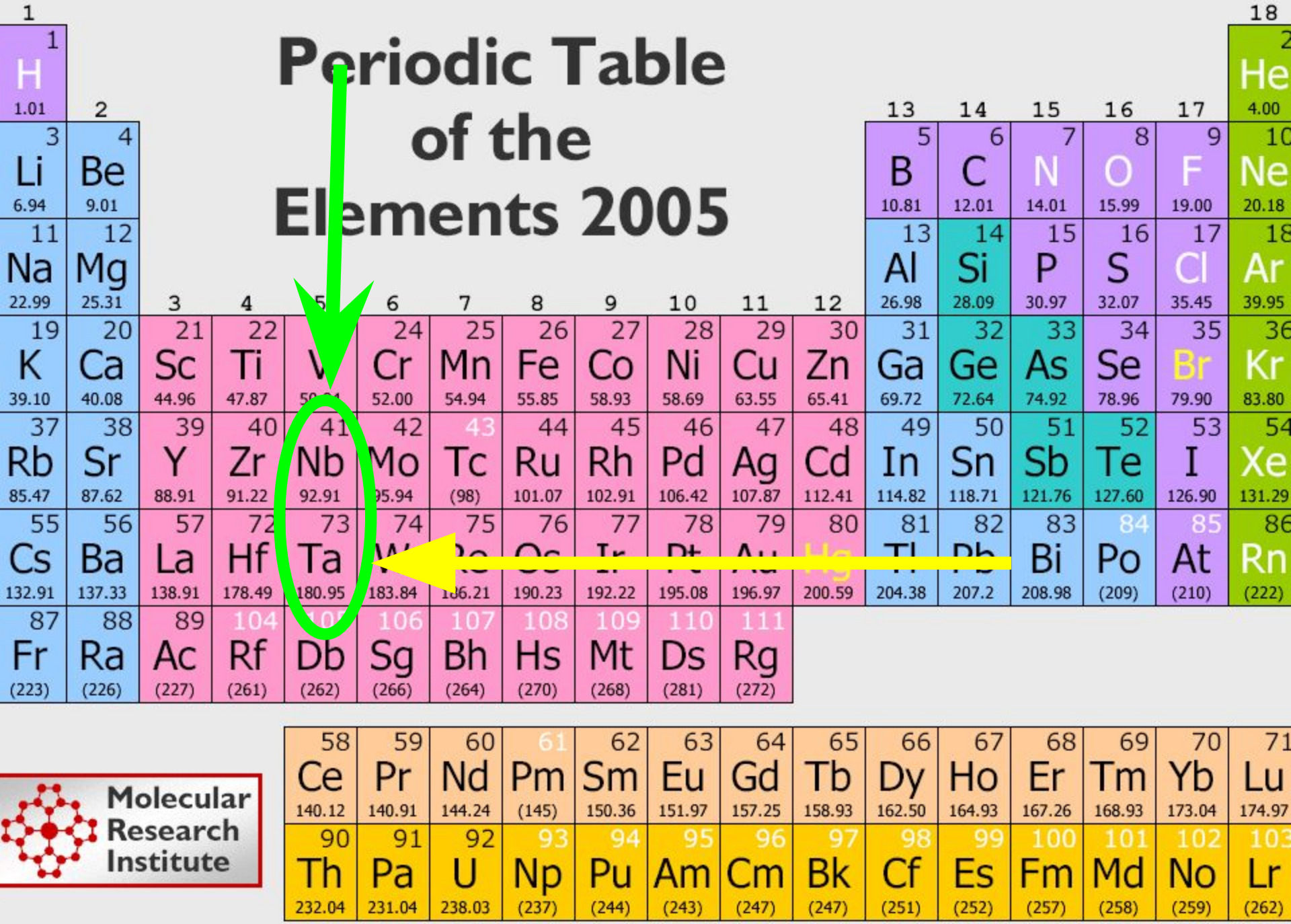
Ниобий и тантал. Свойства элементов и их соединений

Игнатов Николай
Группа Х-41

Periodic Table of the Elements 2005



Molecular Research Institute

Общая характеристика Nb и Ta

Основные физичекие характеристики элементов:

	Nb	Ta
Электронная конфигурация	[Kr]4d ^{4}5s ^{1}	[Xe]4f^{14}5d ^{3}5s^{2}
Плотность (20°C), г/см^{3}	8,66	16,62-16,66
Температура плавления (°C)	2468±10	2996
Температура кипения (°C)	5127	5427±100
Потенциал ионизации (эВ):		
$Me^{0} \rightarrow Me^{+}$	6,88	7,7
$Me^{+} \rightarrow Me^{2+}$	13,90	16,2
$Me^{2+} \rightarrow Me^{3+}$	28,1	22
$Me^{3+} \rightarrow Me^{4+}$	-	33
$Me^{4+} \rightarrow Me^{5+}$	-	44,8

Ta и Nb

Серый металл, мягкий, пластичный (хрупкий в присутствии TaH), тугоплавкий, высо-кокипящий коррозионно-стойкий.

Ta, Nb → ~~H_2O~~

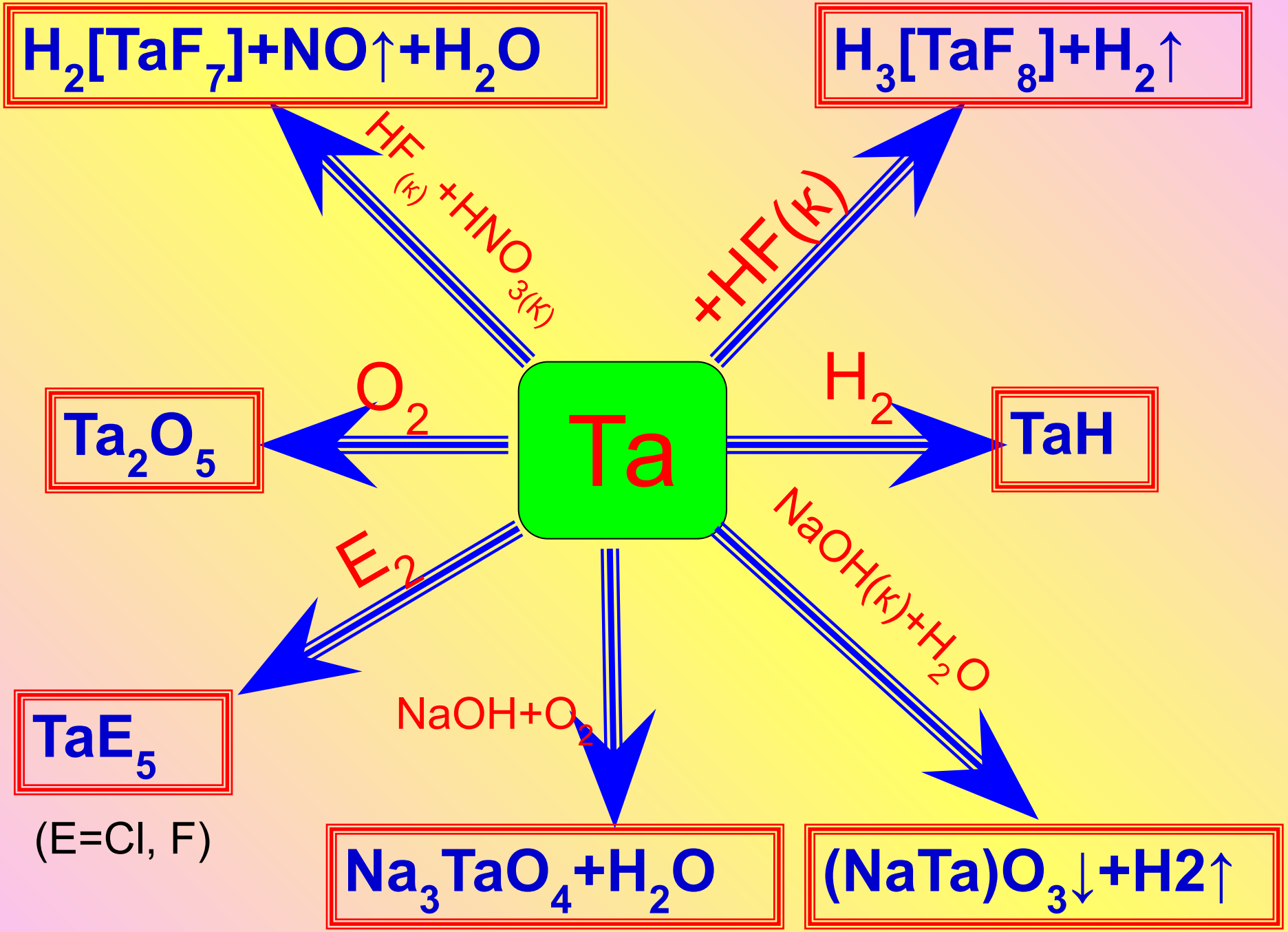
HCl(разб.)

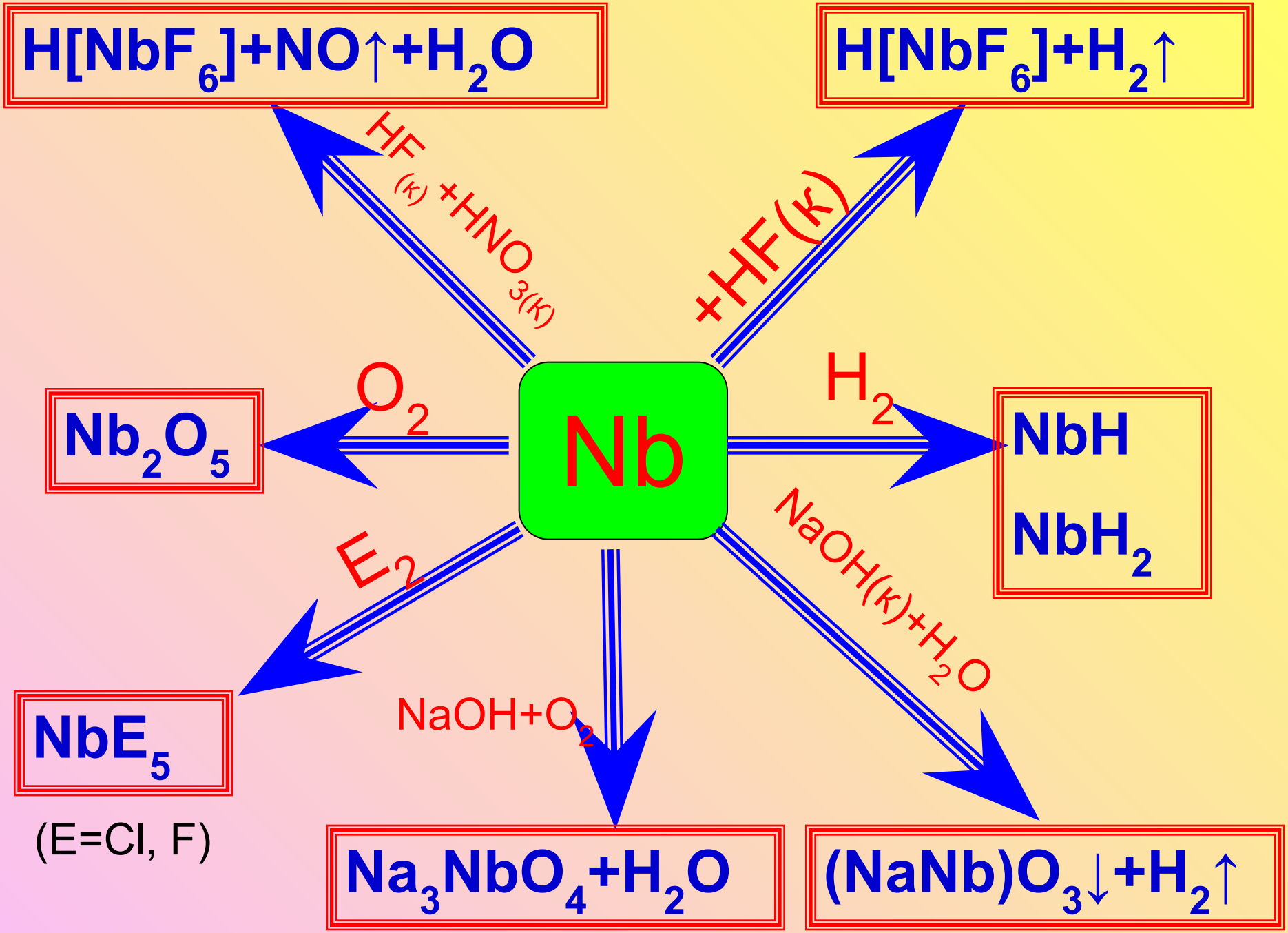
$NaOH$ (разб)

$NH_3 \cdot H_2O$

Получение Nb и Ta:

Nb	Ta
$2Nb_2O_5 \xrightarrow[\text{(эл-лиз)}]{} 4Nb_{(\text{катод})} + 5O_{2\ (\text{анод})}$	$2TaCl_5 + 5Mg \xrightarrow[(450°C)]{} 2Ta + 5MgCl_2$
$NbCl_5 + Na \rightarrow Nb + 5NaCl\ (450°C)$	$K_2[TaF_7] + 5Na \rightarrow Ta + 5NaF + 2KF\ (1100°C)$
$K_2[NbF_7] + 5Na \rightarrow Nb + 5NaF + 2KF\ (1100°C)$	$2K_2[TaF_7] \xrightarrow[\text{(эл-лиз)}]{} 2Ta + 5F_2\uparrow + 4KF$
$2K_2[NbF_7] \xrightarrow[\text{(эл-лиз)}]{} 2Nb + 5F_2\uparrow + 4KF$	


H2[TaF7]+NO↑+H2O
H3[TaF8]+H2↑
HF(к) +HNO3(К)
+HF(к)
O2
H2
Ta2O5
Ta
TaH
E2
NaOH(к)+H2O
TaE5
NaOH+O2
(E=Cl, F)
Na3TaO4+H2O
(NaTa)O3↓+H2↑


H[NbF6]+NO↑+H2O
H[NbF6]+H2↑
HF(к)+HNO3(к)
+HF(к)
O2
Nb2O5
Nb
H2
NbH
NbH2
E2
NaOH(к)+H2O
NbE5
(E=Cl, F)
NaOH+O2
Na3NbO4+H2O
(NaNb)O3↓+H2↑

Оксиды: Ta_2O_5 и Nb_2O_5

Белые, тугоплавкие, термически устойчи-вые.

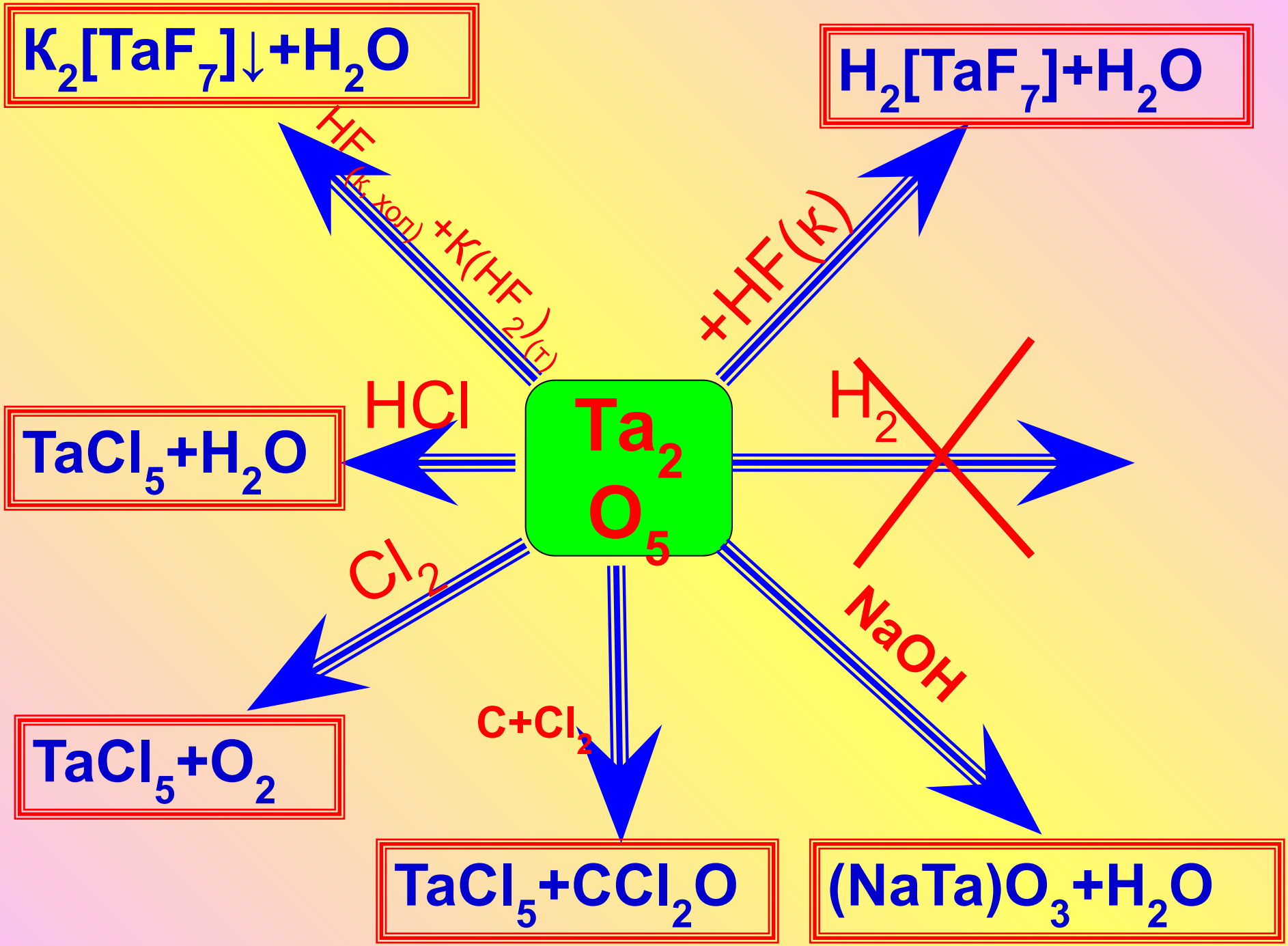
Ta_2O_5, Nb_2O_5 H_2O

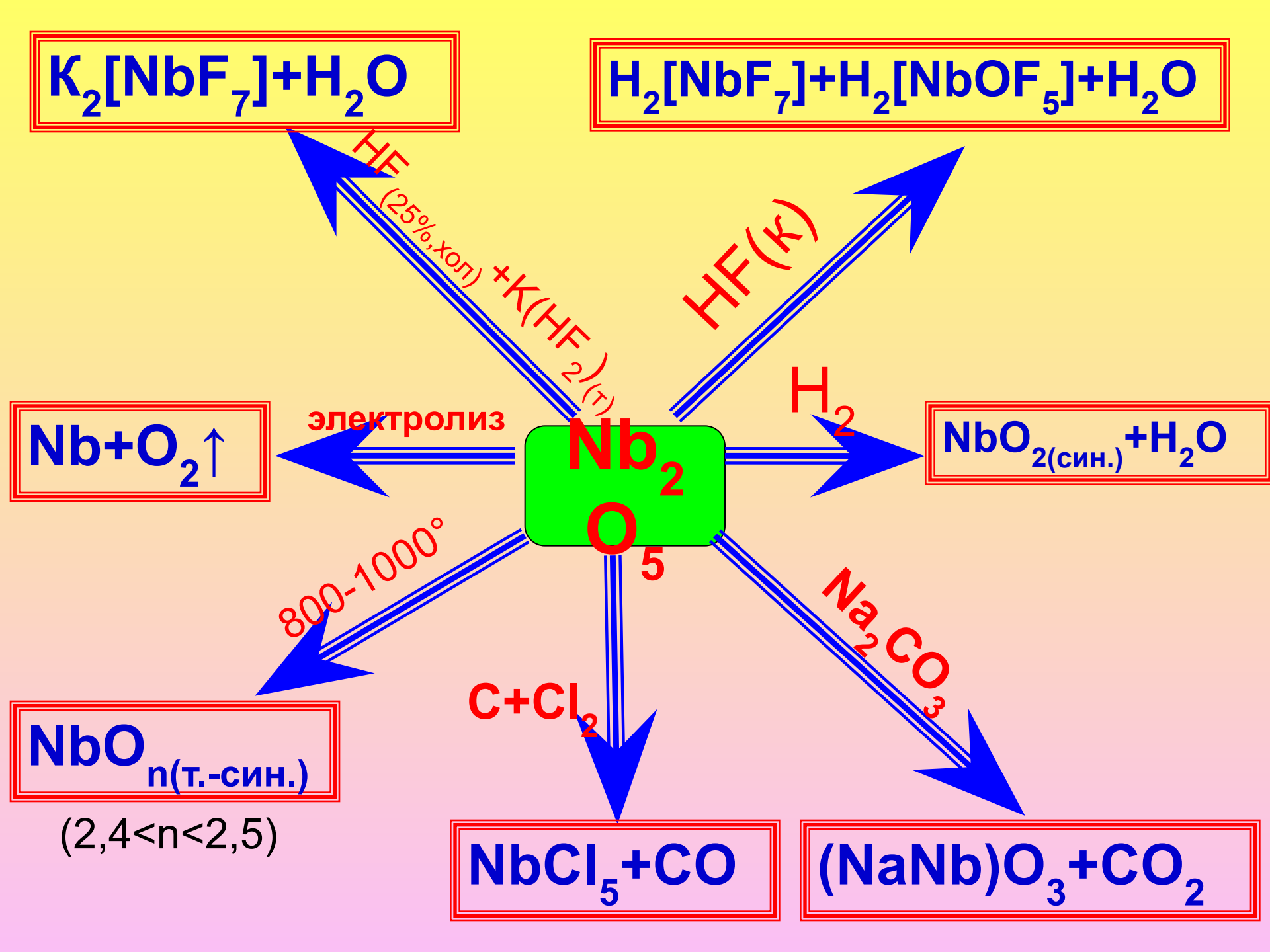
С HCl(разб.) пептизируются.

Отличия: Nb_2O_5 восстанавливается H_2 и реагирует с карбонатами Li и Na, а Ta_2O_5 – нет.

Получение Nb_2O_5 и Ta_2O_5:

Nb_2O_5	Ta_2O_5
$4Nb+5O_2 \rightarrow 2Nb_2O_5$ (500°C)	$4Ta+5O_2 \rightarrow 2Ta_2O_5$ (600°C)
$2NbF_5+5H_2O \rightarrow Nb_2O_5\downarrow+10HF$	$2K_2[TaF_7]+2H_2SO_{4(p)}+5H_2O \rightarrow$ $\rightarrow Ta_2O_5+2K_2SO_4+14HF$
$2NbCl_5+5H_2O \rightarrow Nb_2O_5\downarrow+10HCl$	$2TaCl_5+5H_2O \rightarrow Ta_2O_5\downarrow+10HCl$


$K_2[TaF_7]\downarrow+H_2O$
$H_2[TaF_7]+H_2O$
$HF_{(к.хол)}+K(HF_2)_{(т)}$
$+HF(к)$
HCl
Ta_2O_5
H_2
$TaCl_5+H_2O$
Cl_2
NaOH
$C+Cl_2$
$TaCl_5+O_2$
$TaCl_5+CCl_2O$
$(NaTa)O_3+H_2O$


$K_2[NbF_7]+H_2O$
$H_2[NbF_7]+H_2[NbOF_5]+H_2O$
$HF_{(25\%,хол)}+K(HF_2)_{(т)}$
$HF(к)$
$Nb+O_2\uparrow$
электролиз
Nb_2O_5
H_2
$NbO_{2(син.)}+H_2O$
800-1000°
$C+Cl_2$
Na_2CO_3
$NbO_{n(т.-син.)}$
(2,4<n<2,5)
$NbCl_5+CO$
$(NaNb)O_3+CO_2$

Фториды: TaF_5 и NbF_5

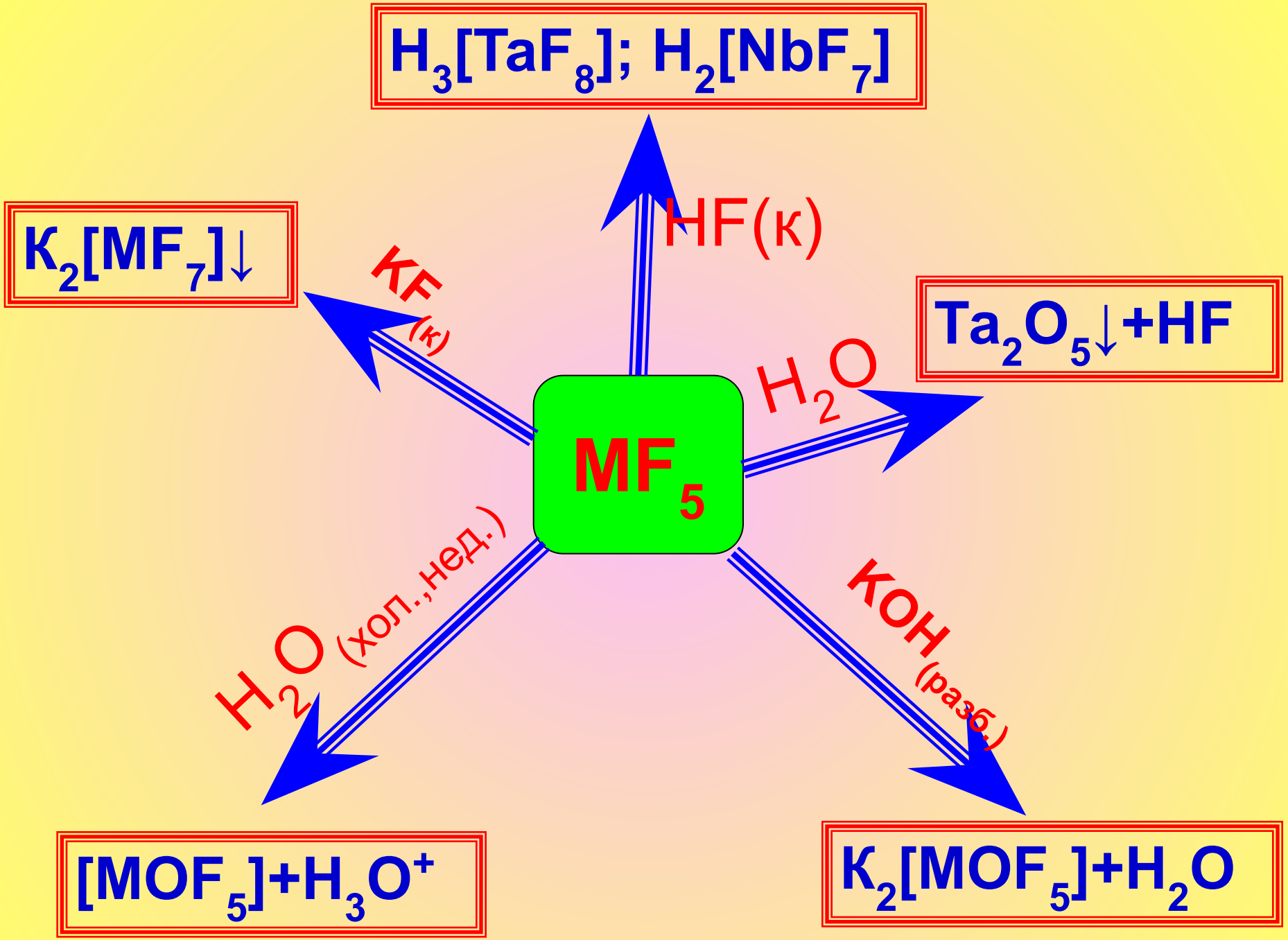
Белые, легкоплавкие, низкокипящие, термически устойчивые. Их нельзя хранить в стеклянной посуде, из-за протекания реакции с влагой воздуха с выделением HF:

$$4TaF_5 + 10H_2O \rightarrow 2Ta_2O_5 + 20HF$$

Пентафториды Nb и Ta – сильные кислоты Льюиса, они катализируют реакции Фриделя–Крафтса и образуют аддукты с различными нейтральными и анионными лигандами.

Получение NbF_5 и TaF_5:

NbF_5	TaF_5
$2Nb+5F_2 \rightarrow 2NbF_5$ (100°C)	$2Ta+5F_2 \rightarrow 2TaF_5$ (100°C)
$NbCl_5+5HF_{(ж)} \rightarrow NbF_5+5HCl\uparrow$	$TaCl_5+5HF_{(ж)} \rightarrow TaF_5+5HCl\uparrow$
$5SnF_2+2Nb \rightarrow 5Sn+2NbF_5$ (500°C)	

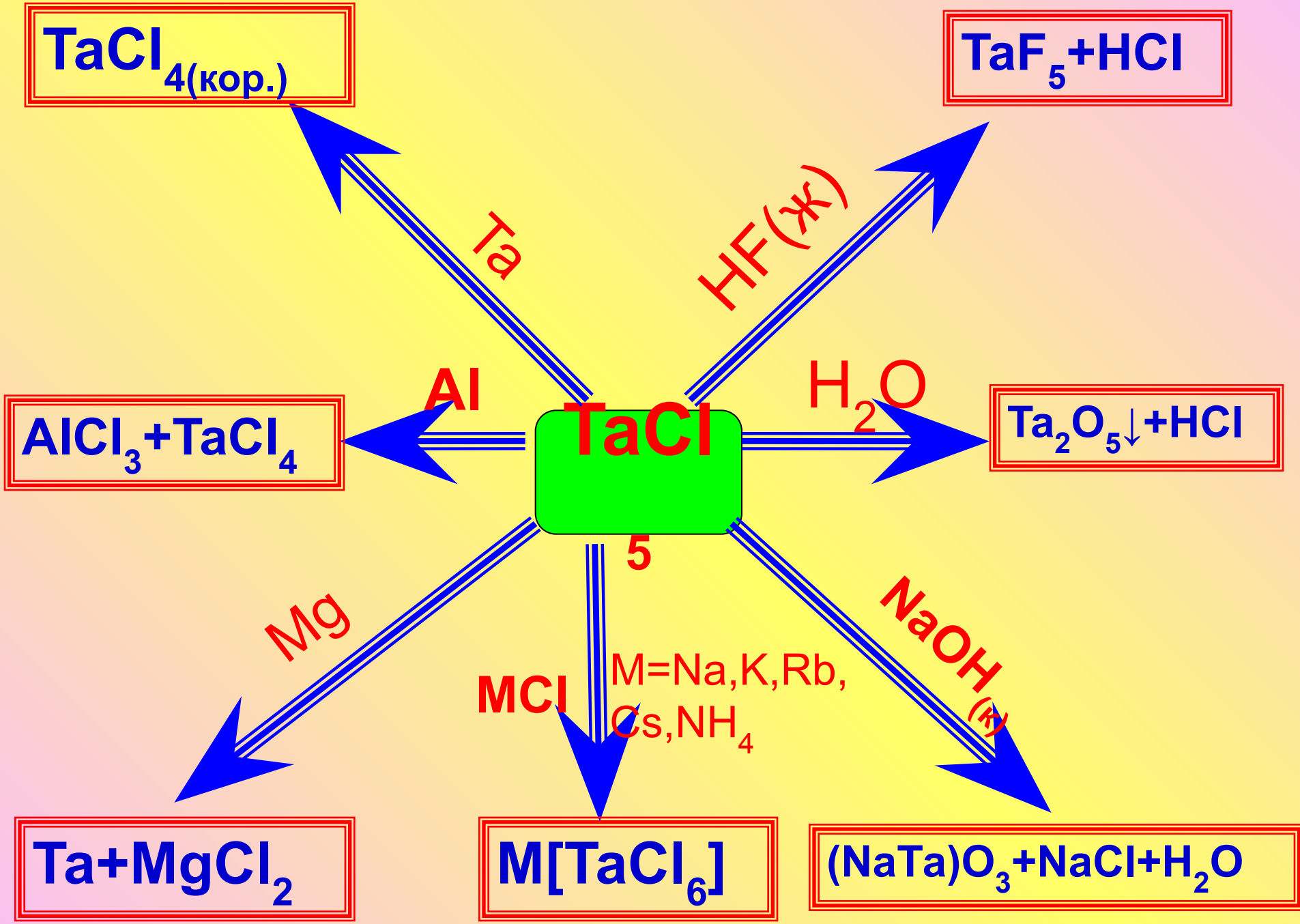

$H_3[TaF_8]$; $H_2[NbF_7]$
$K_2[MF_7]\downarrow$
KF (к)
HF(к)
$Ta_2O_5\downarrow$+HF
H_2O
MF_5
H_2O (хол.,нед.)
KOH (разб.)
$[MOF_5]+H_3O^+$
$K_2[MOF_5]+H_2O$

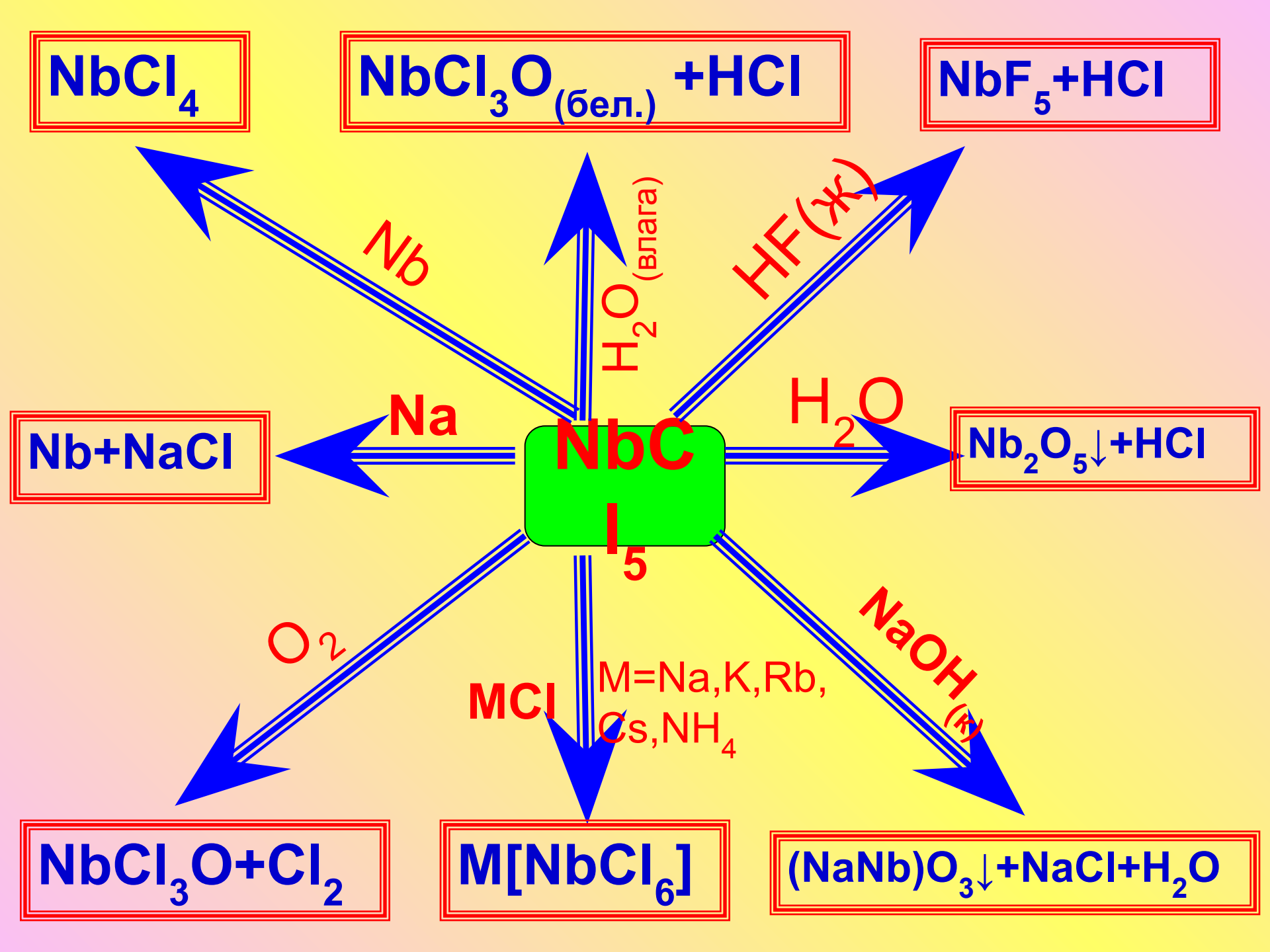
Пентахлориды: $TaCl_5$ и $NbCl_5$

$TaCl_5$ - белый, $NbCl_5$ – лимонный, легкоплавкие, низкокипящие, термически устойчивые. Гидролизуются на воздухе.

Получение $NbCl_5$ и $TaCl_5$:

$NbCl_5$	$TaCl_5$
$2Nb+5Cl_2 \rightarrow 2NbCl_5$ (250°C)	$2Ta+5Cl_2 \rightarrow 2TaCl_5$ (250°C)
$Nb_2O_5+5C_{(кокс)}+5Cl_2 \rightarrow 2NbCl_5+5CO\uparrow$	$Ta_2O_5+5C_{(кокс)}+10Cl_2 \rightarrow 2TaCl_5+5CCl_2O$
	$Ta_2O_5+10HCl \rightarrow 2TaCl_5+5H_2O$


TaCl4(кор.)
TaF5+HCl
Ta
HF(ж)
Al
H2O
AlCl3+TaCl4
TaCl5
Ta2O5↓+HCl
Mg
MCl
M=Na,K,Rb,
Cs,NH4
NaOH(к)
Ta+MgCl2
M[TaCl6]
(NaTa)O3+NaCl+H2O


NbCl4
NbCl3O(бел.) +HCl
NbF5+HCl
Nb
H2O(влага)
HF(ж)
Na
H2O
Nb+NaCl
NbCl5
Nb2O5↓+HCl
O2
MCl
M=Na,K,Rb,Cs,NH4
NaOH(к)
NbCl3O+Cl2
M[NbCl6]
(NaNb)O3↓+NaCl+H2O