

# d prvky

## d – PRVKY

1 I A	2 II A
Vodík 1 <b>H</b> 1,00794(7)	
Lithium 3 <b>Li</b> 6,941(2)	Beryllium 4 <b>Be</b> 9,012182(3)
Sodík 11 <b>Na</b> 22,989770(2)	Hořčík 12 <b>Mg</b> 24,3050(6)
Draslík 19 <b>K</b> 39,0983(1)	Vápník 20 <b>Ca</b> 40,078(4)
Rubidium 37 <b>Rb</b> 85,4678(3)	Stroncium 38 <b>Sr</b> 87,62(1)
Cesium 55 <b>Cs</b> 132,90545(2)	Baryum 56 <b>Ba</b> 137,327(7)
Francium 87 <b>Fr</b> (223,0197)	Radium 88 <b>Ra</b> (226,0254)

3 III B	4 IV B	5 V B	6 VI B	7 VII B	8 VIII	9 VIII	10 VIII	11 I B	12 II B
Skandium 21 <b>Sc</b> 44,955910(8)	Titan 22 <b>Ti</b> 47,867(1)	Vanad 23 <b>V</b> 50,9415(1)	Chrom 24 <b>Cr</b> 51,9961(6)	Mangan 25 <b>Mn</b> 54,938049(9)	Železo 26 <b>Fe</b> 55,845(2)	Kobalt 27 <b>Co</b> 58,933200(9)	Nikl 28 <b>Ni</b> 58,6934(2)	Měď 29 <b>Cu</b> 63,546(3)	Zinek 30 <b>Zn</b> 65,39(2)
Yttrium 39 <b>Y</b> 88,90585(2)	Zirkonium 40 <b>Zr</b> 91,224(2)	Niob 41 <b>Nb</b> 92,90638(2)	Molybden 42 <b>Mo</b> 95,94(1)	Technecium 43 <b>Tc</b> (98,9063)	Ruthenium 44 <b>Ru</b> 101,07(2)	Rhodium 45 <b>Rh</b> 102,90550(2)	Palladium 46 <b>Pd</b> 106,42(1)	Stříbro 47 <b>Ag</b> 107,8682(2)	Kadmium 48 <b>Cd</b> 112,411(8)
57-70 Lantha- noidy	Hafnium 72 <b>Hf</b> 178,49(2)	Tantal 73 <b>Ta</b> 180,9479(1)	Wolfram 74 <b>W</b> 183,84(1)	Rhenium 75 <b>Re</b> 186,207(1)	Osmium 76 <b>Os</b> 190,23(3)	Iridium 77 <b>Ir</b> 192,217(3)	Platina 78 <b>Pt</b> 195,078(2)	Zlato 79 <b>Au</b> 196,96655(2)	Rtuť 80 <b>Hg</b> 200,59(2)
89-102 Akti- noidy	Rutherfordium 104 <b>Rf</b> (261,110)	Dubnium 105 <b>Db</b> (262,1144)	Seaborgium 106 <b>Sg</b> (263,1186)	Bohrium 107 <b>Bh</b> (264,12)	Hassium 108 <b>Hs</b> (265,1306)	Melitnerium 109 <b>Mt</b> (268)	Ununnilium 110 <b>Uun</b> (269)	Unununium 111 <b>Uuu</b> (272)	Ununbium 112 <b>Uub</b> (277)

13 III A	14 IV A	15 V A	16 VI A	17 VII A	18 0
					Helium 2 <b>He</b> 4,002602(2)
Bor 5 <b>B</b> 10,811(7)	Uhlík 6 <b>C</b> 12,0107(8)	Dusík 7 <b>N</b> 14,00674(7)	Kyslík 8 <b>O</b> 15,9994(3)	Fluor 9 <b>F</b> 18,9984032(5)	Neon 10 <b>Ne</b> 20,1797(6)
Hliník 13 <b>Al</b> 26,981538(2)	Křemík 14 <b>Si</b> 28,0855(3)	Fosfor 15 <b>P</b> 30,973761(2)	Síra 16 <b>S</b> 32,066(6)	Chlor 17 <b>Cl</b> 35,4527(9)	Argon 18 <b>Ar</b> 39,948(1)
Gallium 31 <b>Ga</b> 69,723(1)	Germanium 32 <b>Ge</b> 72,61(2)	Arsen 33 <b>As</b> 74,92160(2)	Selen 34 <b>Se</b> 78,96(3)	Brom 35 <b>Br</b> 79,904(1)	Krypton 36 <b>Kr</b> 83,80(1)
Indium 49 <b>In</b> 114,818(3)	Cín 50 <b>Sn</b> 118,710(7)	Antimon 51 <b>Sb</b> 121,760(1)	Tellur 52 <b>Te</b> 127,60(3)	Jod 53 <b>I</b> 126,90447(3)	Xenon 54 <b>Xe</b> 131,29(2)
Thallium 81 <b>Tl</b> 204,3833(2)	Olovo 82 <b>Pb</b> 207,2(1)	Bismut 83 <b>Bi</b> 208,98038(2)	Polonium 84 <b>Po</b> (208,9824)	Astat 85 <b>At</b> (209,9871)	Radon 86 <b>Rn</b> (222,0176)

3 III B	4 IV B	5 V B	6 VI B	7 VII B	8 VIII	9 VIII	10 VIII	11 I B	12 II B
Skandium 21 <b>Sc</b> 44,955910(8)	Titan 22 <b>Ti</b> 47,867(1)	Vanad 23 <b>V</b> 50,9415(1)	Chrom 24 <b>Cr</b> 51,9961(6)	Mangan 25 <b>Mn</b> 54,938049(9)	Železo 26 <b>Fe</b> 55,845(2)	Kobalt 27 <b>Co</b> 58,933200(9)	Nikl 28 <b>Ni</b> 58,6934(2)	Měď 29 <b>Cu</b> 63,546(3)	Zinek 30 <b>Zn</b> 65,39(2)
Yttrium 39 <b>Y</b> 88,90585(2)	Zirkonium 40 <b>Zr</b> 91,224(2)	Niob 41 <b>Nb</b> 92,90638(2)	Molybden 42 <b>Mo</b> 95,94(1)	Technecium 43 <b>Tc</b> (98,9063)	Ruthenium 44 <b>Ru</b> 101,07(2)	Rhodium 45 <b>Rh</b> 102,90550(2)	Palladium 46 <b>Pd</b> 106,42(1)	Stříbro 47 <b>Ag</b> 107,8682(2)	Kadmium 48 <b>Cd</b> 112,411(8)
57-70 Lantha- noidy	Hafnium 72 <b>Hf</b> 178,49(2)	Tantal 73 <b>Ta</b> 180,9479(1)	Wolfram 74 <b>W</b> 183,84(1)	Rhenium 75 <b>Re</b> 186,207(1)	Osmium 76 <b>Os</b> 190,23(3)	Iridium 77 <b>Ir</b> 192,217(3)	Platina 78 <b>Pt</b> 195,078(2)	Zlato 79 <b>Au</b> 196,96655(2)	Rtuť 80 <b>Hg</b> 200,59(2)
89-102 Akti- noidy	Rutherfordium 104 <b>Rf</b> (261,110)	Dubnium 105 <b>Db</b> (262,1144)	Seaborgium 106 <b>Sg</b> (263,1186)	Bohrium 107 <b>Bh</b> (264,12)	Hassium 108 <b>Hs</b> (265,1306)	Melitnerium 109 <b>Mt</b> (268)	Ununnilium 110 <b>Uun</b> (269)	Unununium 111 <b>Uuu</b> (272)	Ununbium 112 <b>Uub</b> (277)

1s,  
2s, 2p,  
3s, 3p,  
4s, 3d, 4p,  
5s, 4d, 5p,  
6s, 4f, 5d, 6p,  
7s, 5f, 6d, 7p ...

## Charakteristika:

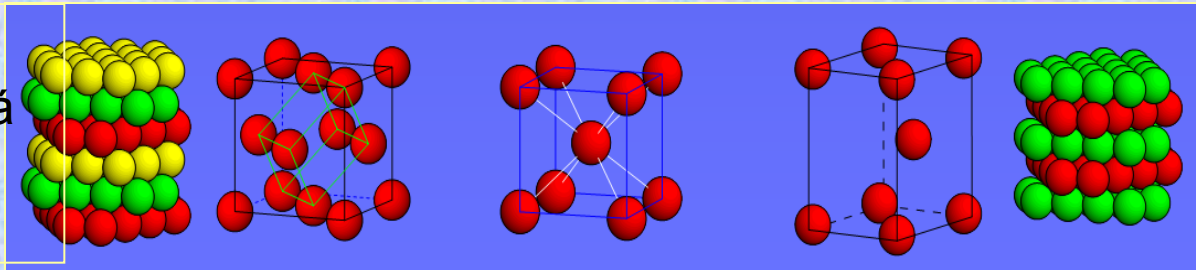
- valenční elektrony **ns (n-1)d** uspořádány ve třech úplných řadách, čtvrtá řada je neúplná, vytváří deset skupin
- orbitály se zaplňují nepravidelně (počet elektronů často nesouvisí s číslem sloupce)

## Společné vlastnosti:

- ❖ kovová vazba (realizují se elektrony z neúplně obsazených orbitalů)
- ❖ těžké kovy, vysoká teplota tání a varu (mimo Zn, Cd, Hg), dobré vodiče tepla a elektřiny
- ❖ oxidační čísla různá
- ❖ ionty a sloučeniny d prvků jsou většinou barevné (způsobeno přechody d elektronů při pohlcení viditelného světla), pouze ionty s prázdnými nebo plnými orbitály jsou bezbarvé
- ❖ často tvoří koordinační sloučeniny – komplexy
- ❖ užívají se jako katalyzátory v organické chemii a jaderné chemii
- ❖ jsou součástí významných přírodních látek (hemoglobin, B<sub>12</sub>)

## Krystalové mříže:

- Kubická tělesně centrovaná
- Hexagonální
- Kubická plošně centrovaná

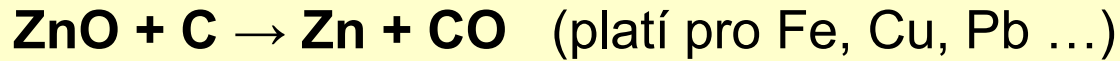
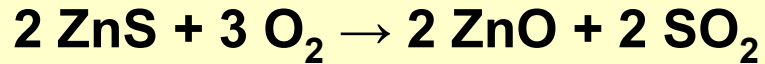


## Výskyt:

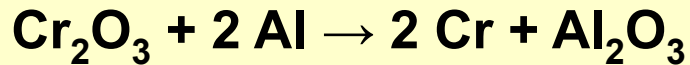
- volně jako ryzí kovy (Au, Ag, Pt)
- vázané ve sloučeninách (oxidy, sulfidy, disulfidy, soli)

## Výroba:

- převážně redukcí



- aluminoterií



- magneziotermií (pomocí Mg)

## Užití:

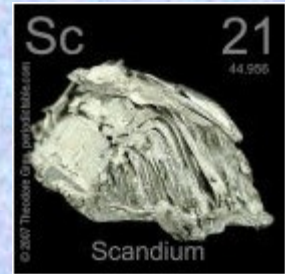
- zatím nenahraditelné, užívají se buď čisté nebo ve slitinách (ocel, mosaz, bronz, liteřina, amalgamy ...)
- strojírenství, stavebnictví, mincovny, klenoty, elektrotechnika, chemický průmysl (katalyzátory)



# Prvky III. B skupiny – vzácné zeminy

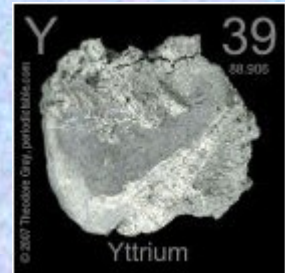
## Skandium – Sc

- velmi vzácný kov



## Yttrium – Y

- používá se do laserových krystalů a jako přísada do hliníkových slitin na výrobu vysokonapěťových vodičů pro zvýšení vodivosti

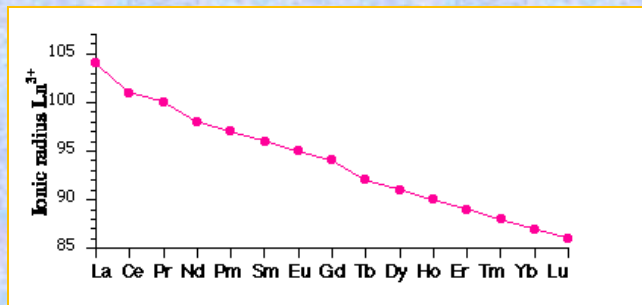
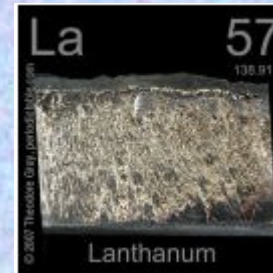


## Lanthan – La

• vlastnostmi velmi podobný hliníku, jeden ze skupiny lanthanoidů, fotografická technika používá sklo s oxidem lanthanitým ( $\text{La}_2\text{O}_3$ )

**Lanthanoidy** - skupina prvků vzácných zemin. Kovy s stříbrolesklou barvou, měkké. Výskyt v monazitových pískách. Použití v metalurgii, sklářském průmyslu, při výrobě barevných televizních, v jaderné energetice a při výrobě laserů.

*Lanthanoidová kontrakce* = jev, kdy se s postupným zvyšováním atomového čísla prvku zmenšuje poloměr atomů.



# Sc, Y, La a Ac

## Výskyt a použití

Sc (25 ppm)	Y (31 ppm)	La (35 ppm)	Ac (radioaktivní)
křemičitany $Sc_2O_3$ (vedlejší produkt při zpracování uranu)	doprovází lanthanoidy	doprovází lanthanoidy	ve stopách v uranových rudách; 0,2 mg Ac/t uranu získává se extrakcí nebo na ionexech
	v luminoforech, mikrovlnné filtry v radarech	kov do slitin, optická skla, katalyzátor (náhrada Pt)	nemá použití (snad dříve v radioterapii)

## Fyzikální vlastnosti

	${}_{21}\text{Sc}$	${}_{39}\text{Y}$	${}_{57}\text{La}$	${}_{89}\text{Ac}$
Počet izotopů	1	1	2	(2)
Elektronegativita	1,3	1,2	1,1	1,1
Iont. poloměr pro k.č. 6 /pm	74,5 Nejmenší kovový kation	90,0	103,2	112
$E^0$ $\text{Me}^{3+} + 3\text{e}^- = \text{M}(\text{s})$ Redukční vlastnosti	-2,077	-2,372	-2,522	-2,6
Teplota tání /°C	1539	1530	920	817
Teplota varu /°C	2748	3264	3420	2470

## Chemické vlastnosti

### ❖ Dominantní oxidační stav III (iontové sloučeniny)

- ❖ značně reaktivní, na povrchu oxidují
- ❖ při zahřátí hoří a vzniká  $M_2O_3$
- ❖ reagují s halogeny
- ❖ redukují vodu na vodík (podobně jako např. alkalické zeminy)
- ❖ rozpouštějí se ve zředěných kyselinách
- ❖ se silnými kyselinami vznikají rozpustné soli
- ❖ se slabými kyselinami poskytují špatně rozpustné soli
- ❖ ostatní oxidační stavy se vyskytují málo nebo vůbec
- ❖ **Sc** projevuje největší tendenci k tvorbě komplexů (má největší povrchovou hustotu náboje) a má také sklon k hydrolyze solí (podobnost s hliníkem)

## Sloučeniny

<b>Oxidy <math>M_2O_3</math></b>	Bílé látky, vznikají přímou syntézou
<b>Hydroxidy <math>M(OH)_3</math></b>	Gelovité sraženiny, vznikají ze solí srážením hydroxidem Sc $(OH)_3$ se v nadbytku rozpouští za vzniku $[Sc(OH)_6]^{3-}$
<b>Soli <math>M^{III}</math></b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Bezbarvé a diamagnetické, vznikají rozpouštěním hydroxidů nebo oxidů v kyselinách.</li><li>▪ Skandité soli hydrolyzují a tvoří polymerní sloučeniny s můstkovou OH skupinou.</li><li>▪ Fluoridy jsou nerozpustné</li></ul>
<b>Hydridy</b>	Přímá reakce s vodíkem za tepla – nestechiometrické $MH_2$



## Prvky IV. B skupiny – skupina titanu

### Titan – Ti

- Výroba pevných a antikoročních slitin s vysokou teplotou tání, které se uplatňují při výrobě letadel, umělých kloubů, golfových holí, kardiostimulátorů a v klenotnictví



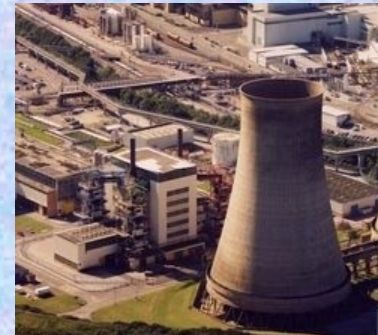
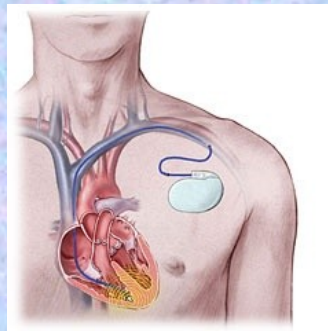
### Zirkonium – Zr

- Vzácný kov, používá se do slitin brusných materiálů, při nehořlavé úpravě materiálů, konstrukční slitiny pro jadernou energetiku (Zircalloy, Zr+Fe)



### Hafnium – Hf

- Používá se na výrobu řídicích tyčí v jaderných reaktorech, protože pohlcuje neutrony, speciální slitiny na řezné stroje



## Výskyt

# Ti, Zr, Hf

Ti (6320 ppm)	Zr (162 ppm)	Hf (2,8 ppm)
Ilmenit $\text{FeTiO}_3$ $\text{TiO}_2$ - rutil, anatas, brookit	Zirkon $\text{ZrSiO}_4$ <b>jediný v přírodě se vyskytující orthokřemičitan)</b> (polodrahokam) Baddeleyit $\text{ZrO}_2$	Doprovází rudy Zr, 2-7 %,
		Vzhledem k lanthanoidové kontrakci se špatně dělí od Zr (.....kapalinová extrakce, ionexy)

## Fyzikální vlastnosti

	${}_{22}\text{Ti}$	${}_{40}\text{Zr}$	${}_{72}\text{Hf}$
Počet izotopů	5	5	6
Elektronegativita	1,5	1,4	1,3
Hustota, $\text{g cm}^{-3}$	4,50	6,51	<b>13,28</b>
Iont. poloměr M(IV) pro k.č. 6 /pm	60,5	72	71
Teplota tání /°C	1667	1857	2222
Teplota varu /°C	3285	4200	4450

# Chemické vlastnosti Ti, Zr a Hf

## ❖ Oxidační stavy stavy II, III a IV

- ❖ značně reaktivní, na povrchu oxidují
- ❖ při zahřátí reagují s většinou nekovů
- ❖ **Ti** se slučuje i s dusíkem (hoří v něm) – vzniká nitrid
- ❖ jemně práškové jsou pyroforické (samozápalné)
- ❖ pokrývají se vrstvičkou oxidu (ochrana proti korozi, zvláště Zr)
- ❖ nerozpouštějí se v minerálních kyselinách (vyjma HF – vznik fluorokomplexů)
- ❖ oxidující kyseliny kovy pasivují
- ❖ **ostatní oxidační stavy se vyskytují málo nebo vůbec**
- ❖ **projevují největší tendenci k tvorbě komplexů s vyšším k.č. (8 a více)**

## Sloučeniny Ti, Zr a Hf

<b>Binární sloučeniny</b>	Hydridy, boridy, nitridy
<b>Oxidy , <math>TiO</math>, <math>M_2O_3</math> a <math>MO_2</math></b>	Bílé látky, vznikají přímou syntézou $TiO_2$ – pigment (titanová běloba) $ZrO_2$ - ve vláknitém provedení pro výrobu tkanin (žáruvzdorný)
<b>Sulfidy</b>	málo studovány
<b>Halogenidy <math>MX_4</math></b>	Jsou známy všechny, mají do značné míry kovalentní charakter
<b>Soli <math>M^{IV}</math></b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ pouze jako <math>TiOSO_4 \cdot H_2O</math></li><li>▪ <math>Zr(NO_3)_4</math>; <math>Zr(SO_4)_2</math>; existují i s Hf</li><li>▪ soli lze udržet pouze v silně kyselém prostředí, jinak dochází k hydrolýze</li></ul>
<b>Soli <math>Ti^{III}</math></b>	tvoří kamence ( $M^I = Cs, Rh$ )

## Prvky V. B skupiny

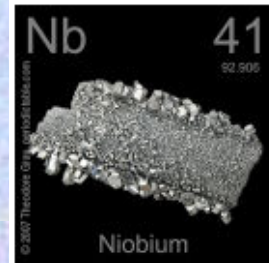
### Vanad – V

- tvrdý, bílý kov, který se přidává do oceli pro zvýšení tvrdosti a pevnosti
- oxid vanadičný je katalyzátorem při kontaktním způsobu výroby kyseliny sírové, v přírodě je vzácný



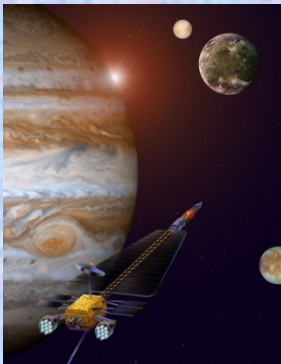
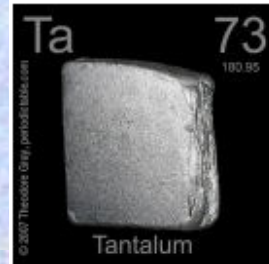
### Niob – Nb

- vzácný šedý kov, který se v malých množstvích přidává do speciálních ocelí odolávajících korozi při vysokých teplotách, jeho slitiny našly uplatnění při konstrukci tryskových a raketových motorů



### Tantal – Ta

- vzácný, světle šedý kov, vyrábí se z něj vlákna žárovek, je rovněž používán v chirurgii jako náhrady kostí a jako vodivá spojení přerušovaných nervů



## Výskyt V, Nb a Ta

V (136 ppm)	Nb (20 ppm)	Ta (1,7 ppm)
Vanadinit , $\text{PbCl}_2 \cdot 3\text{Pb}_3(\text{VO}_4)_2$ Karnotit, $\text{K}(\text{UO}_2)\text{VO}_4 \cdot 1,5 \text{H}_2\text{O}$	$(\text{Fe},\text{Mn})\text{M}_2\text{O}_6$ Kolumbit (s Ti) Tantalit (s Ta)	Doprovází rudy Nb, vzhledem k lanthanoidové kontrakci se špatně dělí od Nb (kapalinová extrakce, ionexy)

## Fyzikální vlastnosti

	$_{23}\text{V}$	$_{41}\text{Nb}$	$_{73}\text{Ta}$
Počet izotopů	2	1	2
Elektronegativita	1,6	1,6	1,5
Hustota, $\text{g cm}^{-3}$	6,11	8,57	16,65
Iont. poloměr M(IV) pro k.č. 6 /pm	134	146	146
Teplota tání /°C	1915	2468	2980
Teplota varu /°C	3350	4578	5534

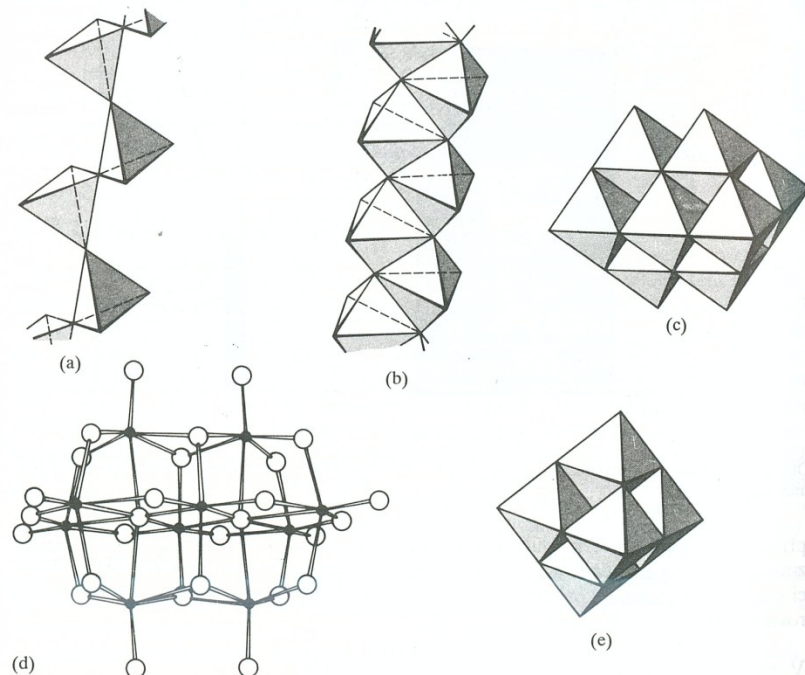
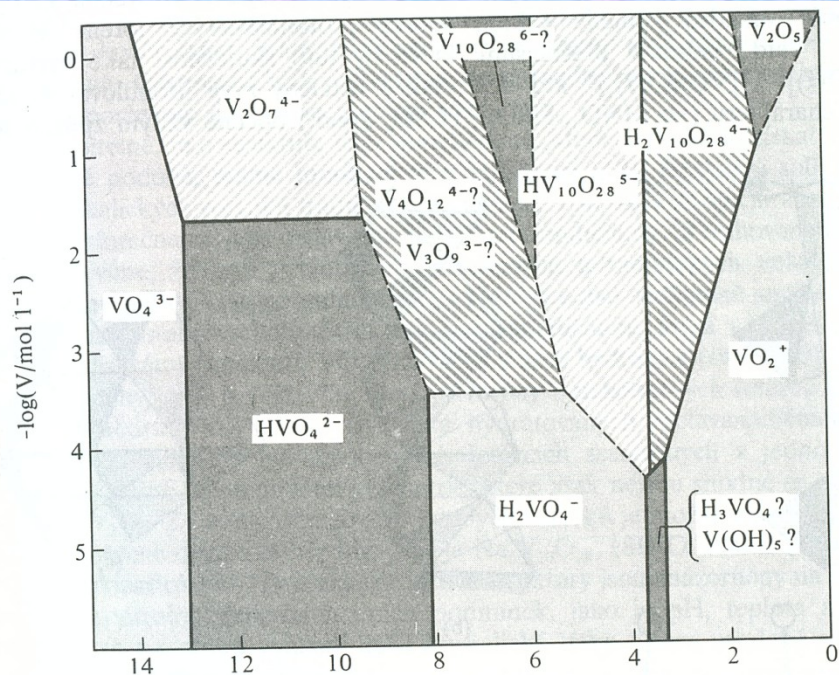
## Chemické vlastnosti V, Nb a Ta

### ❖ Běžné oxidační stavy V (II, III, IV a V), Nb a Ta(IV a V)

- ❖ při zahřátí reagují s většinou nekovů, intersticiální a nestechiometrické produkty
- ❖ pokrývají se vrstvičkou oxidu (ochrana proti korozi, zvláště Ta)
- ❖ rozpouštějí se v horkých konc. roztocích minerálních kyselin
- ❖  $V^{2+}$  a  $V^{3+}$  mají redukční účinky
- ❖ rozpustné v roztavených hydroxidech
- ❖ projevují největší tendenci k tvorbě komplexů s vyšším k.č. (8 a více)
- ❖ u V tvorba isopolyaniontů

Tabulka 22.3. Oxidy prvků skupiny VA

Oxidační stav	V	IV	III	II
V	$V_2O_5$	$VO_2$	$V_2O_3$	VO
Nb	$Nb_2O_5$	$NbO_2$	—	NbO
Ta	$Ta_2O_5$	$TaO_2$	—	(TaO)



Isopolyaniony vanadu