

Платиновые металлы

8, 9, 10 группы

5, 6 период

Периоды	Группы элементов																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1																	H 1,007 Водород	He 4,002 Гелий	
2	Li 3 6,941 Литий	Be 4 9,012 Бериллий												B 5 10,81 Бор	C 6 12,01 Углерод	N 7 14,00 Азот	O 8 15,99 Кислород	F 9 18,99 Фтор	Ne 10 20,17 Неон
3	Na 11 22,98 Натрий	Mg 12 24,30 Магний												Al 13 26,98 Алюминий	Si 14 28,08 Кремний	P 15 30,97 Фосфор	S 16 32,06 Сера	Cl 17 35,45 Хлор	Ar 18 39,94 Аргон
4	K 19 39,09 Калий	Ca 20 40,07 Кальций	Sc 21 44,95 Скандий	Ti 22 47,88 Титан	V 23 50,94 Ванадий	Cr 24 51,99 Хром	Mn 25 54,93 Марганец	Fe 26 55,84 Железо	Co 27 58,93 Кобальт	Ni 28 58,69 Никель	Cu 29 63,54 Медь	Zn 30 65,39 Цинк	Ga 31 69,72 Галлий	Ge 32 72,59 Германий	As 33 74,92 Мышьяк	Se 34 78,96 Селен	Br 35 79,90 Бром	Kr 36 83,80 Криптон	
5	Rb 37 85,46 Рубидий	Sr 38 87,62 Стронций	Y 39 88,90 Иттрий	Zr 40 91,22 Цирконий	Nb 41 92,90 Ниобий	Mo 42 95,94 Молибден	Tc 43 [98] Технеций	Ru 44 101,0 Рутений	Rh 45 102,9 Родий	Pd 46 106,4 Палладий	Ag 47 107,8 Серебро	Cd 48 112,4 Кадмий	In 49 114,8 Индий	Sn 50 118,7 Олово	Sb 51 121,7 Сурьма	Te 52 127,6 Теллур	I 53 126,9 Иод	Xe 54 131,2 Ксенон	
6	Cs 55 132,9 Цезий	Ba 56 137,3 Барий	La* 57 138,9 Лантан	Hf 72 178,4 Гафний	Ta 73 180,9 Тантал	W 74 183,8 Вольфрам	Re 75 186,2 Рений	Os 76 190,2 Осмий	Ir 77 192,2 Иридий	Pt 78 195,0 Платина	Au 79 196,9 Золото	Hg 80 200,5 Ртуть	Tl 81 204,3 Таллий	Pb 82 207,2 Свинец	Bi 83 208,9 Висмут	Po 84 208,9 Полоний	At 85 209,9 Астат	Rn 86 222,0 Радон	
7	Fr 87 223,0 Франций	Ra 88 226,0 Радий	Ac** 89 [227] Актиний	Rf 104 [261] Резерфордий	Db 105 [262] Дубний	Sg 106 [263] Сиборгий	Bh 107 [262] Борий	Hs 108 [265] Хассий	Mt 109 [266] Мейтнерий	110 []									

Лантаниды	Ce 58 140,1 Церий	Pr 59 140,9 Празеодим	Nd 60 144,2 Неодим	Pm 61 144,9 Прометий	Sm 62 150,3 Самарий	Eu 63 151,9 Европий	Gd 64 157,2 Гадолиний	Tb 65 158,9 Тербий	Dy 66 162,5 Диспрозий	Ho 67 164,9 Гольмий	Er 68 167,2 Эрбий	Tm 69 168,9 Тулий	Yb 70 173,0 Иттербий	Lu 71 174,9 Лютеций
Актиниды	Th 90 232,0 Торий	Pa 91 231,0 Протактиний	U 92 238,0 Уран	Np 93 237,0 Нептуний	Pu 94 244,0 Плутоний	Am 95 243,0 Америций	Cm 96 247,0 Кюрий	Bk 97 247,0 Берклий	Cf 98 251,0 Калифорний	Es 99 252,0 Эйнштейний	Fm 100 257,0 Фермий	Md 101 258,0 Менделевий	No 102 259,1 Нобелий	Lr 103 260,1 Лоуренсий

Название

Ru

Ruthenia (лат.) - Россия

Rh

От греч. «ρόβον» - роза

Pd

астероид
Паллада

Os

от греч. «ὄσμη» - запах

Ir

от лат. iris - радуга

Pt

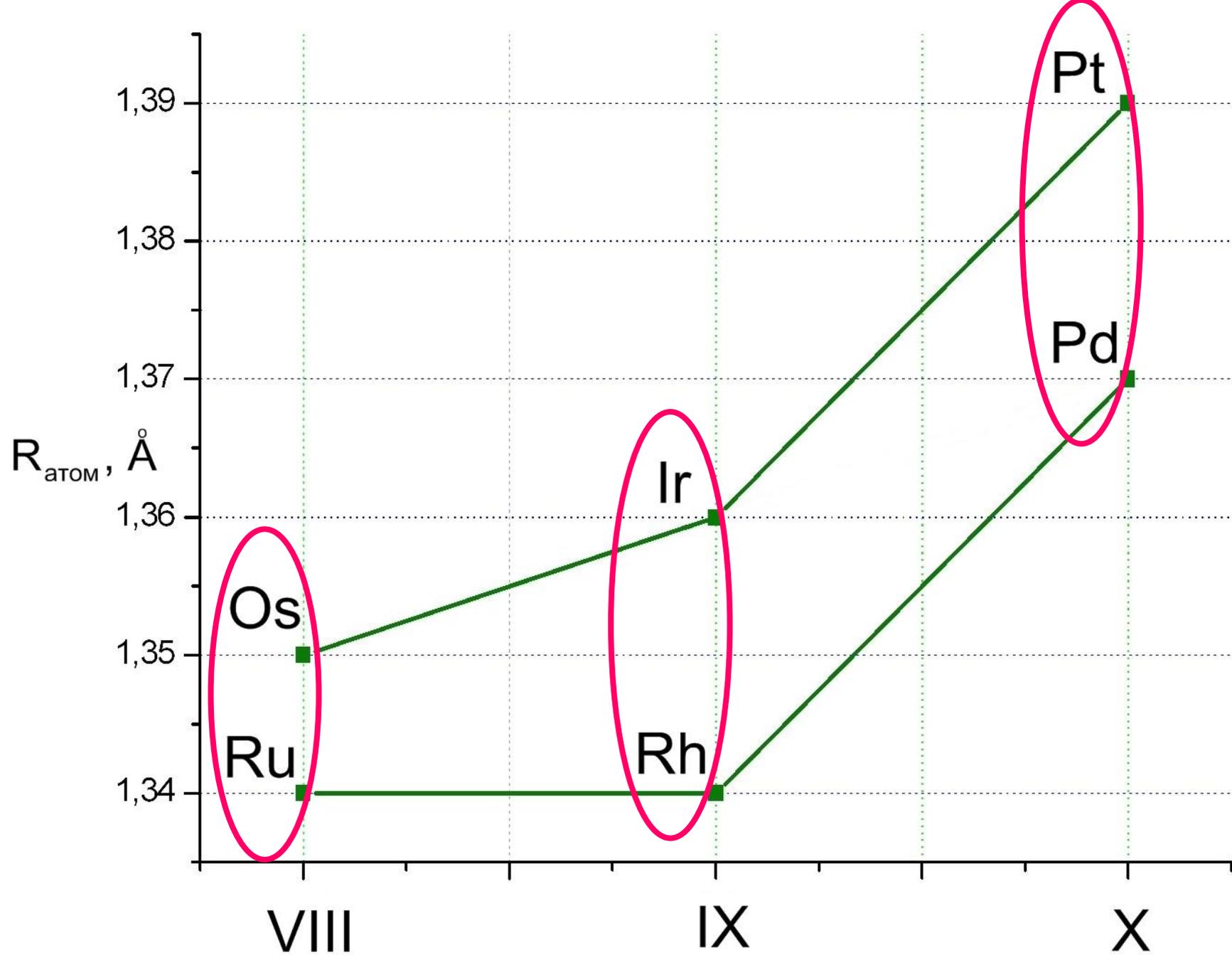
Platina (исп.) – «серебришко»

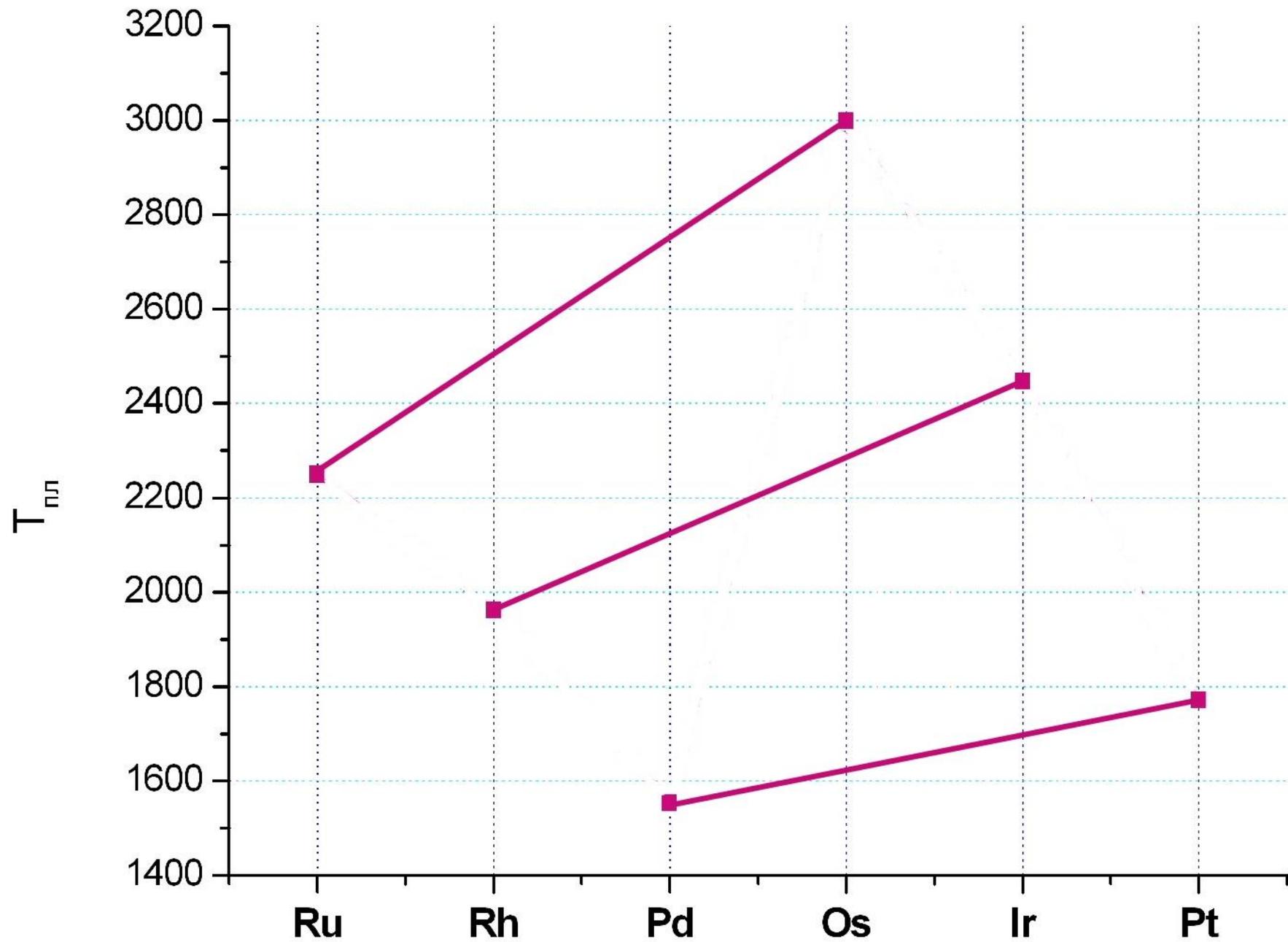
Некоторые характеристики

	Ru	Rh	Pd	Os	Ir	Pt
Электрон. конфиг.	$4d^75s^1$	$4d^85s^1$	$4d^{10}5s^0$	$5d^66s^2$	$5d^76s^2$	$5d^96s^1$
Решетка	ГПУ	ГЦК	ГЦК	ГПУ	ГЦК	ГЦК
ρ , г/см ³	Легкие			Тяжелые		

Степени окисления

Ru	0, +2, +3, +4, +5, +6, +7, +8
Rh	0, +1, +2, +3, +4, +6
Pd	0, +2, +3, +4
Os	0, +2, +3, +4, +5, +6, +8
Ir	0, +1, +2, +3, +4, +5, +6
Pt	0, +1, +2, +3, +4, +5, +6





Распространенность в земной коре, в %

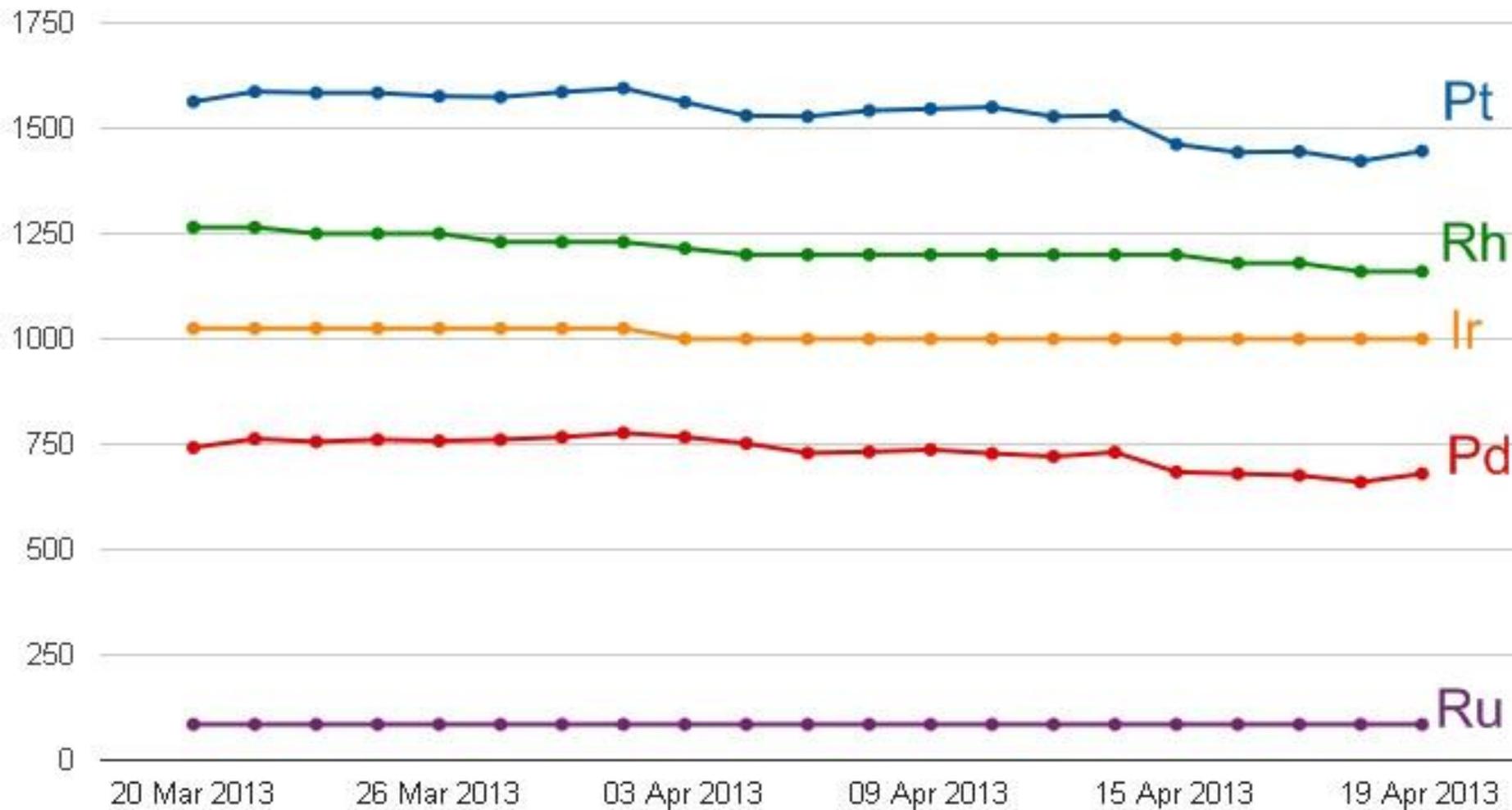
Ru	Rh	Pd	Os	Ir	Pt
$5 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-6}$	$8 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-6}$

Основные минералы

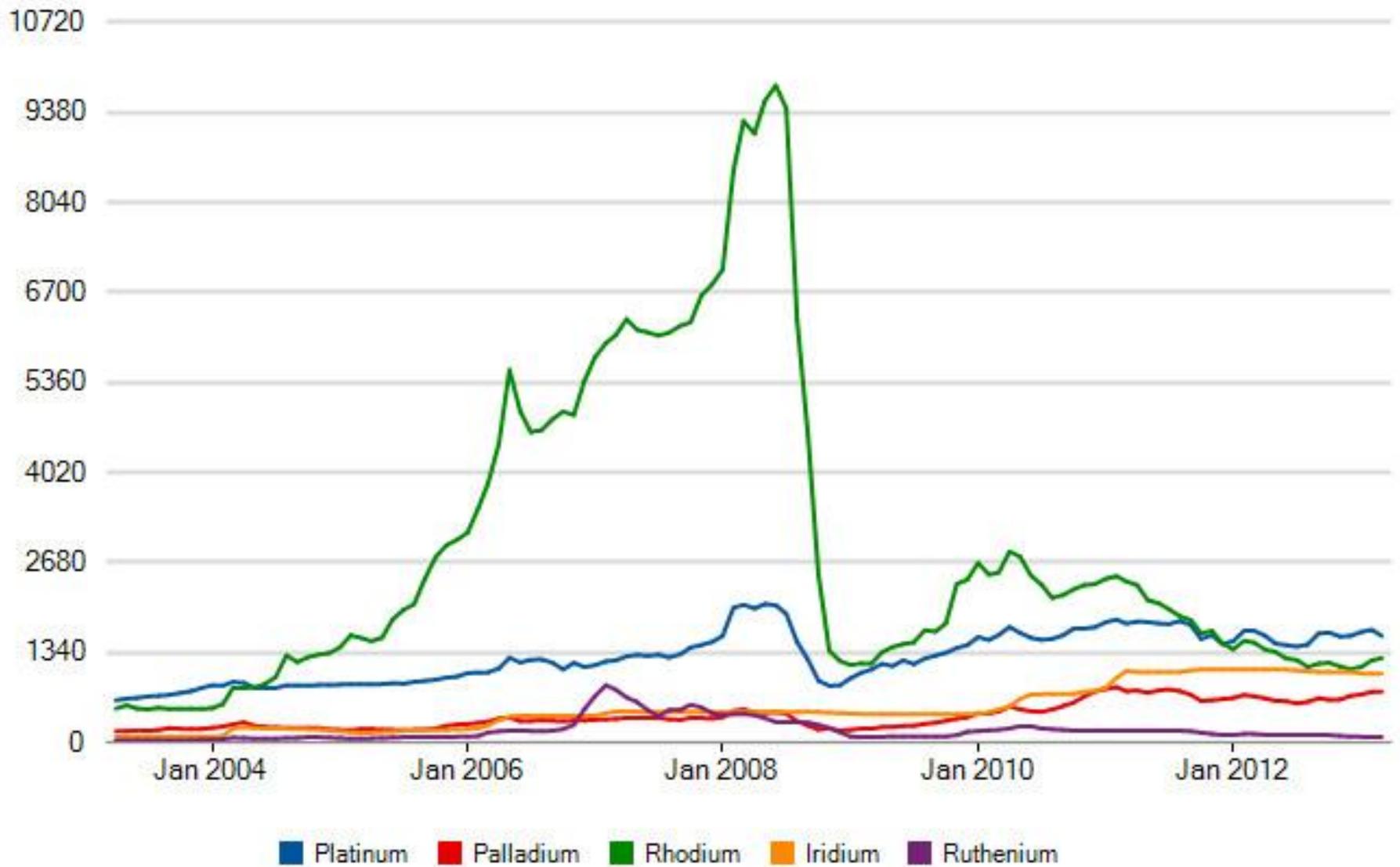
- Поликсен (Pt, Fe): Pt 80 — 88%
- Ферроплатина: Pt 84 — 81%
- Палладистая платина: Pd 7 — 40%
- Невьянскит: Ir 47 — 77 % Os 49 — 21%
- Родиевый невянскит: Ir 70 %, Os 17 %, Rh 11%
- Высоцкит $(Pd, Ni, Pt)_5S$ (Pd 60 %, Ni 14%, Pt 5 %)

Аллювиальные месторождения

Динамика цен на платиновые металлы



Скачок цен на Rh



Получение

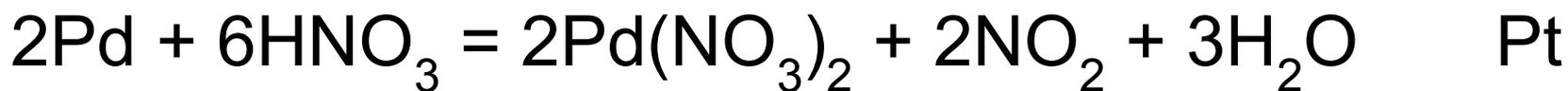
аффинаж

- Смесь + «царская водка» = $H_2[ЭCl_6]$, Os, Ir не растворяются
- $3Pt + 4HNO_3 + 18HCl = 3H_2[PtCl_6] + 4NO + 8H_2O$
- $H_2[PtCl_6] + 2NH_3 = (NH_4)_2[PtCl_6]$
- $(NH_4)_2[PtCl_6] = Pt + 2NH_3 + 2HCl + 2Cl_2 \quad ^\circ T$
- Из «осмиридия» и раствора, оставшегося после отделения $(NH_4)_2[PtCl_6]$ другие платиновые Мē

Химические свойства простых веществ

ИНЕРТНОСТЬ

Взаимодействие с кислотами-окислителями:

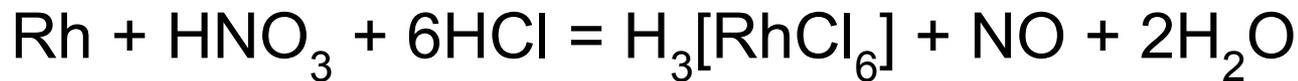
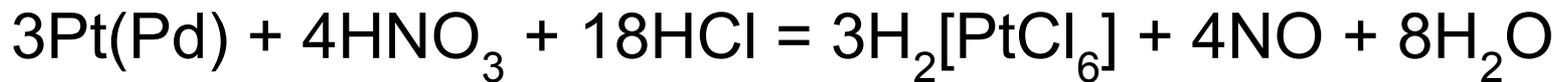


Ru, Rh, Os и Ir в виде слитка не взаимодействуют

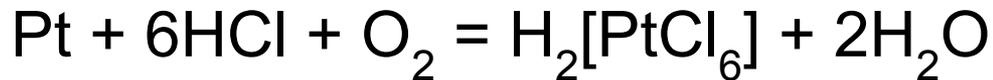


Химические свойства простых веществ

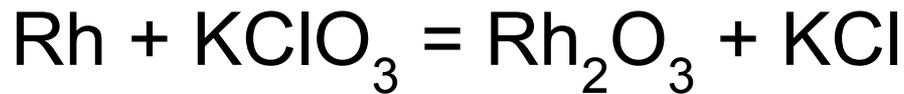
Окисление, сопровождающееся комплексообразованием:



Os, Ir с «царской водкой» не взаимодействуют



Окислительное сплавление



Получение оксидов

RuO_2	$\text{Ru}(\text{RuS}_2, \text{RuCl}_2) + \text{O}_2$
RuO_4	$\text{Ru} + \text{O}_2, \text{Na}_2\text{RuO}_4 + \text{Cl}_2$
OsO_2	$\text{Os} + \text{OsO}_4, \text{OsO}_4 + \text{H}_2$
OsO_4	$\text{Os} + \text{O}_2$ на воздухе $\text{Os} + \text{HNO}_3$

Rh_2O_3	$\text{Rh} + \text{O}_2$
RhO_2	$\text{Rh} + \text{KNO}_3 = \text{RhO}_2 + \text{KNO}_2$
IrO_2	$\text{Ir} + \text{O}_2, \text{Ir}_2\text{O}_3 + \text{Ir}$
Ir_2O_3	$\text{Ir}_2\text{S}_3 + \text{O}_2 = \text{Ir}_2\text{O}_3 + \text{SO}_2$
PdO	$\text{Pd} + \text{O}_2 \quad T = 600^\circ\text{C}$ $2\text{Pd}(\text{NO}_3)_2 = 2\text{PdO} + 4\text{NO}_2 + \text{O}_2$
PtO	$\text{Pt} + \text{O}_2 \quad T = 450^\circ\text{C}$
PtO_2	$\text{Pt} + \text{O}_2$

Поведение оксидов при нагревании

RuO ₂	$\text{RuO}_2 = \text{Ru} + \text{O}_2 \quad T = >700^\circ\text{C}$ $\text{RuO}_2 = \text{Ru} + \text{RuO}_4 \quad T = <700^\circ\text{C}$
OsO ₂	$\text{OsO}_2 = \text{Os} + \text{O}_2 \text{ при большей температуре}$ $2\text{OsO}_2 = \text{Os} + \text{OsO}_4$
Rh ₂ O ₃	$2\text{Rh}_2\text{O}_3 = 4\text{Rh} + 3\text{O}_2 \quad T = >1200^\circ\text{C}$
IrO ₂	$\text{IrO}_2 = \text{Ir} + \text{O}_2 \quad T = >1100^\circ\text{C}$
Ir ₂ O ₃	$2\text{Ir}_2\text{O}_3 = 3\text{IrO}_2 + \text{Ir}$
PdO	$2\text{PdO} = \text{Pd} + \text{O}_2 \quad T = >875^\circ\text{C}$
PtO	$2\text{PtO} = 2\text{Pt} + \text{O}_2$
PtO ₂	$\text{PtO}_2 = \text{Pt} + \text{O}_2 \quad T = >200^\circ\text{C}$

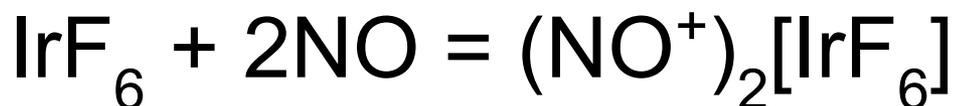
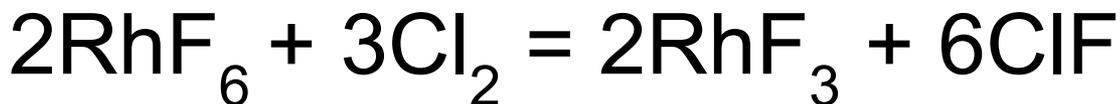
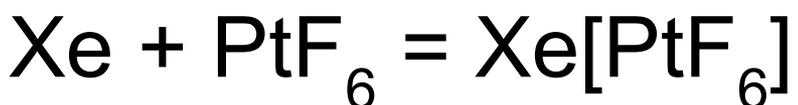
Фториды платиновых металлов

II	III	IV	V	VI
-	RuF_3	RuF_4	$[\text{RuF}_5]_4$	RuF_6
-	-	OsF_4	$[\text{OsF}_5]_4$	OsF_6
-	RhF_3	RhF_4	$[\text{RhF}_5]_4$	RhF_6
-	IrF_3	-	$[\text{IrF}_5]_4$	IrF_6
PdF_2	-	PdF_4	-	-
-	-	PtF_4	$[\text{PtF}_5]_4$	PtF_6

Фториды платиновых металлов

Сильные окислители

PtF_6 самый сильный окислитель:



Ru, Os (+8)

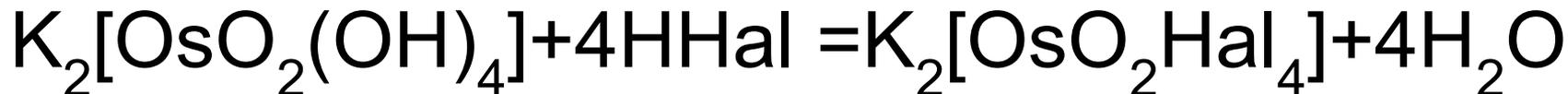
Слабые кислотные свойства:





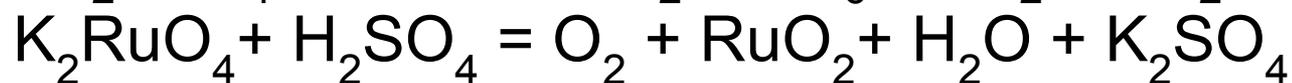
Ru, Os (+6)

Оксидов нет 😞

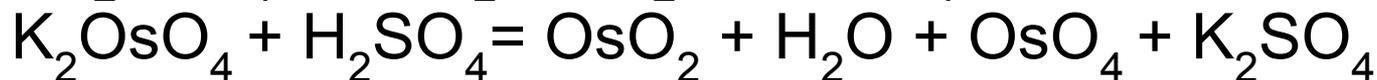
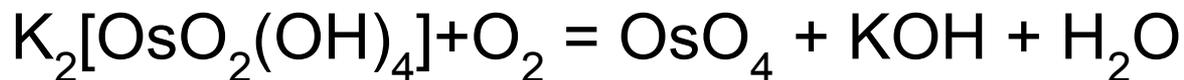


Ru, Os (+6)

Ru⁺⁶ окислители:



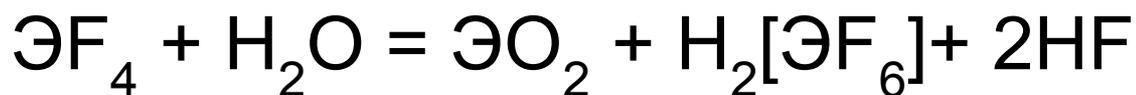
Os⁺⁶ восстановители:



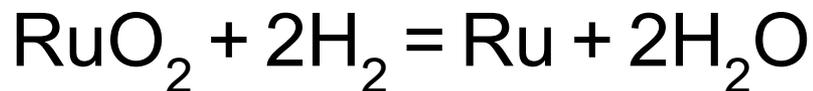
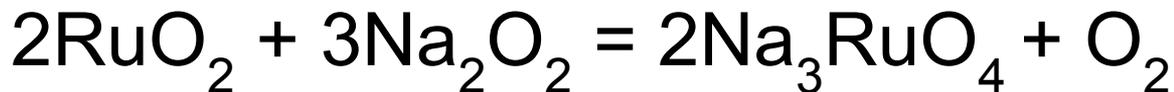
Ru, Os (+4)



Кислотно-основные свойства:

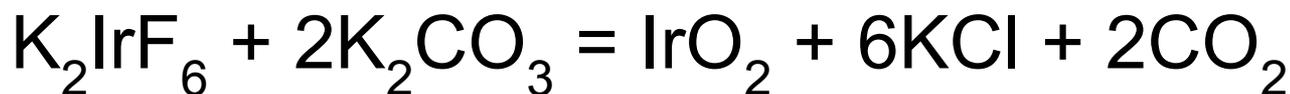
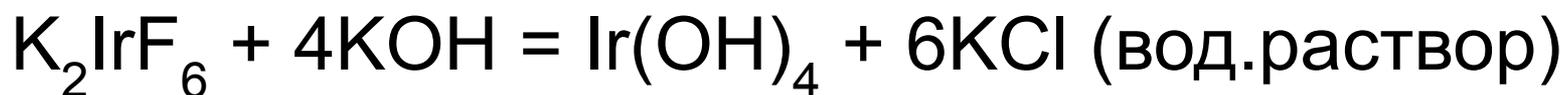


Окислительно-восстановительные свойства:



Rh, Ir (+4)

Получение:



Rh, Ir (+4)

IrO_2 Прочная кристал. решетка \longrightarrow низкая хим. активность

RhO_2 не устойчив

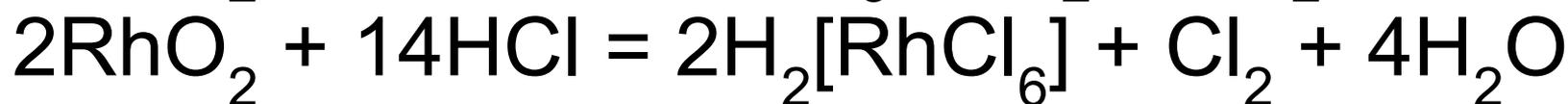
Обменные реакции

Характерны только для Ir^{+4} . В аналогичных ситуациях Rh^{+4} проявит окислительные свойства

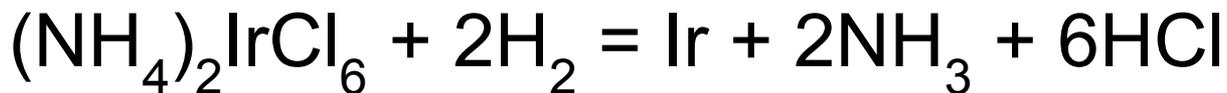


Rh, Ir (+4)

Rh⁺⁴ сильные окислители

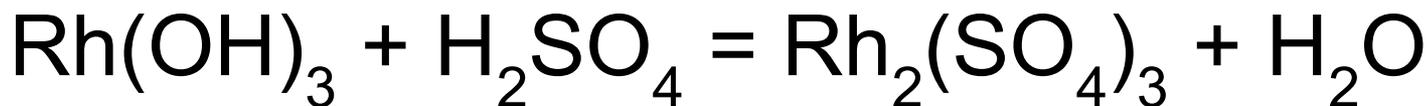
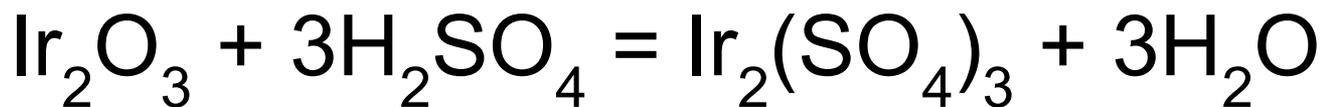


Ir⁺⁴ как окислитель слабее



Rh, Ir (+3)

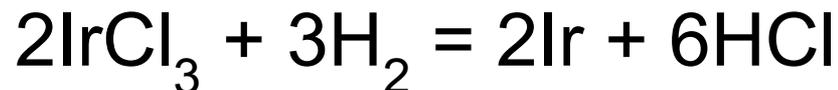
Кислотно - основные свойства:



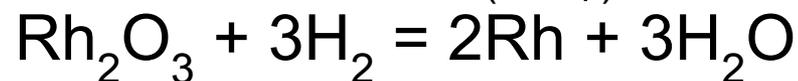
Rh, Ir (+3)

Окислительно-восстановительные свойства:

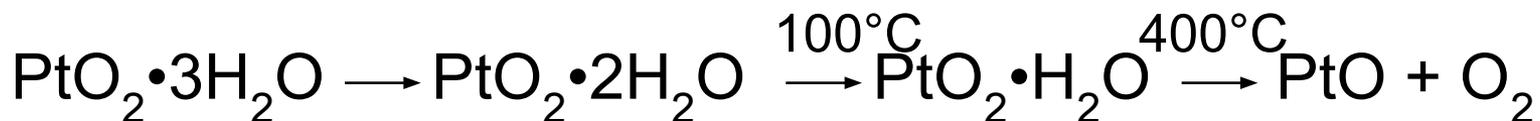
Ir^{+3}



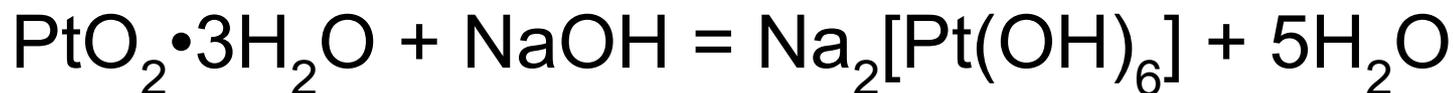
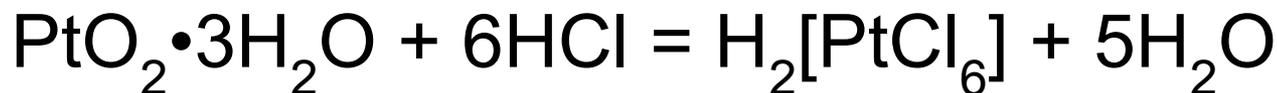
Rh^{+3}



Pt, Pd (+4)



Кислотно - основные свойства:



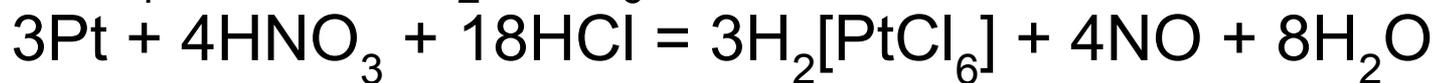
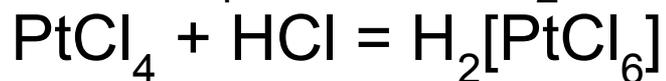
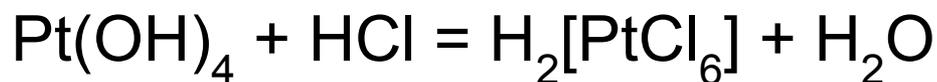


Гексахлороплатинат(IV) водорода

Гексахлороплатиновая кислота

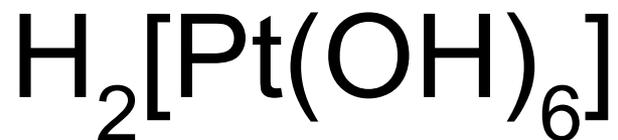
Устойчивая, сильная

Получение:



Соли щелочных металлов, NH_4^+



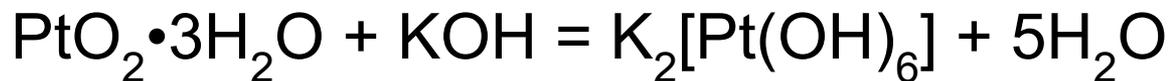
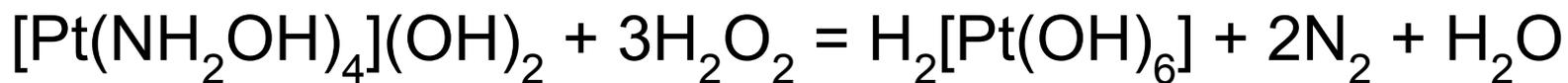
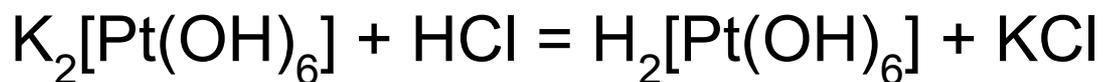


Гексагидроксоплатинат (IV) водорода

Гексагидроксоплатиновая кислота

Слабая, малорастворимая

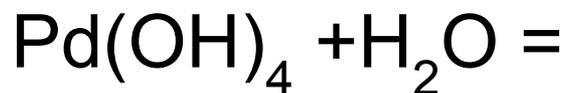
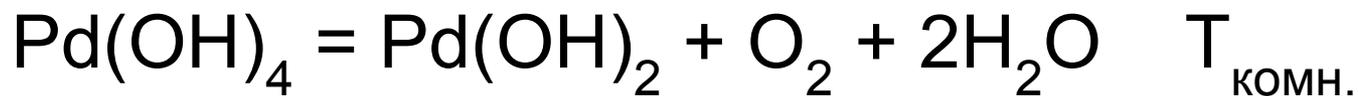
Получение:



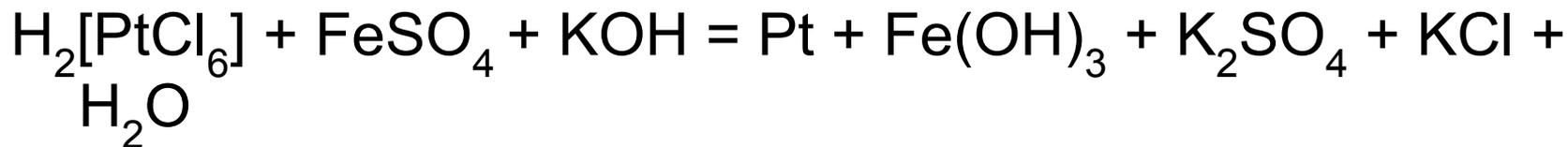
Pt, Pd (+4)

Окислительно-восстановительные свойства

Pd^{+4} сильный окислитель



Pt^{+4} окислитель только при сильном
восстановителе



Pt, Pd (+2)

Pd⁺² в воде [Pd(H₂O)₆]²⁺

Pd(ClO₄), PdSO₄

Кислотно-основные свойства:

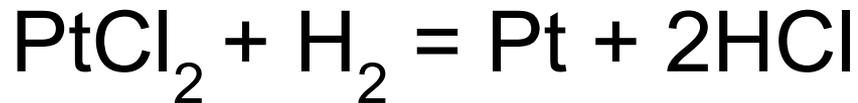
PtO амфотерен



Pd, Pt (+2)

Окислительно-восстановительные свойства

Pt⁺²



Pd⁺²



Качественная реакция на CO

Применение

Pt:

Kat

Посуда

Термопары

Электроды

Ювелирное и зубопротезное

Pd:

Kat реакций гидрирования

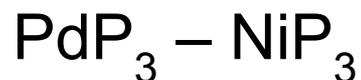
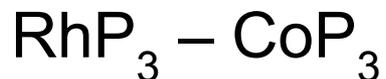
Rh, Os

Добавки в сплавы

Остальные галогениды

		Ru	Os	Rh	Ir	Pd	Pt
II	Cl	RuCl_2	OsCl_2			PdCl_2	PtCl_2
	Br					PdBr_2	PtBr_2
	I		OsI_2			PdI_2	PtI_2
III	Cl	RuCl_3	OsCl_3	RhCl_3	IrCl_3		
	Br	RuBr_3	OsBr_3	RhBr_3	IrBr_3		
	I	RuI_3	OsI_3	RhI_3	IrI_3		
IV	Cl						PtCl_4
	Br						PtBr_4
	I						PtI_4

Сульфиды, фосфиды и т.д.



Сложные системы с S, Se, Te, P, As, Bi, Sn и Pb.



H_2S на раствор соли Me:



Принципы разделения

- Os и Ru не растворяются ни в одной из кислот вплоть до $T_{\text{кип}}$, тогда как Pd растворяется в азотной кислоте.
- Os и Ru окисляются при щелочной окислительной плавке (Na_2O_2 , $\text{NaOH} + \text{NaCl}$); плав растворяется в воде с образованием рутенатов, осматов.
- Рутенаты восстанавливаются спиртом до $\text{RuO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, а осматы в виде аммониевой соли.
- $+\text{FeSO}_4$ осаждается золото. Rh, Ir и Pd до низших степеней. $[\text{PtCl}_6]^{2-}$ в виде аммониевой соли.
- Rh и Ir + ClO_2^- (BrO_3^-) = гидратированные окислы. $\text{Na}_3[\text{RhCl}_6]$ не растворяется в этаноле, а аналогичные комплексы Pd(IV), Ir(IV) растворяются.

