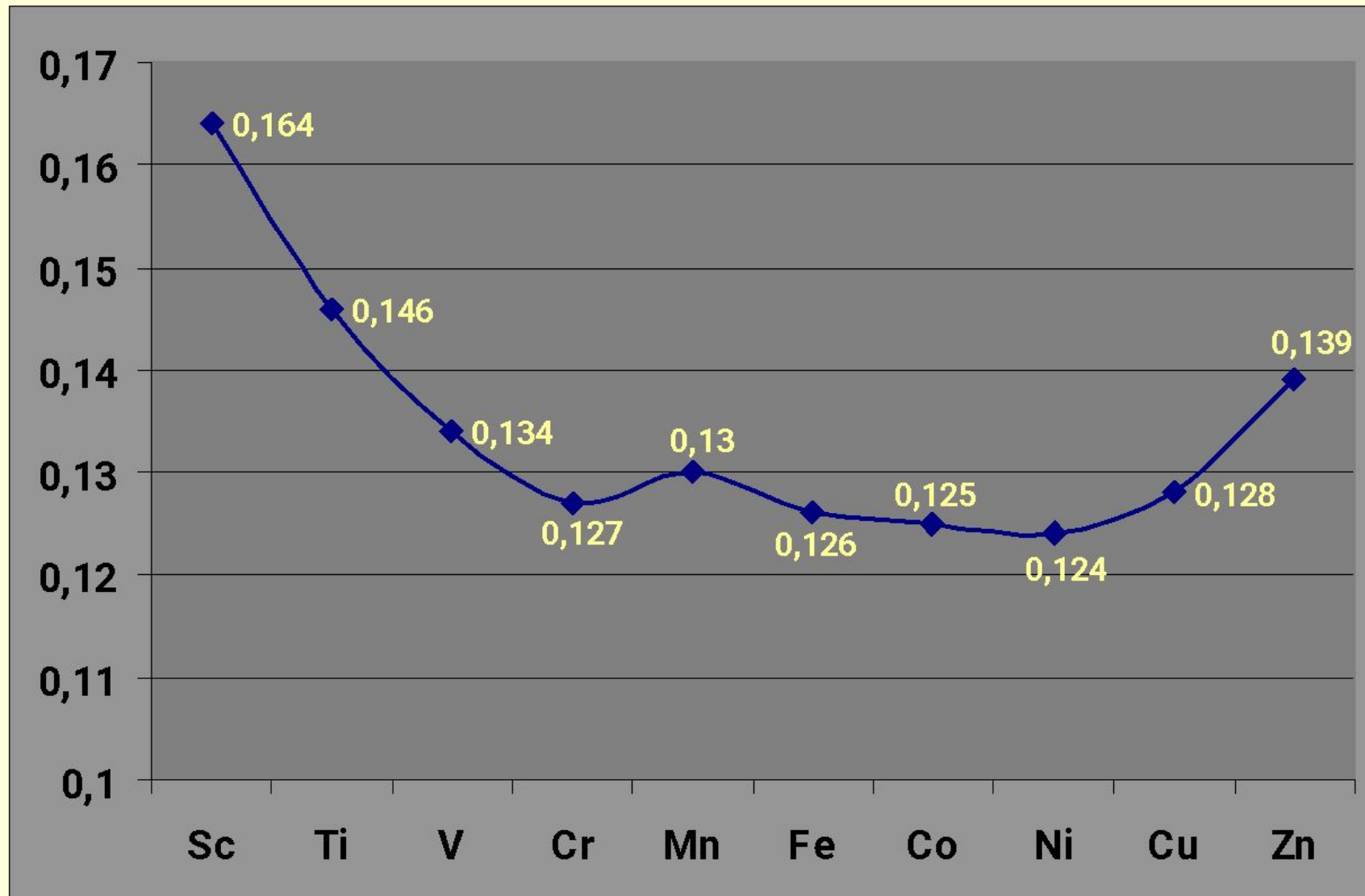


Серебро
 Ag

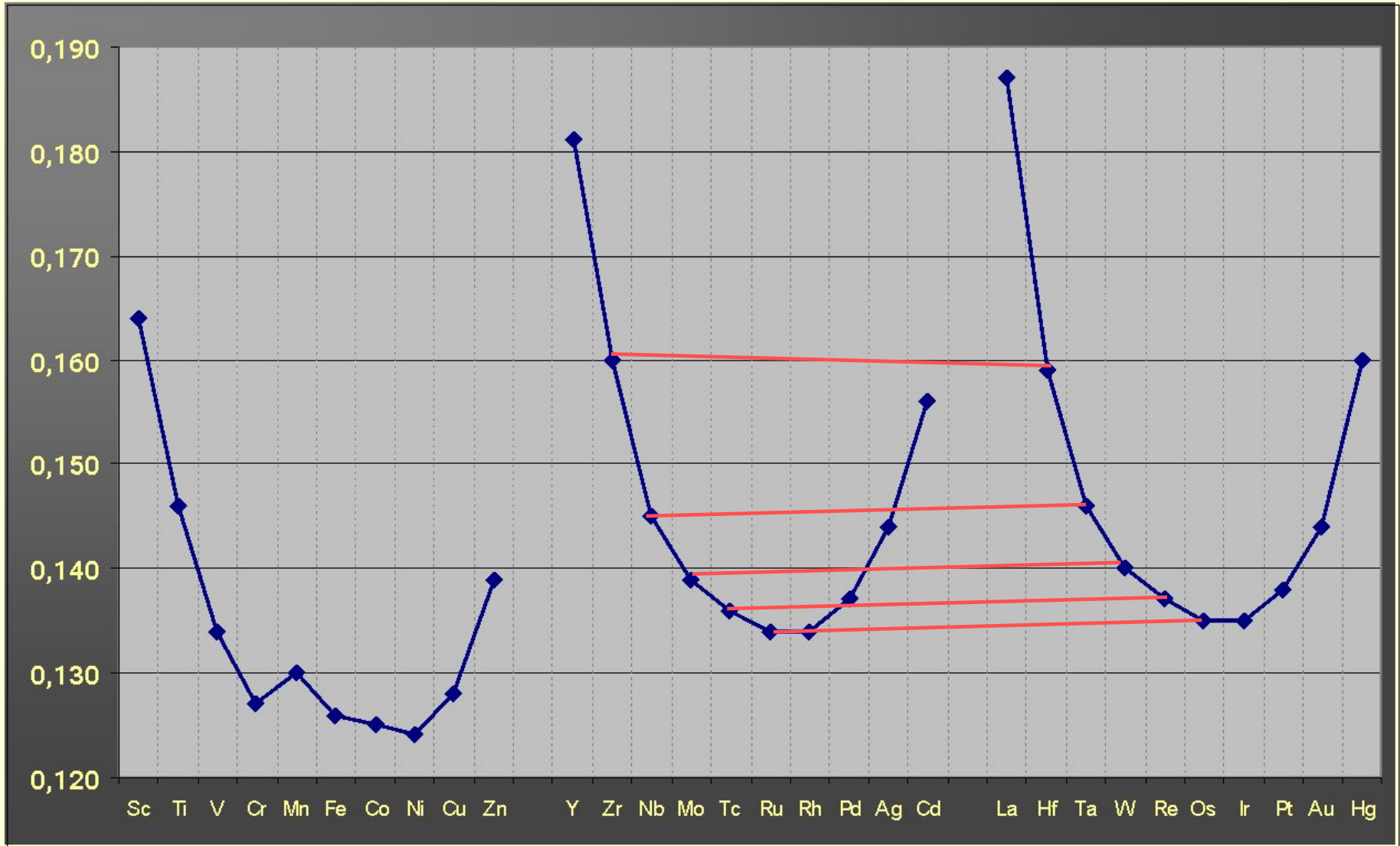
Параметры d-элементов

Элемент	Радиус атома, <i>нм</i>	Энергия ионизации, кДж/моль	ЭО по Полингу	Электронная конфигурация валентного слоя атомов
Cr	0,127	652,7	1,66	$3d^5 4s^1$
Mn	0,130	717,4	1,55	$3d^5 4s^2$
Fe	0,126	759,3	1,83	$3d^6 4s^2$
Cu	0,128	754,4	1,90	$3d^{10} 4s^1$
Zn	0,139	906,4	1,65	$3d^{10} 4s^2$
Ag	0,144	731,0	1,93	$4d^{10} 5s^1$

Радиусы атомов

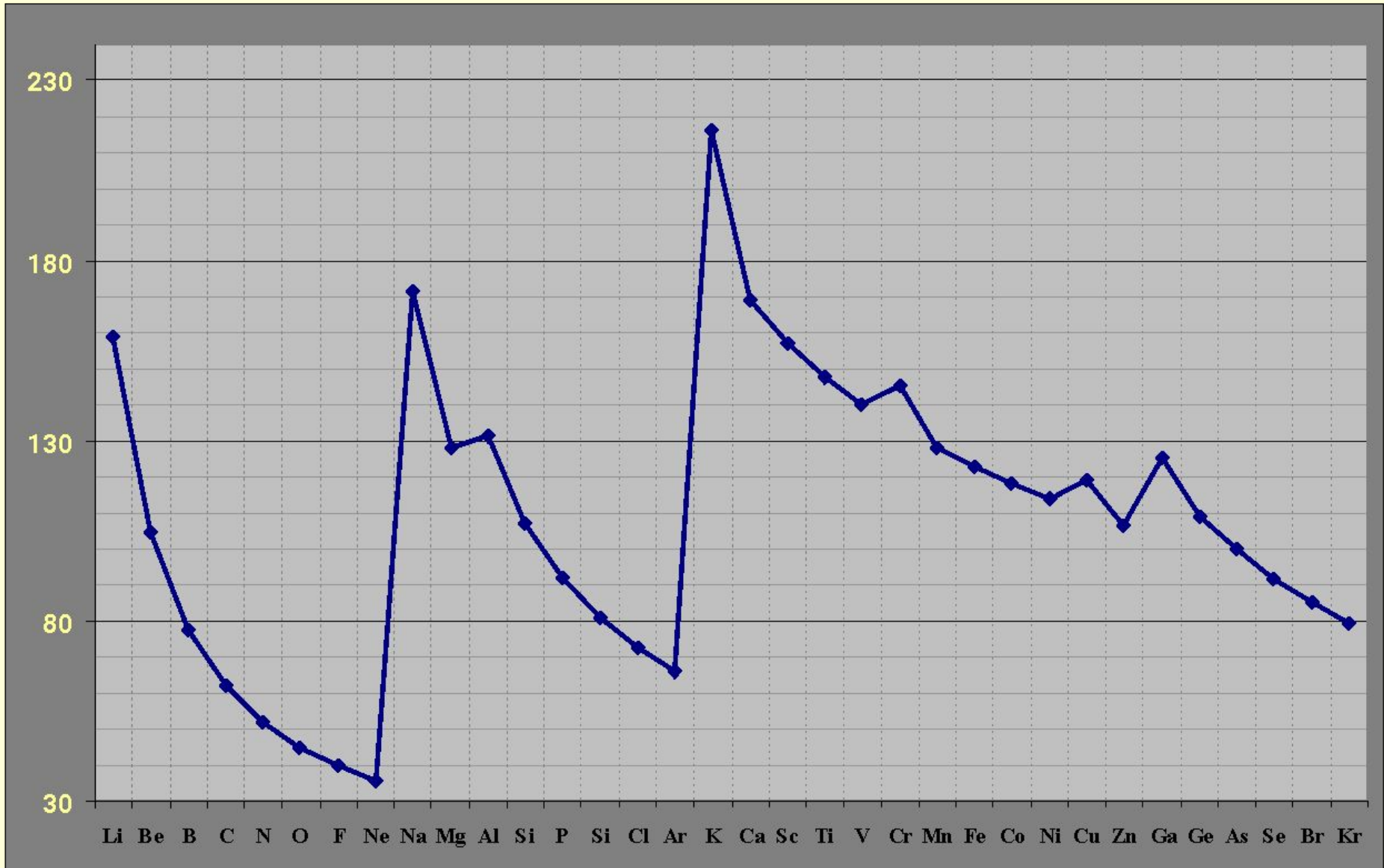


Радиусы атомов, нм

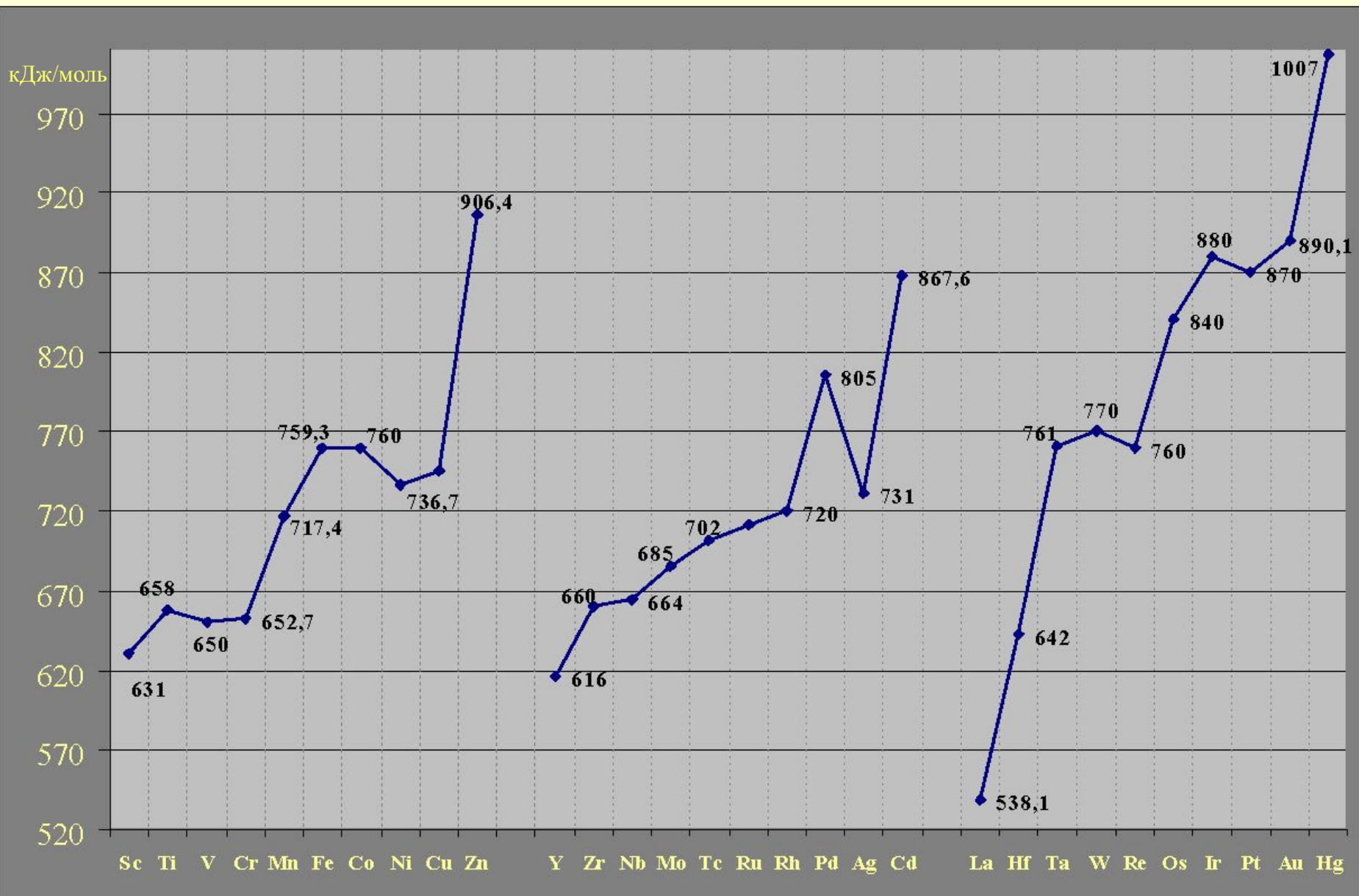


Лантаноидное *f*-сжатие

Орбитальные радиусы атомов, пм



Энергия ионизации. Первый потенциал ионизации



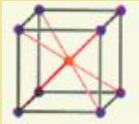


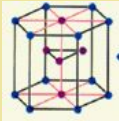
Энергия ионизации. Второй потенциал ионизации

кДж/моль

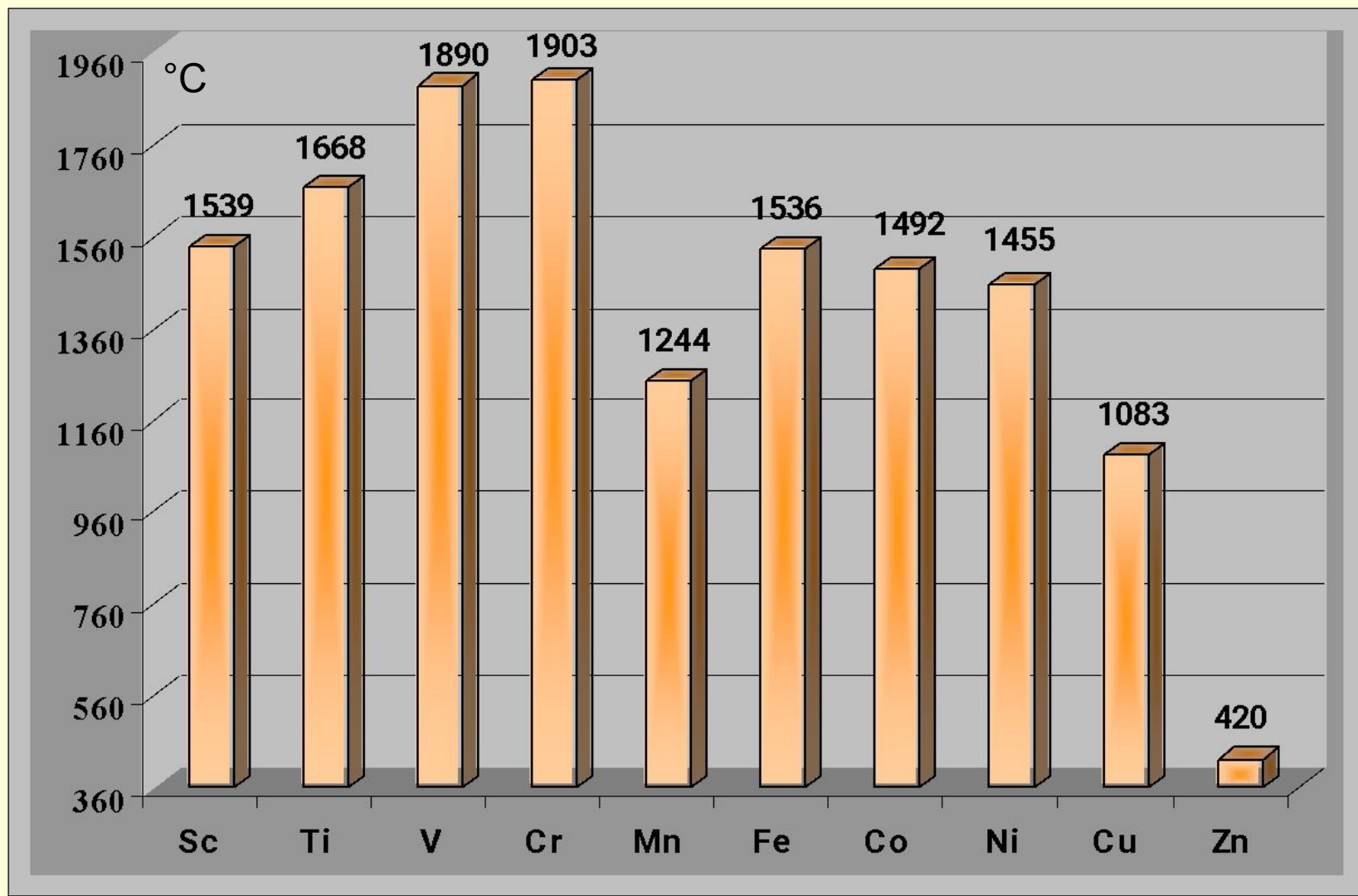


	Cu	Zn
Энергия атомизации, кДж/моль	339, 0	130,5
Энергия ионизации, $Me \rightarrow Me^{2+}$ кДж/моль	1351	1315
Энергия гидратации иона Me^{2+} , кДж/моль	2129,6	2075,3

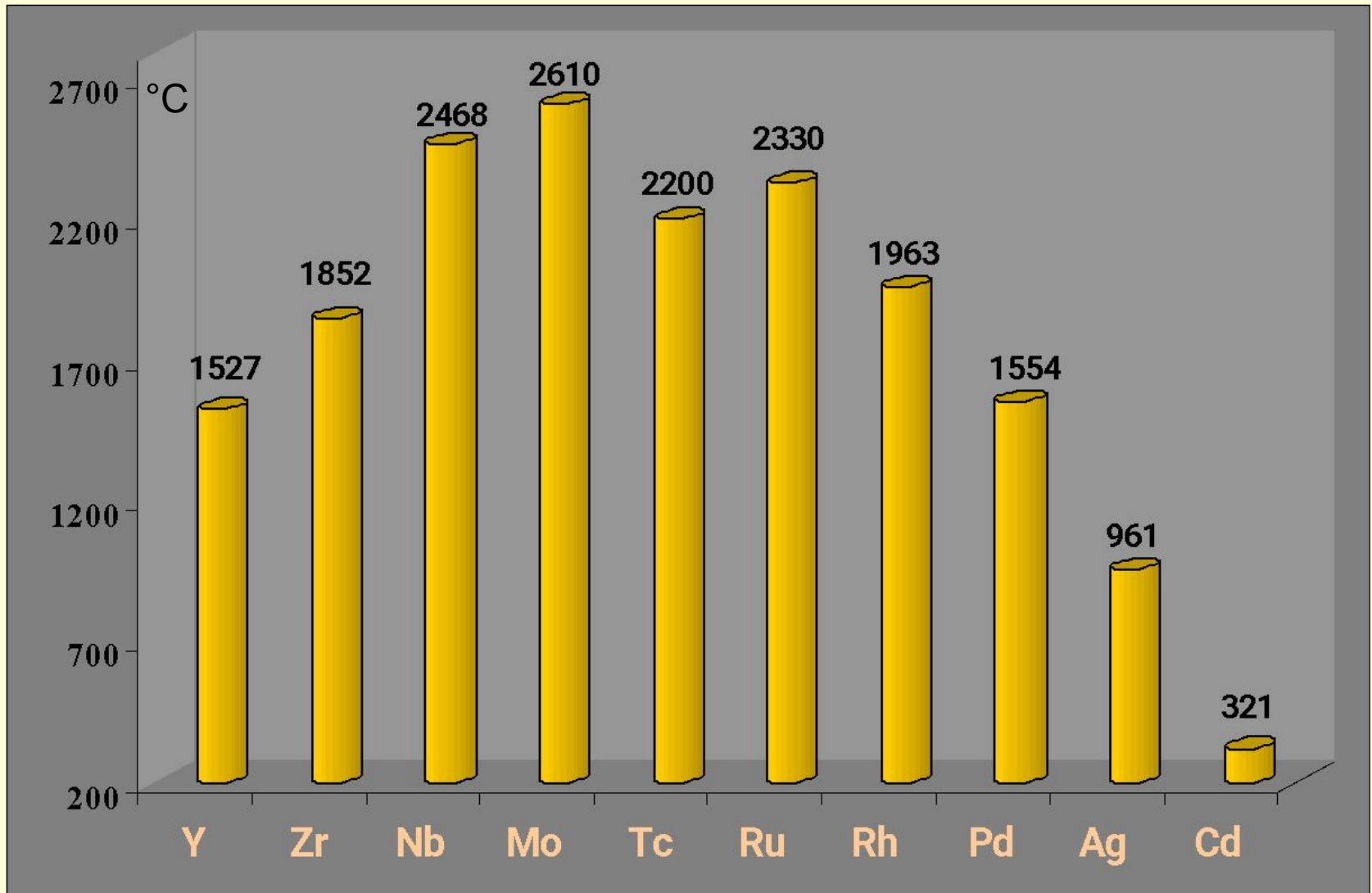
Некоторые физические и химические меди, серебра, хрома и марганца

Металл	Тип кристаллической решетки	Температура плавления, °С	Температура кипения, °С	Плотность, г/см ³	Стандартный электродный потенциал, М/М ²⁺ , В
Cr		1890	2680	7,19	- 0,85
Mn	Сложная	1245	2080	7,4	- 1,179
Cu		1084	2540	8,9	0,34
Ag		962	2170	10,5	0,799 (Ag/Ag⁺)
Zn		419,6	907	7,13	-0,76

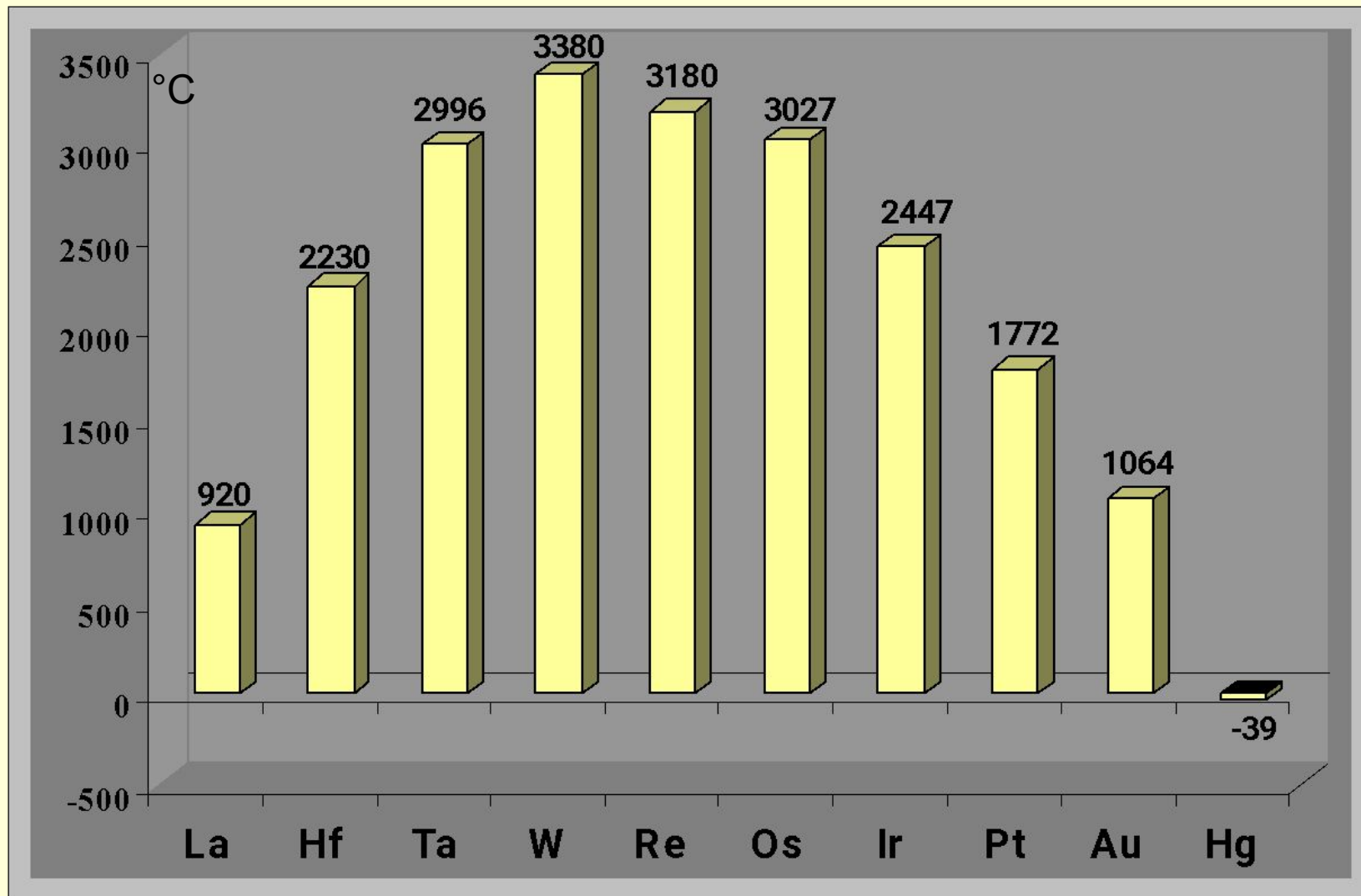
Температуры плавления 3d



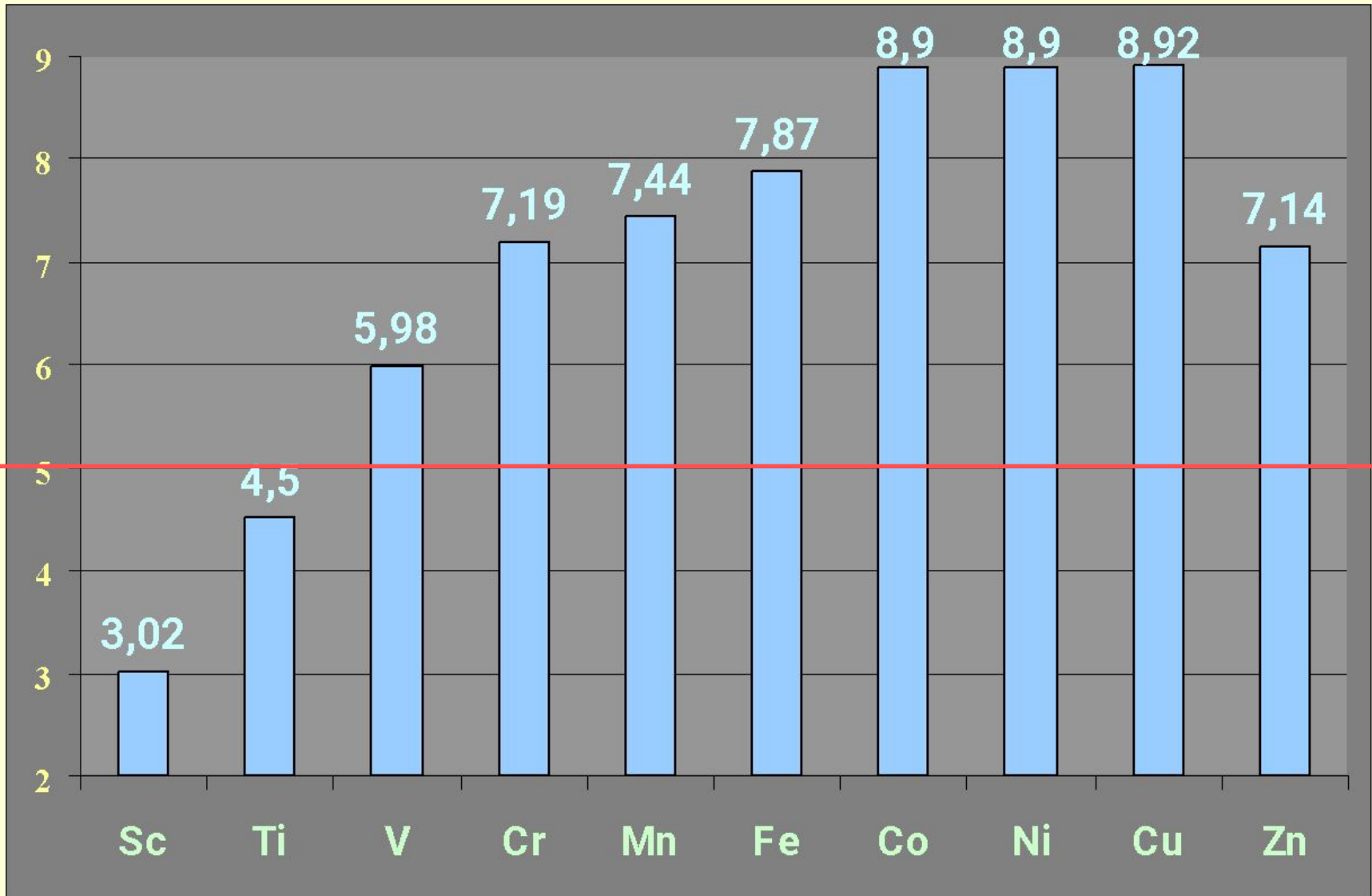
Температуры плавления 4d



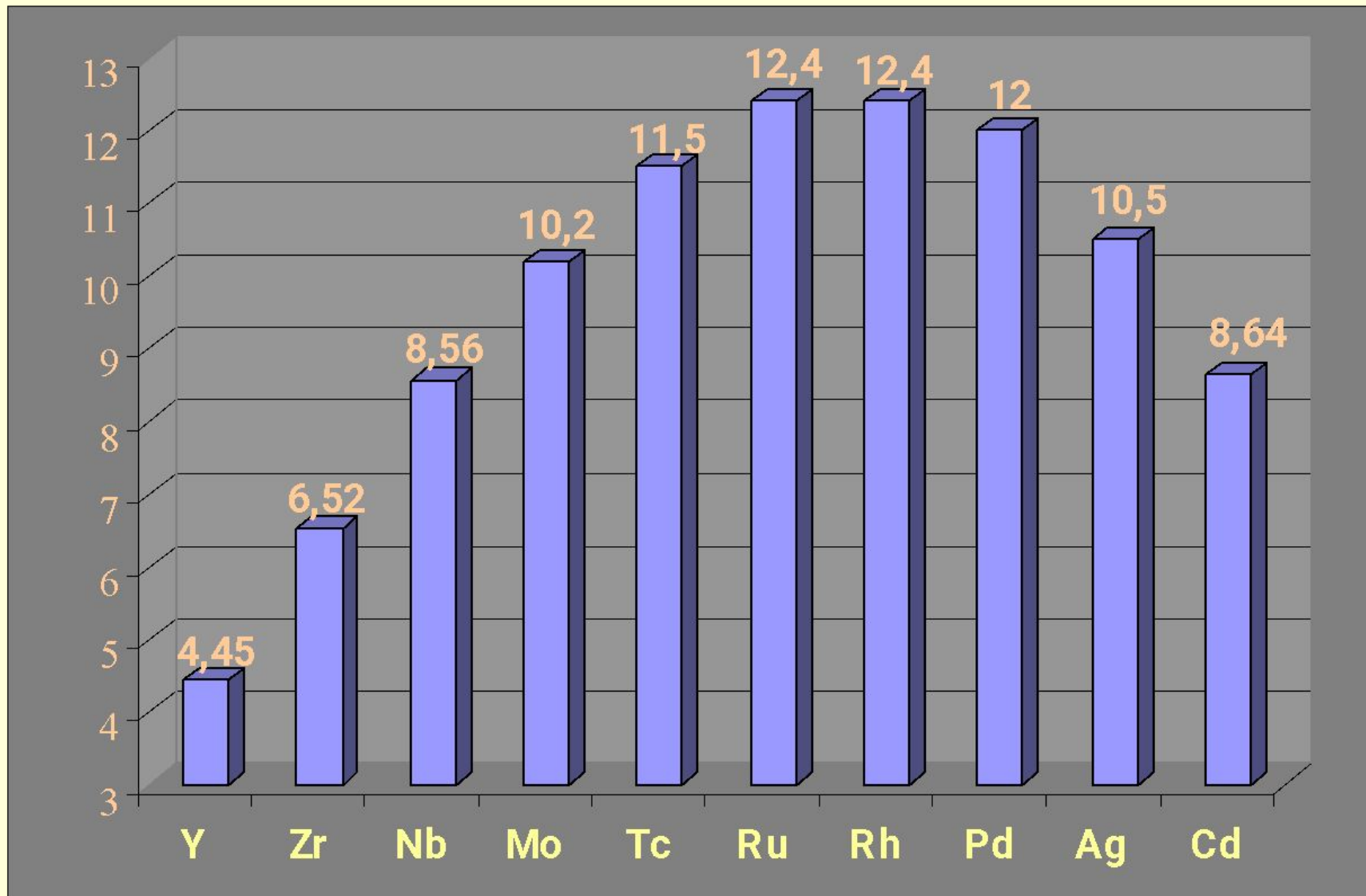
Температуры плавления 5d



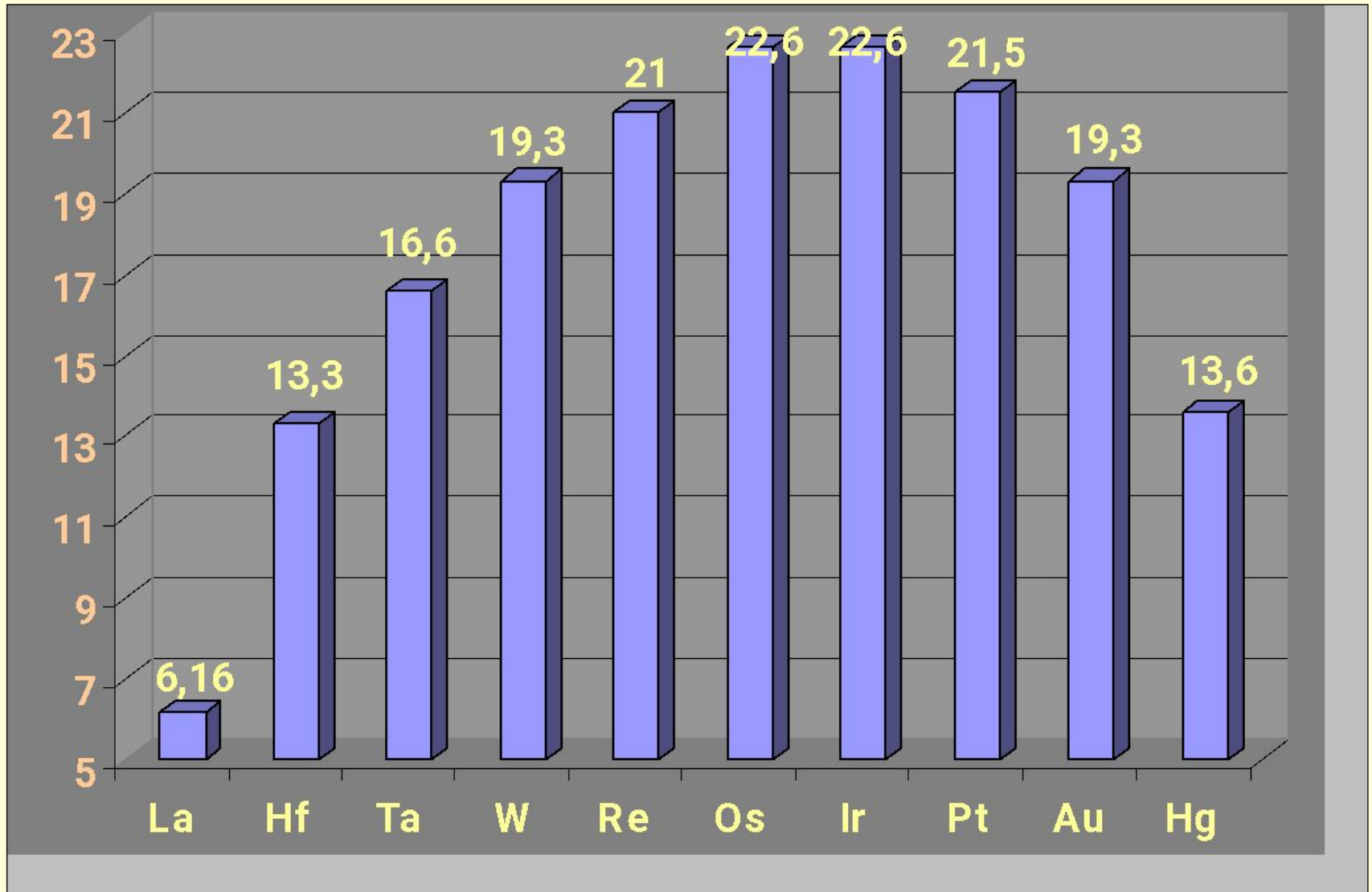
Плотность 3d



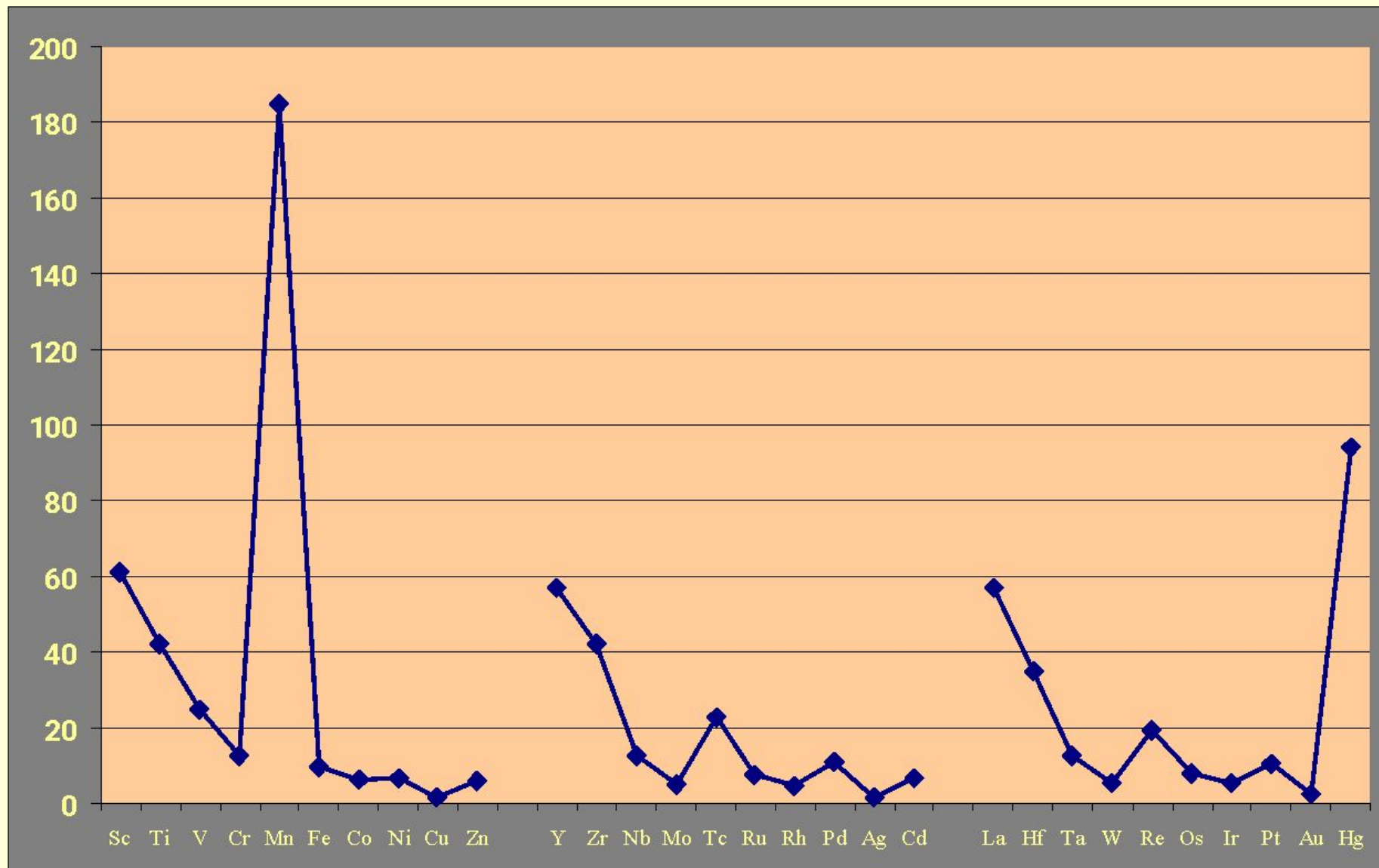
Плотность 4d



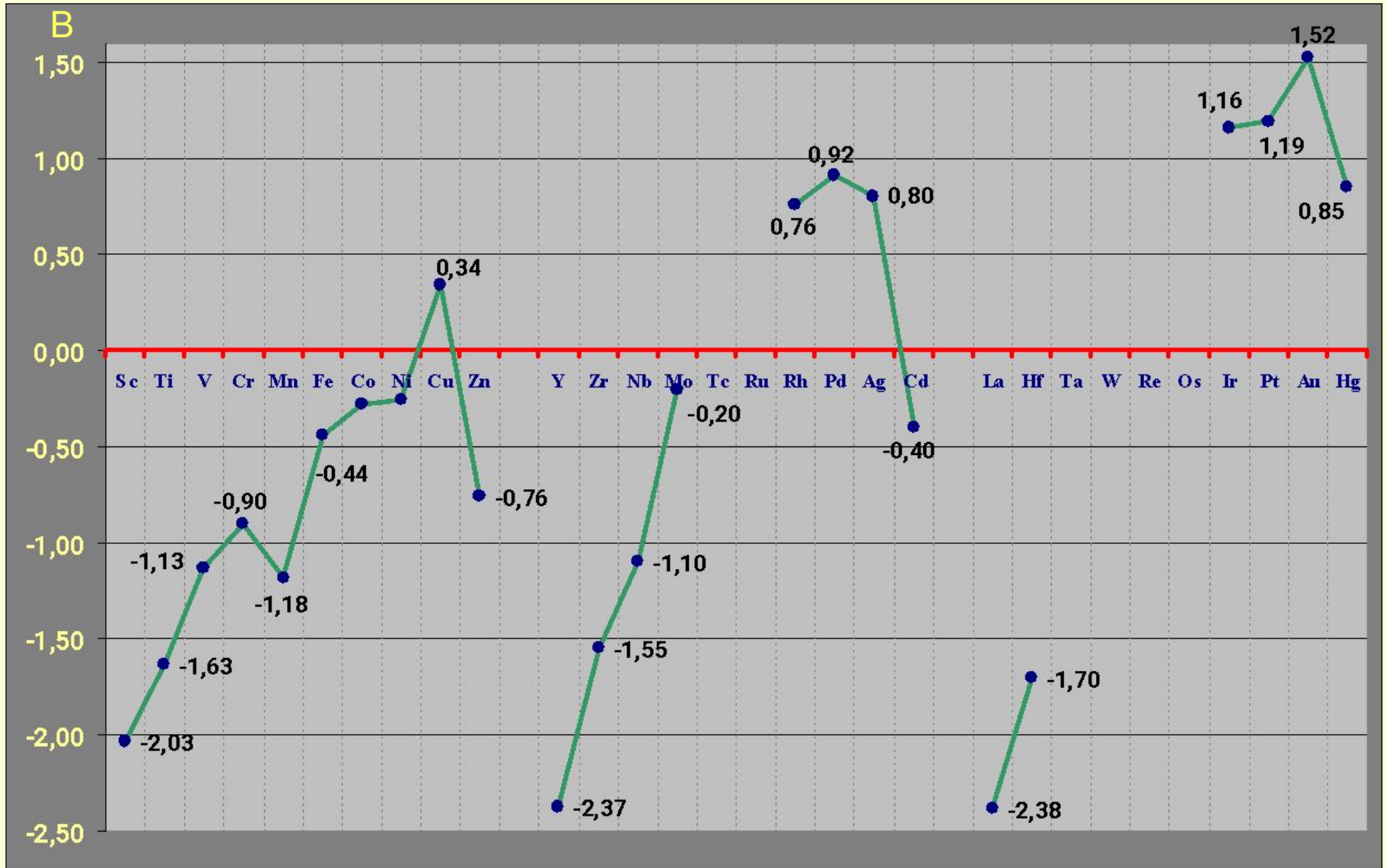
Плотность 5d



Электрическое сопротивление



Стандартные электродные потенциалы

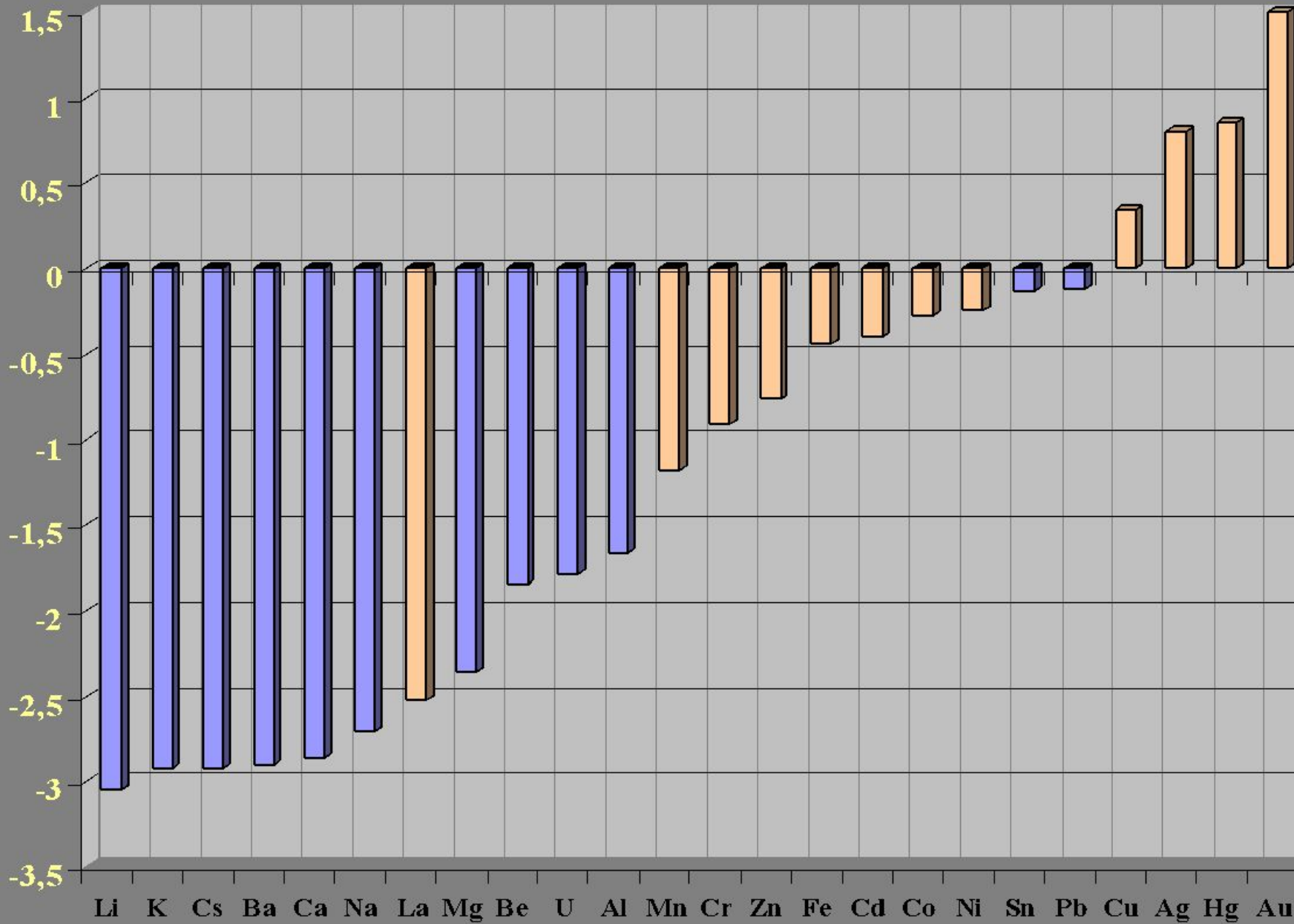


0 → +3: Sc, Mo, Y, Nb, Rh, La, Ir, Au

0 → +4: Zr, Hf

0 → +1: Ag

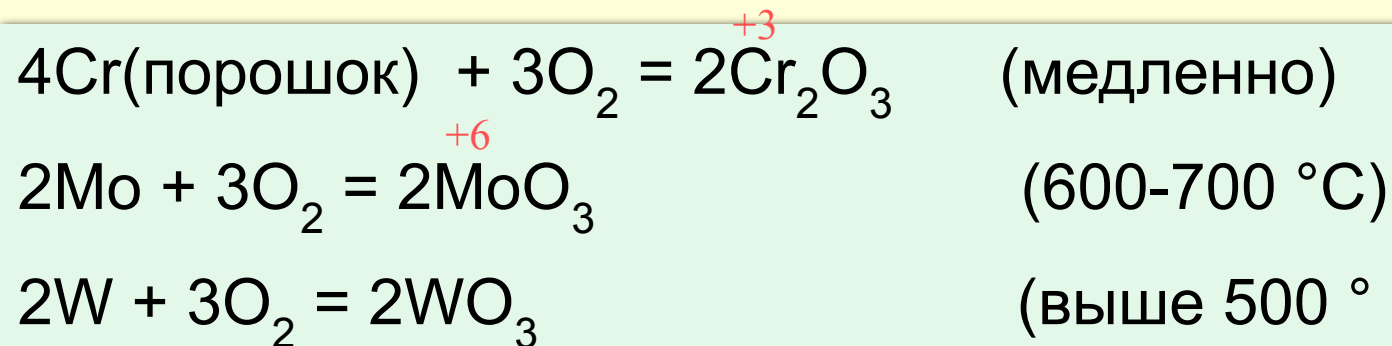
B



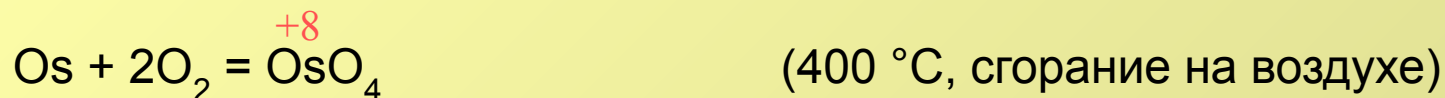
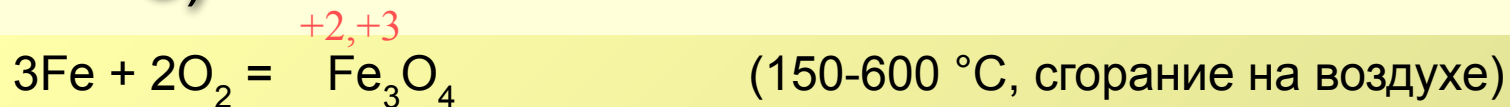
Горизонтальное сходство

	Fe	Co	Ni
Радиус атома, пм	116,5	116	115
ЭИ, кДж/моль	759,3	760,0	736,7
E° , В	- 0,44 (0→+2)	- 0,277 (0→+2)	- 0,257(0→+2)
Температура пл., °С	1535	1495	1453
Степени окисления	+2, +3, (+6)	+2, +3	+2
	Ru	Rh	Pd
Радиус атома, пм	124	125	128
ЭИ, кДж/моль	711	720	805
E° , В	-	0,76(0→+3)	0,915 (0→+2)
Температура пл., °С	2310	1966	1552
Степени окисления	+2, +3,+4,+6,+7,+8	+2,+3,+4,+6	+2,+4
	Os	Ir	Pt
Радиус атома, пм	126	126	129
ЭИ, кДж/моль	840	880	870
E° , В	-	1,156 (0→+3)	0,980
Температура пл., °С	3054	2410	1772
Степени окисления	+2,+4,+8	+3,+4	+2,+4,+6

Устойчивость высшей степени окисления



С)

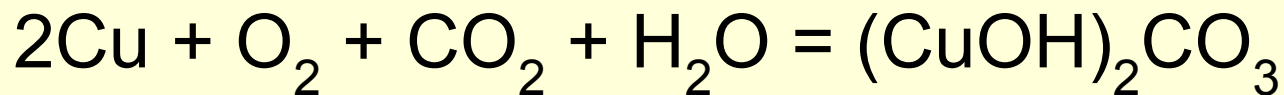
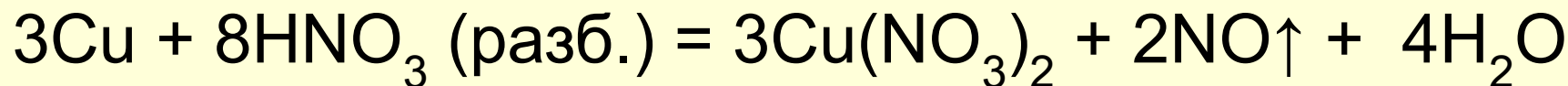
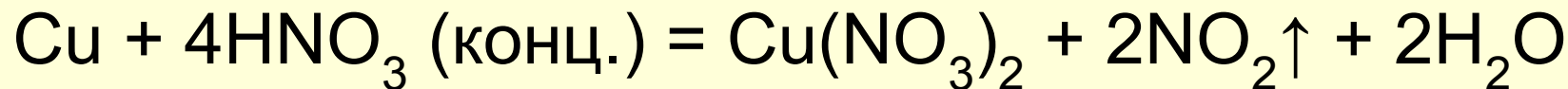
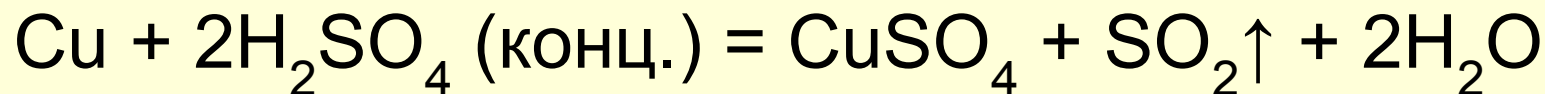
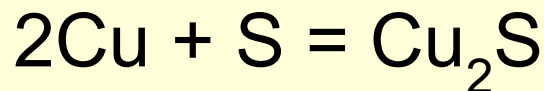
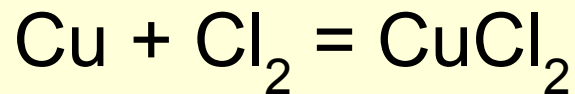
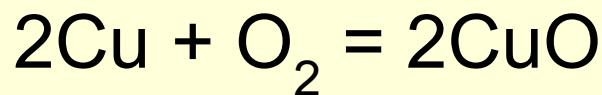


Чем обусловлена устойчивость высшей степени окисления у 4d- и 5d-элементов?

$\text{MnO}_4^- / \text{MnO}_2$	1,69 В
$\text{TcO}_4^- / \text{TcO}_2$	0,74 В
$\text{ReO}_4^- / \text{ReO}_2$	0,51 В

Экранирующее влияние электронов на f-подуровне!

Химические свойства меди



Опыт: горение меди в

хлоре

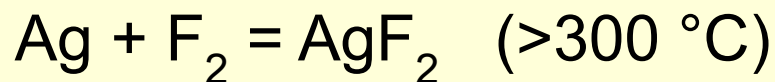
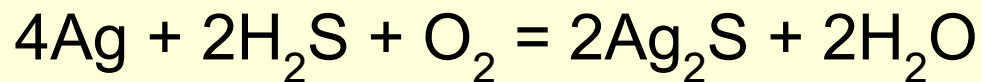
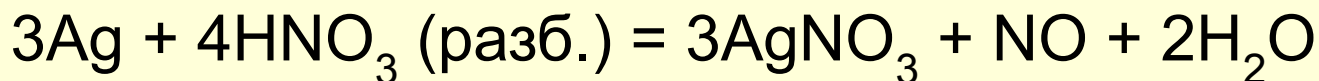
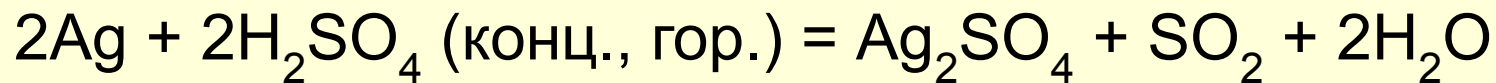
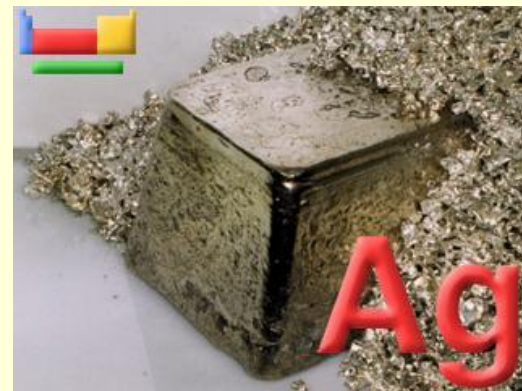
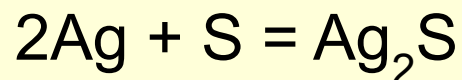
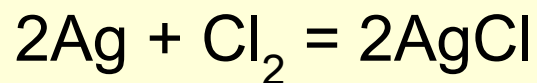
Опыт: взаимодействие меди с азотной

кислотой

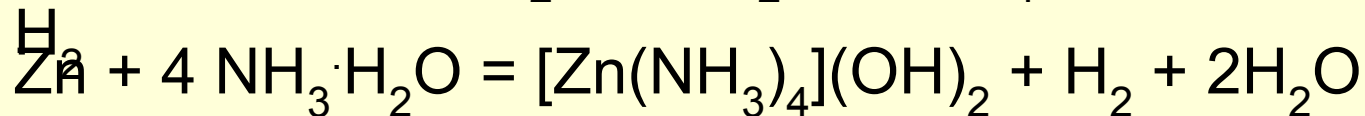
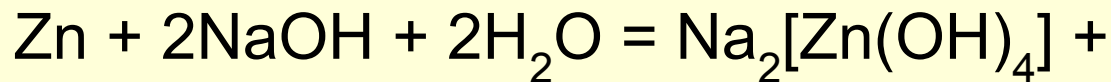
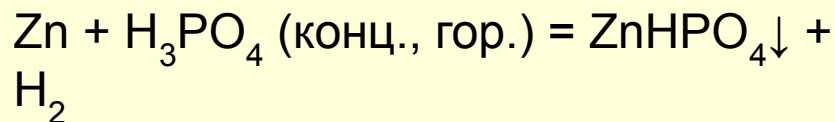
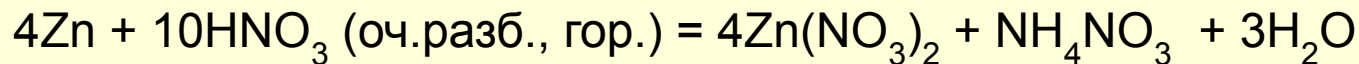
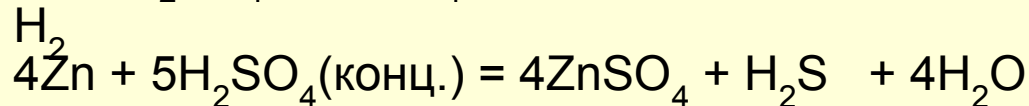
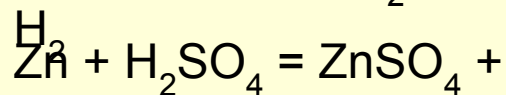
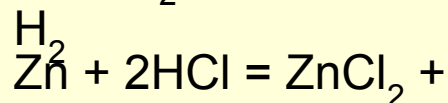
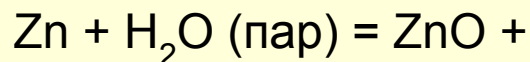
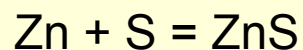
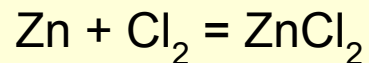
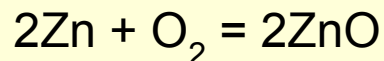
Опыт: взаимодействие меди с серной концентрированной

кислотой

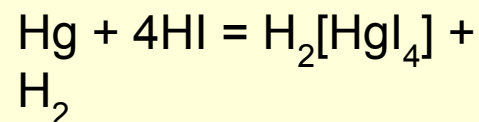
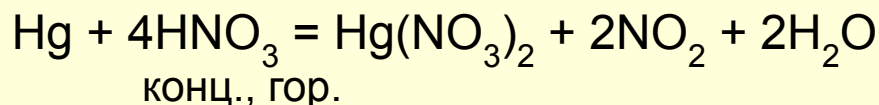
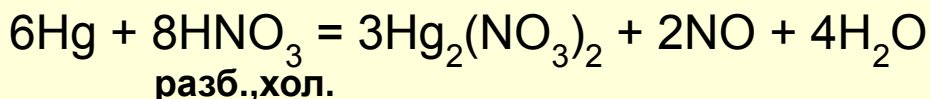
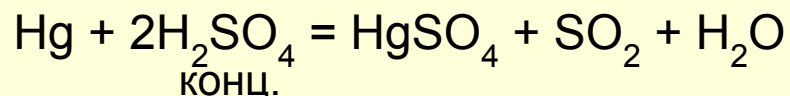
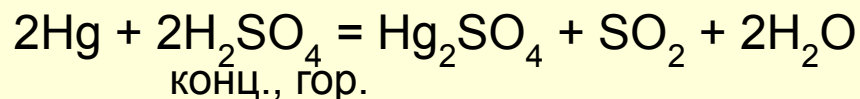
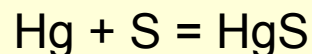
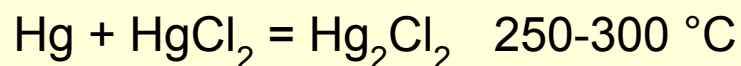
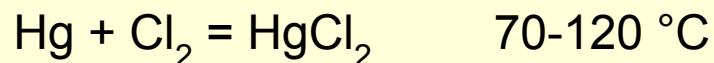
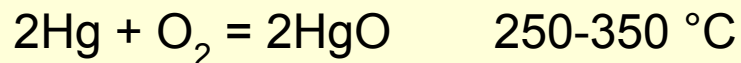
Химические свойства серебра



Химические свойства цинка



Химические свойства ртути



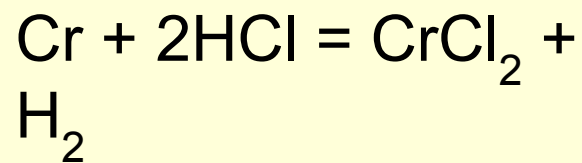
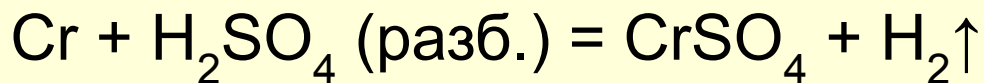
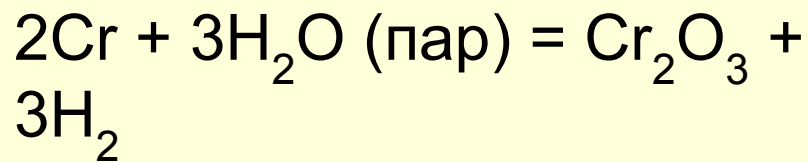
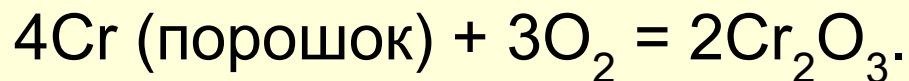
конц.



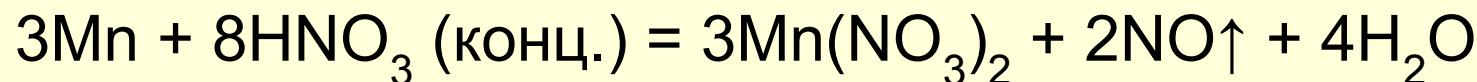
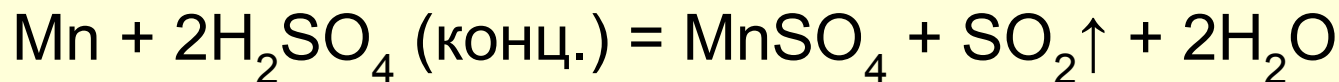
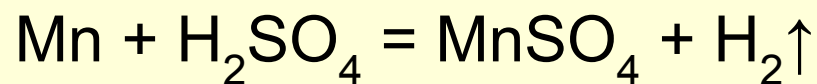
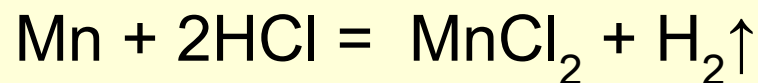
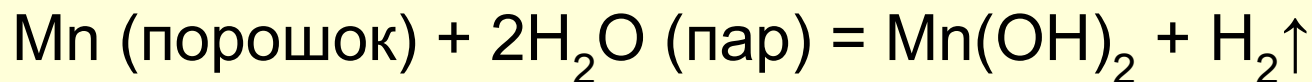
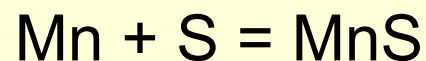
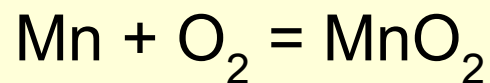
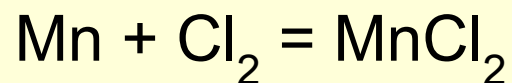
Опыт: взаимодействие ртути с азотной кислотой

Химические свойства хрома

Не реагирует с холодной водой, щелочами, гидратом аммиака, пассивируется в концентрированной и разбавленной азотной кислоте, «царской водке».



Химические свойства марганца



IA	IIA	IIIB	IVB	VB	VIB	VIIB	VIII B				IB	IIB	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA
H																		He
Li	Be	Символы металлов, которые не реагируют с конц. азотной кислотой, выделены жирным шрифтом										B	C	N	O	F	Ne	
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar	
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	

Сводная таблица

	O₂	Cl₂	S	HCl	HNO₃	H₂SO₄	NaOH
Cr	Cr ₂ O ₃	CrCl ₃	Cr ₂ S ₃	CrCl ₂			
Mn	Mn ₃ O ₄	MnCl ₂	MnS	MnCl ₂			
Fe	Fe ₃ O ₄	FeCl ₃	FeS	FeCl ₂			
Cu	CuO	CuCl ₂	Cu ₂ S	-			
Zn	ZnO	ZnCl ₂	ZnS	ZnCl ₂			
Ag	Ag ₂ O	AgCl	Ag ₂ S	-			
Hg	HgO	HgCl ₂	HgS	-			

[Перейти к соединениям d-элементов](#)

Окраска высших оксидов *d*-элементов

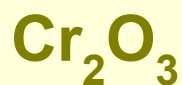
Sc_2O_3	TiO_2	V_2O_5	CrO_3	Mn_2O_7	Fe_2O_3	Co_3O_4	NiO	CuO	ZnO
Y_2O_3	ZrO_2	Nb_2O_5	MoO_3	Tc_2O_7	RuO_4	Rh_2O_3	PdO	Ag_2O	CdO
La_2O_3	HfO_2	Ta_2O_5	WO_3	Re_2O_7	OsO_4	Ir_2O_3	PtO_2	Au_2O_3	HgO

Соединения *d*-элементов

Кисотно-основный характер оксидов и гидроксидов



Кислотность возрастает



с повышением степени окисления



с повышением степени окисления



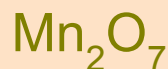
по подгруппе с убыванием

Z

Zn

Cd

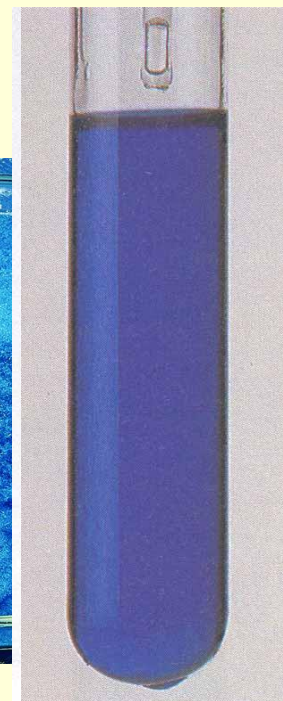
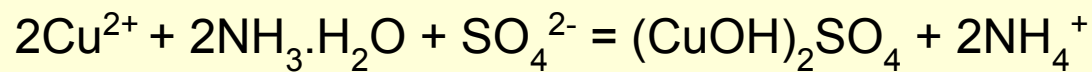
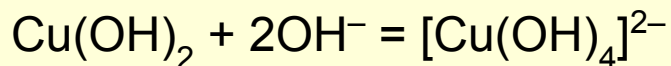
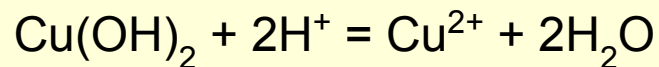
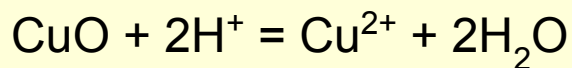
Hg



по периоду с повышением степени окисления

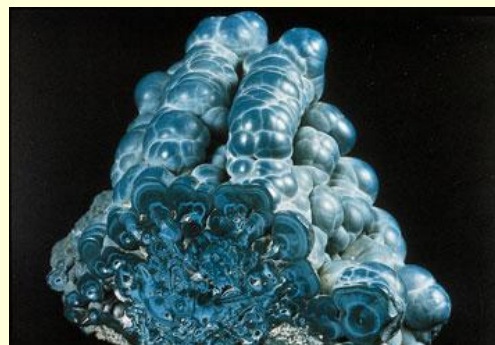
Соединения меди

Степени окисления меди +1, **+2**, +3

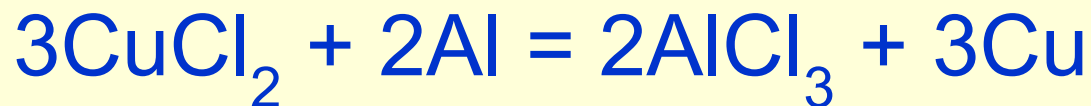
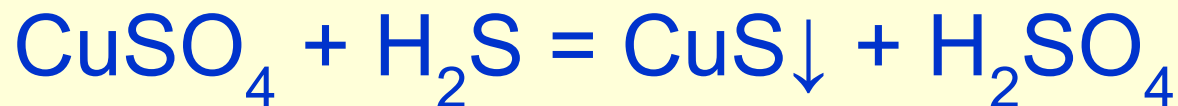
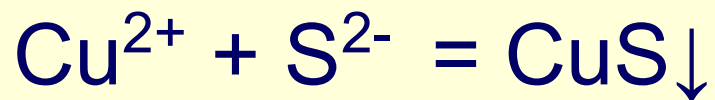


Сульфат меди(II) пятиводный $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ – медный купорос;

Карбонат меди(II) $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$,
минерала малахита

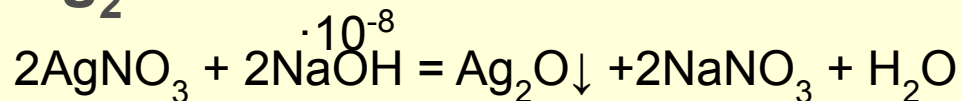
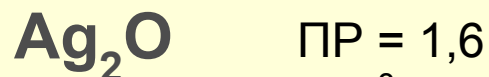


Полезная информация к практикуму



Соединения серебра

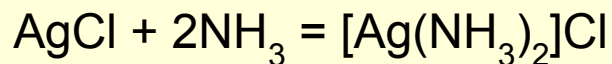
Степени окисления серебра +1, +2, +3



AgNO_3 Растворимость 225,5 г/100 г H_2O при 20 °С

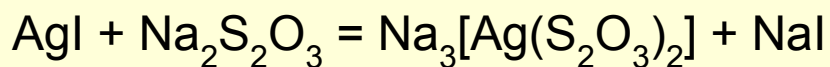


Соль	ПР
AgCl	$1,8 \cdot 10^{-10}$
AgBr	$6 \cdot 10^{-13}$
AgI	$1,1 \cdot 10^{-16}$
Ag_3PO_4	$1 \cdot 10^{-20}$
Ag_2CO_3	$8,2 \cdot 10^{-12}$
Ag_2S	$6 \cdot 10^{-50}$
Ag_2SO_4	$2 \cdot 10^{-5}$
Ag_2CrO_4	$4 \cdot 10^{-12}$



К.ч. = 2

$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$ реактив Толленса



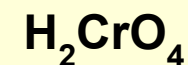
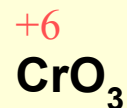
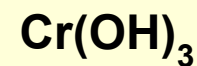
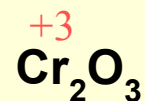
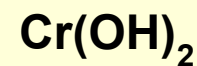
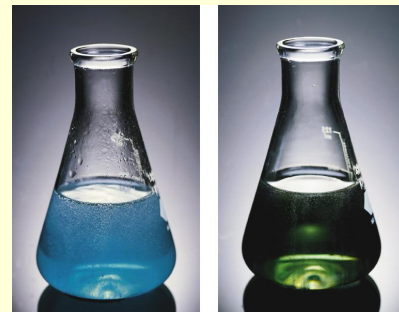
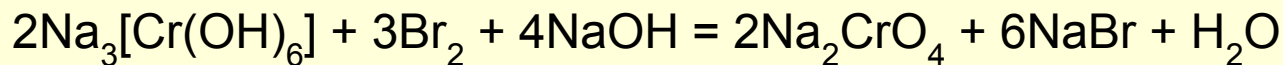
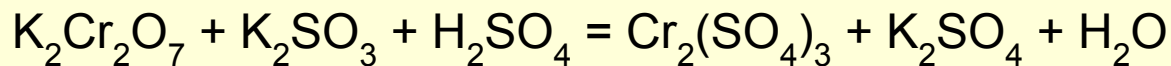
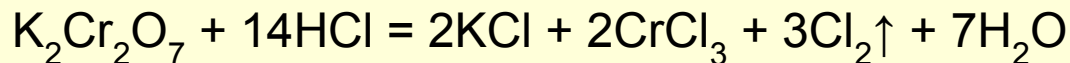
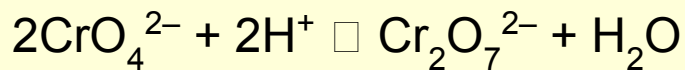
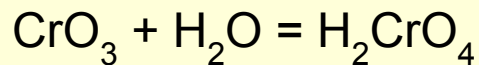
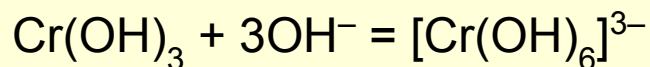
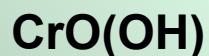
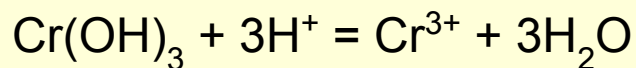
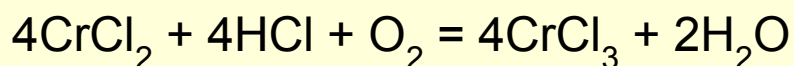
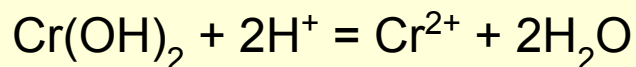
Соединения хрома

Хром был открыт в минерале крокоите
 PbCrO_4
Луи Вокленом в 1797 г.



Соединения хрома

Степени окисления хрома +2, +3, +4, +6



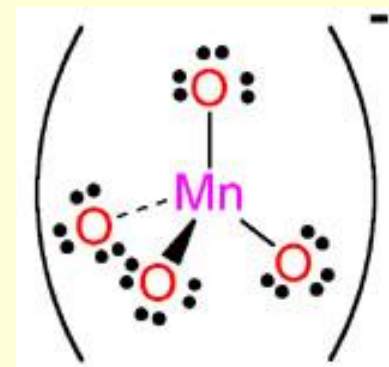
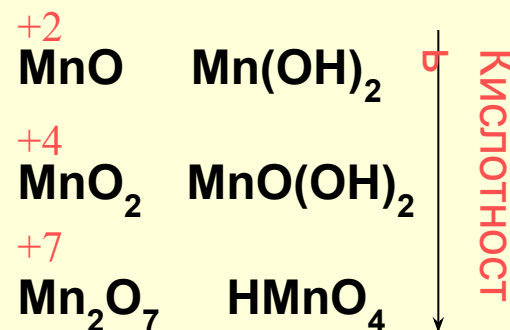
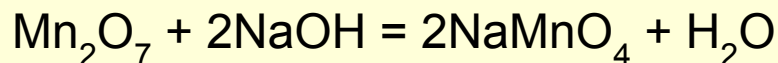
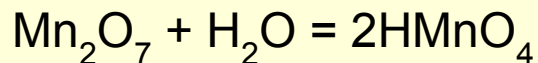
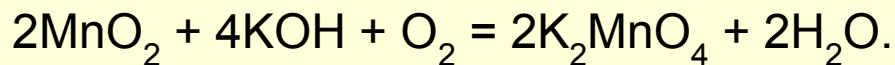
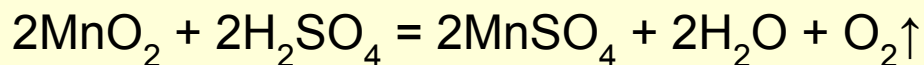
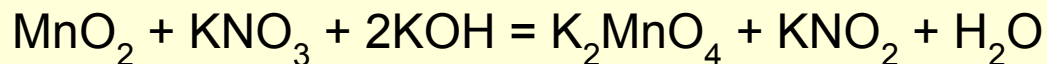
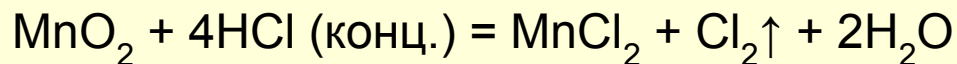
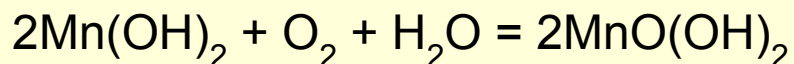
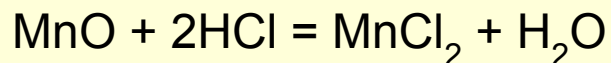
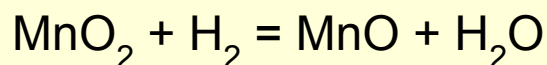
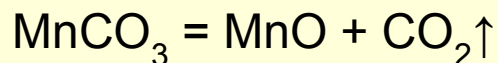
р
↓
Кислотность



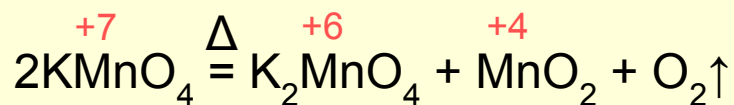
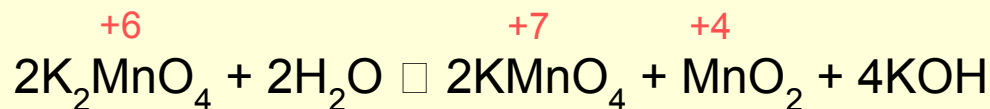
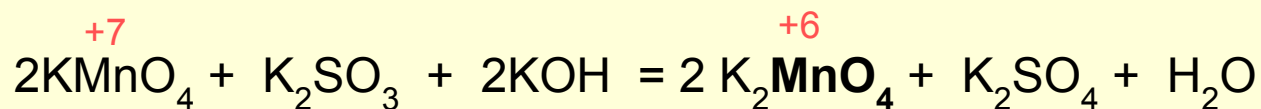
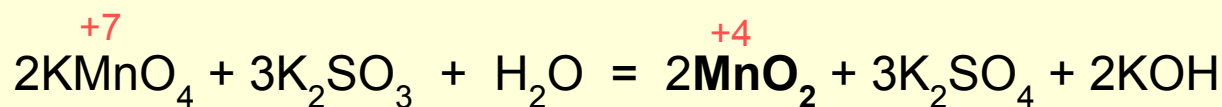
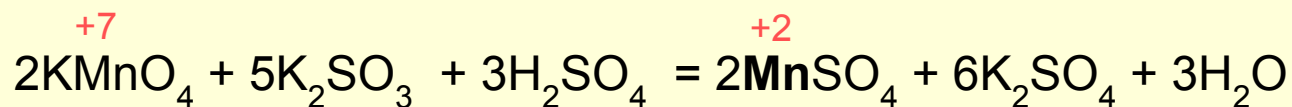
CrO₂
ферромагнитен

Соединения марганца

Степени окисления марганца +2, +3, +4, +6, +7



Окислительные свойства перманганата



Опыт: восстановление перманганата в кислой

среде

Опыт: восстановление перманганата в

нейтральной ср

Опыт: восстановление перманганата в щелочной

среде

Металлопротеины

Fe^{2+}, Fe^{3+}	Гемоглобин, миоглобин, каталаза, пероксидаза, металлофлавопротеины, цитохромы, железосодержащие белки, трансферрин, ферритин, нитрогеназа	Гемопорфирины, сера, изоаллоксазин	Транспорт O_2 , CO_2 , транспорт электронов (ОВР), транспорт и депонирование железа, восстановление N_2 в NH_3
Cu^+, Cu^{2+}	Цитохромоксидаза, церулоплазмин	Азотистые основания	Окисление, восстановление и транспорт меди
Co^{2+}	Витамин B_{12} и его коферментные формы	Коррин, бензимидазол, CH_3 -группа	Перенос CH_3 группы, синтез метионина

Металлопротеины

Mn^{2+}	Аргиназа, декарбоксилазы аминокислот, фосфо- трансферазы	Фосфат, имидазол	Декарбоксилирова ние, перенос фосфатных групп
Mo^{2+}	Нитрогеназа, Нитрат-редуктаза, ксантиноксидаза	Не идентифицирован	Связывание и активирование $N_2 \rightarrow NH_3$, окисление пуринов
Zn^{2+} , Mg^{2+} , Ca^{2+}	Карбоангидраза, пептидазы, фосфатазы, НАД- ферменты	Имидазол, НАД	Связывание субстратов, разрыв пептидной связи

Применение

Металл	Области применения
Mn	Сплавы, легирующая добавка к стали.
Cu	Проводники электрического тока, сплавы (латунь, бронза, мельхиор и др.), теплообменники.
Ag	Электротехнические контакты, зеркальные покрытия, ювелирные изделия, производство фотографических материалов.
Cr	Сплавы, легирующая добавка к стали, антикоррозийные и декоративные покрытия.
Zn	Гальванические элементы, антикоррозийные покрытия, сплавы.



Спасибо за внимание!

