

# N, P

13 III A	14 IV A	15 V A	16 VI A	17 VII A	18 0
					Helium 2 He 4,002602(2)
Bor 5 B 10,811(7)	Uhlík 6 C 12,0107(8)	Dusík 7 N 14,00674(7)	Kyslík 8 O 15,9994(3)	Fluor 9 F 18,9984032(5)	Neon 10 Ne 20,1797(6)
Hliník 13 Al 26,981538(2)	Křemík 14 Si 28,0855(3)	Fosfor 15 P 0,973761(2)	Síra 16 S 32,066(6)	Chlor 17 Cl 35,4527(9)	Argon 18 Ar 39,948(1)
Gallium 31 Ga 69,723(1)	Germanium 32 Ge 72,61(2)	Arsen 33 As 74,92160(2)	Selen 34 Se 78,96(3)	Brom 35 Br 79,904(1)	Krypton 36 Kr 83,80(1)
Indium 49 In 114,818(3)	Cín 50 Sn 118,710(7)	Antimon 51 Sb 121,760(1)	Tellur 52 Te 127,60(3)	Jod 53 I 126,90447(3)	Xenon 54 Xe 131,29(2)
Thallium 81 Tl 204,3833(2)	Olovo 82 Pb 207,2(1)	Bismut 83 Bi 208,98038(2)	Polonium 84 Po (208,9824)	Astat 85 At (209,9871)	Radon 86 Rn (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 Sc 44,955910(8)	Titan 22 Ti 47,867(1)	Vanad 23 V 50,9415(1)	Chrom 24 Cr 51,9961(6)	Mangan 25 Mn 54,938049(9)	Železo 26 Fe 55,845(2)	Kobalt 27 Co 58,933200(9)	Nikl 28 Ni 58,6934(2)	Měď 29 Cu 63,546(3)	Zinek 30 Zn 65,39(2)
Yttrium 39 Y 88,90685(2)	Zirkonium 40 Zr 91,224(2)	Niob 41 Nb 92,90638(2)	Molybden 42 Mo 95,94(1)	Technecium 43 Tc (98,9063)	Ruthenium 44 Ru 101,07(2)	Rhodium 45 Rh 102,90550(2)	Palladium 46 Pd 106,42(1)	Stříbro 47 Ag 107,8682(2)	Kadmium 48 Cd 112,411(8)
57-70 Lantha- noidy	Hafnium 72 Hf 178,49(2)	Tantal 73 Ta 180,9479(1)	Wolfram 74 W 183,84(1)	Rhenium 75 Re 186,207(1)	Osmium 76 Os 190,23(3)	Iridium 77 Ir 192,217(3)	Platina 78 Pt 195,078(2)	Zlato 79 Au 196,96655(2)	Rtuť 80 Hg 200,59(2)
89-102 Akti- noidy	Rutherfordium 104 Rf (261,110)	Dubnium 105 Db (262,1144)	Seaborgium 106 Sg (263,1186)	Bohrium 107 Bh (264,12)	Hassium 108 Hs (265,1306)	Mendelevium 109 Mt (266)	Ununnilium 110 Uun (269)	Ununium 111 Uuu (272)	Ununbium 112 Uub (277)

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

15. skupina – 5 valenčních elektronů

konfigurace  $ns^2 np^3$

Prvek	$X$	$I^1$ [kJ mol <sup>-1</sup> ]	$\rho$ [g cm <sup>-3</sup> ]	$b. t.$ [°C]	$b. v.$ [°C]	$r$ [pm]
<b>N</b>	3,1	1402	0,00125	-210	-196	71
<b>P</b>	2,1	1012	1,82w	44w	280w	111

Oxidační číslo

N: -3, +1, +2, +3, +4, +5

P: -3, +1, +3, +5

# Obecné informace

- 99,6 %  $^{14}\text{N}$  a 0,4 %  $^{15}\text{N}$ ;  $^{31}\text{P}$  100 %, významné jsou i  $^{32}\text{P}$  a  $^{33}\text{P}$
- obsah  $\text{N}_2$  v ovzduší 78 % - ve všech skupenstvích **molekuly  $\text{N}_2$**

**Přírodní zdroje N:** atmosféra,  $\text{NaNO}_3$  – chilský ledek,  $\text{KNO}_3$  – ledek,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$

**Přírodní zdroje P:** apatity -  $\text{Ca}_5(\text{OH})(\text{PO}_4)_3$ ,  $\text{Ca}_5\text{F}(\text{PO}_4)_3$

**Krystalové modifikace P:** bílý, červený, fialový a černý fosfor

bílý



červený

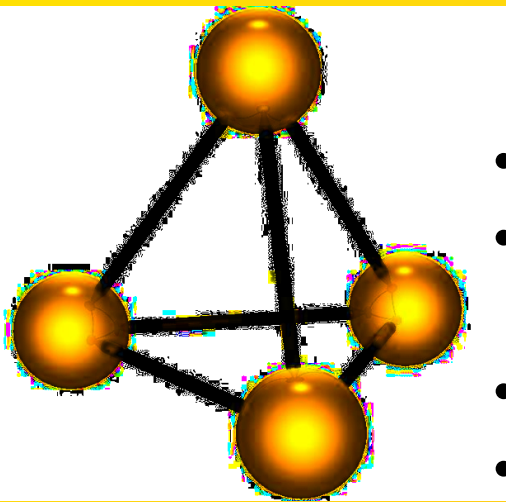


fialový



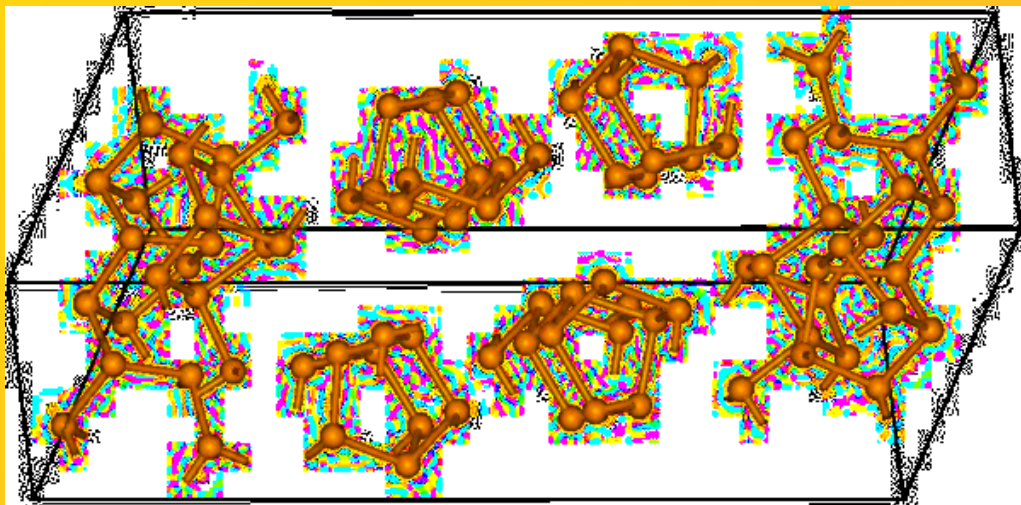
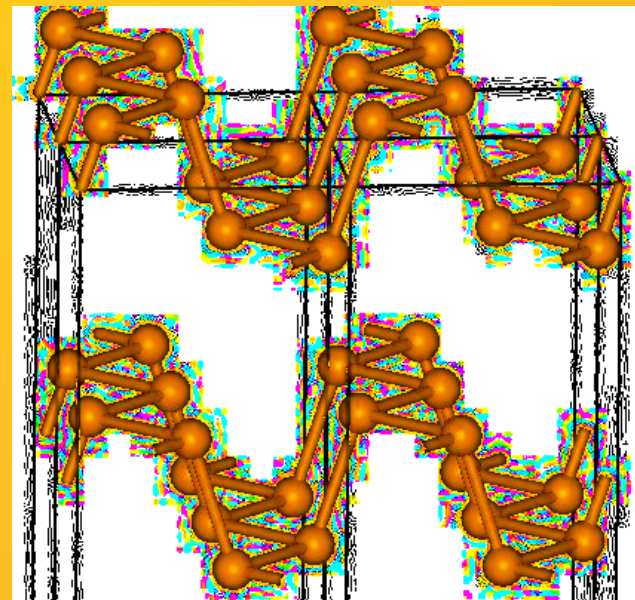
černý





## Bílý

- reaktivní, nestabilní
- na vzduchu samozápalný (uchování pod vodou)
- **toxický**
- rozpustný v  $\text{CS}_2$



## Černý

- stabilní, polokovový
- polovodivý
- vzniká za vysokého tlaku
- struktura podobná grafitu

## Červený

- stabilní, méně reaktivní, nejedovatý, nerozpustný, vyrábí se z bílého P (UV)

## N

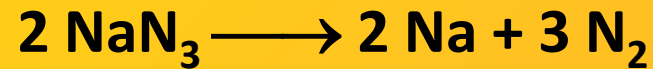
- nereaktivní – vysoká energie vazby  $\text{N}\equiv\text{N}$  (6x silnější než jednoduchá)
- **třetí nejelektronegativnější** prvek (po fluoru a kyslíku)
- ve vodě se **rozpouští** (kesonová/dekompresní nemoc)
- tvoří sloučeniny se všemi prvky (kromě vzácných plynů) ale až za žáru
- za nízké teploty pouze s Li, Mg a Ca
- tvoří maximálně **4  $\sigma$ -vazby** (nedostupnost d-orbitalů) –  $\text{NH}_4^+/\text{NR}_4^+$

## P

- tvoří sloučeniny se všemi prvky
- V kapalině tetraedry  $\text{P}_4$ , v plynné fázi tvoří molekuly  $\text{P}_2$

# Výroba a použití

- **dusík** se vyrábí frakční destilací kapalného vzduchu (b. v.  $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
- laboratorně pak rozkladem vhodných sloučenin



- používá se jako účinné **chladio** (supravodiče, syntézy), **ochr. atm., sloučeniny** – amoniak, kys. dusičná, dusičnany, hydrazin, močovina
- **fosfor** redukcí uhlíkem v pecích



- vyrábí se z něj oxid fosforečný, **kyselina fosforečná, fosforečnany** – detergenty, insekticity, herbicidy, halogenofosforečnany účinné neurotoxiny

# Sloučeniny dusíku

Nitridy – níže

Sloučeniny dusíku s vodíkem

$\text{NH}_3$  – amoniak (azan)

$\text{N}_2\text{H}_4$  – hydrazin (diazan)

$\text{HN}_3$  – azoimid (azidovodík)

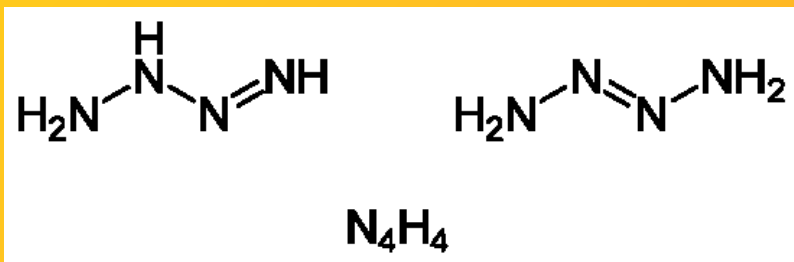
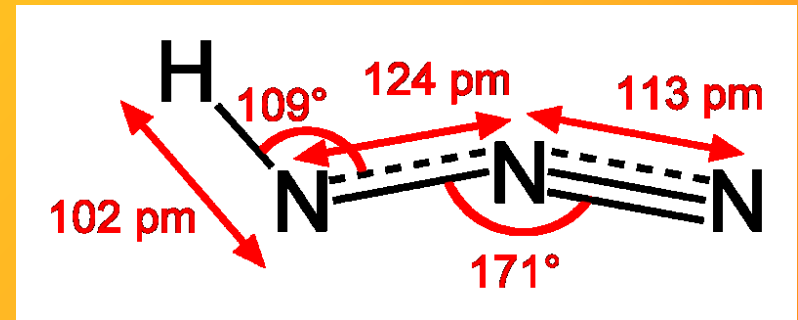
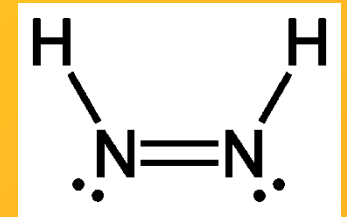
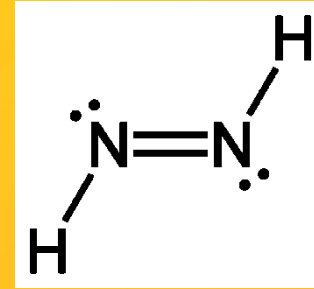
$\text{NH}_4\text{N}_3$  – azid amonný ( $\text{N}_4\text{H}_4$ )

$\text{N}_2\text{H}_5\text{N}_3$  – azid hydrazinia ( $\text{N}_5\text{H}_5$ )

$\text{N}_2\text{H}_2$  – diazen (diimid)

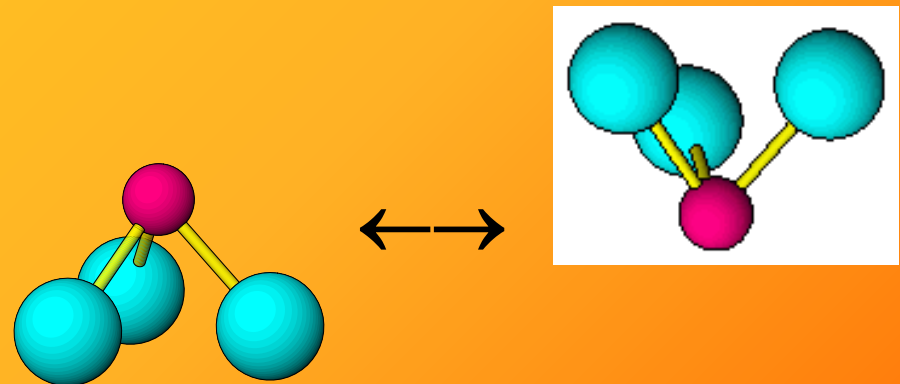
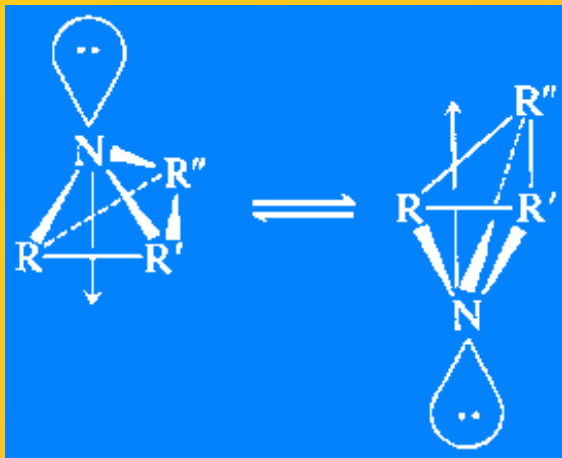
$\text{N}_4\text{H}_4$  – tetrazen

$\text{NH}_2\text{OH}$  - hydroxylamin





(Haber-Boschova výroba: 500 C/Fe, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 20-100 MPa)





## Amoniak - redukční vlastnosti



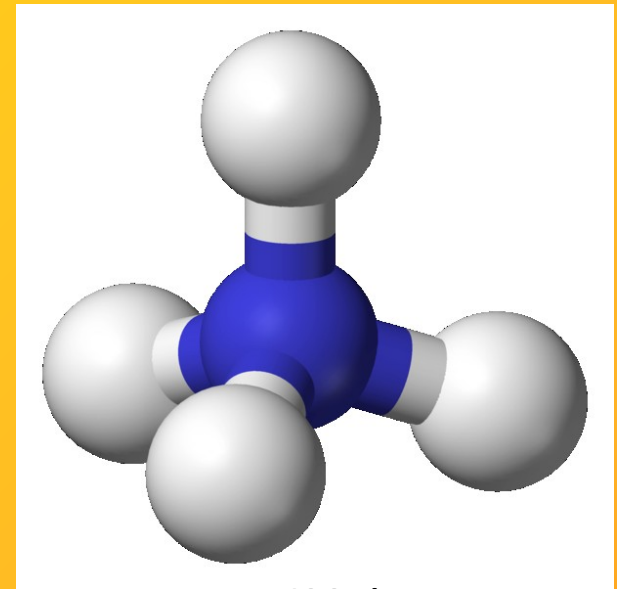
## Amonný kation

- vzniká reakcí kyselin s roztokem  $\text{NH}_3$
- soli jsou dobře **rozpuštěné**, krystalické



$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  – hnojivo

$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  – cukrářské kvasnice



$\text{NH}_4^+$



# Deriváty amoniaku

## Amidy

- vznikají např. reakcí alkalických kovů s kapalným amoniakem
- $\text{NH}_2^-$  je velmi silná báze



## Imidy

- známé jen u Li, Ca, Ge, Sn a Pb
- vznikají tepelným rozkladem amidů, nebo:

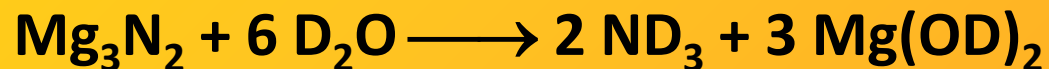


# Nitridy

- vznikají reakcí s  $N_2$ , rozkladem amidů či imidů a reakcí s amoniakem

## Dělení:

- **iontové:**  $Li_3N$ ,  $Mg_3N_2$ ,  $Ca_3N_2$  (bezbarvé vodou se rozkládající)



*(příprava deuterioamoniaku pro NMR)*

- **intersticiální:**  $XN$ ,  $X_2N$  (tvrdé, odolné a vodivé)
- **kovalentní:**  $AlN$ ,  $BN$ ,  $S_4N_4$

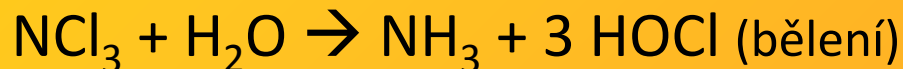
## Halogenderiváty $\text{NX}_3$ ( $\text{NHX}_2$ a $\text{NH}_2\text{X}$ )

### $\text{NF}_3$

- vzniká elektrolýzou  $\text{NH}_4\text{HF}_2$ , bezbarvý inertní plyn

### $\text{NCl}_3$ , $\text{NHCl}_2$ a $\text{NH}_2\text{Cl}$

- vznikají reakcí  $\text{Cl}_2$  s  $\text{NH}_4\text{Cl}$
- $\text{pH} > 8,5$   $\text{NH}_2\text{Cl}$ ;  $\text{pH} = 5$   $\text{NHCl}_2$ ;  $\text{pH} < 4,5$   $\text{NCl}_3$
- chloramin i dichloramin existují jen ve zředěném roztoku
- $\text{NCl}_3$  „chlorid dusitý“ - nestálá kapalina, explozivní

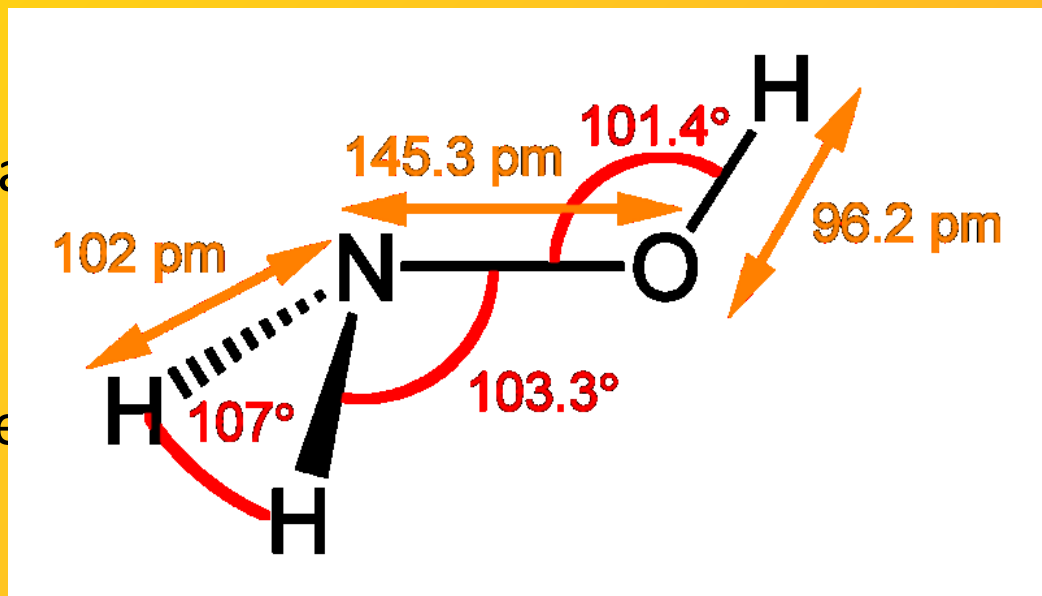


### $\text{NBr}_3 \cdot 6 \text{NH}_3$ , $\text{NI}_3 \cdot \text{NH}_3$

- vznikají reakcí  $\text{Br}_2$  s kapalným amoniakem či  $\text{I}_2$  s roztokem amoniaku
- **třaskavé** („jododusík“ -  $\text{NI}_3 \cdot \text{NH}_3$ )

# NH<sub>2</sub>OH

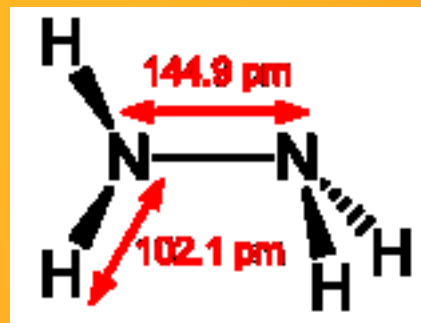
- bezbarvá, reaktivní, rozpustná
- slabá zásada
- působí oxidačně i redukčně
- využívá se v organické syntéze



# N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>



- bezbarvá kapalina
- tvoří kationty N<sub>2</sub>H<sub>5</sub><sup>+</sup> a N<sub>2</sub>H<sub>6</sub><sup>2+</sup>
- výborně hoří (na dusík a vodu)
- organické syntézy, **raketové palivo** (rozklad na katalyzátorech na N<sub>2</sub> a H<sub>2</sub>)



# HN<sub>3</sub>

- bezbarvá, vysoce toxická kapalina
- má redukční i oxidační vlastnosti



- soli (slabá – jako kys. octová) - **azidy**, iontové jsou stálé (**NaN<sub>3</sub>**), kovalentní třaskavé (**Pb(N<sub>3</sub>)<sub>2</sub>**, **Cu(N<sub>3</sub>)<sub>2</sub>**) – rozbušky

## Oxidy dusíku



**N<sub>2</sub>O** – rajský plyn, laughing gas (i [film](#) s Chaplinem, 1914)

- netoxický, dobře rozpustný v tucích – ovlivňuje nervovou soustavu
- podporuje hoření (rozkladem vzniká O) – oxidovadlo do raket i do aut

- plnění bombiček se šlehačkou
- anestetikum



- vyrábí se z něj i **azid sodný**



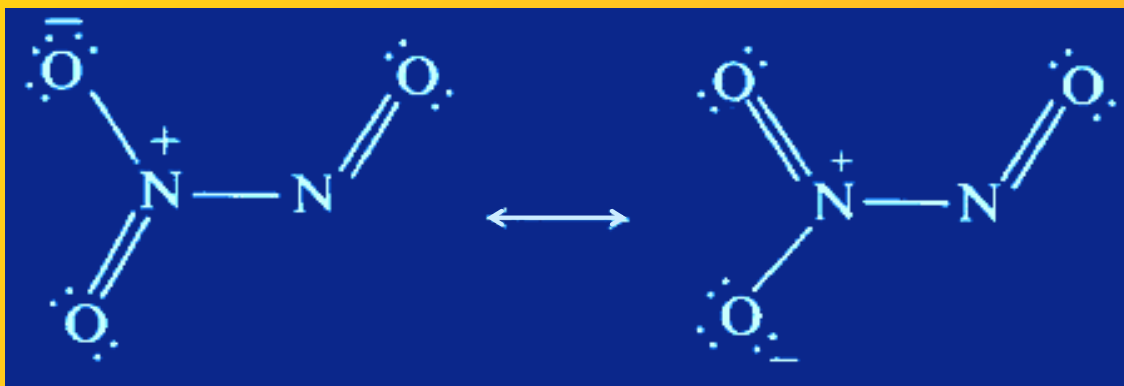
## NO

- bezbarvý plyn, **paramagnetický** – ale příliš nedimeruje (srov.  $\text{NO}_2$ )
- **ligand** (nitrosyl)
- vzdušným kyslíkem se rychle oxiduje na hnědý  $\text{NO}_2$



## $\text{N}_2\text{O}_3$

- anhydrid kyseliny dusité (reakcí s vodou vzniká  $\text{HNO}_2$ )
- pevný světle modrý, kapalný tmavě modrý
- snadno disproportionuje



## $\text{NO}_2$

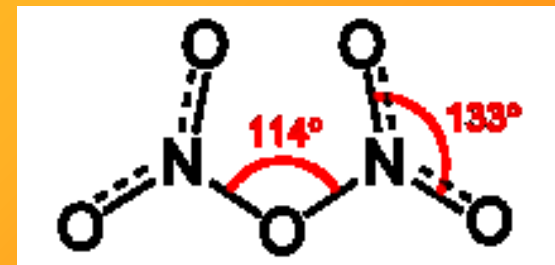
- v pevném stavu **bezbarvý dimer**  $\text{N}_2\text{O}_4$  (b. t.  $-11\text{ }^\circ\text{C}$ , b. v.  $21\text{ }^\circ\text{C}$ )
- za vyšší teploty **hnědý monomer**, či směs monomer-dimer
- s vodou disproportionuje na  $\text{HNO}_3$  a  $\text{NO}$



- vzniká buď oxidací NO nebo laboratorně rozkladem dusičnanů těžkých kovů



- bezbarvá krystalická látka, v pevném stavu  $\text{NO}_2^+\text{NO}_3^-$
- snadno se rozkládá na  $\text{NO}_2$  a  $\text{O}_2$
- anhydrid k. dusičné
- připravuje se výhradně její dehydratací

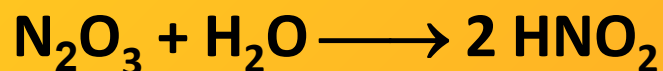


# Kyslíkaté kyseliny

<i>Vzorec</i>	<i>Název</i>	<i>Poznámky</i>
$\text{H}_2\text{N}_2\text{O}_2$	kyselina didusná	Slabá kyselina $\text{HON}=\text{NOH}$ , izomerní s nitramidem $\text{H}_2\text{N}-\text{NO}_2$ , soli jsou známy
{HNO}	nitroxyl	Reaktivní intermediát, soli jsou známy
$\text{H}_2\text{N}_2\text{O}_3$	kyselina dihydrogen- didusnatá	Známá v roztoku a jako soli, např. Angeliho sůl $\text{Na}_2(\text{ON}=\text{NO}_2)$
$\text{H}_4\text{N}_2\text{O}_4$	kyselina nitroxylová	Explozivní; známá sodná sůl $\text{Na}_4(\text{O}_2\text{NNO}_2)$

<i>Vzorec</i>	<i>Název</i>	<i>Poznámky</i>
$\text{HNO}_2$	kyselina dusitá	Nestálá, slabá kyselina, známé jsou stálé soli – dusitany
$\text{HOONO}$	kyselina peroxodusitá	Nestálá, izomerní s kyselinou dusičnou; některé soli jsou stabilnější
$\text{HNO}_3$	kyselina dusičná	Stálá, silná kyselina $\text{HONO}_2$ , známo mnoho solí – dusičnanů
$\text{HNO}_4$	kyselina peroxodusičná	Nestálé, explozivní krystaly $\text{HOONO}_2$

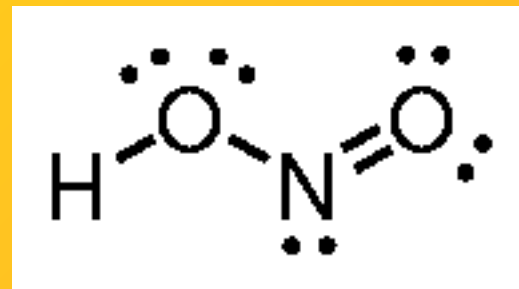
## $\text{HNO}_2$



- středně silná kyselina, připravuje se reakcí dusitanů s neoxidujícími kyselinami
- dusitany pak redukcí či termickým rozkladem dusičnanů či:



- jsou dobře rozpustné ve vodě
- alkalické lze tavit, ostatní se rozkládají
- mírně toxický – konzervace masa
- využívá se i v organických syntézách

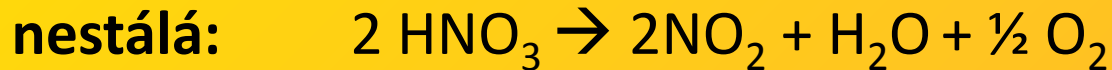
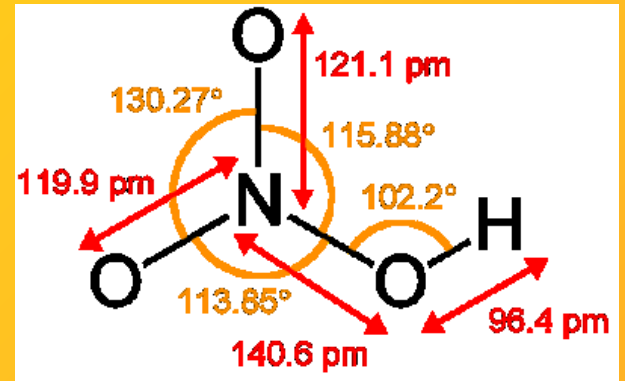


## NOX – halogenidy nitrosylu

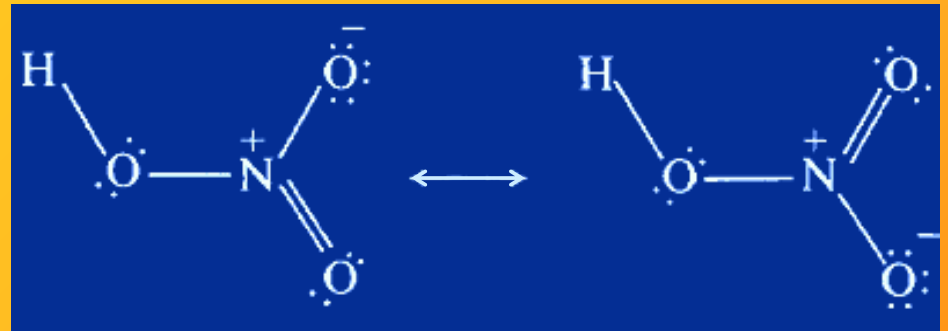
- reaktivní, nestabilní, ve vodě hydrolyzují na kys. dusitou a halogenovodík
- připravují se z halogenu a NO

## HNO<sub>3</sub>

- bezbarvá kapalina, **silné oxidační činidlo, silná kyselina**
- rozpouští tedy i ušlechtilé kovy
- dá se připravit působením kyseliny sírové na dusičnany
- průmyslově z amoniaku – patří mezi **tři hlavní** průmyslové kyseliny



- hnojiva
- org. syntézy
- výbušniny
- léčiva
- základní anorg. kyselina
- **dusičnany**: vznikají reakcí s hydroxidy i s kovy (některé se pasivují)
  - jsou rozpustné
  - termicky se rozkládají na dusitany až oxidy, mají oxidační schopnosti



## **NO<sub>2</sub>X – halogenidy nitrylu**

- bezbarvé plyny
- s vodou hydrolyzují na k. dusičnou a halogenovodík

## **Sloučeniny fosforu**

### **Fosfidy**

- přímou reakcí prvků
- M<sub>4</sub>P až MP<sub>15</sub>
- bohaté na kov jsou tvrdé, křehké, nereaktivní
- bohaté na P jsou reaktivní, polovodivé

## Hydridy - PH<sub>3</sub> a P<sub>2</sub>H<sub>4</sub>

- několik homologických řad (řetězovité i cyklické, klusterové)

### PH<sub>3</sub>

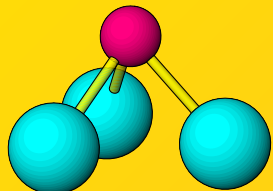
- bezbarvý, toxický, páchne po česneku
- vyrábí se rozkladem fosfidů vodou či kyselinami
- snadno se oxiduje (silné redukční činidlo)



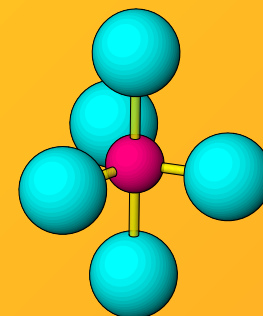
### P<sub>2</sub>H<sub>4</sub>

- reaktivní bezbarvá kapalina
- vyrábí se z PH<sub>3</sub> elektrickým výbojem

# Halogenidy



$\text{PF}_3$ (g)	$\text{PF}_5$ (g)	
$\text{PCl}_3$ (l)	$\text{PCl}_5$ (s)	$\text{P}_2\text{Cl}_4$ (l)
$\text{PBr}_3$ (l)	$\text{PBr}_5$ (s)	
$\text{PI}_3$ (s)		$\text{P}_2\text{I}_4$ (s)



## $\text{PX}_3$

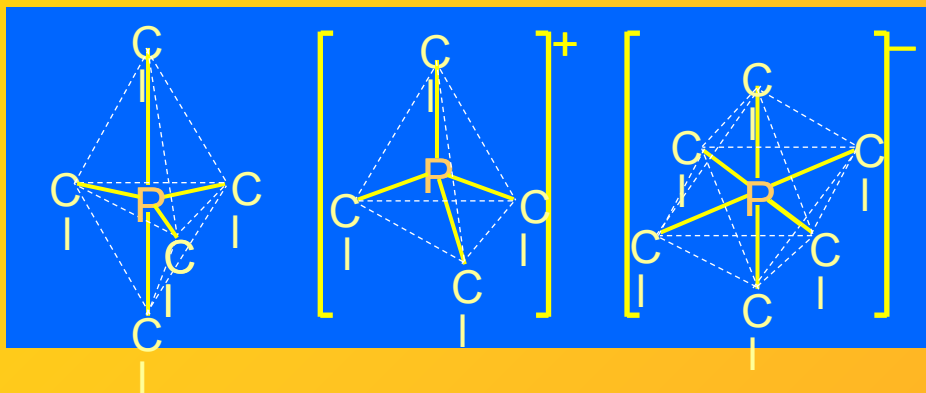
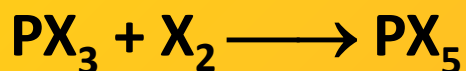
- přímou syntézou s prvků ( $\text{PF}_3$  fluorací  $\text{PCl}_3$  pomocí  $\text{AsF}_3$ )
- $\text{PCl}_3$  se využívá v rozličných syntézách





## PX<sub>5</sub> (mimo I)

- termická stabilita klesá od fluoridů k bromidům
- reagují s vodou
- PF<sub>5</sub> se připravuje fluorací PCl<sub>3</sub> s AsF<sub>3</sub>



- molekuly v plynné fázi
- v kondenzovaných fázích a roztocích dle prostředí:

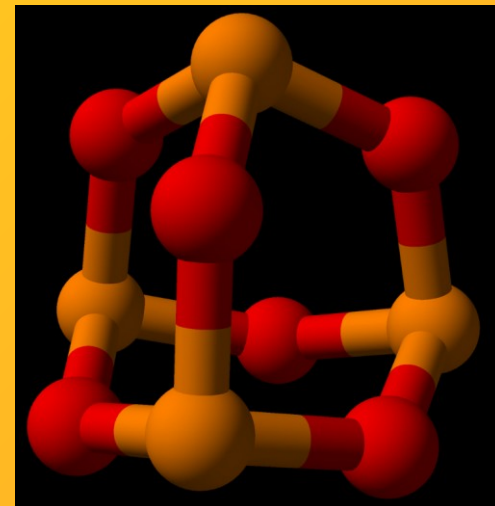
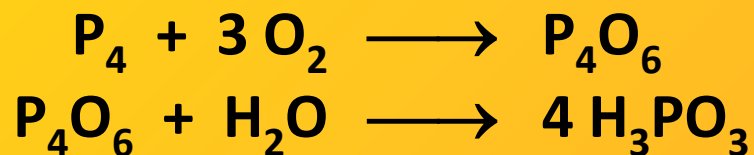


POF<sub>3</sub> a POI<sub>3</sub> se vyrábí halogenací POCl<sub>3</sub> - dýmavá kapalina

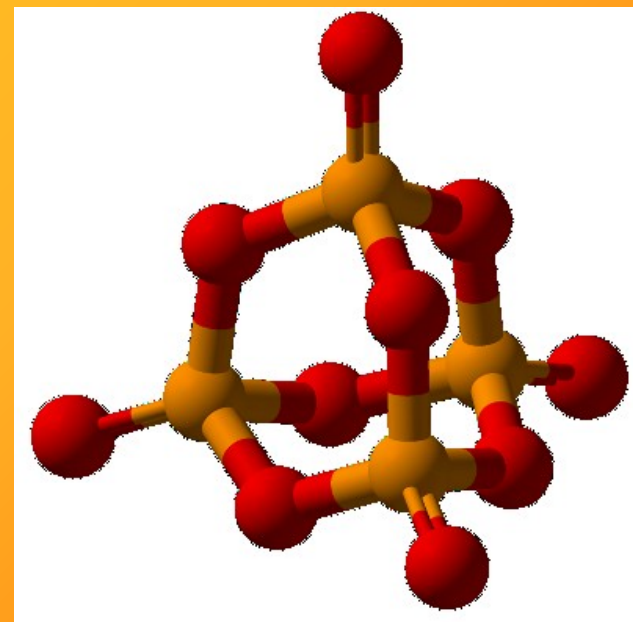
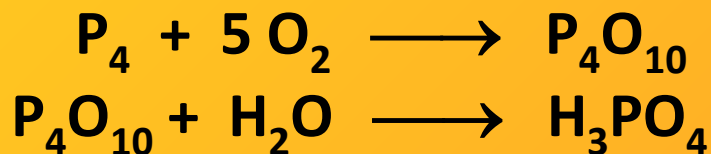
**Oxidy** – struktura odvozena od tetraedru  $P_4$



- nízkotající (24 °C) pevná látka
- anhydrid kyseliny fosforité

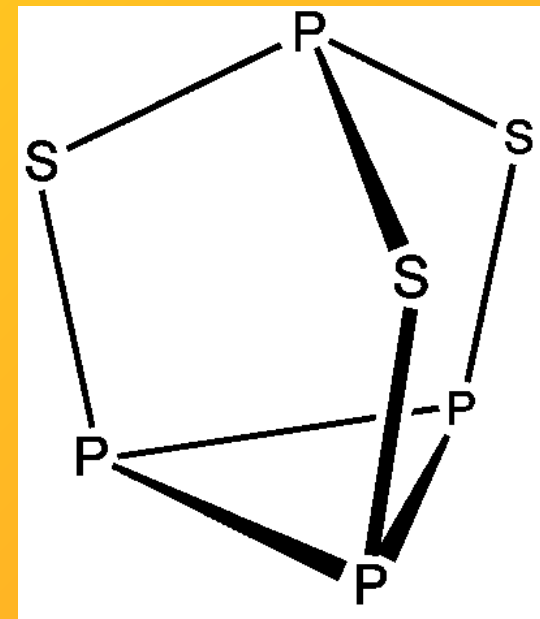
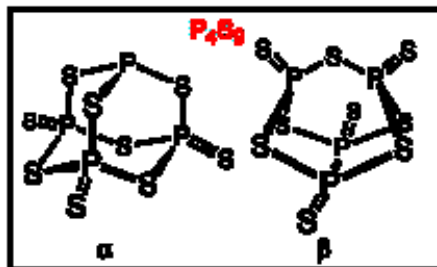
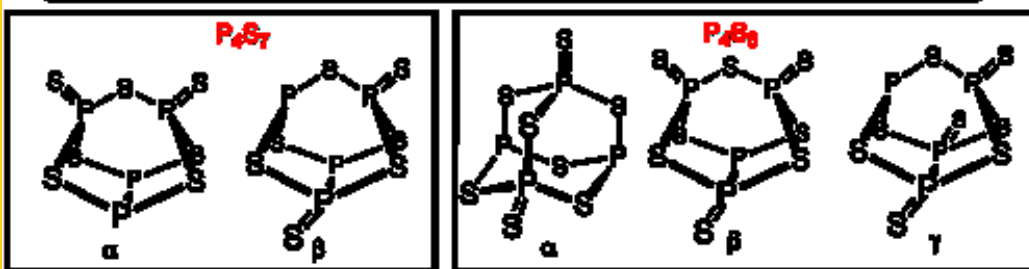
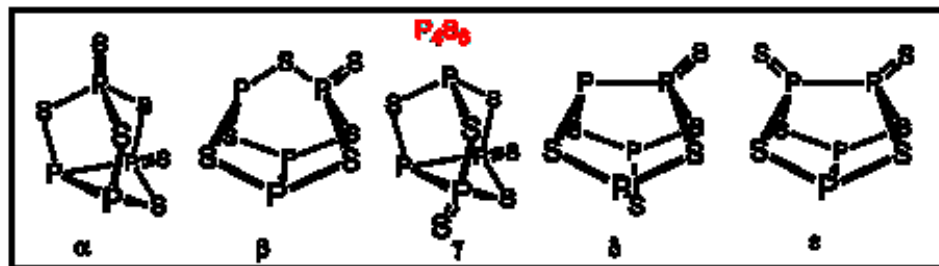
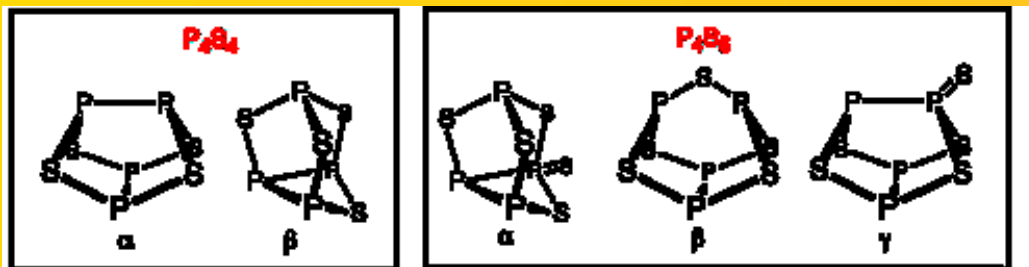


- vzniká hořením P na vzduchu
- s vodou prudce reaguje (vynikající sušidlo)
- odnímá vodu i  $H_2SO_4$  a  $HNO_3$



# Sulfidy

- přímou reakcí z prvků, nejstabilnější je  $P_4S_3$



# Oxokyseliny, soli

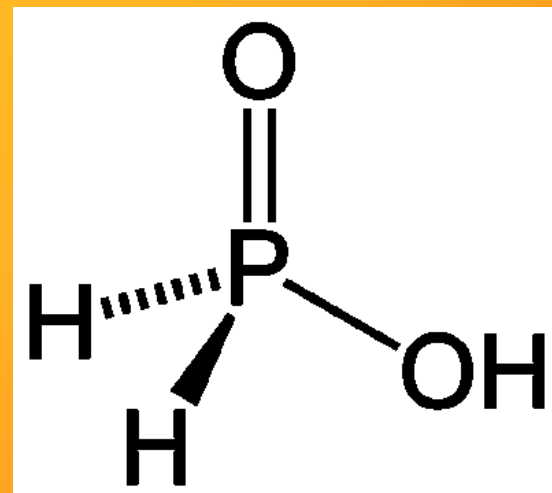
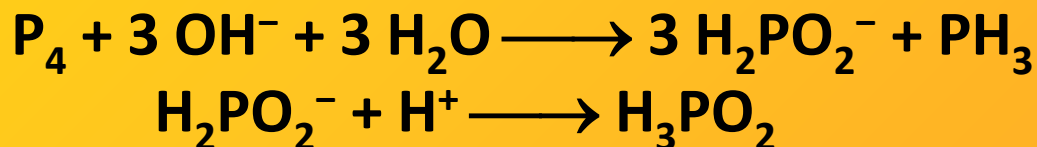
- mono- i polykyseliny - struktury lineární i cyklické
- **Strukturní principy:**
  - 1) Všechny atomy fosforu mají koordinační číslo **4**
  - 2) Obsahují nejméně jednu jednotku **P=O**
  - 3) Všechny atomy fosforu mají alespoň jednu skupinu **P-OH** (ionizovatelné)
  - 4) Mohou obsahovat skupinu P-H (neionizovatelné)
  - 5) Řetězení se děje můstky **P-O-P**, případně P-P

# Kyseliny, soli

$\text{H}_3\text{PO}_2$ ,  $\text{H}[\text{PH}_2\text{O}_2]$  – dihydrido-dioxofosforečná (kys. fosforná, fosfinová)

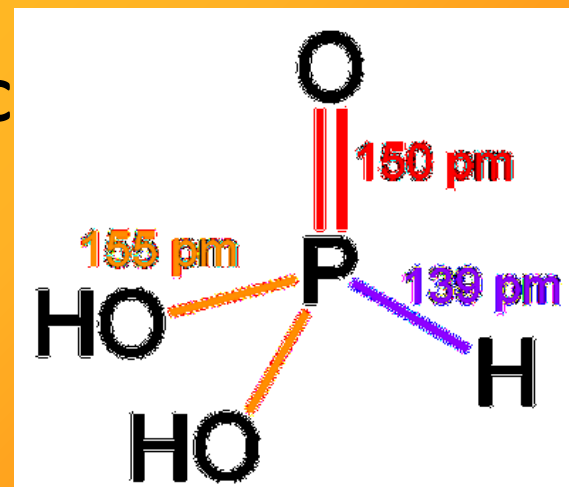


- silná ( $\text{pK}_a = 1,1$ ), jednosytná kyselina
- soli jsou dobře rozpustné, jsou silná redukovačla
- $\text{Na}[\text{PH}_2\text{O}_2] \cdot \text{H}_2\text{O}$  se průmyslově využívá (bezproudé niklování)
- farmaceutický průmysl
- konverze  $\text{ArN}_2^+$  to  $\text{Ar-H}$
- průmyslová výroba:



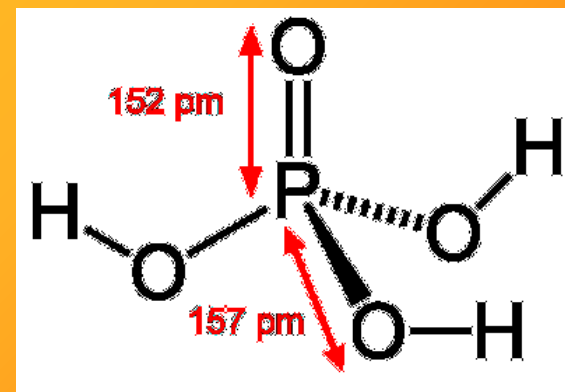
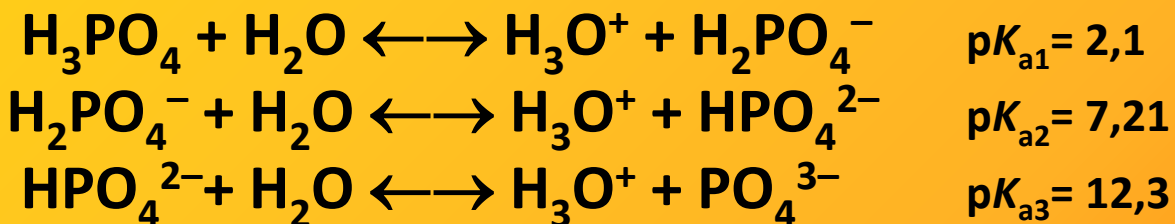
## $\text{H}_3\text{PO}_3$ , $\text{H}_2[\text{PHO}_3]$ – hydrido-trioxofosforečná (kys. fosforitá, fosfonová)

- **silná** ( $\text{p}K_{\text{A}1} = 1,3$ ;  $\text{p}K_{\text{A}2} = 6,7$ ), **dvojsytná** kyselina
- slabší redukovač, než kys. fosforová
- fosforitany alkalických a těžkých kovů jsou málo rozpustné
- fosforitan draselný se používá jako antibakteriální látka
- laboratorně se vyrábí hydrolýzou  $\text{PCl}_3$  v  $\text{CCl}_4$
- organické deriváty:  $\text{OPR}(\text{OR})_2$  apod. –  $\text{P}(\text{OR})_3$
- výroby:



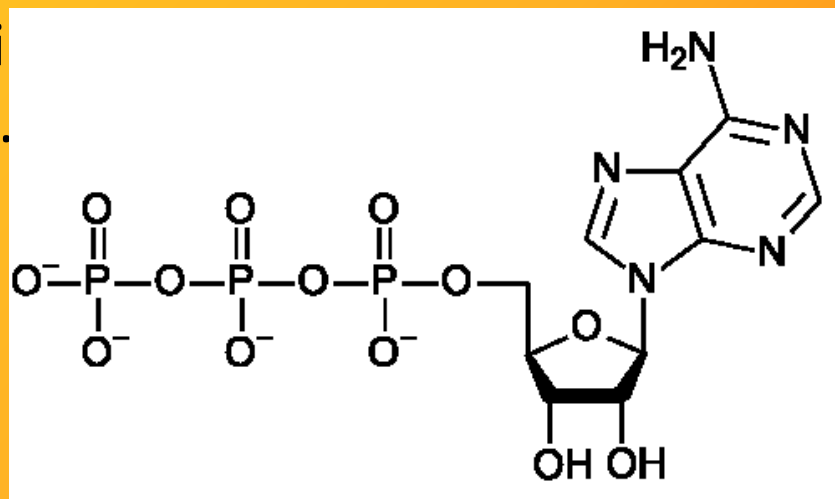
# H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (kys. trihydrogenfosforečná, ortho-fosforečná)

- vyrábí se reakcí oxidu fosforečného s vodou nebo rozkladem fosforečnanů kys. sírovou
- je to **silná trojsytná** kyselina, snadno polymeruje (častý je dimer)
- dihydrogenfosforečnany jsou rozpustné, hydrogenfosforečnany a fosforečnany jen s kationty alkalických kovů
- fosforečnany a hydrogenfosforečnany podléhají hydrolýze, mají snahu přecházet na ve vodě stabilní **dihydrogenfosforečnan**
- **Použití:** povrchová úprava kovů, potravinářství (Coca-Cola), výroba hnojiv, výroba detergentů

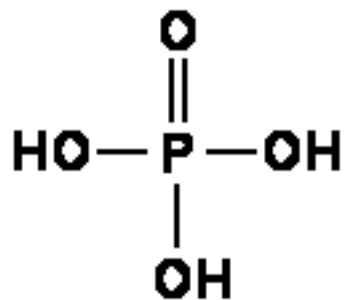


## $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$ (kys. difosforečná)

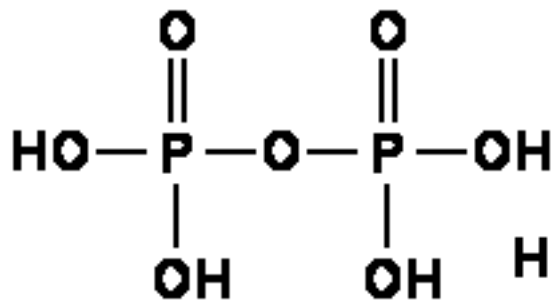
- vyrábí se termickou kondenzací kys. fosforečné
- je to **silná čtyřsytná** kyselina ( $\text{pK}_{\text{A}1} = 1,0$ ;  $\text{pK}_{\text{A}2} = 2,0$  a  $\text{pK}_{\text{A}3} = 6,6$ ;  $\text{pK}_{\text{A}4} = 9,6$ )
- tvoří jen difosforečnany a dihydrogendifosforečnany (viz hodnoty  $\text{pK}_{\text{A}}$ )
- tyto soli vznikají termickou kondenzací (dehydratací) hydrogenfosforečnanů, či dihydrogenfosforečnanů
- dihydrogenfosforečnany jsou rozpustné, difosforečnany jen s alkal. kationty
- používají se v potravinářství (tavené sýry)
- trifosforečnany jako detergenty
- estery oligofosforečných kyselin **biologicky významné** (ATP atd.)



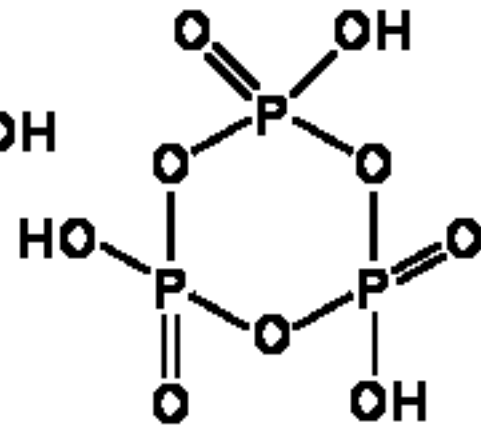




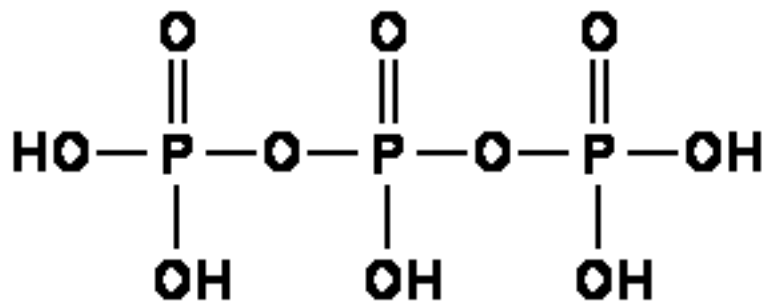
orthophosphoric acid



pyrophosphoric acid



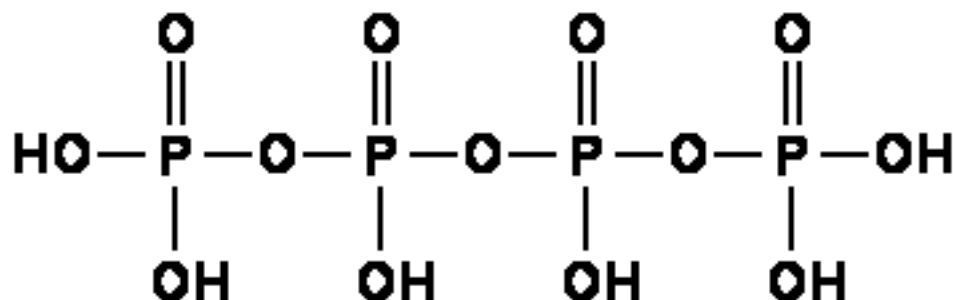
trimetaphosphoric acid



tripolyphosphoric acid



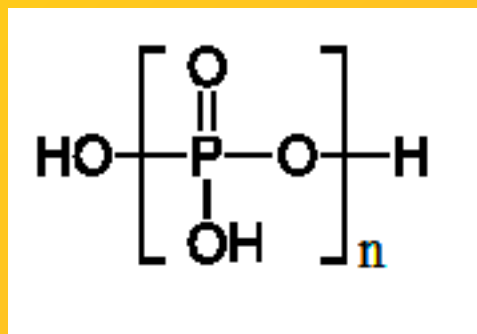
phosphoric anhydride  
(P<sub>4</sub>O<sub>10</sub>)



tetrapolyphosphoric acid

## $(\text{HPO}_3)_x$ (kyselina monohydrogenfosforečná, meta-fosforečná)

- připravuje se dehydratací, kys. trihydrogenfosforečné
- je to sklovitá polymerní látka
- soli se připravují termickou dehydratací dihydrogenfosforečnanů či dihydrogendifosforečnanů alkalických kovů



## Fosfazeny (fosfazany)

- sloučeniny s vazbou **P=N (P-N)**, početná skupina sloučenin
- organicky substituované sloučeniny (Kirsanovova reakce):



# Difosfazeny

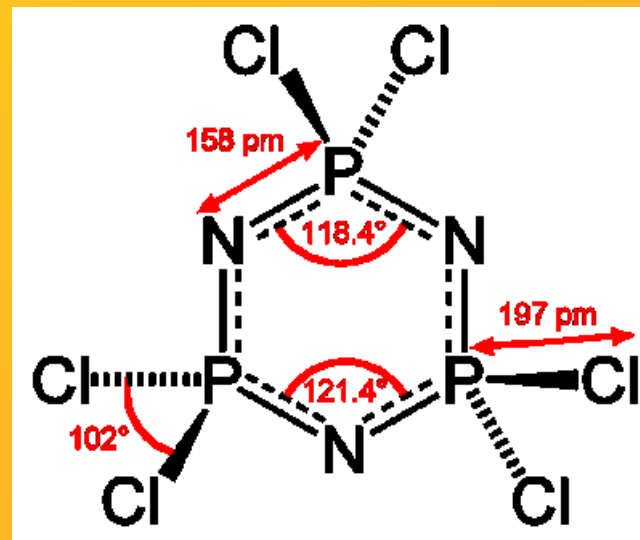


- reakce probíhá v chlorovaných uhlovodících jako  $\text{Cl}_3\text{C}-\text{CCl}_3$ ,  $\text{CCl}_4$  apod.

## Nejrozsáhlejší jsou cyklické fosfazeny



- vzniká takto směs fosfazenů, cyklické ( $n = 3 - 8$ ), lineární ( $n = \infty$ ),  $(\text{PNCl}_2)_3$  – hexachloro-cyklo-trifosfazen



## Hydrolýza chloro-cyklo-fosfazenů



## Fluoro-cyklo-fosfazený



Zahříváním směsi chloro-cyklo-fosfazenů vzniká polymer  $(\text{P}\text{N}\text{Cl}_2)_n$  „anorganický kaučuk“.

## Organofosforečné sloučeniny

- např.  $\text{P}(\text{C}_6\text{H}_5)_5$  - pentafenylfosforan

## Toxicita

### $N_2$

- netoxický, ale nedýchatelný
- za tlaku se rozpouští v krvi, při snížení tlaku se z krve vylučuje – kesonová nemoc

### Oxidy dusíku

- dráždí dýchací cesty, vedoucí až k edému plic
- jsou součástí městského oxidačního smogu

### Kyselina dusičná, dusičnany

- kyselina je silně leptavá, dusičnany jsou téměř netoxické
- biotransformují se ale na dusitany

## Dusitany

- $LD_{50} = 4 \text{ g}$ , způsobují oxidaci hemoglobinu na methemoglobin (používají se jako protijed ke kyanidové otravě)
- způsobují roztažení cév
- podezřelé z karcinogenity, neboť mohou být biotransformovány na N-nitrososloučeniny, které poté přecházejí na diazosloučeniny
- ty jsou silně elektrofilní a mohou tak velice snadno **alkylovat DNA**, čímž dochází ke vzniku mutací

## Estery kyseliny dusičné a dusité

- ethylenglykoldinitrát a glyceroltrinitrát (nitroglycerin)
- léčba anginy pectoris, vysoce jedovaté látky
- vyvolávají oxidaci hemoglobinu na methemoglobin, vznik chudokrevnosti, poškození srdečního svalu, ledvin, jater a sleziny
- estery kyseliny dusité jsou kardiotoxické a neurotoxické

## Amoniak

- leptá sliznice, včetně očí, nad  $3,5 \text{ g/m}^3$  nastává smrt
- amonné soli jsou málo toxické

## Hydrazin

- dráždivé a leptavé účinky, toxický pro játra, ledviny i srdce
- poškozují embrya
- velmi snadno reaguje s kteroukoliv ketoskupinou za vzniku hydrazonu, čímž inhibuje mnohé enzymy (reaguje např. s koenzymem pyridoxalfosfátem), může tak ale též reagovat s bázemi DNA

## Azidy

- napodobují chloridové ionty, čímž ovlivňují otevírání a zavírání nervových kanálů, poškozují zejména nervy,  $\text{HN}_3$  jed. jako HCN

# P

## Bílý fosfor P<sub>4</sub>

- samozápalný, působí destrukce tkání a těžce se hojící popáleniny
- narušuje metabolismus cukrů, tuků i bílkovin
- brání též ukládání glykogenu v játrech
- poškozuje játra, ledviny a nervovou soustavu
- při chronické otravě dochází k poškozování kostí
- LD<sub>50</sub> = 70 mg

## (oxo)Halogenidy fosforečné(ité)

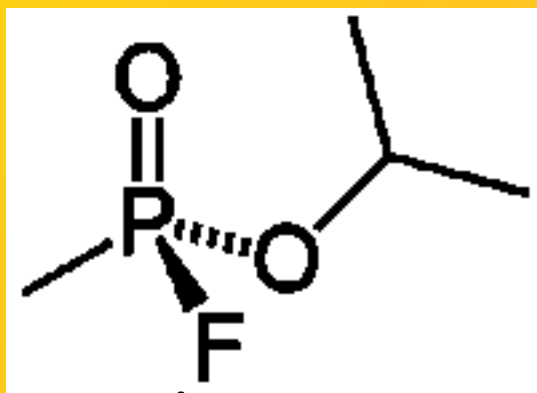
- silně dráždivé látky, po expozici může vznikat edém plic



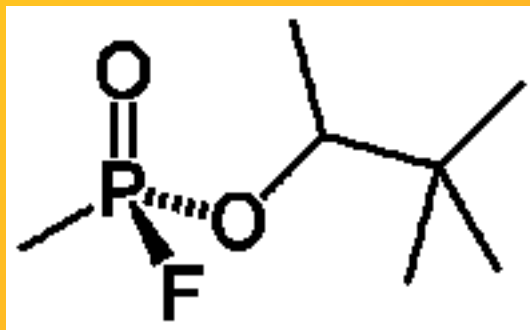
## Organofosfáty – organické estery kyseliny fosforečné

- vysoce toxické, bývají využívány jako insekticidy nebo ve válkách jako nervové plyny
- extrémně toxické jsou pak fluorofosfáty
- nevratným způsobem inhibují enzym acetylcholinesterasu, který na nervových zakončeních katalyzuje rozklad nervového přenašeče acetylcholinu na cholin a kyselinu octovou
- inhibice tohoto rozkladu vede ke zvýšeným koncentracím acetylcholinu na nervových zakončeních
- otrava se projevuje jednak příznaky trávicí soustavy (křeče, zvracení, průjem), dále slzením, pocením, snížením krevního tlaku, svalovou slabostí až paralýzou
- otrávený je neklidný, nemůže se soustředit, objevují se též poruchy paměti a spánku, dýchání je oslabeno
- bývá pozorováno poškození slinivky břišní, ledvin, krvácení do jater a do dalších orgánů

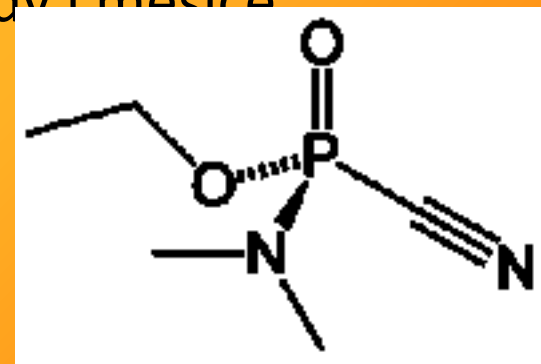
- v těžších případech nastává smrt následkem křečí průdušek, případně v důsledku paralýzy příčně pruhovaného svalstva (zejména bránice)
- vědomí bývá obvykle dlouho zachované
- při chronické expozici vypadávají vlasy a zuby, silné zažívací potíže vedou k hubnutí
- při otravě podáme jednak atropin, který kompetitivně blokuje účinky acetylcholinu, tím se eliminuje zejména účinek jedu na průdušky, zatímco kosterní svalstvo zůstává paralyzováno
- kromě atropinu se podávají též reaktivátory acetylcholinesterasy, neboť pro velmi pevnou vazbu fosfátu na acetylcholinesterasu takto může účinek přetrvávat dny, týdny a někdy i měsíce



sarin

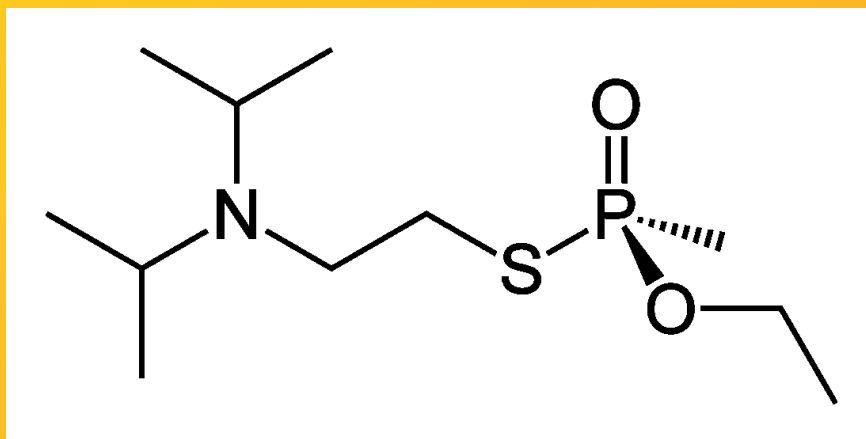
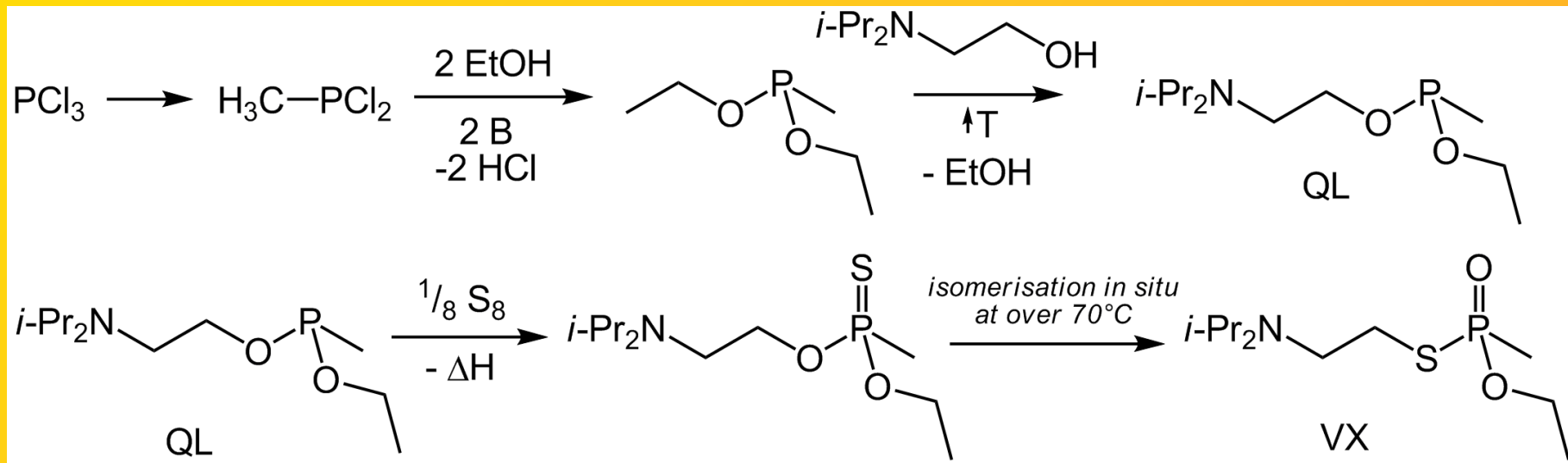


soman



tabun

- **VX** - extrémně toxická olejovitá substance, vhodná pouze pro válečné účely, klasifikován jako ZHN a v roce 1993 zakázán
- $LD_{50} = 0,7$  mg (pokožkou)



**VX** - O-ethyl S-[2-(diisopropylamino)ethyl] methylphosphonothioate