

# Химия d-элементов

## *ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЭЛЕМЕНТОВ VIIВ ГРУППЫ. МАРГАНЕЦ.*



# ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА

www.calc.ru



Д.И. Менделеев  
1834–1907

Периоды	Ряды	ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВ																Энергетический уровень					
		I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII			a				
		а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	б							
1	1	<b>H</b> 1.008 ВОДОРОД																<b>He</b> 4.003 ГЕЛИЙ	2				
2	2	<b>Li</b> 6.941 ЛИТИЙ	<b>Be</b> 9.0122 БЕРИЛЛИЙ	<b>B</b> 10.811 БОР	<b>C</b> 12.011 УГЛЕРОД	<b>N</b> 14.007 АЗОТ	<b>O</b> 15.999 КИСЛОРОД	<b>F</b> 18.998 ФТОР	<b>Ne</b> 20.179 НЕОН										10				
3	3	<b>Na</b> 22.99 НАТРИЙ	<b>Mg</b> 24.312 МАГНИЙ	<b>Al</b> 26.982 АЛЮМИНИЙ	<b>Si</b> 28.086 КРЕМНИЙ	<b>P</b> 30.974 ФОСФОР	<b>S</b> 32.064 СЕРА	<b>Cl</b> 35.453 ХЛОР	<b>Ar</b> 39.948 АРГОН											18			
4	4	<b>K</b> 39.102 КАЛИЙ	<b>Ca</b> 40.08 КАЛЬЦИЙ	<b>Sc</b> 44.956 СКАНДИЙ	<b>Ti</b> 47.88 ТИТАН	<b>V</b> 50.941 ВАНАДИЙ	<b>Cr</b> 51.996 ХРОМ	<b>Mn</b> 54.938 МАРГАНЕЦ	<b>Fe</b> 55.849 ЖЕЛЕЗО	<b>Co</b> 58.933 КОБАЛЬТ	<b>Ni</b> 58.7 НИКЕЛЬ												
	5	<b>Cu</b> 63.546 МЕДЬ	<b>Zn</b> 65.37 ЦИНК	<b>Ga</b> 69.72 ГАЛЛИЙ	<b>Ge</b> 72.59 ГЕРМАНИЙ	<b>As</b> 74.922 АРСЕН	<b>Se</b> 78.96 СЕЛЕН	<b>Br</b> 79.904 БРОМ	<b>Kr</b> 83.8 КРИПТОН												36		
5	6	<b>Rb</b> 85.468 РУБИДИЙ	<b>Sr</b> 87.62 СТРОНЦИЙ	<b>Y</b> 88.906 ИТРИЙ	<b>Zr</b> 91.22 ЦИРКОНИЙ	<b>Nb</b> 92.906 НИОБИЙ	<b>Mo</b> 95.94 МОЛИБДЕН	<b>Tc</b> 98 ТЕХНЕЦИЙ	<b>Ru</b> 101.07 РУТЕНИЙ	<b>Rh</b> 102.905 РОДИЙ	<b>Pd</b> 106.4 ПАЛЛАДИЙ												
	7	<b>Ag</b> 107.868 СЕРЕБРО	<b>Cd</b> 112.41 КАДМИЙ	<b>In</b> 114.82 ИНДИЙ	<b>Sn</b> 118.69 ОЛОВО	<b>Sb</b> 121.75 СУРЬМА	<b>Te</b> 127.6 ТЕЛЛУР	<b>I</b> 126.905 ИОД	<b>Xe</b> 131.3 КСЕНОН													54	
6	8	<b>Cs</b> 132.905 ЦЕЗИЙ	<b>Ba</b> 137.34 ВАРИЙ	<b>La-71</b> ЛАНТАНОИДЫ	<b>Hf</b> 178.49 ГАФНИЙ	<b>Ta</b> 180.948 ТАНТАЛ	<b>W</b> 183.85 ВОЛЬФРАМ	<b>Re</b> 186.207 РЕНИЙ	<b>Os</b> 190.2 ОСМИЙ	<b>Ir</b> 192.22 ИРИДИЙ	<b>Pt</b> 195.09 ПЛАТИНА												
	9	<b>Au</b> 196.967 ЗОЛОТО	<b>Hg</b> 200.59 РУТУТЬ	<b>Tl</b> 204.37 ТАЛЛИЙ	<b>Pb</b> 207.19 СВИНЕЦ	<b>Bi</b> 208.98 ВИСМУТ	<b>Po</b> 209 ПОЛОНИЙ	<b>At</b> 210 АСТАТ	<b>Rn</b> 222 РАДОН														86
7	10	<b>Fr</b> 223 ФРАНЦИЙ	<b>Ra</b> 226 РАДИЙ	<b>Ac-103</b> АКТИНОИДЫ	<b>Rf</b> 261 РЕЗЕРФОРДИЙ	<b>Db</b> 262 ДУБИЙ	<b>Sg</b> 263 СИБОРГИЙ	<b>Bh</b> 264 БОРИЙ	<b>Hn</b> 265 ХАНИЙ	<b>Mt</b> 266 МЕЙТНЕРИЙ													
ВЫСШИЕ ОКСИДЫ		R <sub>2</sub> O	RO	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	RO <sub>2</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	RO <sub>3</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>7</sub>															
ЛЕТУЧИЕ ВОДОРОДНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ					RH <sub>4</sub>	RH <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> R	HR															



- s-элементы
- p-элементы
- d-элементы
- f-элементы

## ЛАНТАНОИДЫ

57 <b>La</b> 138.906 ЛАНТАН	58 <b>Ce</b> 140.12 ЦЕРИЙ	59 <b>Pr</b> 140.908 ПРАЗЕОДИМ	60 <b>Nd</b> 144.24 НЕОДИМ	61 <b>Pm</b> [145] ПРОМЕТИЙ	62 <b>Sm</b> 150.4 САМАРИЙ	63 <b>Eu</b> 151.96 ЕВРОПИЙ	64 <b>Gd</b> 157.25 ГАДОЛИНИЙ	65 <b>Tb</b> 158.928 ТЕРБИЙ	66 <b>Dy</b> 162.5 ДИСПРОЗИЙ	67 <b>Ho</b> 164.93 ГОЛЬМИЙ	68 <b>Er</b> 167.26 ЭРБИЙ	69 <b>Tm</b> 168.934 ТУЛЬИЙ	70 <b>Yb</b> 173.04 ИТТЕРБИЙ	71 <b>Lu</b> 174.97 ЛЮТЕЦИЙ
-----------------------------------	---------------------------------	--------------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	-----------------------------------	---------------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	-----------------------------------

## АКТИНОИДЫ

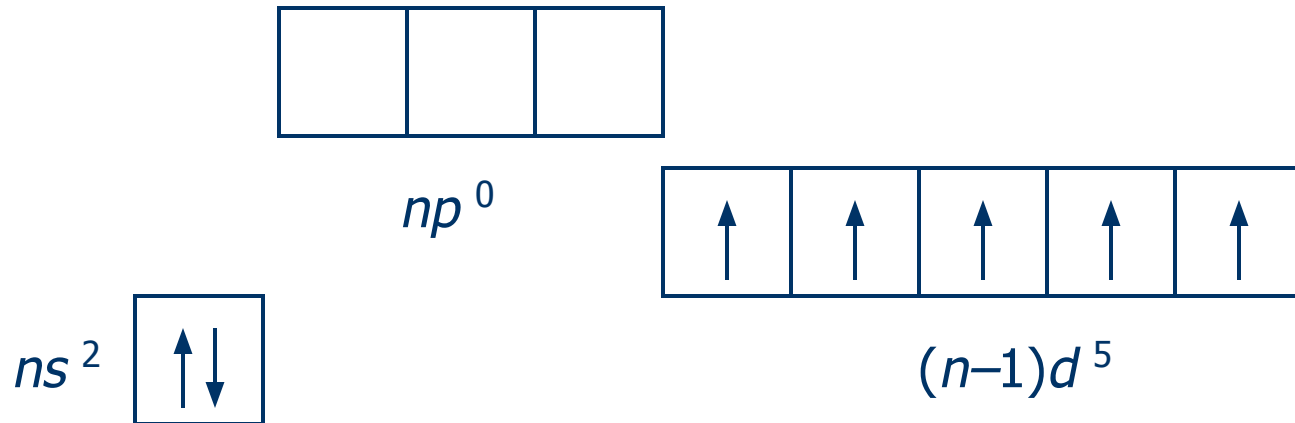
89 <b>Ac</b> [227] АКТИНИЙ	90 <b>Th</b> 232.038 ТОРИЙ	91 <b>Pa</b> [231] ПРОТАКТИНИЙ	92 <b>U</b> 238.029 УРАН	93 <b>Np</b> [237] НЕПУТУНИЙ	94 <b>Pu</b> [244] ПУТОНИЙ	95 <b>Am</b> [243] АМЕРИЦИЙ	96 <b>Cm</b> [247] КЮРИЙ	97 <b>Bk</b> [247] БЕРКЛИЙ	98 <b>Cf</b> [251] КАЛЬФОРНИЙ	99 <b>Es</b> [254] ЭЙНШТЕЙНИЙ	100 <b>Fm</b> [257] ФЕРМИЙ	101 <b>Md</b> [258] МЕНДЕЛЕВИЙ	102 <b>No</b> [259] НОБЕЛИЙ	103 <b>Lr</b> [260] ЛОУРЕНСИЙ
----------------------------------	----------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------	------------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------	----------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	----------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------

# Элементы VIII группы

Элемент	Mn	Tc	Re
$Z$	25	43	75
$A_r$	54,9	97,9	186,2
$\chi$	1,60	1,36	1,46

# Элементы VIIB группы

- ♦ Общая электронная формула:



- Степени окисления: **+II ÷ +VII**
- КЧ 4, 6 (**Mn**)
- Валентные возможности: **Tc, Re 4, 6**

# Простые вещества

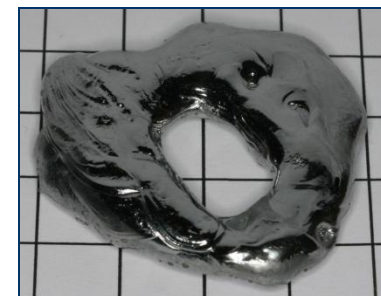
	<b>Mn</b>	<b>Tc</b>	<b>Re</b>
т. пл., °С	1245	2200	3190
т. кип., °С	2080	4600	5900
$\rho$ , г/см <sup>3</sup>	7,44	11,5	21,0



**Марганец**



**Технеций**



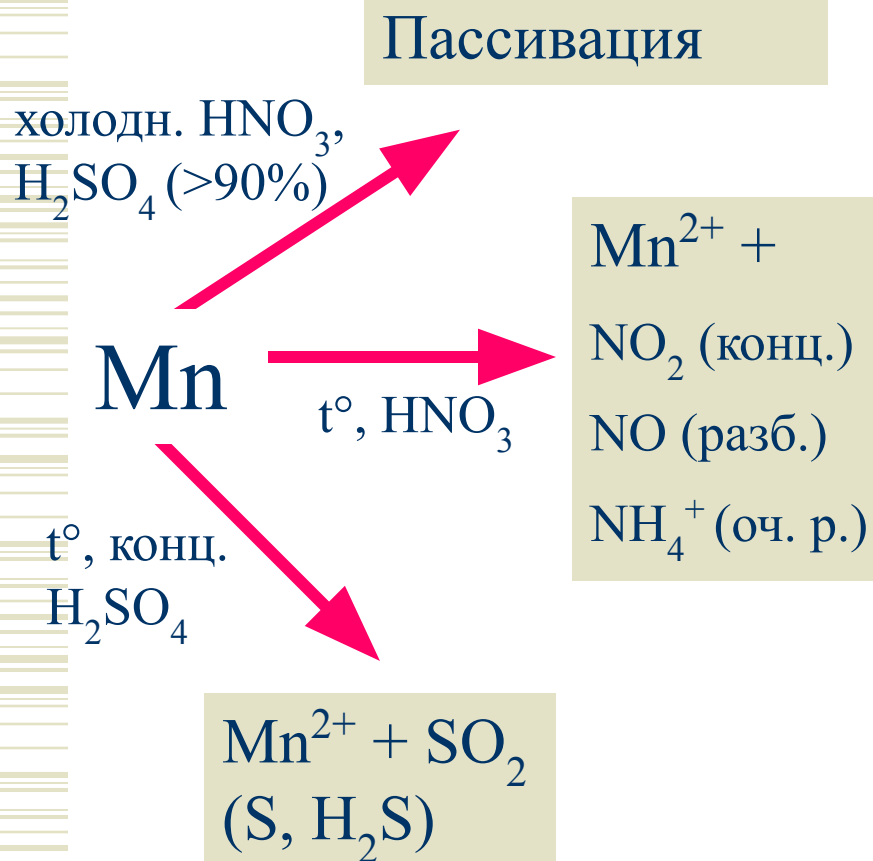
**Рений**

## В ЭХРН: ... Mn ... H ... Re ... Tc

◆	$\text{Mn}^{2+}/\text{Mn}$	$\text{ReO}_4^-/\text{Re}$	$\text{TcO}_4^-/\text{Tc}$
$\phi^\circ, \text{В:}$	-1,19	+0,37	+0,47

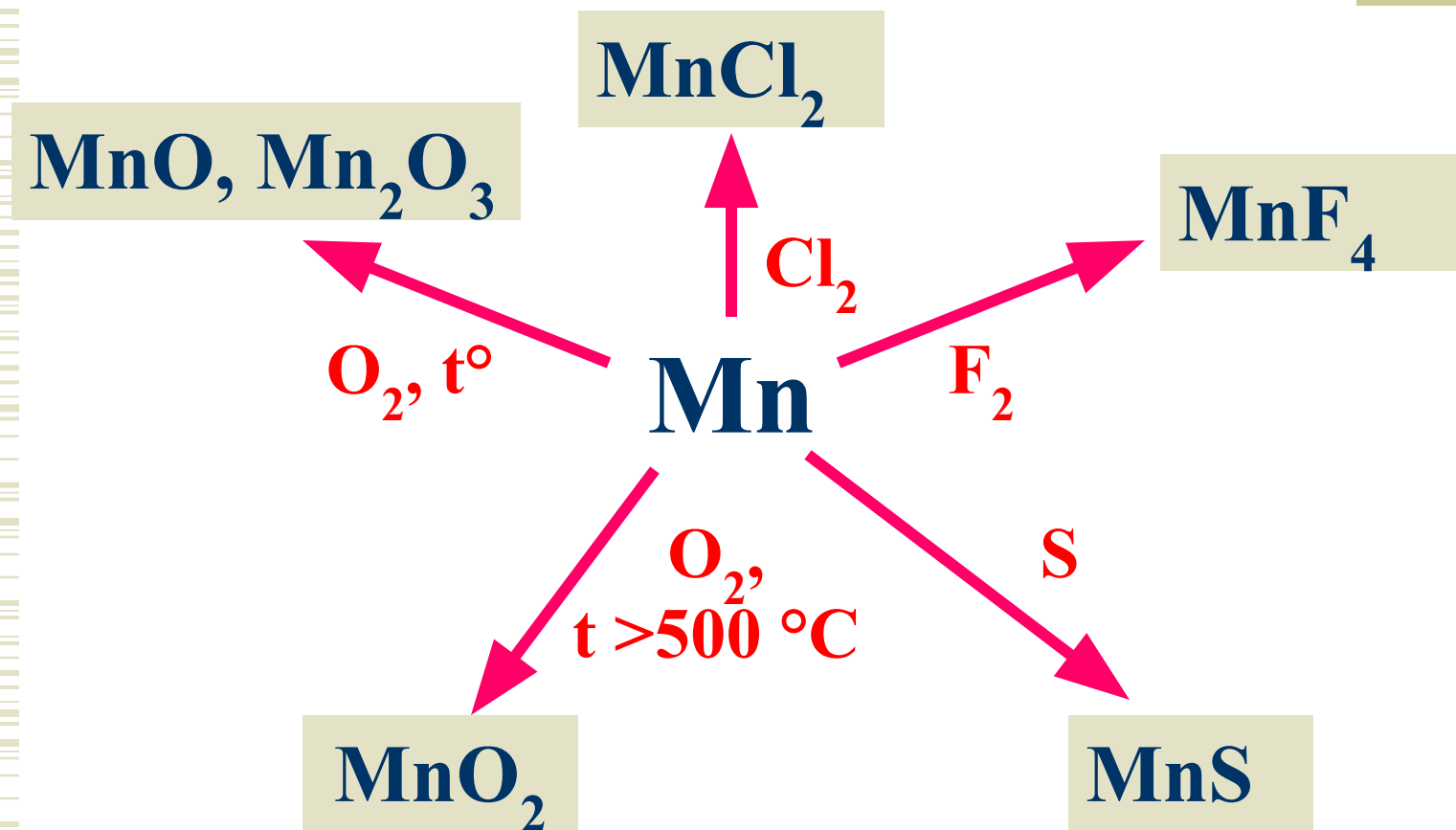
- $\text{Mn} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Mn}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\uparrow$
- $\text{Mn} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{разб.}) = \text{MnSO}_4 + \text{H}_2\uparrow$
- $3\text{Re} + 7\text{HNO}_3(\text{разб.}) = 3\text{HReO}_4 + 7\text{NO}\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$
- $2\text{Re} + 7\text{H}_2\text{O}_2 = 2\text{HReO}_4 + 6\text{H}_2\text{O}$

# Простые вещества



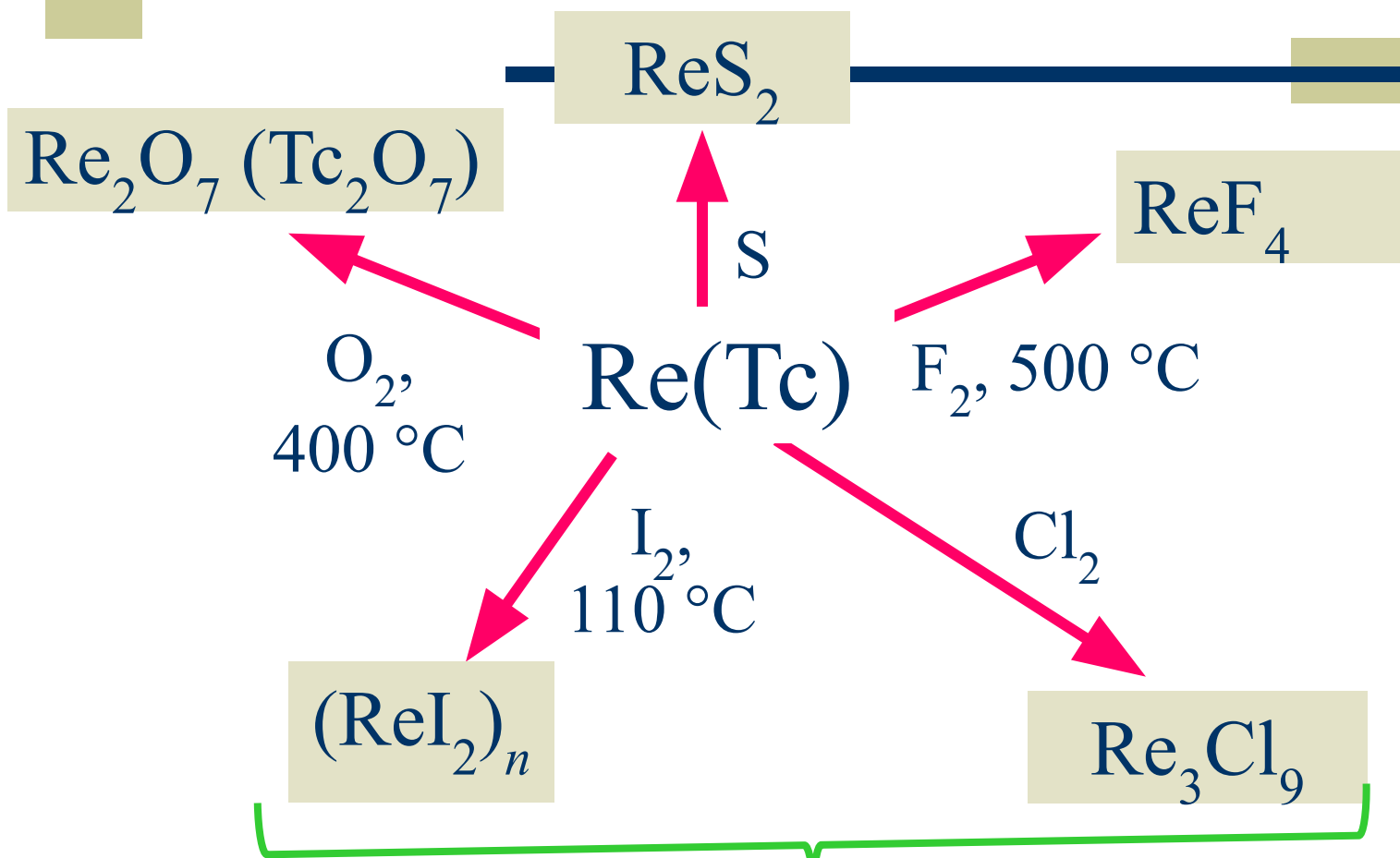
- ◆  $\text{Mn, Tc, Re} + \text{NaOH} \neq$
- ◆ Реагир. с окислителями в расплаве щелочи:
- ◆  $2\text{Mn} + 4\text{NaOH} + 3\text{O}_2 = 2\text{Na}_2\text{Mn}^{\text{VI}}\text{O}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
- ◆  $2\text{Re} + 2\text{NaOH} + 7\text{KNO}_3 = 2\text{NaRe}^{\text{VII}}\text{O}_4 + 7\text{KNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- ◆  $2\text{Tc} + 2\text{NaOH} + 7\text{KNO}_3 = 2\text{NaTc}^{\text{VII}}\text{O}_4 + 7\text{KNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

# Химические свойства Mn



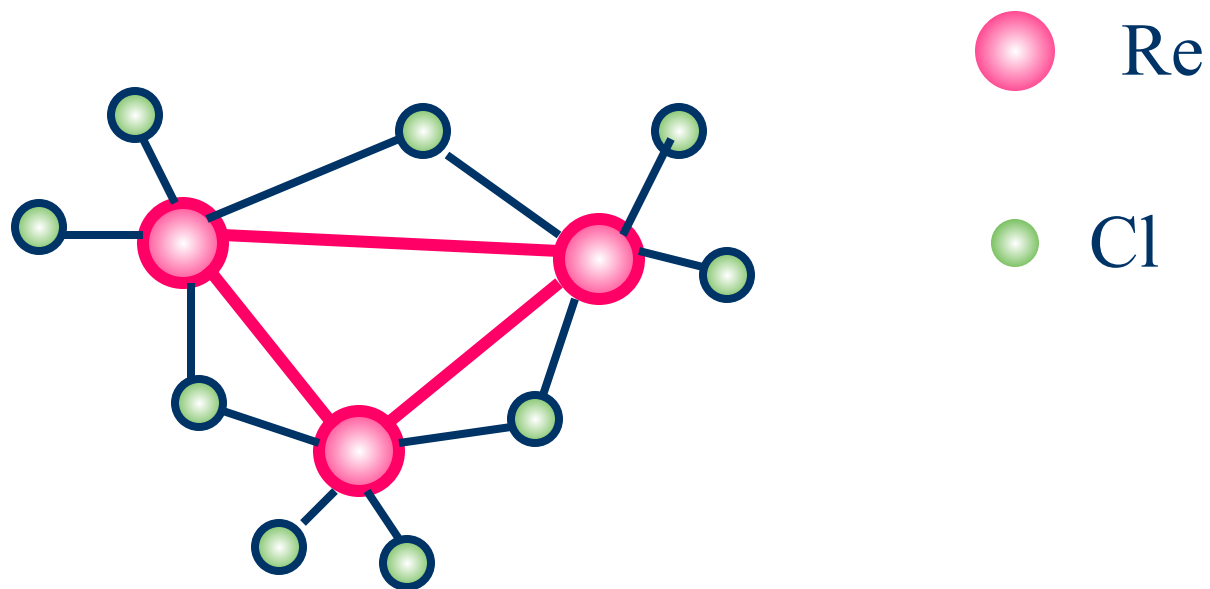


# Химические свойства Тс и Re



Кластеры - группы близко расположенных, тесно связанных друг с другом атомов, молекул, ионов, иногда ультрадисперсные частицы.

# Строение $[\text{Re}_3\text{Cl}_9]$



# Кислородные соединения

Mn

Tc, Re

- ◆ +II: MnO серо-зел.  
Mn(OH)<sub>2</sub> бело-роз.
- ◆ +III: Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub> бур.  
MnO(OH) бур.
- ◆ +IV: MnO<sub>2</sub> черн.
- ◆ +VI: MnO<sub>4</sub><sup>2-</sup> зел.
- ◆ +VII: Mn<sub>2</sub>O<sub>7</sub>(ж) зел.-кр.  
(разл.); HMnO<sub>4</sub> фиолет.  
раствор (устойчива в  
концентрации 20%, это  
сильная кислота, α = 93%)

Усиление кислотных свойств

- ◆ +II: — —
- ◆ +III: — —
- ◆ +IV: TcO<sub>2</sub>, ReO<sub>2</sub>;  
Tc(OH)<sub>4</sub>, Re(OH)<sub>4</sub>
- ◆ +VI: TcO<sub>3</sub>, ReO<sub>3</sub>
- ◆ +VII: Tc<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, Re<sub>2</sub>O<sub>7</sub> св.-  
желт. тв.; HTcO<sub>4</sub> красн.  
крист., HReO<sub>4</sub> бесцв.  
крист. (устойчивы)

# Распространение в природе и важнейшие минералы

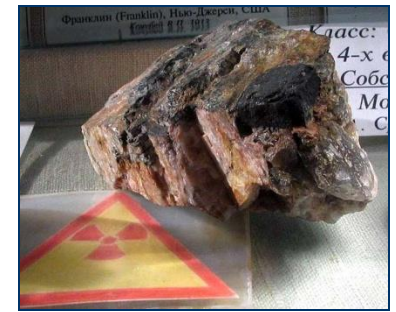
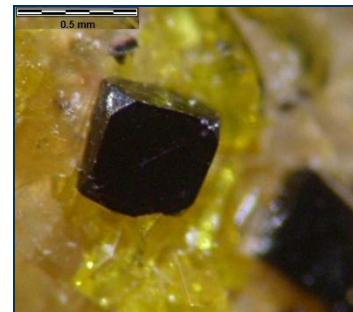
14. **Mn** 0,085 % масс.

81. **Re** – редкий рассеянный элемент; встреч. в виде примеси в *молибдените*  $\text{MoS}_2$ ; существ. редкий минерал *джезказганит*  $\text{Cu}^{\text{I}}(\text{ReS}_4)$ ;

89. **Tc** – радиоактивный элемент, встречается в урановых рудах.



Молибденит



Уранинит

# Минералы марганца

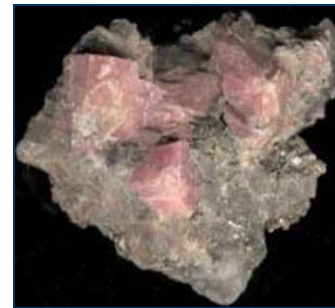
- ◆ *Пирролюзит*  $\text{MnO}_2$
- ◆ *Гаусманит*  $(\text{Mn}^{\text{II}}\text{Mn}_2^{\text{III}})\text{O}_4$
- ◆ *Манганит*  $\text{MnO}(\text{OH})$
- ◆ *Родохрозит*  $\text{MnCO}_3$
- ◆ *Гюбнерит*  $\text{MnWO}_4$
- ◆ *Вольфрамит*  $(\text{Mn}, \text{Fe})\text{WO}_4$
- ◆ *Псиломелан*  $\text{BaMn}^{\text{II}}\text{Mn}_8^{\text{IV}}\text{O}_{16}$



Пирролюзит



Гюбнерит



Родохрозит



Псиломелан



Манганит

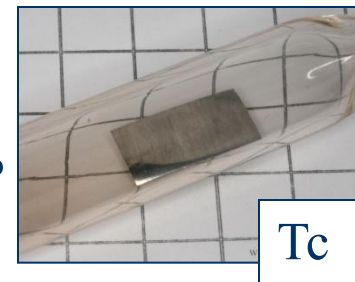
Гаусманит



Вольфрамит

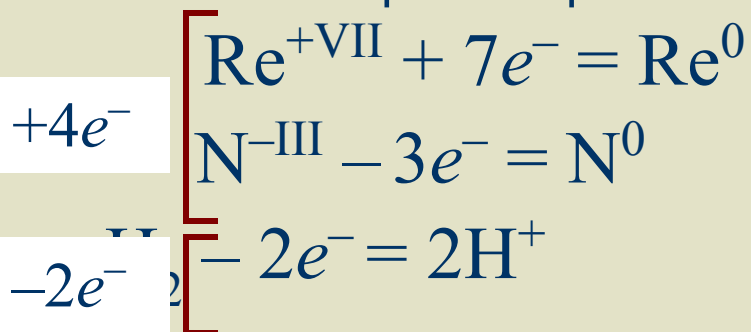


## Получение металлов



Тс

- ◆ **Mn**: а) электролиз раствора  $\text{MnSO}_4$   
 б)  $\text{MnO}_2 + \text{Si} = \text{Mn} + \text{SiO}_2$   
 $3\text{MnO}_2 + 4\text{Al} = 3\text{Mn} + 2\text{Al}_2\text{O}_3$
- ◆ **Re**:  $2\text{NH}_4\text{ReO}_4(\text{T}) + 4\text{H}_2 = 2\text{Re} + \text{N}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$



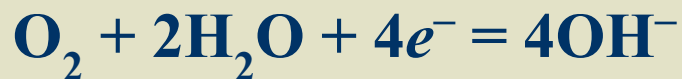
Рений

# Марганец

- ◆ **Активный металл.**
- ◆ **Устойч. ст.ок. +II (в кисл. среде) и +IV.**
- ◆ **В ст.ок. +II похож на Mg (реаг. с водой, неамфотерен, гидроксид раств. под действием солей аммония)**
- ◆ **С увелич. ст. ок. – рост кислотн. св-в.**
- ◆ **С увелич. ст. ок. – увелич. окислит. св-в.**

# Марганец(II)

- ◆  $\text{MnO}_{1\div 1,13}$  – **нестехиом.** (изб.  $\text{O}^{-II}$ , до 6,5% ат. Mn в крист. реш. имеют ст.ок.+III); **полупроводник.**
- ◆  $\text{Mn}(\text{OH})_2$  – бело-роз., **основной**, малор-рим.
- ◆ **На воздухе окисляется:**

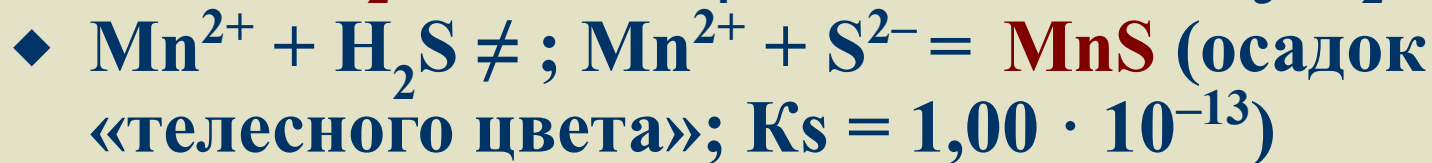
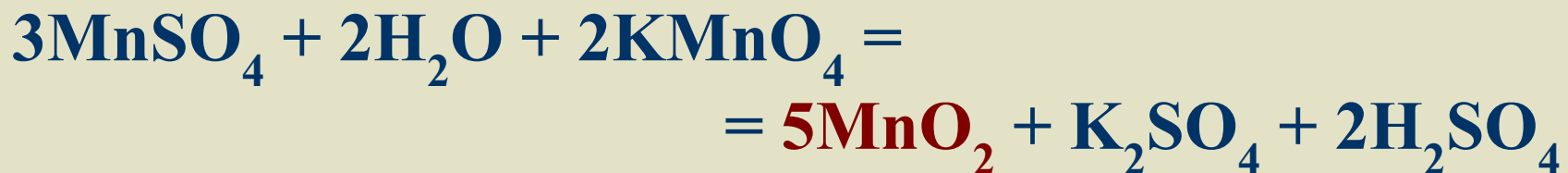
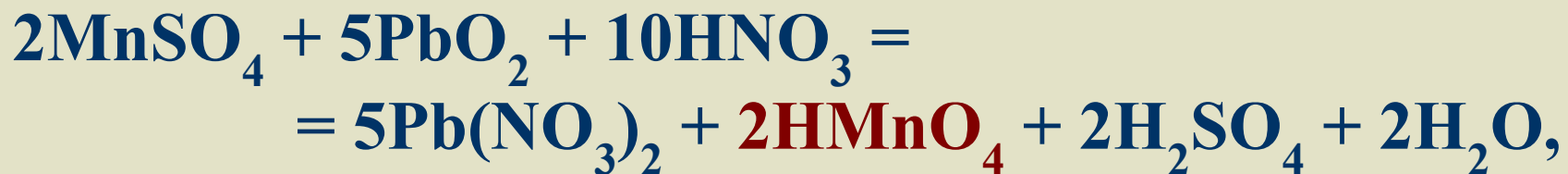


- ◆  $[\text{Mn}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$  слабо подвергается **протолизу** ( $K_K = 2,57 \cdot 10^{-11}$ ); в кисл. среде устойчив.



# Марганец(II)

## ◆ Окисление:



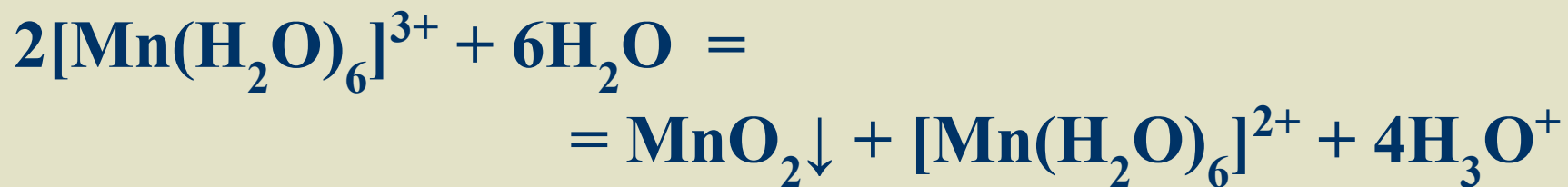
## Марганец(III): $\text{Mn}_2\text{O}_3$ , $\text{MnO}(\text{OH})$ , $\text{MnF}_3$ , $\text{Mn}_2(\text{SO}_4)_3$



◆ **Гидролиз:**



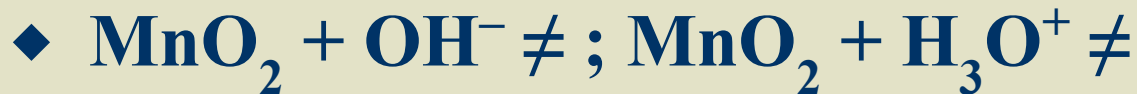
◆ **Диспропорционирование:**



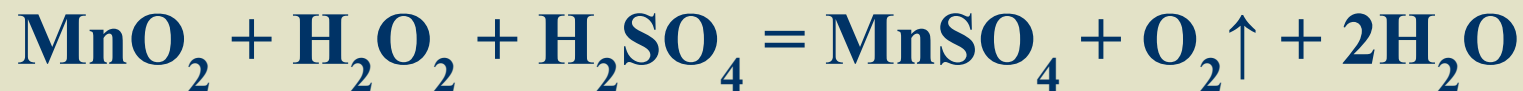
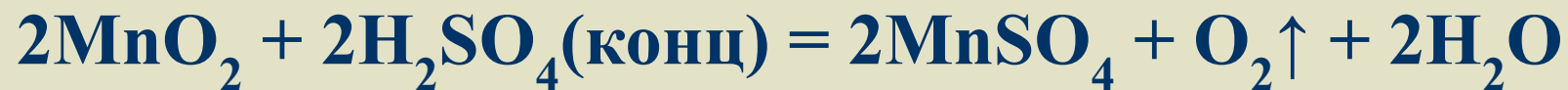
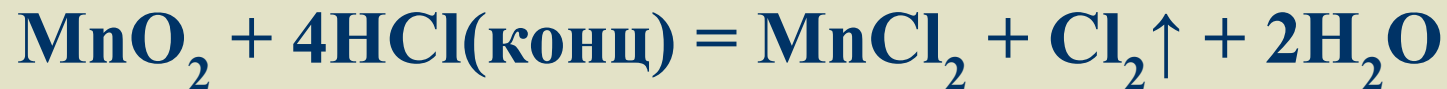
◆ **Окислительные св-ва:**



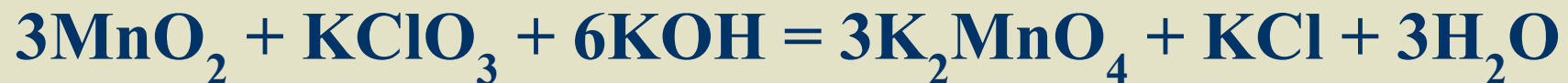
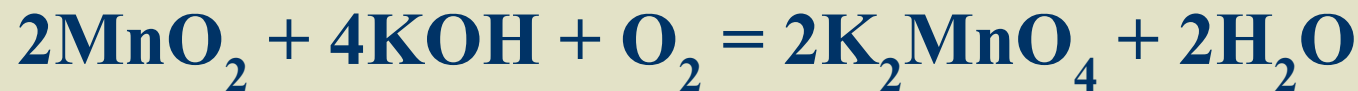
## Марганец(IV): $\text{MnO}_2$



◆ **Окислительные свойства:**



◆ **Восстановительные свойства**



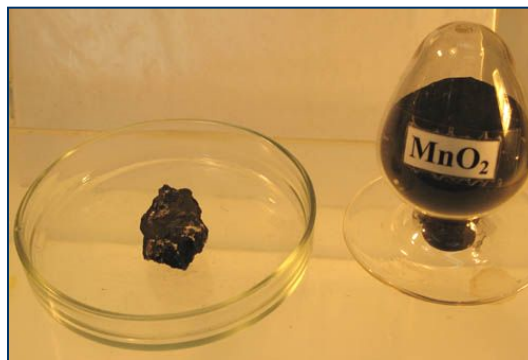
# Марганец(IV): $\text{MnO}_2$

## ◆ Получение $\text{MnO}_2$ :



## ◆ $\text{MnO}_2$ – катализатор

Каталитическое разложение пероксида водорода:



[Видеофрагмент](#)



## Марганец(VI)

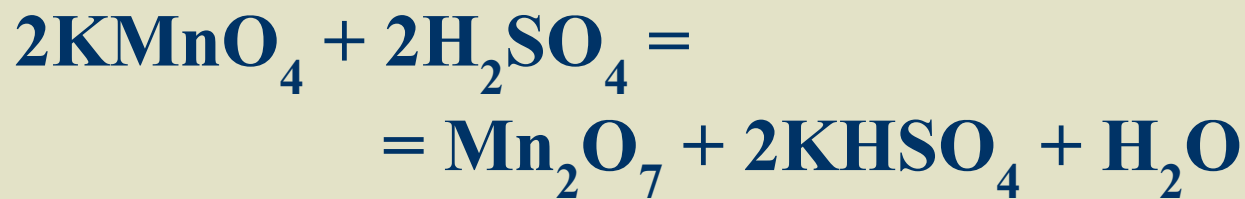
- ◆ В **сильнощел. среде** уст. соли, напр.  $\text{K}_2\text{MnO}_4$ .
- ◆ В растворе – **диспропорционирует**:  
$$3\text{MnO}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{MnO}_4^- + \text{MnO}_2 + 4\text{OH}^-$$
$$3\text{MnO}_4^{2-} + 4\text{H}_3\text{O}^+ = 2\text{MnO}_4^- + \text{MnO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$$
- ◆ Манганат-ион проявляет как **окислительные**, так и **восстановительные** свойства:  
$$2\text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{Cl}_2 = 2\text{KMnO}_4 + 2\text{KCl}$$
$$\text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{H}_2\text{S} = \text{MnO}_2 + \text{S} + 2\text{KOH}$$

# Марганец(VII)

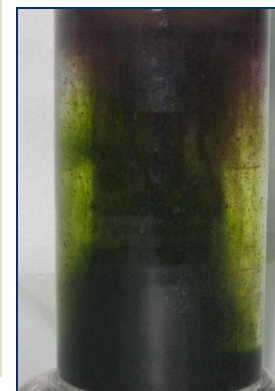
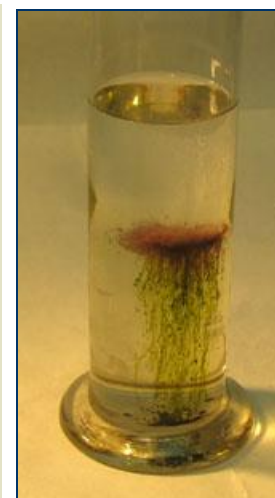
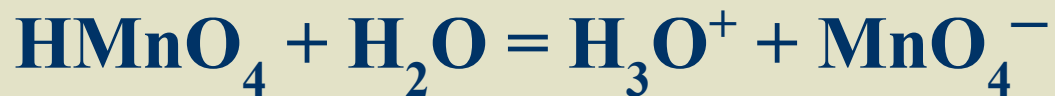


◆  $\text{Mn}_2\text{O}_7$  – маслянистая жидк.

◆ **Получение (видео):**



◆ **Марганцовая кислота**



Получение  $\text{Mn}_2\text{O}_7$  (видео)

# Окислительные свойства

**pH < 7**



**pH > 7**



**pH ≈ 7**



A chemistry experiment setup is shown. In the foreground, a glass beaker contains a vibrant blue liquid with a layer of white foam on top. To the right, a test tube with a blue cap lies horizontally. The background is a colorful periodic table of elements, with various groups and elements labeled. The text "Благодарю за внимание!!!" is overlaid in a large, red, italicized font across the center of the image.

*Благодарю за  
внимание!!!*