

Переходные металлы 2

(побочные подгруппы
I и II групп)



Групи Періоди	a I б	a II б	a III б	a IV б	a V б	a VI б	a VII б	a	VIII	б				
1	H	...d ¹⁰ s ²					H 1,0079 1s ¹	He 4,0026 1s ²	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> порядковий номер СИМВОЛ атомна маса електронна оболочка НАЗВА ЕЛЕМЕНТУ </div> <div style="display: inline-block; vertical-align: middle; margin-left: 10px;"> розподілення електронів <div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 5px;"> <div style="width: 10px; height: 10px; background-color: #f8d7da; border: 1px solid #f5c6cb;"></div> s-елементи <div style="width: 10px; height: 10px; background-color: #fff3cd; border: 1px solid #ffeeba;"></div> p-елементи <div style="width: 10px; height: 10px; background-color: #d4edda; border: 1px solid #c3e6cb;"></div> d-елементи <div style="width: 10px; height: 10px; background-color: #d1ecf1; border: 1px solid #bee5eb;"></div> f-елементи </div> </div>					
2	Li 6,941 2s ¹ ЛІТІЙ	Be 9,012 2s ² БЕРИЛІЙ	B 10,81 2s ² 2p ¹ БОР	C 12,011 2s ² 2p ² ВІДРОБ	N 14,0067 2s ² 2p ³ АЗОТ	O 15,999 2s ² 2p ⁴ КИСЛОРОД	F 18,998 2s ² 2p ⁵ ФЛУОР	Ne 20,179 2s ² 2p ⁶ НЕОН						
3	Na 22,990 3s ¹ НАТРІЙ	Mg 24,305 3s ² МАГНІЙ	Al 26,981 3s ² 3p ¹ АЛЮМІНІЙ	Si 28,086 3s ² 3p ² СИЛІЦІЙ	P 30,974 3s ² 3p ³ ФОСФОР	S 32,06 3s ² 3p ⁴ СУЛЬФУР	Cl 35,45 3s ² 3p ⁵ ХЛОР	Ar 39,948 3s ² 3p ⁶ АРГОН						
4	K 39,098 4s ¹ КАЛІЙ	Ca 40,08 4s ² КАЛЬЦІЙ	Sc 44,956 3d ¹ 4s ² СКАНДІЙ	Ti 47,90 3d ² 4s ² ТИТАН	V 50,941 3d ³ 4s ² ВАНАДІЙ	Cr 51,996 3d ⁵ 4s ¹ ХРОМ	Mn 54,938 3d ⁵ 4s ² МАНГАН	Fe 55,847 3d ⁶ 4s ² ФЕРУМ	Co 58,933 3d ⁷ 4s ² КОБАЛЬТ	Ni 58,70 3d ⁸ 4s ² НИКОЛ				
	29 63,546 3d ¹⁰ 4s ¹ КУПРУМ	30 65,38 3d ¹⁰ 4s ² ЦИНК	31 69,72 4s ² 4p ¹ ГАЛІЙ	32 72,59 4s ² 4p ² ГЕРМАНІЙ	33 74,921 4s ² 4p ³ АРСЕН	34 78,96 4s ² 4p ⁴ СЕЛЕН	35 79,904 4s ² 4p ⁵ БРОМ	36 83,80 4s ² 4p ⁶ КРИПТОН						
5	Rb 85,468 5s ¹ РУБІДІЙ	Sr 87,62 5s ² СТРОНЦІЙ	Y 88,906 4d ¹ 5s ² ІТРИЙ	Zr 91,22 4d ² 5s ² ЦИРКОНІЙ	Nb 92,906 4d ⁴ 5s ¹ НІОБІЙ	Mo 95,94 4d ⁵ 5s ¹ МОЛІБДЕН	Tc 98,906 4d ⁵ 5s ² ТЕХНЕЦІЙ	Ru 101,07 4d ⁷ 5s ¹ РУТЕНІЙ	Rh 102,905 4d ⁸ 5s ¹ РОДІЙ	Pd 106,4 4d ¹⁰ ПАЛАДІЙ				
	47 107,868 4d ¹⁰ 5s ¹ АРГЕНТУМ	48 112,40 4d ¹⁰ 5s ² КАДМІЙ	49 114,82 5s ² 5p ¹ ІНДІЙ	50 118,69 5s ² 5p ² СТАНУМ	51 121,75 5s ² 5p ³ СТРИБІЙ	52 127,60 5s ² 5p ⁴ ТЕЛУР	53 126,904 5s ² 5p ⁵ ЙОД	54 131,30 5s ² 5p ⁶ КСЕНОН						
6	Cs 132,905 6s ¹ ЦЕЗІЙ	Ba 137,34 6s ² БАРИЙ	La 138,905 5d ¹ 6s ² ЛАНТАН	* Гафній	Hf 178,49 5d ² 6s ² ГАФНІЙ	Ta 180,948 5d ³ 6s ² ТАНТАЛ	W 183,85 5d ⁴ 6s ² ВОЛЬФРАМ	Re 186,207 5d ⁵ 6s ² РЕНІЙ	Os 190,2 5d ⁶ 6s ² ОСМІЙ	Ir 192,22 5d ⁷ 6s ² ІРИДІЙ	Pt 195,09 5d ⁹ 6s ¹ ПЛАТИНА			
	79 196,967 5d ¹⁰ 6s ¹ АУРУМ	80 200,59 5d ¹⁰ 6s ² МЕРКУРІЙ	81 204,37 6s ² 6p ¹ ТАЛІЙ	82 207,2 6s ² 6p ² ПЛЮМБУМ	83 208,980 6s ² 6p ³ БІСМУТ	84 [209] 6s ² 6p ⁴ ПОЛОНІЙ	85 [210] 6s ² 6p ⁵ АСТАТ	86 [222] 6s ² 6p ⁶ РАДОН						
7	Fr [223] 7s ¹ ФРАНЦІЙ	Ra 226,025 7s ² РАДІЙ	89 [227] 6d ¹ 7s ² АКТИНІЙ	** Актиніди	104 [261] 6d ² 7s ² РЕЗЕРФОРДІЙ	105 [262] 6d ³ 7s ² ДУБНІЙ	106 [263] 6d ⁴ 7s ² СИБОРГІЙ	107 [262] 6d ⁵ 7s ² БОРІЙ	108 [269] 6d ⁶ 7s ² ГАСІЙ	109 [268] 6d ⁷ 7s ² МАЙТНЕРІЙ	110 [271] 6d ⁹ 7s ¹ ДАРМШТАДТІЙ			
* ЛАНТАНІДИ														
8	58 Ce 140,12 4f ¹ 5d ¹ 6s ² ЦЕРІЙ	59 Pr 140,908 4f ³ 6s ² ПРАЗЕОДИМ	60 Nd 144,24 4f ⁴ 6s ² НЕОДИМ	61 Pm [145] 4f ⁵ 6s ² ПРОМЕТІЙ	62 Sm 150,4 4f ⁶ 6s ² САМАРІЙ	63 Eu 151,96 4f ⁷ 6s ² ЄВРОПІЙ	64 Gd 157,25 4f ⁷ 5d ¹ 6s ² ГАДОЛІНІЙ	65 Tb 158,925 4f ⁹ 6s ² ТЕРБІЙ	66 Dy 162,50 4f ¹⁰ 6s ² ДИСПРОЗІЙ	67 Ho 164,93 4f ¹¹ 6s ² ГОЛЬМІЙ	68 Er 167,26 4f ¹² 6s ² ЕРБІЙ	69 Tm 168,93 4f ¹³ 6s ² ТУЛІЙ	70 Yb 173,04 4f ¹⁴ 6s ² ІТЕРБІЙ	71 Lu 174,97 4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ² ЛЮТЕЦІЙ
** АКТИНІДИ														
9	90 Th 232,038 6d ² 7s ² ТОРІЙ	91 Pa [231] 5f ² 6d ¹ 7s ² ПРОТАКТИНІЙ	92 U 238,029 5f ³ 6d ¹ 7s ² УРАН	93 Np [237] 5f ⁴ 6d ¹ 7s ² НЕПТУНІЙ	94 Pu [244] 5f ⁶ 7s ² ПЛУТОНІЙ	95 Am [243] 5f ⁷ 7s ² АМЕРЕЦІЙ	96 Cm [243] 5f ⁷ 6d ¹ 7s ² КЮРІЙ	97 Bk [247] 5f ⁹ 6d ¹ 7s ² БЕРКЛІЙ	98 Cf [251] 5f ¹⁰ 7s ² КАЛІФОРНІЙ	99 Es [254] 5f ¹¹ 7s ² ЕЙНШТЕЙНІЙ	100 Fm [257] 5f ¹² 7s ² ФЕРМІЙ	101 Md [258] 5f ¹³ 7s ² МЕНДЕЛІВІЙ	102 No [259] 5f ¹⁴ 7s ² НОБЕЛІЙ	103 Lr [259] 5f ¹⁴ 6d ¹ 7s ² ЛОУРЕНСІЙ

Простые вещества



Cd

$$T_{\text{пл}} = 321^{\circ}\text{C}$$



Hg

$$T_{\text{пл}} = -39^{\circ}\text{C}$$

Zn

$$T_{\text{пл}} = 419^{\circ}\text{C}$$



В природе

Zn	ZnS цинковая обманка, вюрцит, сфалерит $Zn(AlO_2)_2$ цинковая шпинель
Cd	☹
Hg	HgS киноварь



Химические свойства

- $\text{Zn} + \text{Br}_2 \text{ (н.у.)}$
- $\text{Zn} + \text{S (t)}$
- $\text{Zn} + \text{H}_2\text{O}_{\text{пар}} = \text{ZnO} + \text{H}_2 \text{ (t)}$
- $\text{Zn} + \text{H}^+ = \text{Zn}^{2+} + \text{H}_2$
- $\text{Zn} + 2\text{KOH} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{K}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4] + \text{H}_2$
- $\text{Zn} + 4\text{NH}_3 + 2\text{H}_2\text{O} = [\text{Zn}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2 + \text{H}_2$
- $\text{Hg} + \text{Br}_2 \text{ (t)}$
- $\text{Hg} + \text{S (н.у.)}$
- $\text{Hg} + \text{H}^+ \neq$
- $\text{Hg} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Hg}(\text{NO}_3)_2, \text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$

Оксиды и гидроксиды



ZnO – «цинковые белила»



Zn(OH)_2

Оксиды и гидроксиды



https://st19.stpulsцен.ru/images/product/086/394/075_big.jpg



CdO

http://chemistry-chemists.com/N3_2012/U3/img/Cadmium_oxide-1.JPG



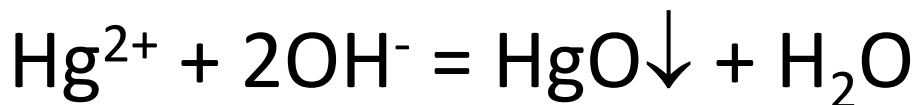
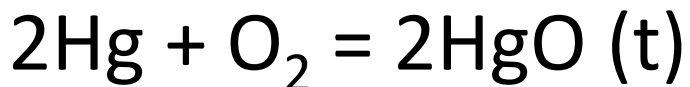
<https://chemcraft.ru/sites/chemcraft.ru/files/field/image/iecco64839.png>



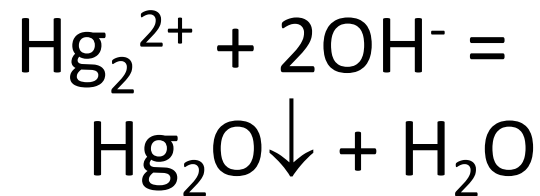
$\text{Cd}(\text{OH})_2$

Оксиды и гидроксиды

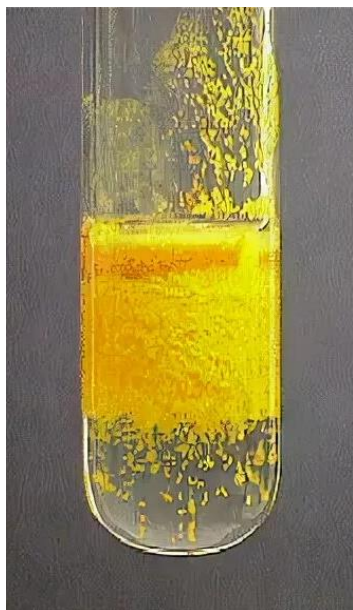
HgO



Hg₂O



черно-бур.



<https://avatars.mds.yandex.net/i?id=2a0000017a19167b634092a569106b5f5206-4379221-images-thumbs&n=13>

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/0a/Mercury_oxide_red.JPG/640px-Mercury_oxide_red.JPG

Амальгамы



Групи Періоди	a I б	a II б	a III б	a IV б	a V б	a VI б	a VII б	a	VIII	б
1	H 1,0079 1s ¹							He 4,0026 1s ²		
2	Li 6,941 2s ¹	Be 9,012 2s ²	B 10,81 2s ² 2p ¹	C 12,011 2s ² 2p ²	N 14,0067 2s ² 2p ³	O 15,999 2s ² 2p ⁴	F 18,998 2s ² 2p ⁵	Ne 20,179 2s ² 2p ⁶		
3	Na 22,990 3s ¹	Mg 24,305 3s ²	Al 26,981 3s ² 3p ¹	Si 28,086 3s ² 3p ²	P 30,974 3s ² 3p ³	S 32,06 3s ² 3p ⁴	Cl 35,45 3s ² 3p ⁵	Ar 39,948 3s ² 3p ⁶		
4	K 39,098 4s ¹	Ca 40,08 4s ²	Sc 44,956 3d ¹ 4s ²	Ti 47,90 3d ² 4s ²	V 50,941 3d ³ 4s ²	Cr 51,996 3d ⁵ 4s ¹	Mn 54,938 3d ⁵ 4s ²	Fe 55,847 3d ⁶ 4s ²	Co 58,933 3d ⁷ 4s ²	Ni 58,70 3d ⁸ 4s ²
5	Rb 85,468 5s ¹	Sr 87,62 5s ²	Y 88,906 4d ¹ 5s ²	Zr 91,22 4d ² 5s ²	Nb 92,906 4d ⁴ 5s ¹	Mo 95,94 4d ⁵ 5s ¹	Tc 98,906 4d ⁵ 5s ²	Ru 101,07 4d ⁷ 5s ¹	Rh 102,905 4d ⁸ 5s ¹	Pd 106,4 4d ¹⁰
6	Cs 132,905 6s ¹	Ba 137,34 6s ²	La 138,905 5d ¹ 6s ²	Hf 178,49 5d ² 6s ²	Ta 180,948 5d ³ 6s ²	W 183,85 5d ⁴ 6s ²	Re 186,207 5d ⁵ 6s ²	Os 190,2 5d ⁶ 6s ²	Ir 192,22 5d ⁷ 6s ²	Pt 195,09 5d ⁹ 6s ¹
7	Fr [223] 7s ¹	Ra 226,025 7s ²	Ac [227] 6d ¹ 7s ²	Rf [261] 6d ² 7s ²	Db [262] 6d ³ 7s ²	Sg [263] 6d ⁴ 7s ²	Bh [262] 6d ⁵ 7s ²	Hs [269] 6d ⁶ 7s ²	Mt [268] 6d ⁷ 7s ²	Ds [271] 6d ⁹ 7s ¹

порядковий номер
СИМВОЛ
атомна маса

s-елементи
p-елементи
d-елементи
f-елементи

Медь, сребро, золото

...d¹⁰s¹

Cu

Ag

Au

* ЛАНТАНИДИ

** АКТИНИДИ

58 Ce 140,12 4f ¹⁵ d ¹ 6s ²	59 Pr 140,908 4f ³ 6s ²	60 Nd 144,24 4f ⁴ 6s ²	61 Pm [145]	62 Sm 150,4 4f ⁶ 6s ²	63 Eu 151,96 4f ⁷ 6s ²	64 Gd 157,25 4f ⁷ 5d ¹ 6s ²	65 Tb 158,925 4f ⁹ 6s ²	66 Dy 162,50 4f ¹⁰ 6s ²	67 Ho 164,93 4f ¹¹ 6s ²	68 Er 167,26 4f ¹² 6s ²	69 Tm 168,93 4f ¹³ 6s ²	70 Yb 173,04 4f ¹⁴ 6s ²	71 Lu 174,97 4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²
90 Th 232,038 6d ² 7s ²	91 Pa [231] 5f ² 6d ¹ 7s ²	92 U 238,029 5f ³ 6d ¹ 7s ²	93 Np [237] 5f ⁴ 6d ¹ 7s ²	94 Pu [244] 5f ⁶ 7s ²	95 Am [243] 5f ⁷ 7s ²	96 Cm [243] 5f ⁷ 6d ¹ 7s ²	97 Bk [247] 5f ⁸ 6d ¹ 7s ²	98 Cf [251] 5f ¹⁰ 7s ²	99 Es [254] 5f ¹¹ 7s ²	100 Fm [257] 5f ¹² 7s ²	101 Md [258] 5f ¹³ 7s ²	102 No [259] 5f ¹⁴ 7s ²	103 Lr [259] 5f ¹⁴ 6d ¹ 7s ²

Простые вещества



Cu

$T_{\text{пл}} = 1083^{\circ}\text{C}$



Ag

$T_{\text{пл}} = 961^{\circ}\text{C}$

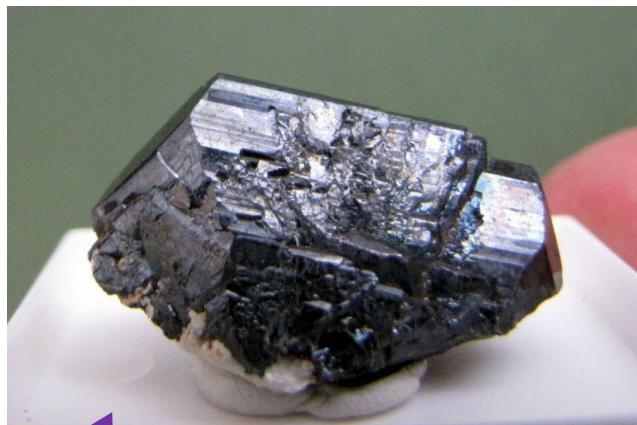
Au

$T_{\text{пл}} = 1063^{\circ}\text{C}$



- Самородки

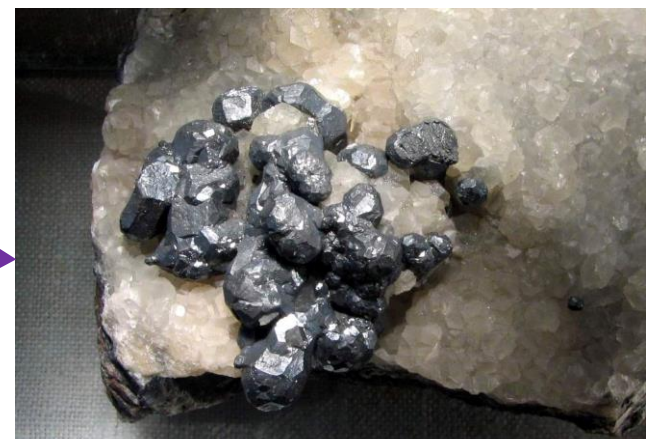
В природе



http://geo.web.ru/druza/m-chalcos_14_7618.jpg



Cu	Cu_2S медный блеск, халькозин $CuFeS_2$ халькопирит $(CuOH)_2CO_3$ малахит
Ag	Ag_2S аргентит



http://geo.web.ru/druza/m-argent_5_7275.JPG

Химические свойства

- $\text{Cu} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CuO (t)}, \text{Cu}_2\text{O (tt)}$
- $\text{Cu} + \text{S} \rightarrow \text{CuS (t)}, \text{Cu}_2\text{S (tt)}$
- $\text{Cu} + \text{Hal}_2 \rightarrow \text{CuHal}_2$
- $\text{Cu} + \text{I}_2 \rightarrow \text{CuI}$
- $\text{Cu} + \text{H}^+ \neq$, но:
- $\text{Cu} + 2\text{HCl}_\kappa = \text{H}[\text{CuCl}_2] + \frac{1}{2}\text{H}_2$
- На воздухе:
красн. Cu_2O , зеленоват.
 $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$ (патина)
- $\text{Ag} + \text{O}_2 \neq$
- $2\text{Ag} + \text{S} = \text{Ag}_2\text{S (t)}$
- $2\text{Ag} + \text{F}_2 = 2\text{AgF}$
- $2\text{Ag} + \text{I}_2 \rightleftharpoons 2\text{AgI}$
- $\text{Ag} + \text{H}^+ \neq$
- На воздухе:
- $4\text{Ag} + \text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 = 2\text{Ag}_2\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$
черн.

Химические свойства

- $4\text{Э} + \text{O}_2 + 8\text{CN}^- + 2\text{H}_2\text{O} = 4[\text{Э}(\text{CN})_2]^- + 4\text{OH}^-$
- $4\text{Cu} + \text{O}_2 + 8\text{NH}_3 + 2\text{H}_2\text{O} = 4[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^+ + 4\text{OH}^-$
- $\text{Cu} + \text{FeCl}_3 = \text{FeCl}_2 + \text{CuCl}_2$
- $\text{Au} + \text{HNO}_3 + 4\text{HCl} = \text{H}[\text{AuCl}_4] + \text{NO} + 2\text{H}_2\text{O}$
- $2\text{Au} + \text{I}_2 + 2\text{KI} = 2\text{K}[\text{AuI}_2]$

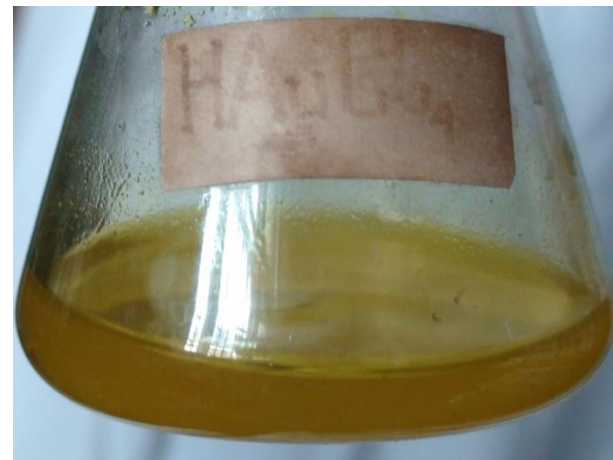


$\text{K}[\text{Cu}(\text{CN})_2]$

$\text{K}[\text{AuCl}_4]$

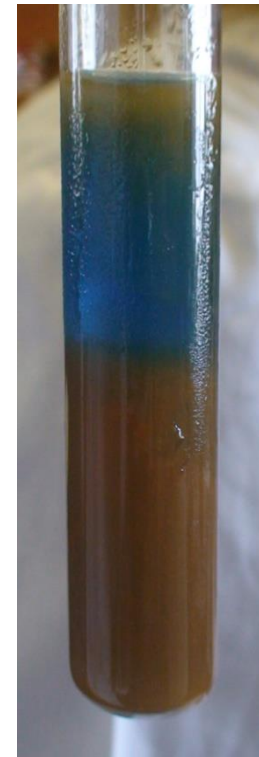
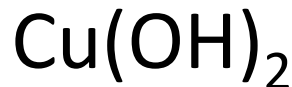
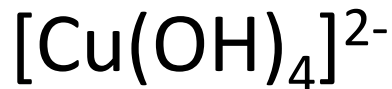
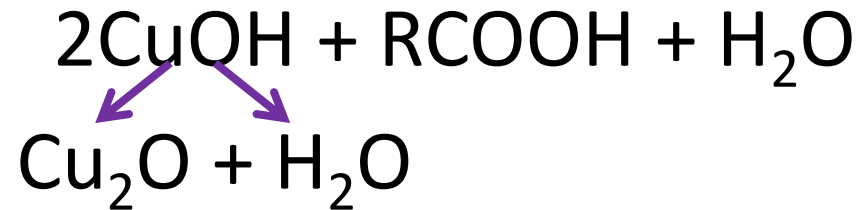
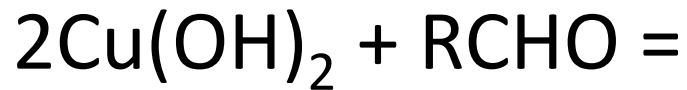


$\text{H}[\text{AuCl}_4]$



Оксиды, гидроксиды

CuO



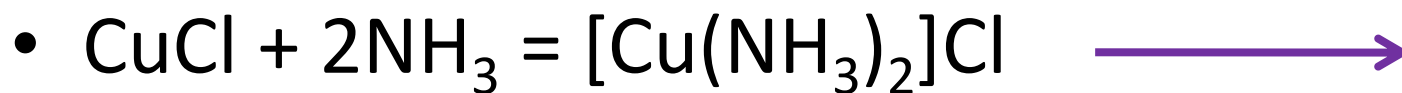
Оксиды, гидроксиды

- $2\text{Ag}^+ + 2\text{OH}^- = \text{Ag}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{Ag}_2\text{O} + 4\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} = 2[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$



http://chemistry-chemists.com/N3_2012/U3/img/silver_oxide-l.png

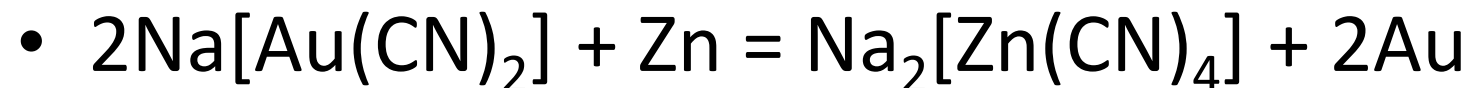
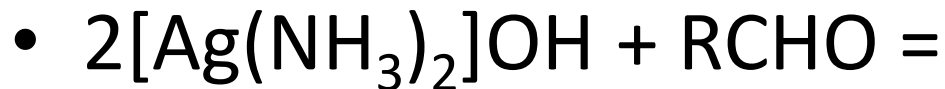
Э(I)



(а также Ag)



НО:



Cu(II)

- $\text{CuO} + \text{RCH}_2\text{OH} = \text{Cu} + \text{RCHO} + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{CuHal}_2 = \text{CuHal} + \frac{1}{2} \text{Hal}_2$ (t, кроме I)
- $\text{Cu}^{2+} + 4\text{NH}_3 = [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$
- $\text{CuCl}_2 + 2\text{Cl}^- = [\text{CuCl}_4]^{2-}$



пламя CuCl_2 и CuCl



50 оттенков синего

Э(III)

- $2\text{Au} + 3\text{Br}_2 = 2\text{AuBr}_3$
- $[\text{AuCl}_4]^-$
- $\text{AuSO}_4 = \text{Au}^{\text{I}}\text{Au}^{\text{III}}(\text{SO}_4)_2$
- Au_2O_3 – кислотный



<https://dedpodaril.com/wp-content/uploads/2017/04/vanadia.jpg>

- $[\text{Cu}(\text{H}_3\text{IO}_6)_2(\text{OH})_2]^{3-}$
- $\text{Cu}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{KOH} = 2\text{K}[\text{Cu}(\text{OH})_4]$
- $\text{CuO} + \text{KO}_2 = \text{KCuO}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2 \text{ (t)}$
- LaCuO_3