Ниобий и тантал. Свойства элементов и их соединений

Игнатов Николай
Группа Х-41

Periodic Table of the Elements 2005

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1 H 1.01																	2 He 4.00
3 Li 6.94	4 Be 9.01											5 B 10.81	6 C 12.01	7 N 14.01	8 O 15.99	9 F 19.00	10 Ne 20.18
11 Na 22.99	12 Mg 25.31											13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.07	17 Cl 35.45	18 Ar 39.95
19 K 39.10	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.87	V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.69	29 Cu 63.55	30 Zn 65.41	31 Ga 69.72	32 Ge 72.64	33 As 74.92	34 Se 78.96	35 Br 79.90	36 Kr 83.80
37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.94	43 Tc (98)	44 Ru 101.07	45 Rh 102.91	46 Pd 106.42	47 Ag 107.87	48 Cd 112.41	49 In 114.82	50 Sn 118.71	51 Sb 121.76	52 Te 127.60	53 I 126.90	54 Xe 131.29
55 Cs 132.91	56 Ba 137.33	57 La 138.91	72 Hf 178.49	73 Ta 180.95	74 W 183.84	75 Re 186.21	76 Os 190.23	77 Ir 192.22	78 Pt 195.08	79 Au 196.97	80 Hg 200.59	81 Tl 204.38	82 Pb 207.2	83 Bi 208.98	84 Po (209)	85 At (210)	86 Rn (222)
87 Fr (223)	88 Ra (226)	89 Ac (227)	104 Rf (261)	105 Db (262)	106 Sg (266)	107 Bh (264)	108 Hs (270)	109 Mt (268)	110 Ds (281)	111 Rg (272)							

58 Ce 140.12	59 Pr 140.91	60 Nd 144.24	61 Pm (145)	62 Sm 150.36	63 Eu 151.97	64 Gd 157.25	65 Tb 158.93	66 Dy 162.50	67 Ho 164.93	68 Er 167.26	69 Tm 168.93	70 Yb 173.04	71 Lu 174.97
90 Th 232.04	91 Pa 231.04	92 U 238.03	93 Np (237)	94 Pu (244)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (252)	100 Fm (257)	101 Md (258)	102 No (259)	103 Lr (262)

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°С), г/см^3	8,66	16,62-16,66
Температура плавления (°С)	2468±10	2996
Температура кипения (°С)	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 $\xrightarrow{\cancel{H_2O}}$

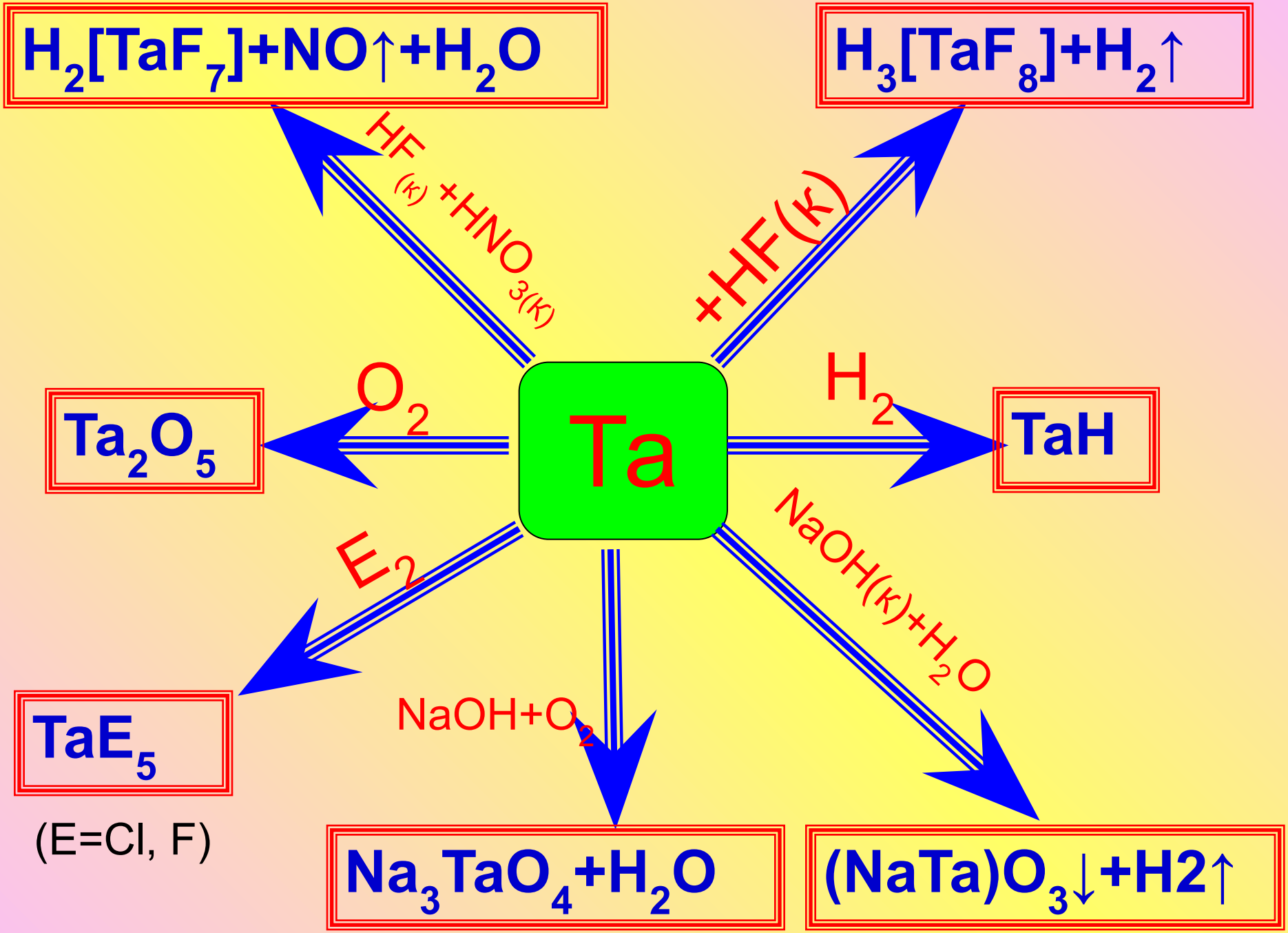
HCl(разб.)

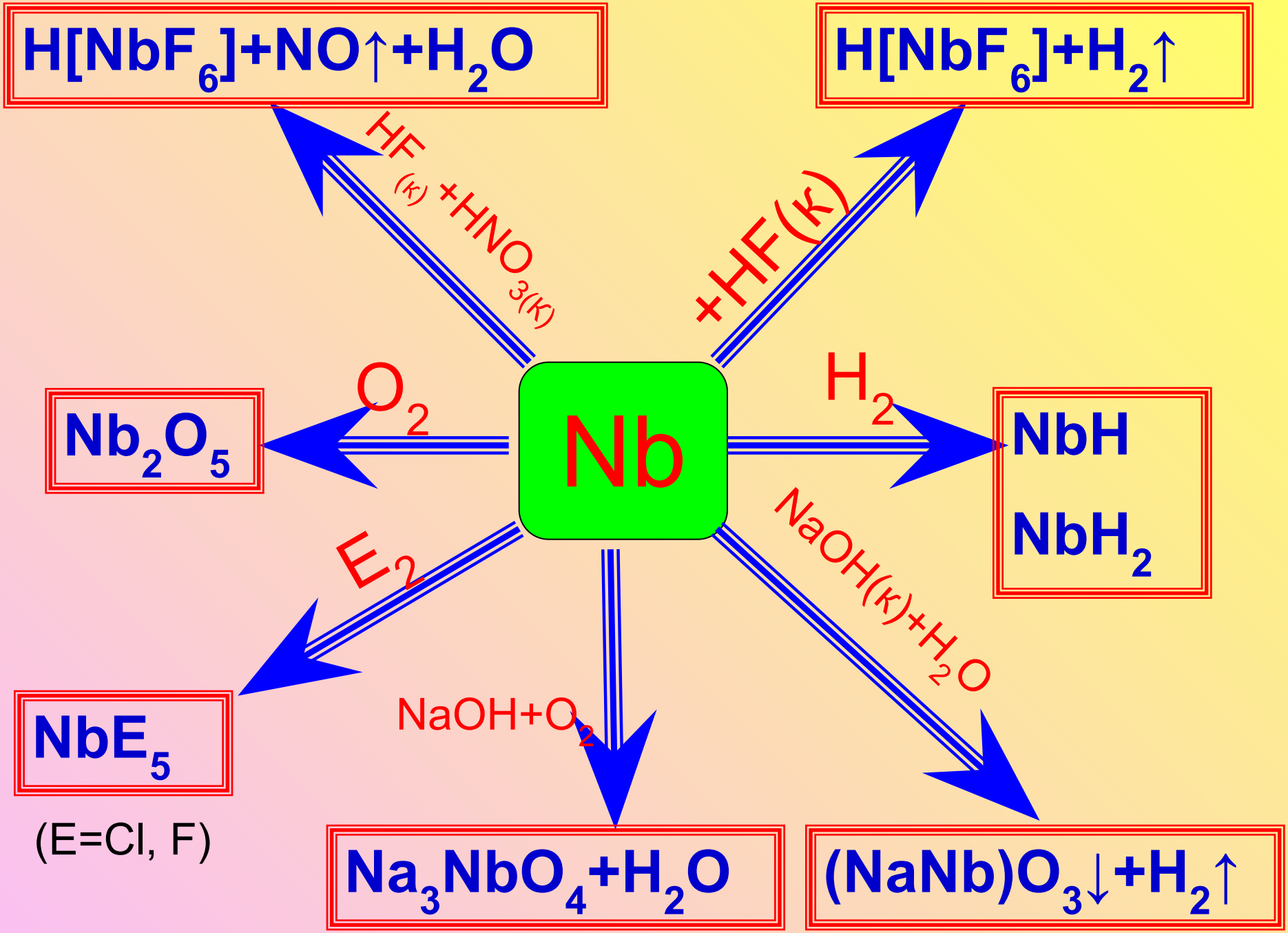
NaOH (разб)

$NH_3 \cdot H_2O$

Получение Nb и Ta:

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


$H_2[TaF_7]+NO\uparrow+H_2O$
$H_3[TaF_8]+H_2\uparrow$
$HF_{(к)}+HNO_{3(к)}$
$+HF(к)$
O_2
H_2
Ta_2O_5
Ta
TaH
E_2
$NaOH(к)+H_2O$
$NaOH+O_2$
TaE_5
(E=Cl, F)
$Na_3TaO_4+H_2O$
$(NaTa)O_3\downarrow+H2\uparrow$


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

Оксиды: Ta_2O_5 и Nb_2O_5

Белые, тугоплавкие, термически устойчи-вые.

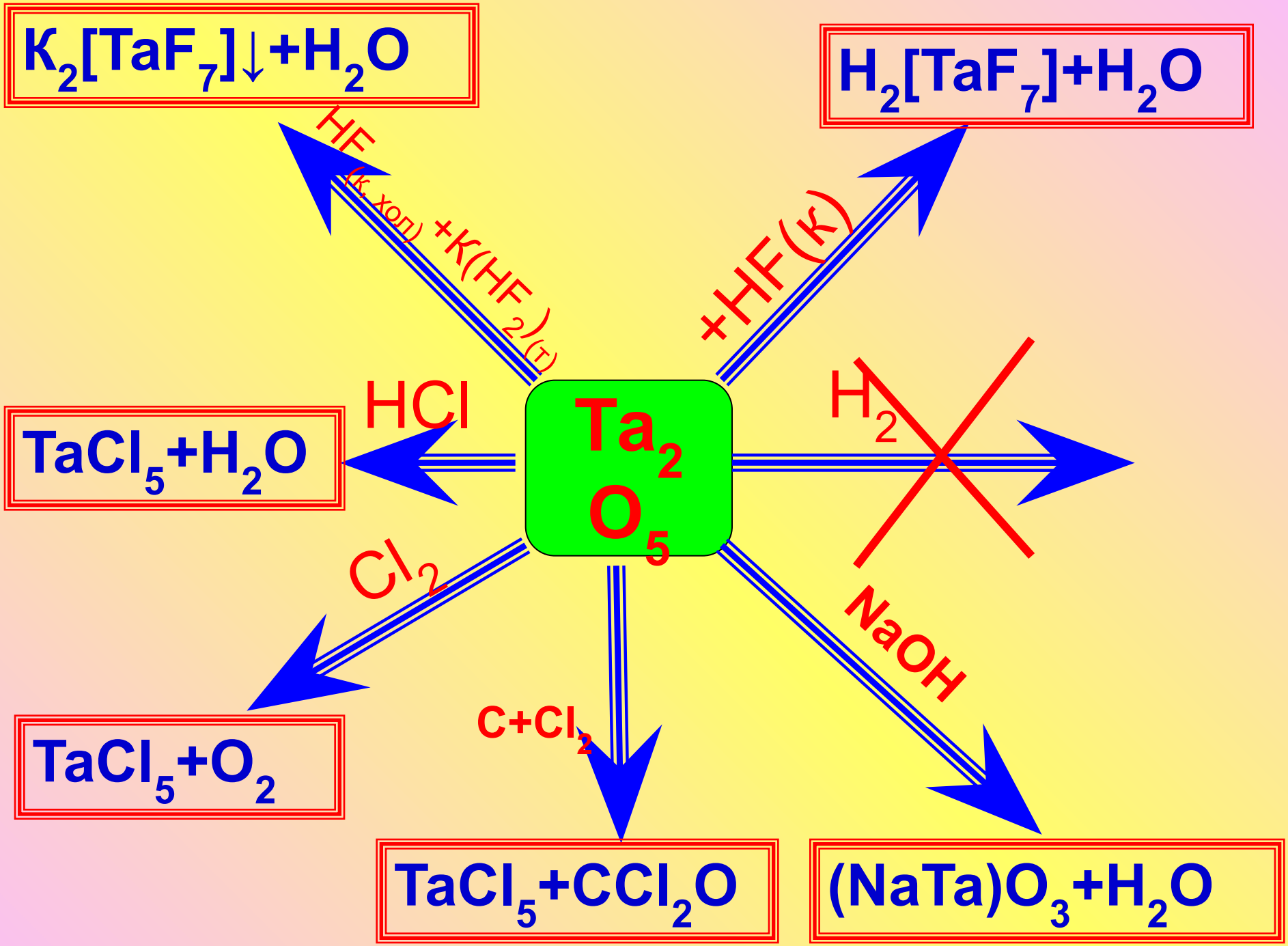
Ta_2O_5, Nb_2O_5 $\xrightarrow{H_2O}$

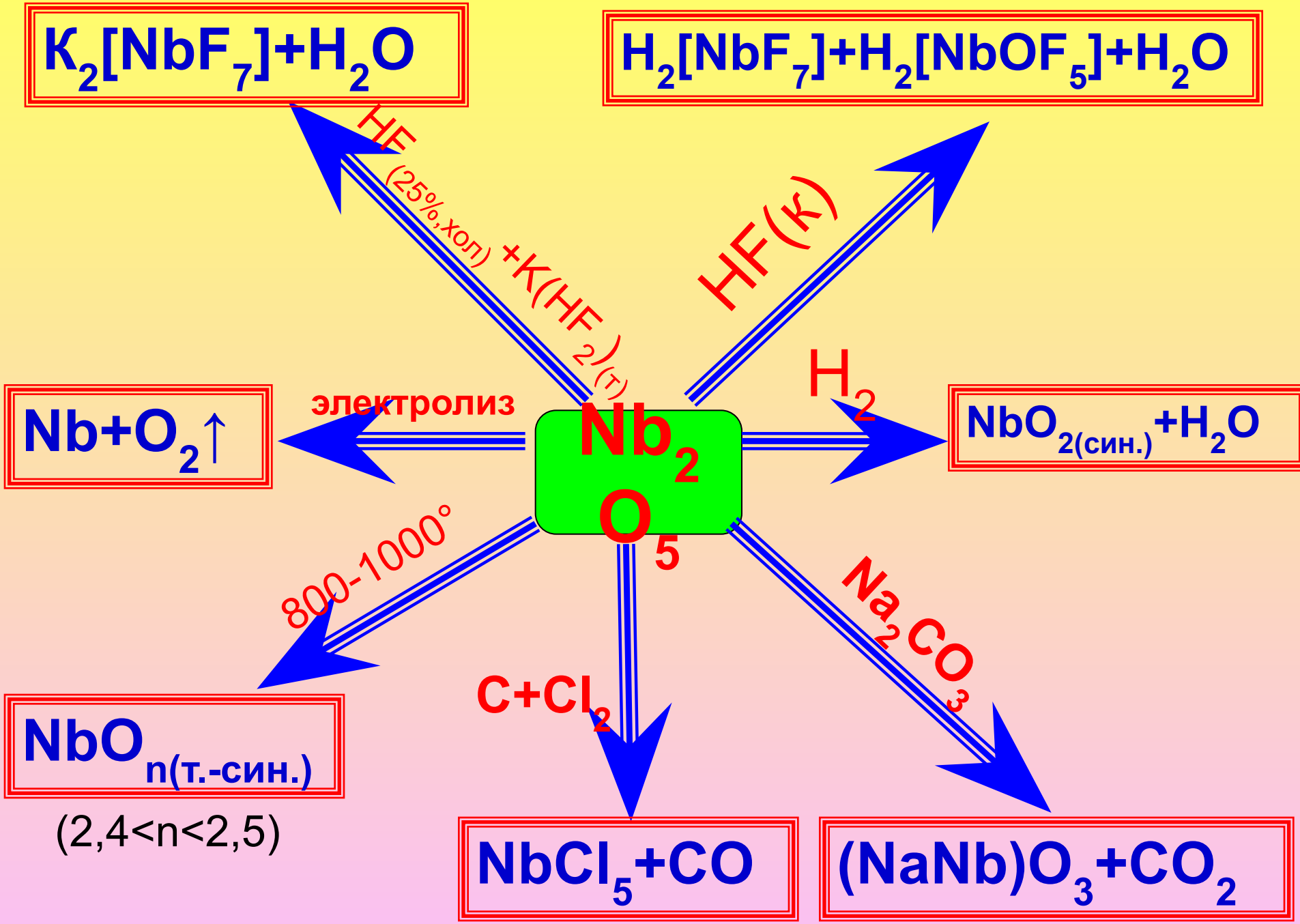
С HCl(разб.) пептизируются.

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)
H_2
электролиз
$Nb+O_2\uparrow$
Nb_2O_5
$NbO_{2(син.)}+H_2O$
800-1000°
Na_2CO_3
C+Cl$_2$
$NbO_{n(т.-син.)}$
(2,4<n<2,5)
$NbCl_5+CO$
$(NaNb)O_3+CO_2$

Фториды: TaF_5 и NbF_5

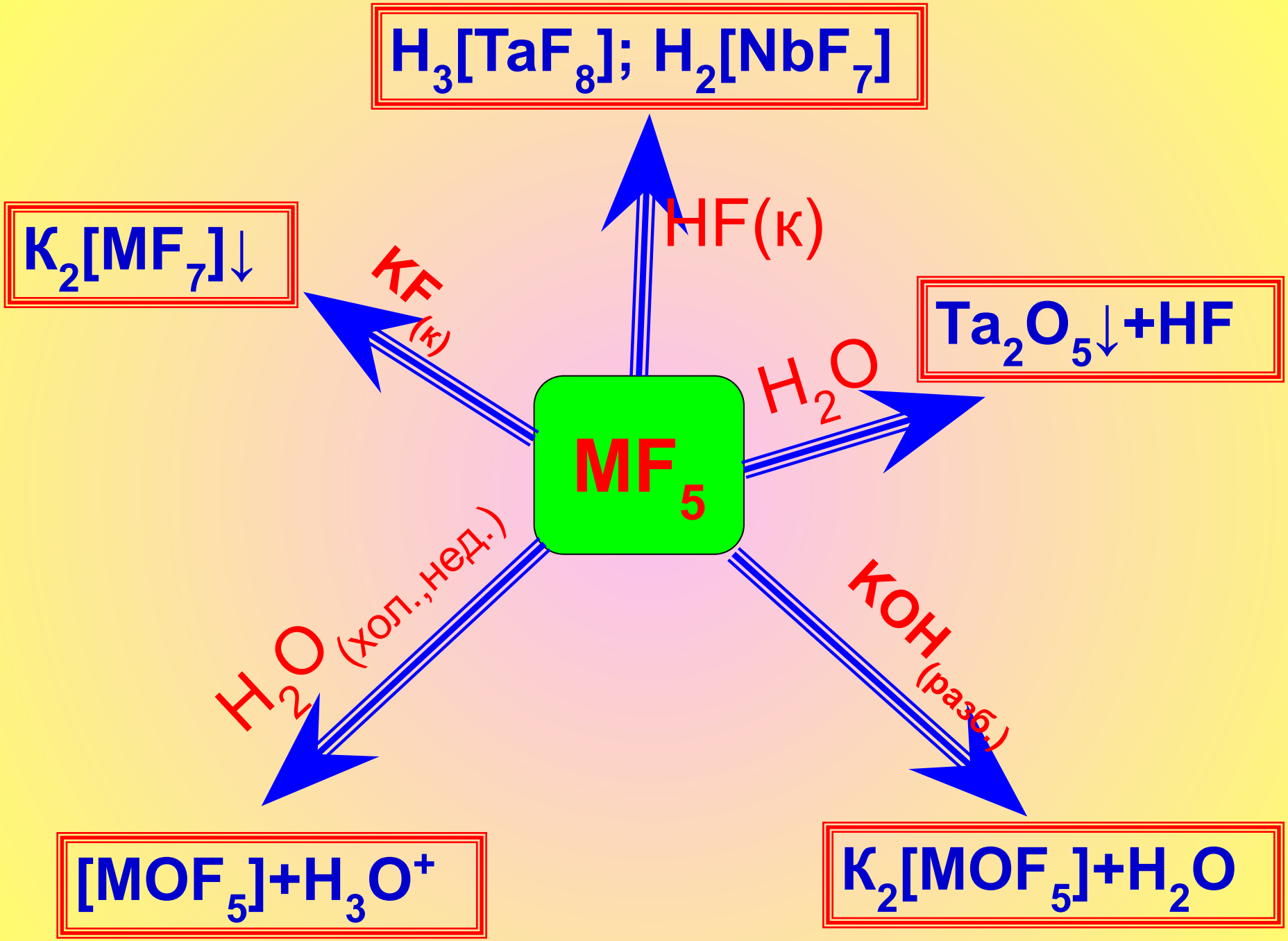
Белые, легкоплавкие, низкокипящие, термически устойчивые. Их нельзя хранить в стеклянной посуде, из-за протекания реакции с влагой воздуха с выделением HF:

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

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)	

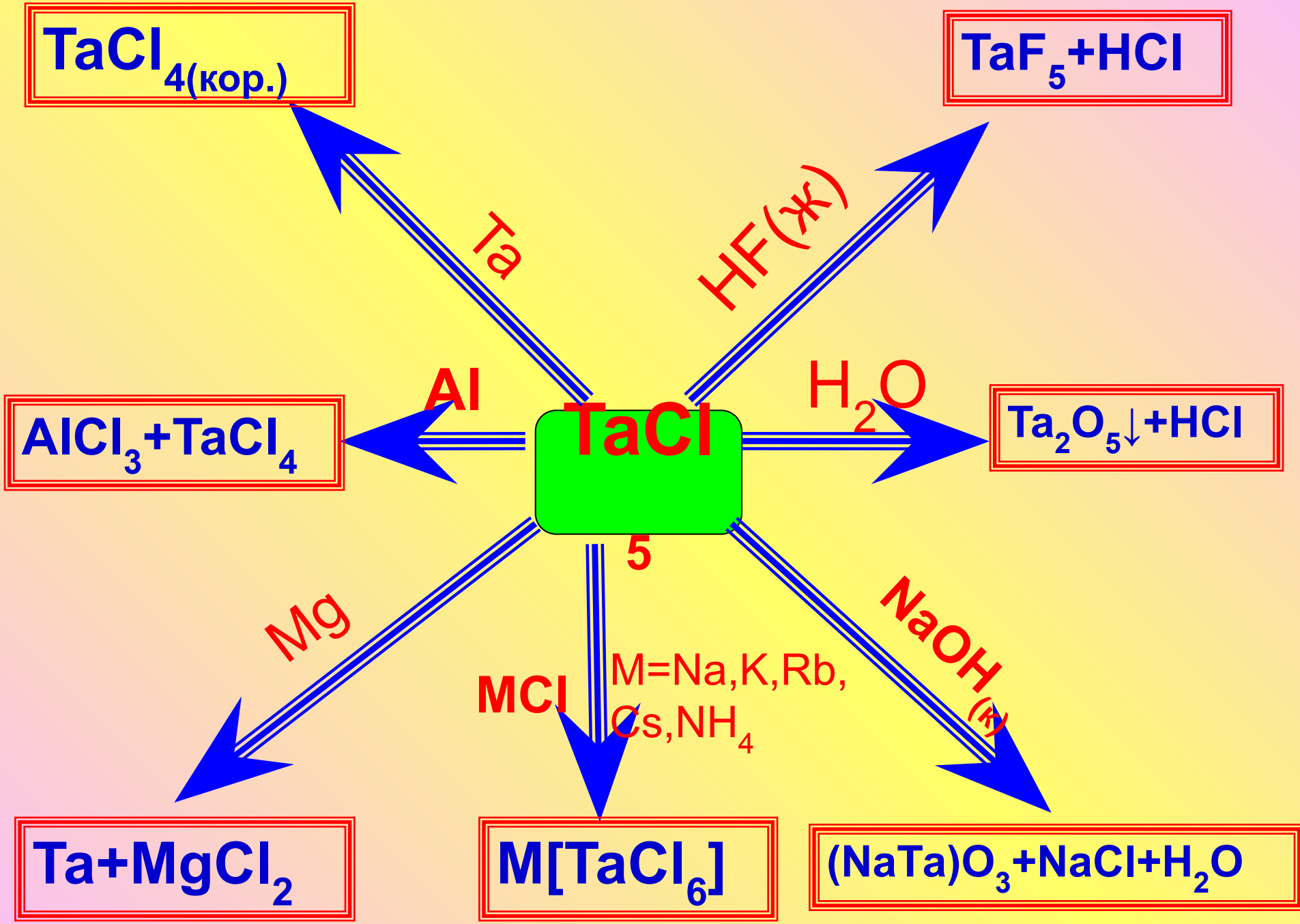

$H_3[TaF_8]$; $H_2[NbF_7]$
HF(к)
$K_2[MF_7]\downarrow$
KF(к)
$Ta_2O_5\downarrow$+HF
H_2O
MF_5
H_2O (хол.,нед.)
KOH(разб.)
$[MOF_5]+H_3O^+$
$K_2[MOF_5]+H_2O$

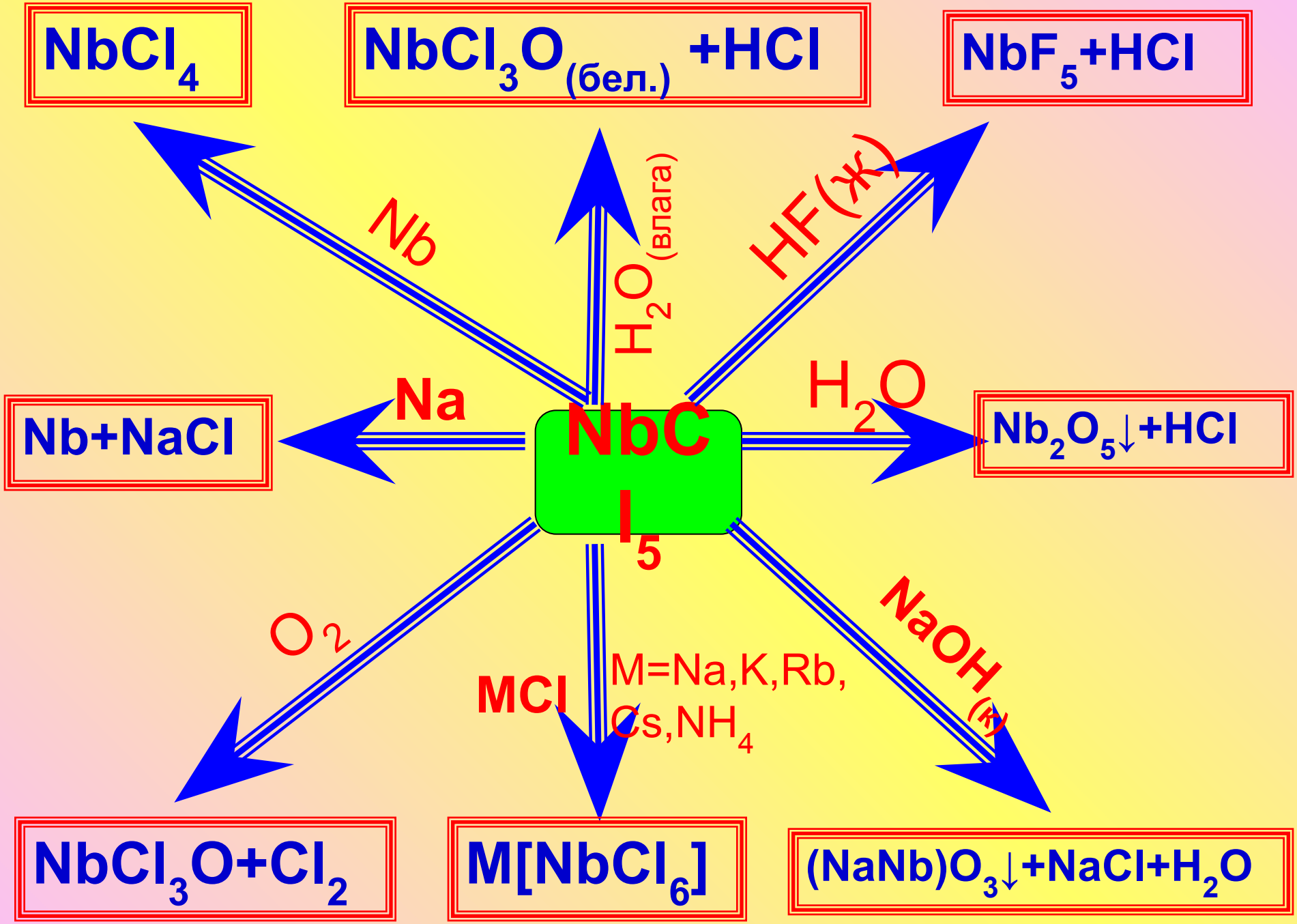
Пентахлориды: $TaCl_5$ и $NbCl_5$

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


$TaCl_5$
Ta
$TaCl_{4(кор.)}$
$HF_{(ж)}$
TaF_5+HCl
Al
$AlCl_3+TaCl_4$
H_2O
$Ta_2O_5\downarrow+HCl$
Mg
$Ta+MgCl_2$
MCl
M=Na,K,Rb, Cs,NH_4
$M[TaCl_6]$
$NaOH_{(к)}$
$(NaTa)O_3+NaCl+H_2O$


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