

МИРЭА – Российский Технологический Университет
Институт тонких химических технологий им. М.В. Ломоносова
Кафедра неорганической химии им. А.Н. Реформатского

ХИМИЯ ЭЛЕМЕНТОВ

8,9,10 (VIIIБ) групп

Лектор: доц., к.х.н. Дорохов Андрей Викторович

ЛЕКЦИЯ №25

Химия элементов VIIIБ-группы.

- I. Общая характеристика элементов VIIIБ группы.
Свойства простых веществ.
- II. Оксиды и гидроксиды.
- III. Катионы металлов. Протолиз. Окислительно-восстановительные свойства.
- IV. Комплексные соединения.

I. Химия VIIIБ группы. Общая характеристика.

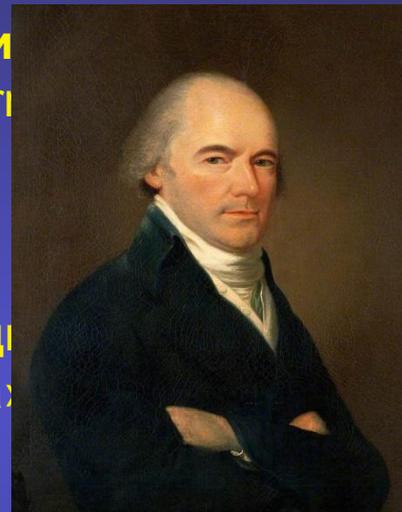
система химических элементов Д.И. Менделеева

| группы | | | группы | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|--|--|---|---|--|---|---|--|---|--|---|--|--|---------------|---|--|--|--|--|
| 8 (VIIIБ0) | 9 (VIIIБ1) | 10 (VIIIБ2) | 6 (IБ) | 7 (VIIБ) | 8 (VIIIБ0) | 9 (VIIIБ1) | 10 (VIIIБ2) | 11 (IБ) | 12 (IIБ) | 13 (IIIA) | 14 (IVA) | 15 (VA) | 16 (VIA) | 17 (VIIA) | 18 (VIIIA) | | | | | |
| Fe ²⁶ Железо 55.845 | Co ²⁷ Кобальт 58.933 | Ni ²⁸ Никель 58.693 | группы или по интересующему Вас химическому элементу | | | | | | | | | | | | | He ² Гелий 4.003 | | | | |
| Ru ⁴⁴ Рутений 101.070 | Rh ⁴⁵ Родий 102.906 | Pd ⁴⁶ Палладий 106.420 | | | | | | | | | | | | | | Ne ¹⁰ Неон 20.180 | | | | |
| Ru ⁴⁴ Рутений 101.070 | Rh ⁴⁵ Родий 102.906 | Pd ⁴⁶ Палладий 106.420 | Al ¹³ Алюминий 26.982 | Si ¹⁴ Кремний 28.086 | P ¹⁵ Фосфор 30.974 | S ¹⁶ Сера 32.065 | Cl ¹⁷ Хлор 35.453 | Ar ¹⁸ Аргон 39.948 | | | | | | | | | | | | |
| Os ⁷⁶ Осмий 190.230 | Ir ⁷⁷ Иридий 192.217 | Pt ⁷⁸ Платина 195.084 | 24 Mn ²⁵ Марганец 54.938 | Fe ²⁶ Железо 55.845 | Co ²⁷ Кобальт 58.933 | Ni ²⁸ Никель 58.693 | Cu ²⁹ Медь 63.546 | Zn ³⁰ Цинк 65.382 | Ga ³¹ Галлий 69.723 | Ge ³² Германий 72.640 | As ³³ Мышьяк 74.922 | Se ³⁴ Селен 78.960 | Br ³⁵ Бром 79.904 | Kr ³⁶ Криптон 83.798 | | | | | | |
| Os ⁷⁶ Осмий 190.230 | Ir ⁷⁷ Иридий 192.217 | Pt ⁷⁸ Платина 195.084 | 42 Tc ⁴³ Технеций 97.907 | Ru ⁴⁴ Рутений 101.070 | Rh ⁴⁵ Родий 102.906 | Pd ⁴⁶ Палладий 106.420 | Ag ⁴⁷ Серебро 107.868 | Cd ⁴⁸ Кадмий 112.411 | In ⁴⁹ Индий 114.818 | Sn ⁵⁰ Олово 118.710 | Sb ⁵¹ Сурьма 121.760 | Te ⁵² Теллур 127.600 | I ⁵³ Иод 126.904 | Xe ⁵⁴ Ксенон 131.293 | | | | | | |
| Hs ¹⁰⁸ Хассий 269 | Mt ¹⁰⁹ Мейтнерий 278 | Ds ¹¹⁰ Дармштадтий 281 | 74 Re ⁷⁵ Рений 186.207 | Os ⁷⁶ Осмий 190.230 | Ir ⁷⁷ Иридий 192.217 | Pt ⁷⁸ Платина 195.084 | Au ⁷⁹ Золото 196.966 | Hg ⁸⁰ Ртуть 200.590 | Tl ⁸¹ Таллий 204.383 | Pb ⁸² Свинец 207.200 | Bi ⁸³ Висмут 208.980 | Po ⁸⁴ Полоний 208.982 | At ⁸⁵ Астат 209.987 | Rn ⁸⁶ Радон 222.018 | | | | | | |
| Hs ¹⁰⁸ Хассий 269 | Mt ¹⁰⁹ Мейтнерий 278 | Ds ¹¹⁰ Дармштадтий 281 | 106 Bh ¹⁰⁷ Борий 264 | Hs ¹⁰⁸ Хассий 269 | Mt ¹⁰⁹ Мейтнерий 278 | Ds ¹¹⁰ Дармштадтий 281 | Rg ¹¹¹ Рентгений 282 | Cn ¹¹² Коперниций 285 | Nh ¹¹³ Нихоний 284 | Fl ¹¹⁴ Флеровий 289 | Mc ¹¹⁵ Московский 288 | Lv ¹¹⁶ Ливерморий 292 | Ts ¹¹⁷ Теннессин 294 | Og ¹¹⁸ Оганессон 294 | | | | | | |
| * Лантаноиды | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pr ⁵⁹ Празеодим 140.908 | Nd ⁶⁰ Неодим 144.242 | Pm ⁶¹ Прометий 145 | Sm ⁶² Самарий 150.360 | Eu ⁶³ Европий 151.964 | Gd ⁶⁴ Гадолиний 157.250 | Tb ⁶⁵ Тербий 158.925 | Dy ⁶⁶ Диспрозий 162.500 | Ho ⁶⁷ Гольмий 164.930 | Er ⁶⁸ Эрбий 167.259 | Tm ⁶⁹ Тулий 168.934 | Yb ⁷⁰ Иттербий 173.054 | Lu ⁷¹ Лютеций 174.967 | | | | | | | | |
| ** Актиноиды | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pa ⁹¹ Протактиний 231.036 | U ⁹² Уран 238.029 | Np ⁹³ Нептуний 237 | Pu ⁹⁴ Плутоний 244 | Am ⁹⁵ Америций 243 | Cm ⁹⁶ Кюрий 247 | Bk ⁹⁷ Берклий 247 | Cf ⁹⁸ Калифорний 251 | Es ⁹⁹ Эйнштейний 252 | Fm ¹⁰⁰ Фермий 257 | Md ¹⁰¹ Менделевий 258 | No ¹⁰² Нобелий 259 | Lr ¹⁰³ Лоуренсий 266 | | | | | | | | |

I. Химия VIIIБ группы. Общая характеристика.

История открытия.

- **Fe** Известен с древности (около 5000 лет до н.э.)
Этимология: «ferrum» и «ferre»
- **Co** 1735 г. Готтфрид Вильгельм Эрстедт (Швеция)
Kobolt (др.-герм.) – «обманчивый дух»
- **Ni** 1751 г. Вильгельм Эрстедт (Швеция)
Kupfernick (др.-герм.) – «обманчивая рудная никель»
- **Ru** 1844 г. Карл Клаус (Россия)
Ruthenia (лат.) – Россия, Русь
- **Rh** 1803 г. Уильям Волластон (Англия)
Róðon (др.-греч.) – «роза» (по цвету соединений элемента).
- **Pd** 1803 г. Уильям Волластон (Англия)
Назван по имени астероида Паллада, открытого в 1802 г.



I. Химия VIIIБ группы. Общая характеристика.

История открытия.

- **Os** 1803 г. Смитсон Теннант, Уильям Волластон
Οσμή (др.-греч.) – «запах» (по резкому запаху оксида OsO_4)
- **Ir** 1803 г. Смитсон Теннант (Англия)
Ἴρις (др.-греч.) – «радуга» (из-за разнообразной окраски соединений)
- **Pt** В Европе известна с XVI в., в Америке – с древних времён.
Plata (исп.) – «серебришко». (1803 г., Волластон)
- **Hs** 1984 г. Центр исследования тяжёлых ионов (Дармштадт, Германия)
В честь немецкой земли Гессен (лат. *Hassia*)
- **Mt** 1982 г. Центр исследования тяжёлых ионов (Дармштадт, Германия)
В честь австрийского физика Лизы Мейтнер.
- **Ds** 1994 г. Центр исследования тяжёлых ионов (Дармштадт, Германия)
В честь немецкого города Дармштадт (*Darmstadt*).

I. Химия VIIIБ группы. Общая характеристика.

1.1. Строение атома (валентные подуровни).

Общая электронная формула:



| 8 (VIII Б0) | 9 (VIII Б1) | 10 (VIII Б2) |
|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Fe [Ar] $3d^6 4s^2$ | Co [Ar] $3d^7 4s^2$ | Ni [Ar] $3d^8 4s^2$ |
| Ru [Kr] $4d^7 5s^1$ | Rh [Kr] $4d^8 5s^1$ | Pd [Kr] $4d^{10} 5s^0$ |
| Os [Xe $4f^{14}$] $5d^6 6s^2$ | Ir [Xe $4f^{14}$] $5d^7 6s^2$ | Pt [Xe $4f^{14}$] $5d^9 6s^1$ |

I. Химия VIIIБ группы. Общая характеристика.

1.2. Степени окисления

Рост уст. высш. с.о.



| VIII Б0 | VIII Б1 | VIII Б2 |
|---------------------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| Fe II, III (I-IV, VI, VIII) | Co II, III (I-IV) | Ni II (I-IV) |
| Ru II, IV (I-VIII) | Rh III (I-IV, VI) | Pd II (I-IV) |
| Os VIII (II-VIII) | Ir III, IV (I-VI) | Pt II, IV (I-IV) |

Рост устойчивости низших с.о.



I. Химия VIIIБ группы. Общая характеристика.

1.3. Свойства простых веществ

A). Физико-химические свойства



Fe

$$t_{\text{пл}} = 1539 \text{ }^{\circ}\text{C}$$
$$d = 7.87 \text{ г/см}^3$$



Co

$$t_{\text{пл}} = 1495 \text{ }^{\circ}\text{C}$$
$$d = 8.90 \text{ г/см}^3$$



Ni

$$t_{\text{пл}} = 1453 \text{ }^{\circ}\text{C}$$
$$d = 8.90 \text{ г/см}^3$$

Fe, Co, Ni – ферромагнетики!

I. Химия VIIIБ группы. Общая характеристика.

1.3. Свойства простых веществ

A). Физико-химические свойства



Ru

$$t_{\text{пл}} = 2334 \text{ }^{\circ}\text{C}$$
$$d = 12.4 \text{ г/см}^3$$



Rh

$$t_{\text{пл}} = 1966 \text{ }^{\circ}\text{C}$$
$$d = 12.4 \text{ г/см}^3$$



Pd

$$t_{\text{пл}} = 1554 \text{ }^{\circ}\text{C}$$
$$d = 12.0 \text{ г/см}^3$$



Os

$$t_{\text{пл}} = 3033 \text{ }^{\circ}\text{C}$$
$$d = 22.6 \text{ г/см}^3$$



Ir

$$t_{\text{пл}} = 2466 \text{ }^{\circ}\text{C}$$
$$d = 22.6 \text{ г/см}^3$$



Pt

$$t_{\text{пл}} = 1768 \text{ }^{\circ}\text{C}$$
$$d = 21.1 \text{ г/см}^3$$

I. Химия VIIIБ группы. Общая характеристика.

1.3. Свойства простых веществ

Б). Химические свойства

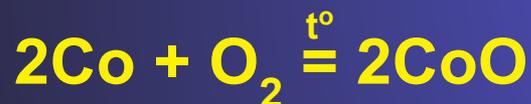
| $\phi^\circ, \text{В}$ | | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| $\text{Fe}^{2+} / \text{Fe}$ -0.44 | $\text{Co}^{2+} / \text{Co}$ -0.28 | $\text{Ni}^{2+} / \text{Ni}$ -0.23 |
| $\text{Ru}^{2+} / \text{Ru}$ +0.45 | $\text{Rh}^{3+} / \text{Rh}$ +0.8 | $\text{Pd}^{2+} / \text{Pd}$ +0.98 |
| $\text{Os}^{2+} / \text{Os}$ +0.85 | $\text{Ir}^{3+} / \text{Ir}$ +1.15 | $\text{Pt}^{2+} / \text{Pt}$ +1.2 |



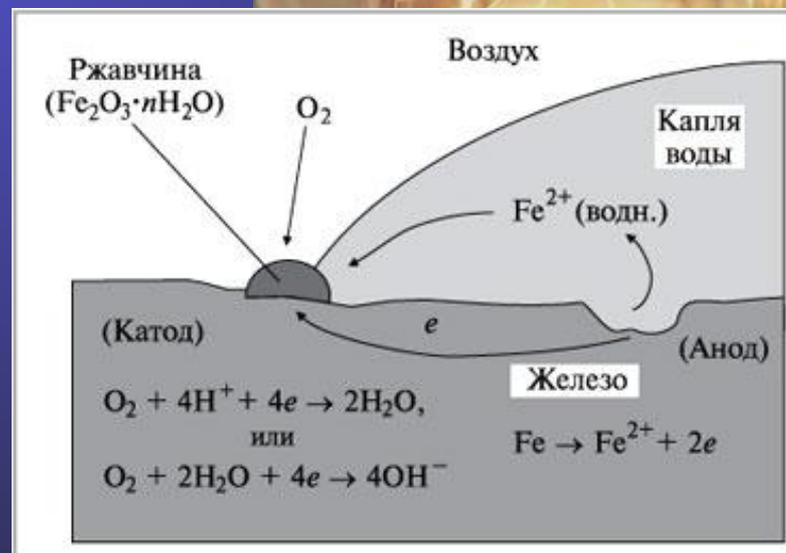
I. Химия VIIIБ группы. Общая характеристика.

1.3. Свойства простых веществ

Б). Химические свойства

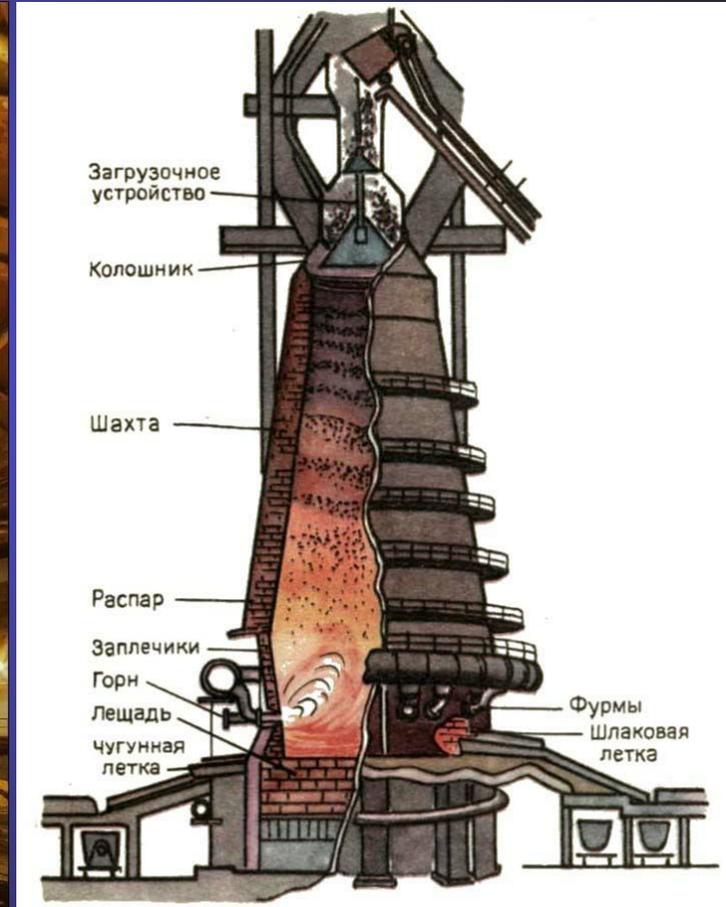


Электрохимическая коррозия



I. Химия VIIIБ группы. Общая характеристика.

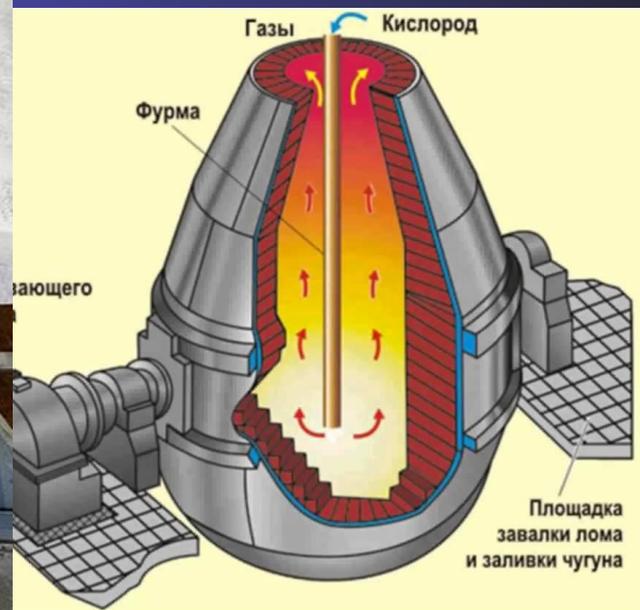
1.4. Получение. Выплавка чугуна и стали.



Чугун – сплав железа с углеродом (от 2.14 до 6.67%)

I. Химия VIIIБ группы. Общая характеристика.

1.4. Получение. Выплавка чугуна и стали.



Сталь – сплав железа с углеродом (от 0.10 до 2.14%)

II. Химия VIIIБ группы. Оксиды и гидроксиды

2.1. Оксиды и гидроксиды Э(+II)

А). Получение



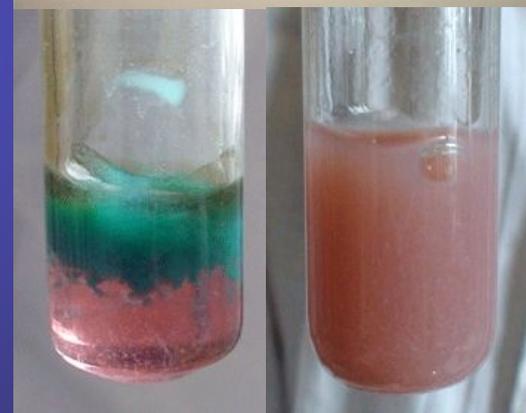
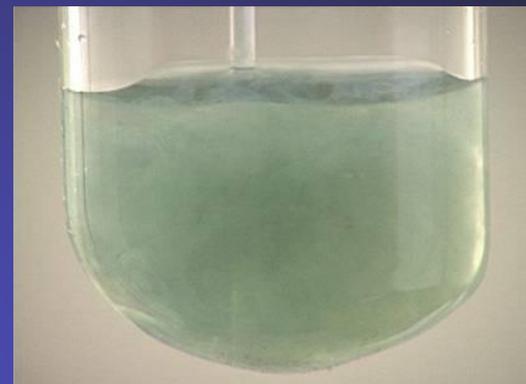
II. Химия VIIIБ группы. Оксиды и гидроксиды

2.1. Оксиды и гидроксиды Э(+II)

А). Получение



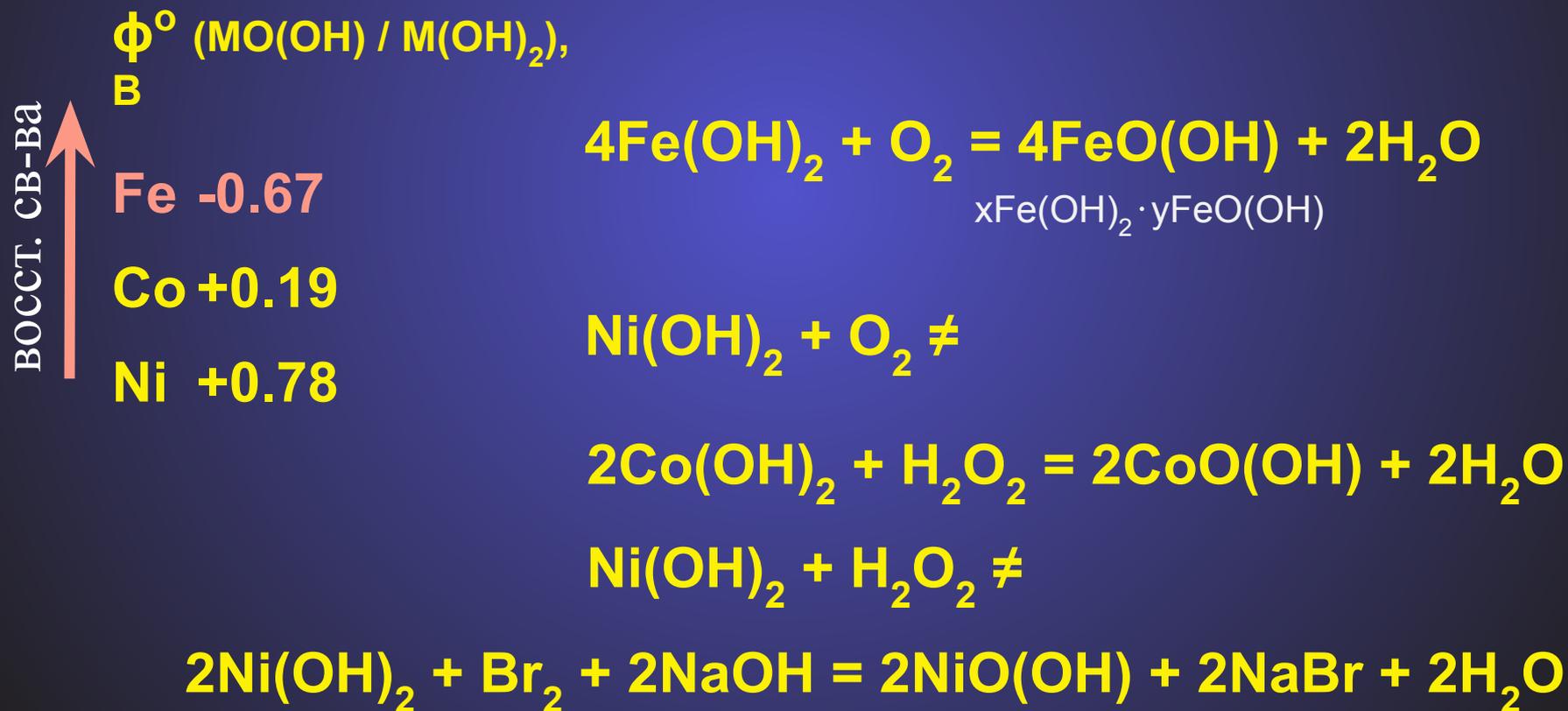
Б). Термическое разложение



II. Химия VIIIБ группы. Оксиды и гидроксиды

2.1. Оксиды и гидроксиды Э(II+)

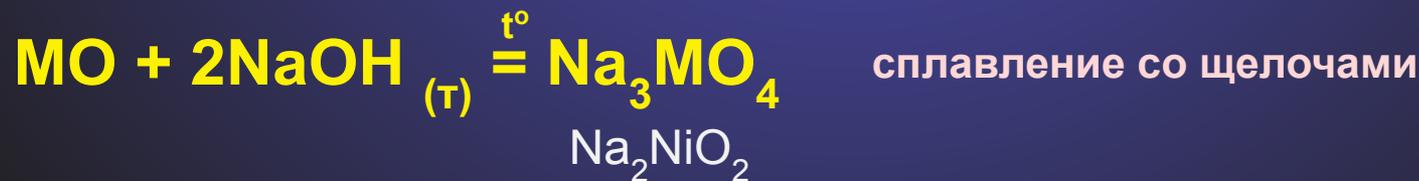
Б). Окислительно-восстановительные свойства



II. Химия VIIIБ группы. Оксиды и гидроксиды

2.1. Оксиды и гидроксиды Э(II+)

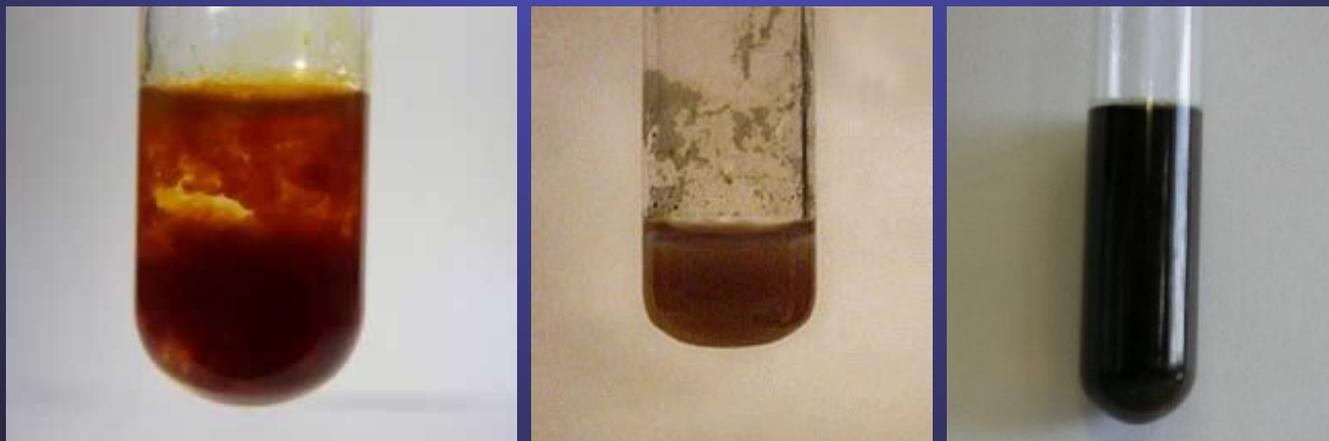
Г). Кислотно-основные свойства



II. Химия VIIIБ группы. Оксиды и гидроксиды

2.1. Оксиды и гидроксиды Э(+III)

А). Получение



II. Химия VIIIБ группы. Оксиды и гидроксиды

2.1. Оксиды и гидроксиды Э(+III)

Б). Окислительные свойства

ОКИСЛ. СВ-ВА MO(OH) ↓

| ϕ° (MO(OH) / M ²⁺), В |
|---|
| Fe ~ -0,3 |
| Co ~ +0.8 |
| Ni ~ +1.2 |

(2,25 В в справочнике - ???)

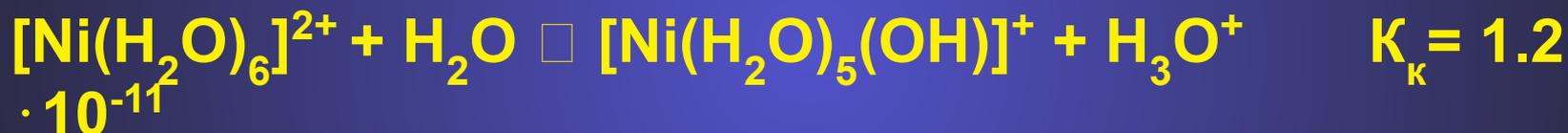
ОКИСЛ. СВ-ВА M³⁺ ↓

| ϕ° (M ³⁺ / M ²⁺), В |
|--|
| Fe +0.77 |
| Co +1.38/1.8/1.9 |
| Ni <u>+2.25</u> |



III. Химия VIIIБ группы. Катионы металлов

3.1. Протолитические свойства



III. Химия VIIIБ группы. Катионы металлов

3.2. Окислительно-восстановительные свойства

восст. св-ва M^{2+}



| | $\phi^{\circ} (M^{3+} / M^{2+}),$ В |
|----|--|
| Fe | +0.77 |
| Co | +1,8 |
| Ni | +2.25 |

Fe^{2+} - слабый восстановитель,
 Fe^{3+} - слабый окислитель

Ni^{2+} , Co^{2+} - не являются ВС или ОК
(в кислотной среде)

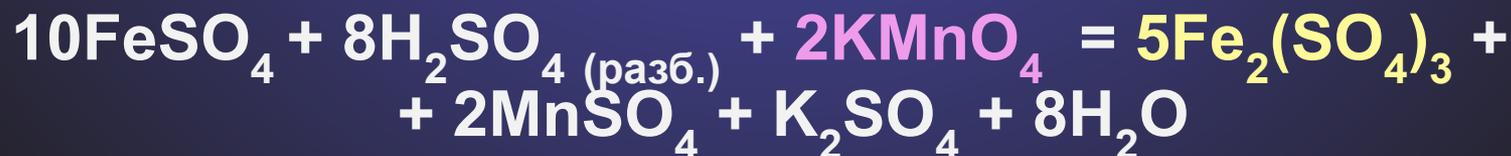
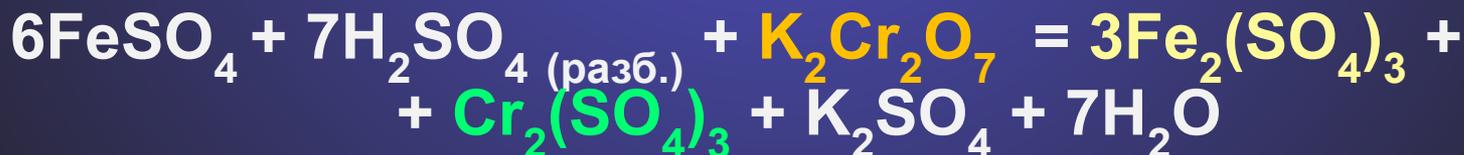
III. Химия VIIIБ группы. Катионы металлов

3.2. Окислительно-восстановительные свойства

А). Окислительные свойства Fe^{3+}



Б). Восстановительные свойства Fe^{2+}



IV. Химия VIIIБ группы. Комплексы

4.1. Комплексные соединения железа

А). Комплексы Fe³⁺



жёлтая кровяная
соль

берлинская лазурь



Б). Комплексы Fe²⁺



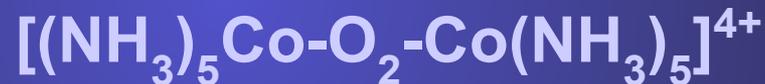
красная кровяная
соль

турнбулева синь

IV. Химия VIIIБ группы. Комплексы

4.1. Комплексные соединения кобальта и никеля

В). Комплексы Ni^{2+} и Co^{2+}

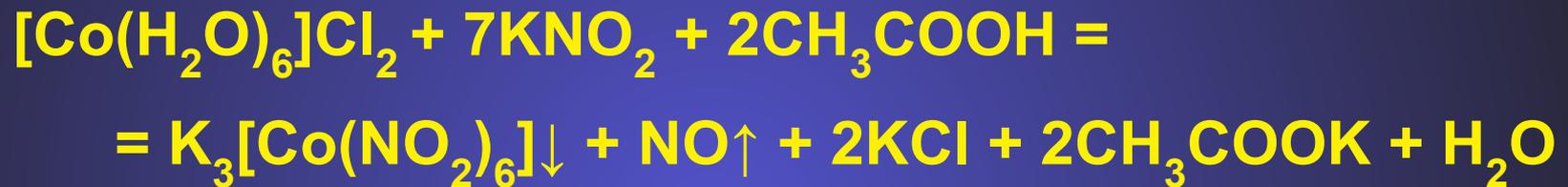


диметилглиоксим
(реактив Чугаева)

IV. Химия VIIIБ группы. Комплексы

4.1. Комплексные соединения кобальта и никеля

В). Комплексы Co^{3+}



гексанитрокобальтат(III)
калия

V. Химия VIIIБ группы. Малорастворимые соединения

5.1. Малорастворимые соединения

А). Сульфиды



$$\text{ПР}_{\text{FeS}} = 5 \cdot 10^{-18}$$

$$\text{ПР}_{\text{CoS}} = 2 \cdot 10^{-25}$$

$$\text{ПР}_{\text{NiS}} = 1 \cdot 10^{-24}$$



Мир, жрать, спать!

