

**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.

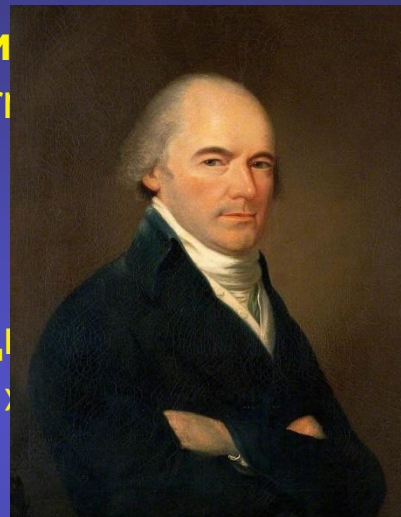
система химических элементов Д.И. Менделеева

группы			группы																	
8 (VIIIБ0)	9 (VIIIБ1)	10 (VIIIБ2)	6 (IB)	7 (VIIБ)	8 (VIIIБ0)	9 (VIIIБ1)	10 (VIIIБ2)	11 (IB)	12 (IIБ)	13 (IIIA)	14 (IVA)	15 (VA)	16 (VIA)	17 (VIIA)	18 (VIIIA)					
<b>Fe</b> <sup>26</sup> Железо 55.845	<b>Co</b> <sup>27</sup> Кобальт 58.933	<b>Ni</b> <sup>28</sup> Никель 58.693	группы или по интересующему Вас химическому элементу													<b>He</b> <sup>2</sup> Гелий 4.003				
<b>Ru</b> <sup>44</sup> Рутений 101.070	<b>Rh</b> <sup>45</sup> Родий 102.906	<b>Pd</b> <sup>46</sup> Палладий 106.420														<b>Ne</b> <sup>10</sup> Неон 20.180				
<b>Ru</b> <sup>44</sup> Рутений 101.070	<b>Rh</b> <sup>45</sup> Родий 102.906	<b>Pd</b> <sup>46</sup> Палладий 106.420	<b>Al</b> <sup>13</sup> Алюминий 26.982	<b>Si</b> <sup>14</sup> Кремний 28.086	<b>P</b> <sup>15</sup> Фосфор 30.974	<b>S</b> <sup>16</sup> Сера 32.065	<b>Cl</b> <sup>17</sup> Хлор 35.453	<b>Ar</b> <sup>18</sup> Аргон 39.948												
<b>Os</b> <sup>76</sup> Осмий 190.230	<b>Ir</b> <sup>77</sup> Иридий 192.217	<b>Pt</b> <sup>78</sup> Платина 195.084	24 <b>Mn</b> <sup>25</sup> Марганец 54.938	<b>Fe</b> <sup>26</sup> Железо 55.845	<b>Co</b> <sup>27</sup> Кобальт 58.933	<b>Ni</b> <sup>28</sup> Никель 58.693	<b>Cu</b> <sup>29</sup> Медь 63.546	<b>Zn</b> <sup>30</sup> Цинк 65.382	<b>Ga</b> <sup>31</sup> Галлий 69.723	<b>Ge</b> <sup>32</sup> Германий 72.640	<b>As</b> <sup>33</sup> Мышьяк 74.922	<b>Se</b> <sup>34</sup> Селен 78.960	<b>Br</b> <sup>35</sup> Бром 79.904	<b>Kr</b> <sup>36</sup> Криптон 83.798						
<b>Os</b> <sup>76</sup> Осмий 190.230	<b>Ir</b> <sup>77</sup> Иридий 192.217	<b>Pt</b> <sup>78</sup> Платина 195.084	42 <b>Tc</b> <sup>43</sup> Технеций 97.907	<b>Ru</b> <sup>44</sup> Рутений 101.070	<b>Rh</b> <sup>45</sup> Родий 102.906	<b>Pd</b> <sup>46</sup> Палладий 106.420	<b>Ag</b> <sup>47</sup> Серебро 107.868	<b>Cd</b> <sup>48</sup> Кадмий 112.411	<b>In</b> <sup>49</sup> Индий 114.818	<b>Sn</b> <sup>50</sup> Олово 118.710	<b>Sb</b> <sup>51</sup> Сурьма 121.760	<b>Te</b> <sup>52</sup> Теллур 127.600	<b>I</b> <sup>53</sup> Иод 126.904	<b>Xe</b> <sup>54</sup> Ксенон 131.293						
<b>Hs</b> <sup>108</sup> Хассий 269	<b>Mt</b> <sup>109</sup> Мейтнерий 278	<b>Ds</b> <sup>110</sup> Дармштадтий 281	74 <b>Re</b> <sup>75</sup> Рений 186.207	<b>Os</b> <sup>76</sup> Осмий 190.230	<b>Ir</b> <sup>77</sup> Иридий 192.217	<b>Pt</b> <sup>78</sup> Платина 195.084	<b>Au</b> <sup>79</sup> Золото 196.966	<b>Hg</b> <sup>80</sup> Ртуть 200.590	<b>Tl</b> <sup>81</sup> Таллий 204.383	<b>Pb</b> <sup>82</sup> Свинец 207.200	<b>Bi</b> <sup>83</sup> Висмут 208.980	<b>Po</b> <sup>84</sup> Полоний 208.982	<b>At</b> <sup>85</sup> Астат 209.987	<b>Rn</b> <sup>86</sup> Радон 222.018						
<b>Hs</b> <sup>108</sup> Хассий 269	<b>Mt</b> <sup>109</sup> Мейтнерий 278	<b>Ds</b> <sup>110</sup> Дармштадтий 281	106 <b>Bh</b> <sup>107</sup> Борий 264	<b>Hs</b> <sup>108</sup> Хассий 269	<b>Mt</b> <sup>109</sup> Мейтнерий 278	<b>Ds</b> <sup>110</sup> Дармштадтий 281	<b>Rg</b> <sup>111</sup> Рентгений 282	<b>Cn</b> <sup>112</sup> Коперниций 285	<b>Nh</b> <sup>113</sup> Нихоний 284	<b>Fl</b> <sup>114</sup> Флеровий 289	<b>Mc</b> <sup>115</sup> Московский 288	<b>Lv</b> <sup>116</sup> Ливерморий 292	<b>Ts</b> <sup>117</sup> Теннессин 294	<b>Og</b> <sup>118</sup> Оганессон 294						
<b>* Лантаноиды</b>																				
<b>Pr</b> <sup>59</sup> Празеодим 140.908	<b>Nd</b> <sup>60</sup> Неодим 144.242	<b>Pm</b> <sup>61</sup> Прометий 145	<b>Sm</b> <sup>62</sup> Самарий 150.360	<b>Eu</b> <sup>63</sup> Европий 151.964	<b>Gd</b> <sup>64</sup> Гадолиний 157.250	<b>Tb</b> <sup>65</sup> Тербий 158.925	<b>Dy</b> <sup>66</sup> Диспрозий 162.500	<b>Ho</b> <sup>67</sup> Гольмий 164.930	<b>Er</b> <sup>68</sup> Эрбий 167.259	<b>Tm</b> <sup>69</sup> Тулий 168.934	<b>Yb</b> <sup>70</sup> Иттербий 173.054	<b>Lu</b> <sup>71</sup> Лютеций 174.967								
<b>** Актиноиды</b>																				
<b>Pa</b> <sup>91</sup> Протактиний 231.036	<b>U</b> <sup>92</sup> Уран 238.029	<b>Np</b> <sup>93</sup> Нептуний 237	<b>Pu</b> <sup>94</sup> Плутоний 244	<b>Am</b> <sup>95</sup> Америций 243	<b>Cm</b> <sup>96</sup> Кюрий 247	<b>Bk</b> <sup>97</sup> Берклий 247	<b>Cf</b> <sup>98</sup> Калифорний 251	<b>Es</b> <sup>99</sup> Эйнштейний 252	<b>Fm</b> <sup>100</sup> Фермий 257	<b>Md</b> <sup>101</sup> Менделевий 258	<b>No</b> <sup>102</sup> Нобелий 259	<b>Lr</b> <sup>103</sup> 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 (нем.) – «обманчивый дух»
- **Ni** 1751 г. Вильгельм Эрстедт (Швеция)  
Kupfernick (нем.) – «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  $\text{OsO}_4$ )
- **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)
<b>Fe</b> [Ar] $3d^6 4s^2$	<b>Co</b> [Ar] $3d^7 4s^2$	<b>Ni</b> [Ar] $3d^8 4s^2$
<b>Ru</b> [Kr] $4d^7 5s^1$	<b>Rh</b> [Kr] $4d^8 5s^1$	<b>Pd</b> [Kr] $4d^{10} 5s^0$
<b>Os</b> [Xe $4f^{14}$ ] $5d^6 6s^2$	<b>Ir</b> [Xe $4f^{14}$ ] $5d^7 6s^2$	<b>Pt</b> [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
<b>Fe</b> II, III (I-IV, VI, VIII)	<b>Co</b> II, III (I-IV)	<b>Ni</b> II (I-IV)
<b>Ru</b> II, IV (I-VIII)	<b>Rh</b> III (I-IV, VI)	<b>Pd</b> II (I-IV)
<b>Os</b> VIII (II-VIII)	<b>Ir</b> III, IV (I-VI)	<b>Pt</b> 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

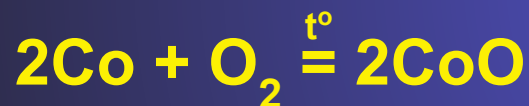
$\phi^\circ, \text{В}$		
$\text{Fe}^{2+} / \text{Fe}$ -0.44	$\text{Co}^{2+} / \text{Co}$ -0.28	$\text{Ni}^{2+} / \text{Ni}$ -0.23
$\text{Ru}^{2+} / \text{Ru}$ +0.45	$\text{Rh}^{3+} / \text{Rh}$ +0.8	$\text{Pd}^{2+} / \text{Pd}$ +0.98
$\text{Os}^{2+} / \text{Os}$ +0.85	$\text{Ir}^{3+} / \text{Ir}$ +1.15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



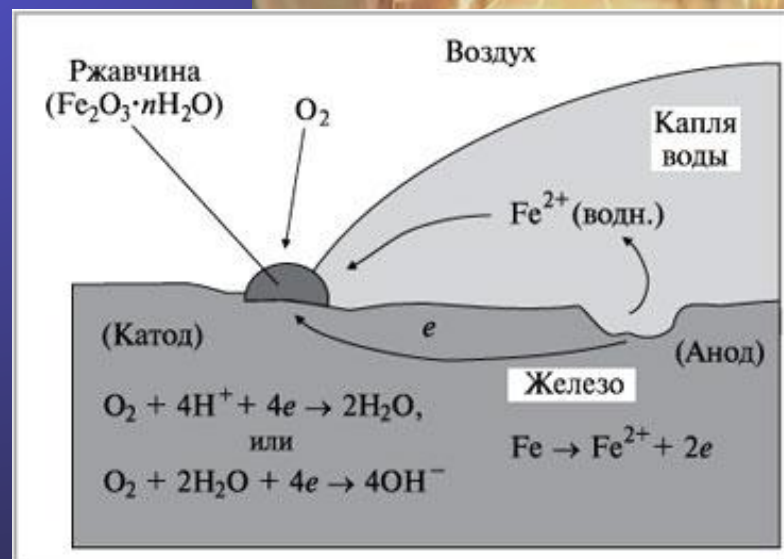
# I. Химия VIIIБ группы. Общая характеристика.

## 1.3. Свойства простых веществ

### Б). Химические свойства

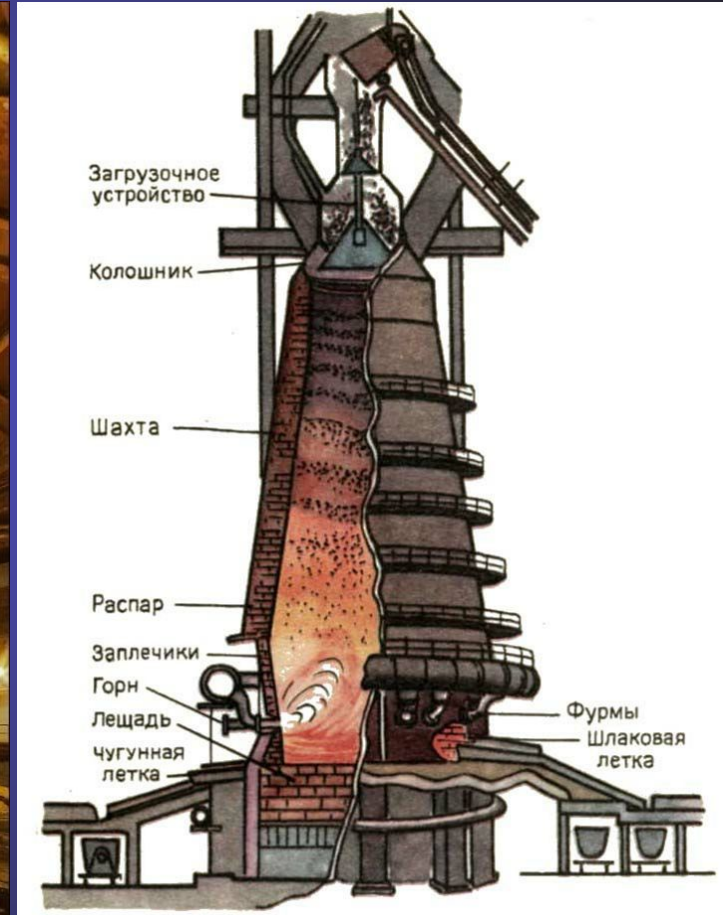


Электрохимическая коррозия



# I. Химия VIIIБ группы. Общая характеристика.

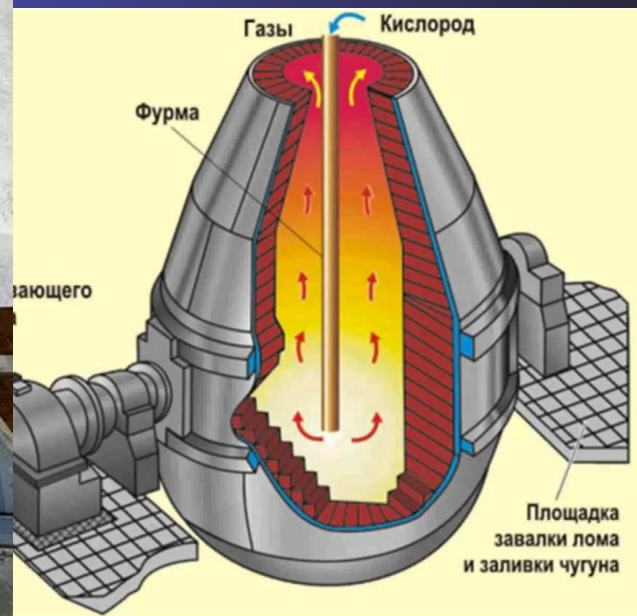
## 1.4. Получение. Выплавка чугуна и стали.



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

# I. Химия VIIIБ группы. Общая характеристика.

## 1.4. Получение. Выплавка чугуна и стали.

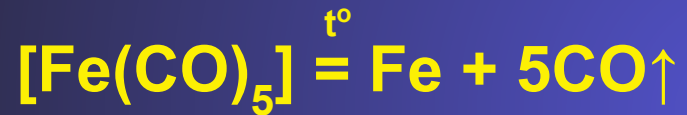


Сталь – сплав железа с углеродом (от 0.10 до 2.14%)

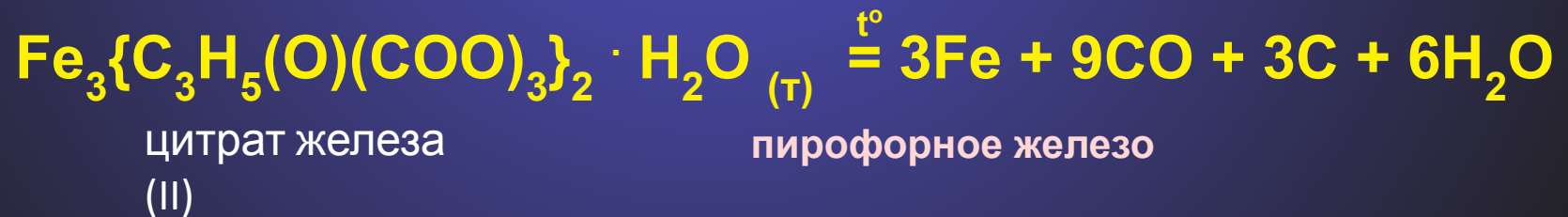
# I. Химия VIIIБ группы. Общая характеристика.

## 1.4. Получение.

Очистка железа карбонильным способом



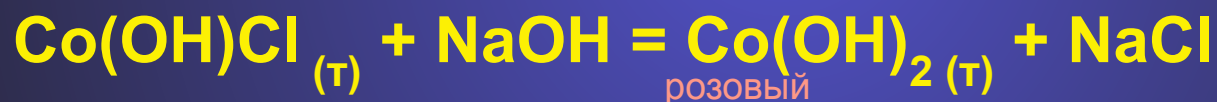
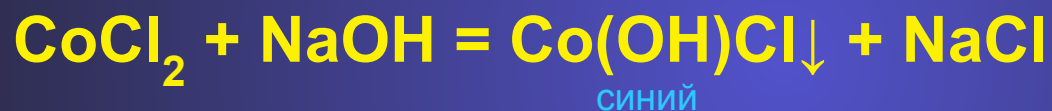
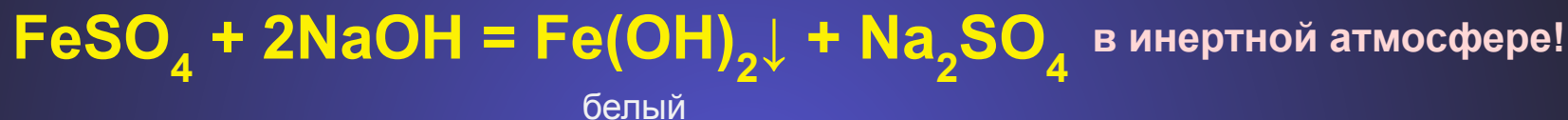
Получение железа в лаборатории



## II. Химия VIIIБ группы. Оксиды и гидроксиды

### 2.1. Оксиды и гидроксиды Э(+II)

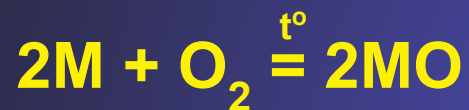
#### А). Получение



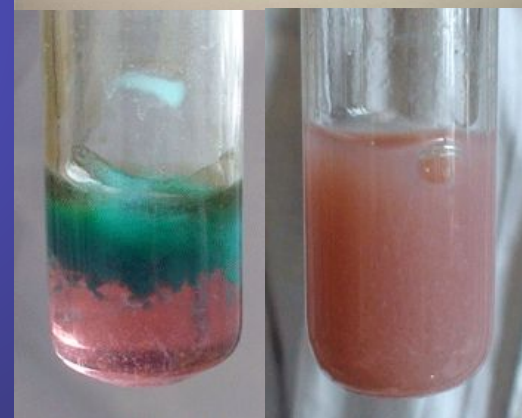
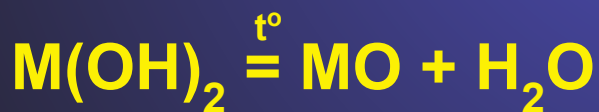
# II. Химия VIIIБ группы. Оксиды и гидроксиды

## 2.1. Оксиды и гидроксиды Э(+II)

### А). Получение



### Б). Термическое разложение

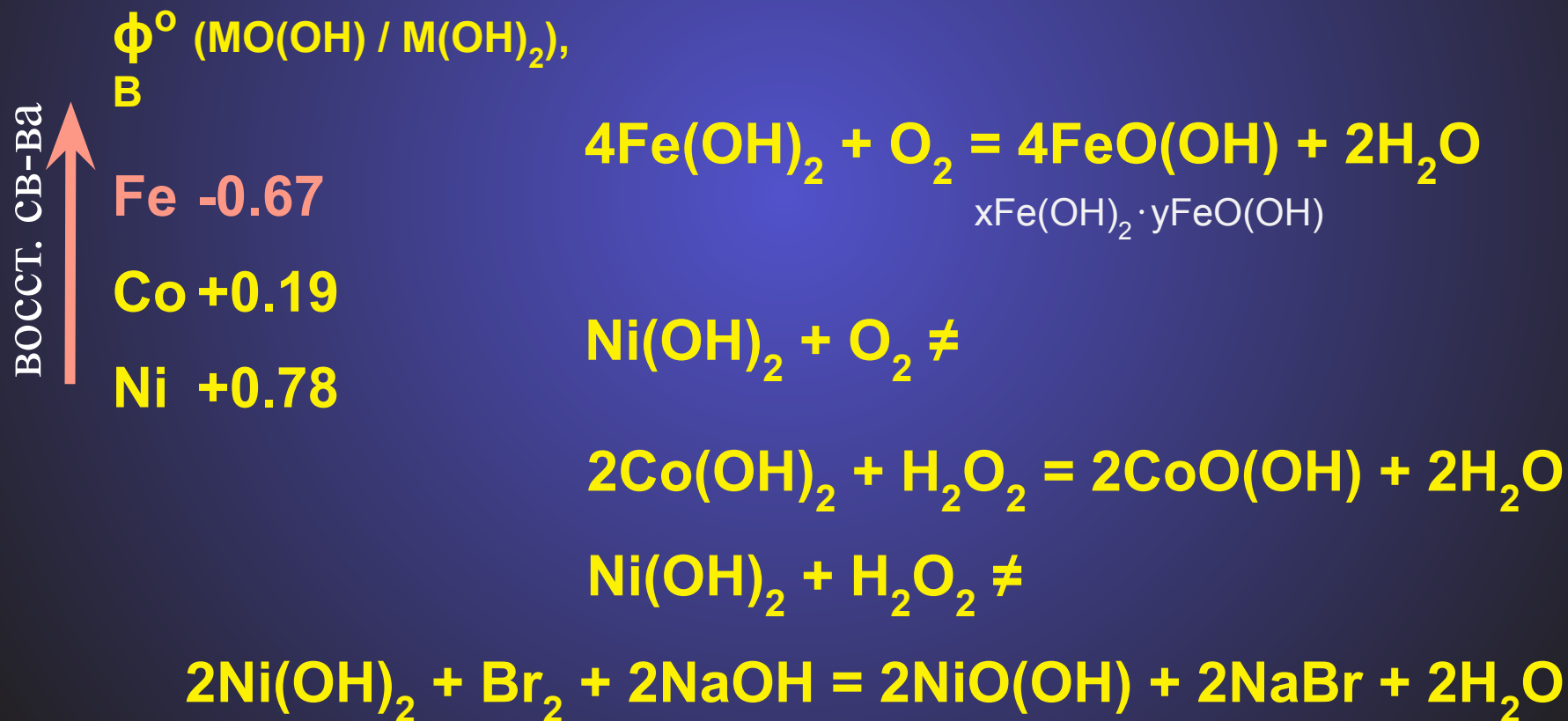




# II. Химия VIIIБ группы. Оксиды и гидроксиды

## 2.1. Оксиды и гидроксиды Э(II+)

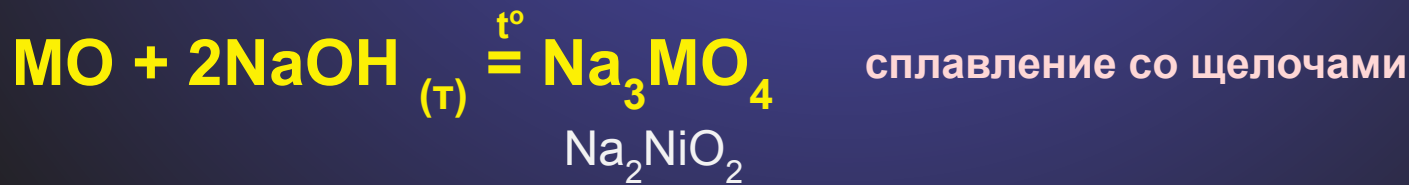
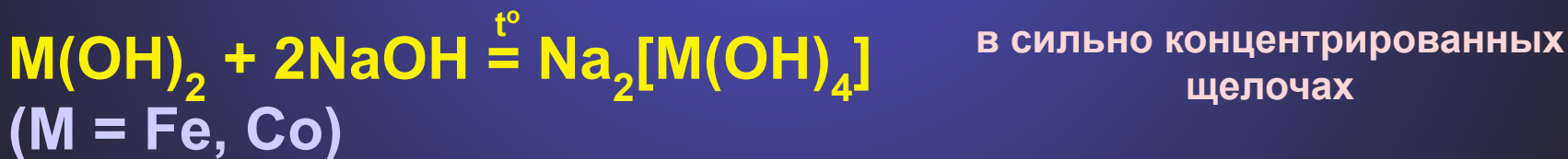
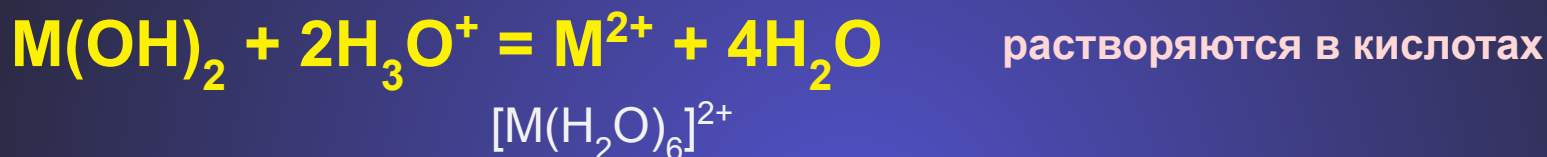
### Б). Окислительно-восстановительные свойства



# II. Химия VIIIБ группы. Оксиды и гидроксиды

## 2.1. Оксиды и гидроксиды Э(II+)

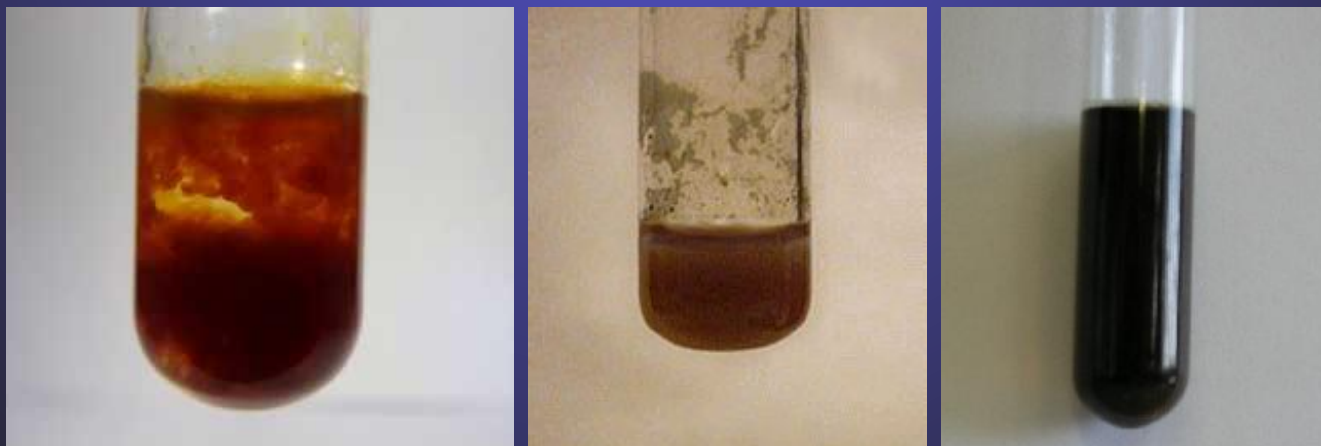
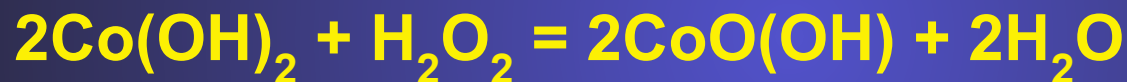
### Г). Кислотно-основные свойства



## 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

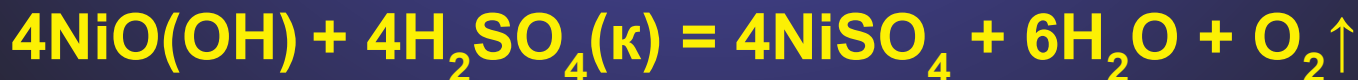
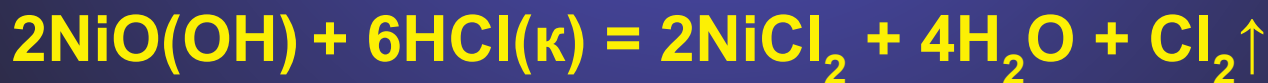
ОКИСЛ. СВ-ВА MO(OH) ↓

$\phi^{\circ}$ (MO(OH) / M <sup>2+</sup> ), В
Fe ~ -0,3
Co ~ +0.8
Ni ~ +1.2

(2,25 В в справочнике - ???)

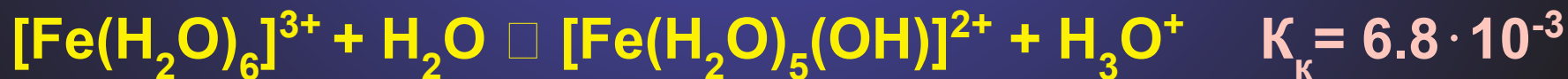
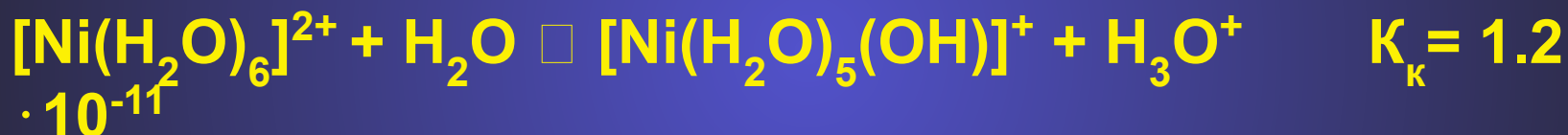
ОКИСЛ. СВ-ВА M<sup>3+</sup> ↓

$\phi^{\circ}$ (M <sup>3+</sup> / M <sup>2+</sup> ), 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

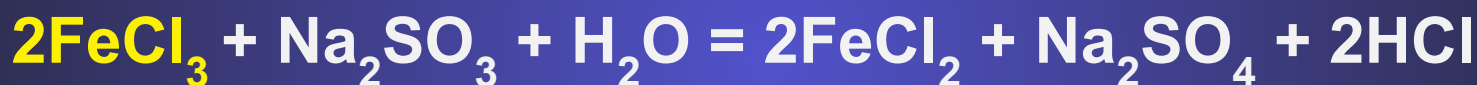
$Fe^{2+}$  - слабый восстановитель,  
 $Fe^{3+}$  - слабый окислитель

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

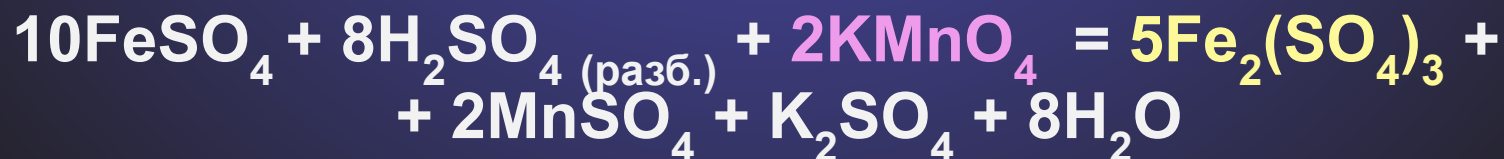
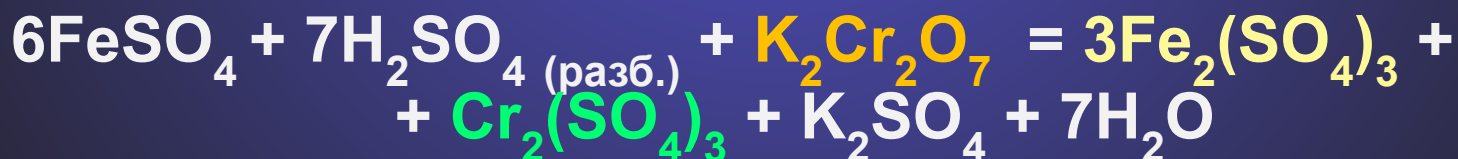
# III. Химия VIIIБ группы. Катионы металлов

## 3.2. Окислительно-восстановительные свойства

### А). Окислительные свойства $\text{Fe}^{3+}$



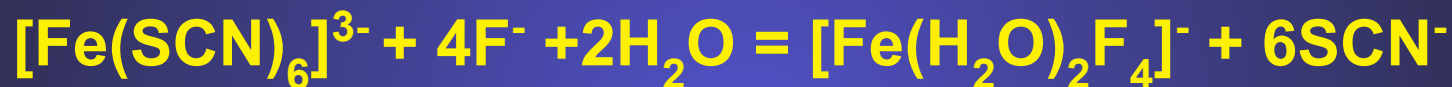
### Б). Восстановительные свойства $\text{Fe}^{2+}$



# IV. Химия VIIIБ группы. Комплексы

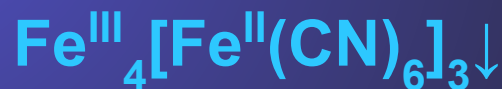
## 4.1. Комплексные соединения железа

### А). Комплексы Fe<sup>3+</sup>



жёлтая кровяная  
соль

берлинская лазурь



### Б). Комплексы Fe<sup>2+</sup>



красная кровяная  
соль

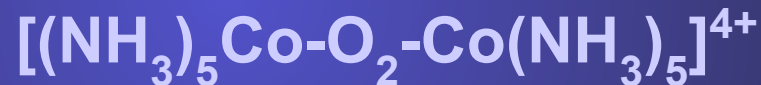
турнбулева синь



## IV. Химия VIIIБ группы. Комплексы

### 4.1. Комплексные соединения кобальта и никеля

#### В). Комплексы $\text{Ni}^{2+}$ и $\text{Co}^{2+}$

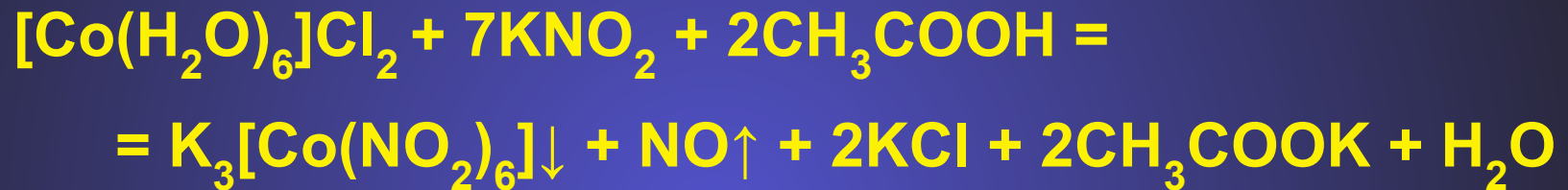


диметилглиоксим  
(реактив Чугаева)

## IV. Химия VIIIБ группы. Комплексы

### 4.1. Комплексные соединения кобальта и никеля

#### В). Комплексы $\text{Co}^{3+}$



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!

