

A 16. csoport elemei

2.3.8. táblázat. A 16. csoport elemeinek előfordulása és előállítása

Elem	Természetes előfordulás	Előállítás
Oxigén	levegő	levegő cseppfolyósítása és frakcionált desztilláció
Kén	terméskén, kőolajban	
Szelén	clausthalit, PbSe_2 ; szulfidos ércekben szennyezés	H_2SeO_4 redukálása SO_2 -dal
Tellúr	szilvanit, krennerit: arany-ezüst-telluridok	az érc redukálása SO_2 -dal
Polónium	uránszurokérc	

Felfedezésük: O_2 : **1774** Joseph Priestley
Se: **1817** Jakob Berzelius
Te: **1782** Müller Ferenc
Po: **1898** Pierre és Marie Curie

A tellúr felfedezése:

erdélyi érc vizsgálata (1781 -)

Ruprecht Antal: antimon

Müller Ferenc: nem antimon, hanem bizmut!

Ruprecht Antal: bizmut nem lehet

Müller Ferenc: új elem: „*metallicum problematicum*” (Klaproth igazolja 1798-ban)



Müller Ferenc
(1742 – 1825)

A 16. csoport elemeinek tulajdonságai

2.3.9. táblázat. A 16. csoport elemeinek fontosabb fizikai állandói

Elem	Elektro-negativitás	Olvadáspont (°C)	Forráspont (°C)	Sűrűség (g/cm ³)
Oxigén	3,5	-219	-183	
Kén	2,5	115	445	2,09
Szelén	2,4	220	685	4,81
Tellúr	2,1	450	1390	6,25
Polónium	2,0	254	960	9,40

Felhasználásuk és kémiai tulajdonságaik :

O₂: színtelen, szagtalan paramágneses gáz; hegesztés, gyógyászat és O₃: jellegzetes szagú gáz, jó oxidálószer; alsó- és felsőlégköri ózon

S: legstabilabb módosulat a sárga S₈ gyűrűkből felépülő rombos kén, felmelegítve és lassan lehűtve monoklin, gyorsan hűtve amorf kén keletkezik; kénsavgyártás, vulkanizálás

Se: több allotróp módosulata van, legstabilabb a szürke, láncokból felépülő Se, mellette a vörös Se₈ gyűrűkből felép. változat is; szervezetben nyomelem, üvegek színezése (vörös), katalizátor, fénymásolók (fotokonduktív)

Te: több módosulat, legstabilabb a sötét szürke; ötvözőelem, félvezetőgyártás

Po: fémrács



Izland, Myvatn

Szulfidos ásványok



kalkopirit, CuFeS_2



pirit, FeS_2



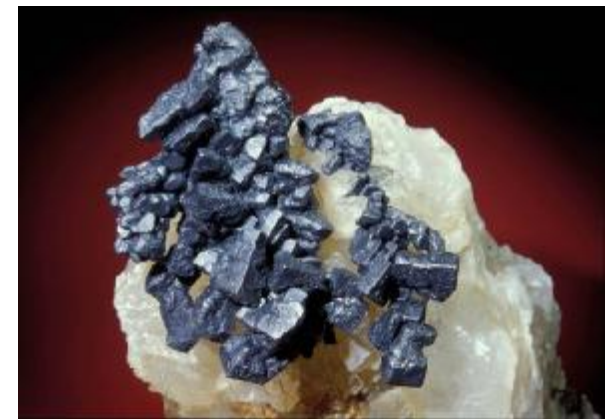
auripigment, As_2S_3



galenit, PbS



cinnabarit, HgS

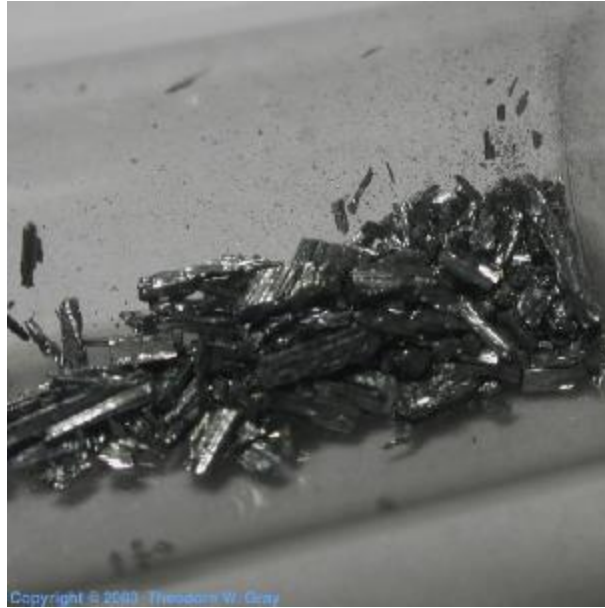


argentit, Ag_2S

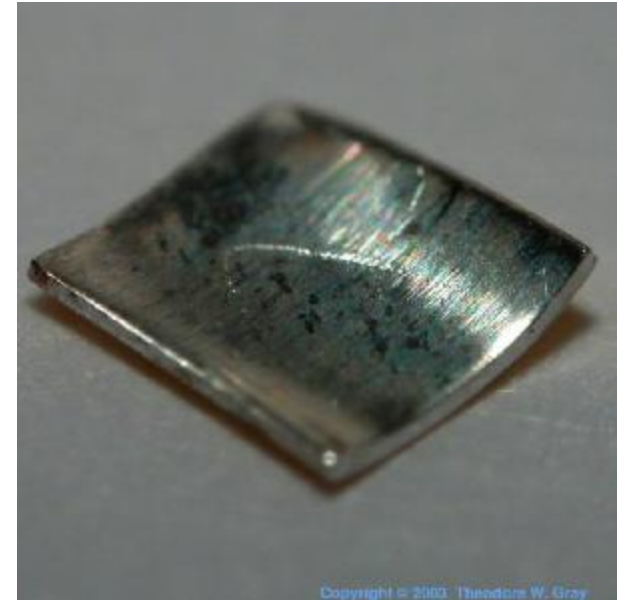


Termésszelén

([Harvard Museum of Natural History](#))



Tellúr



Polónium

(Po vékonyréteg Au fólián)



Szelénólom (clausthalit, PbSe_2)

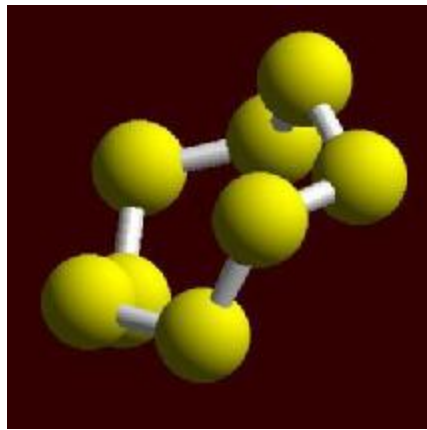
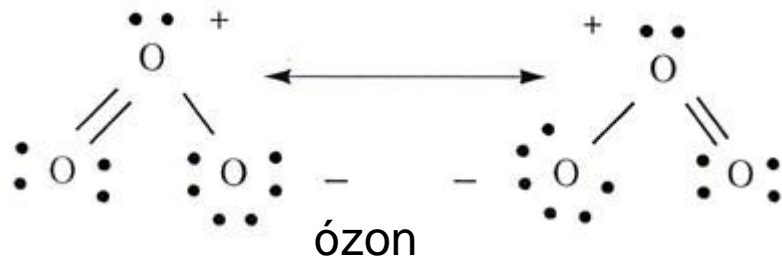
pl. Svédországban



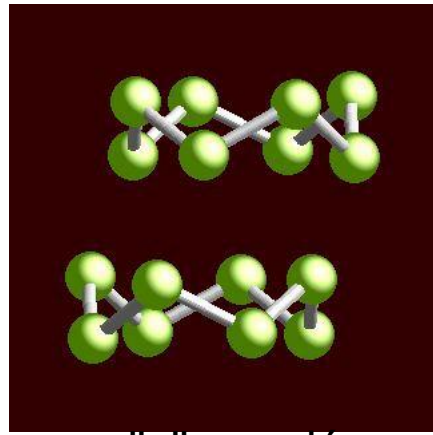
Szilvanit (AuAgTe_4)

pl. Erdélyben

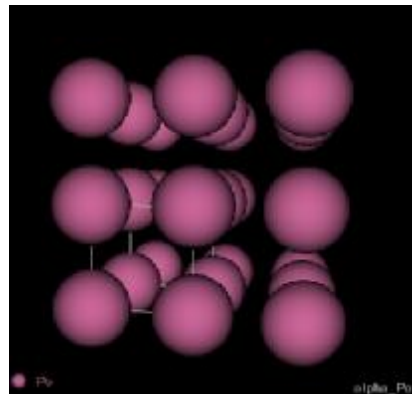
A 16. csoport elemeinek szerkezete



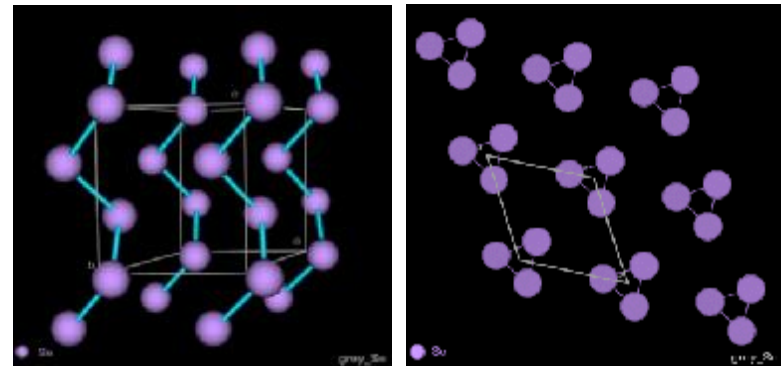
S₈



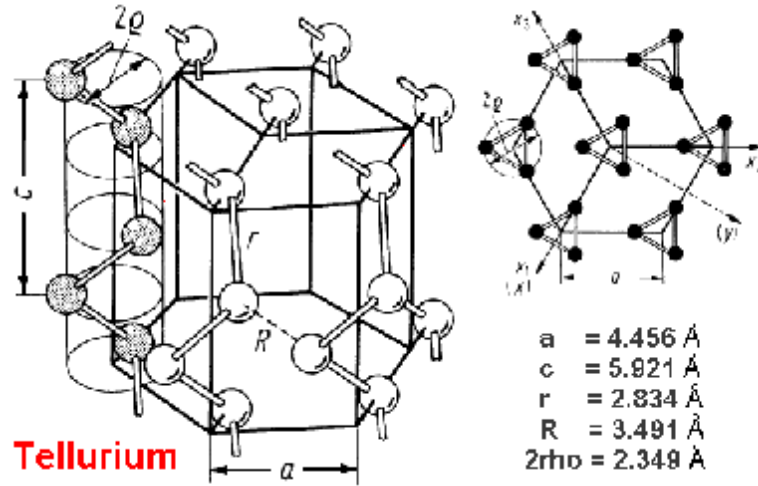
vörös szelén



Po

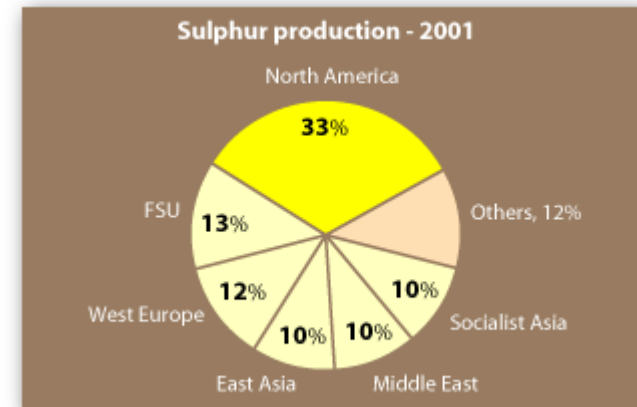


szürke szelén

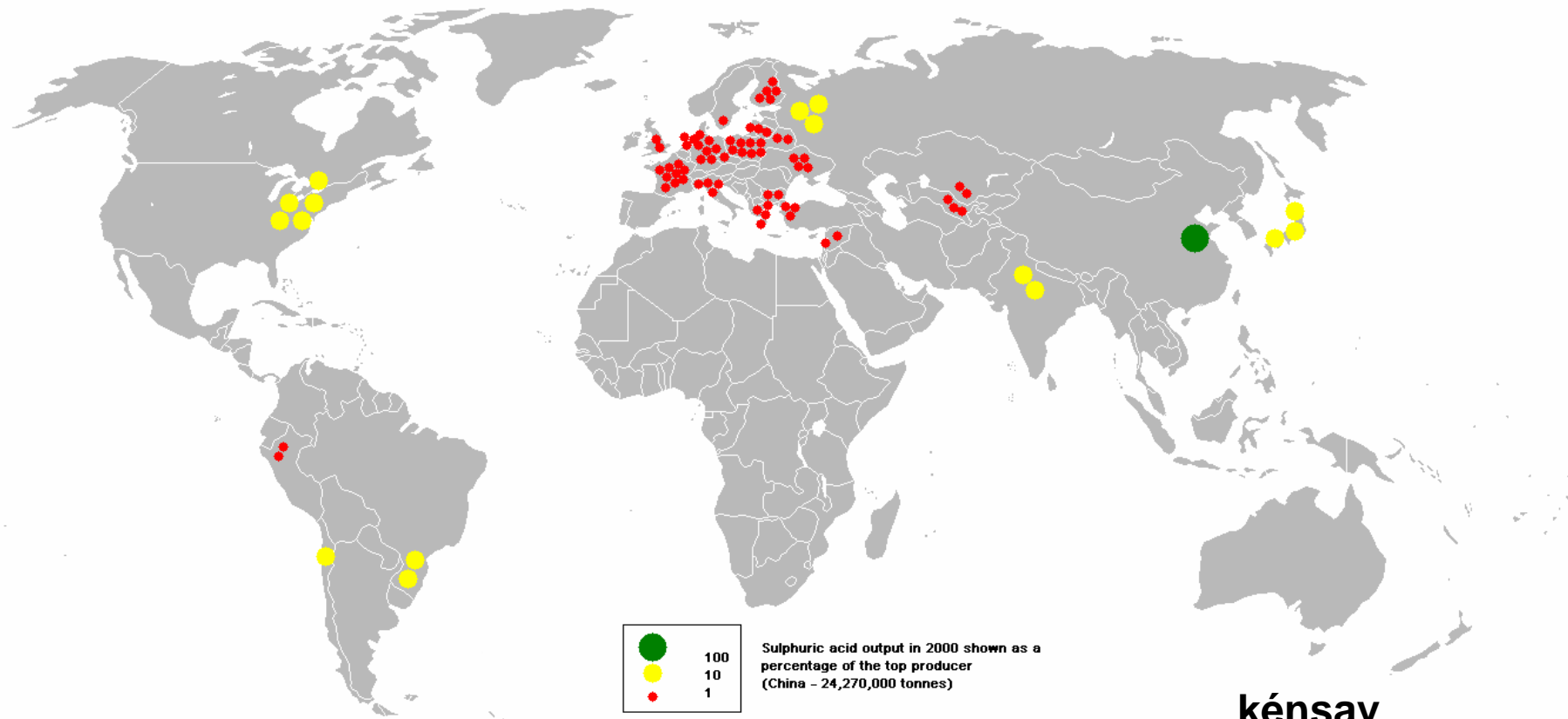


szürke tellúr

A világ kéntermelése és kénsavgyártása

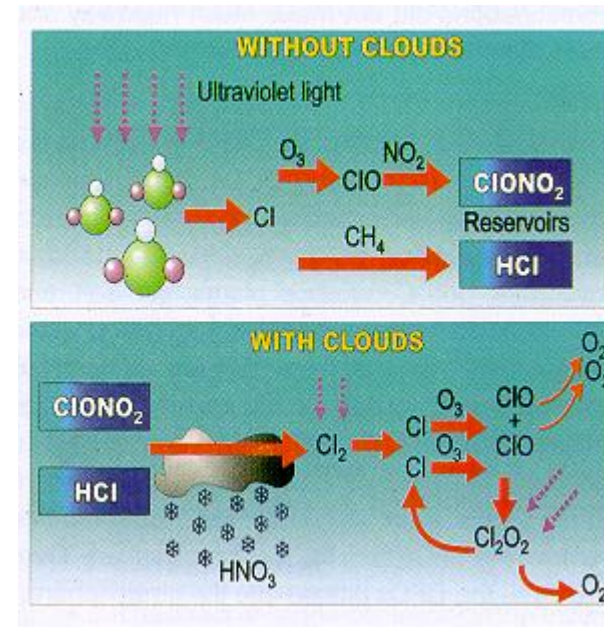
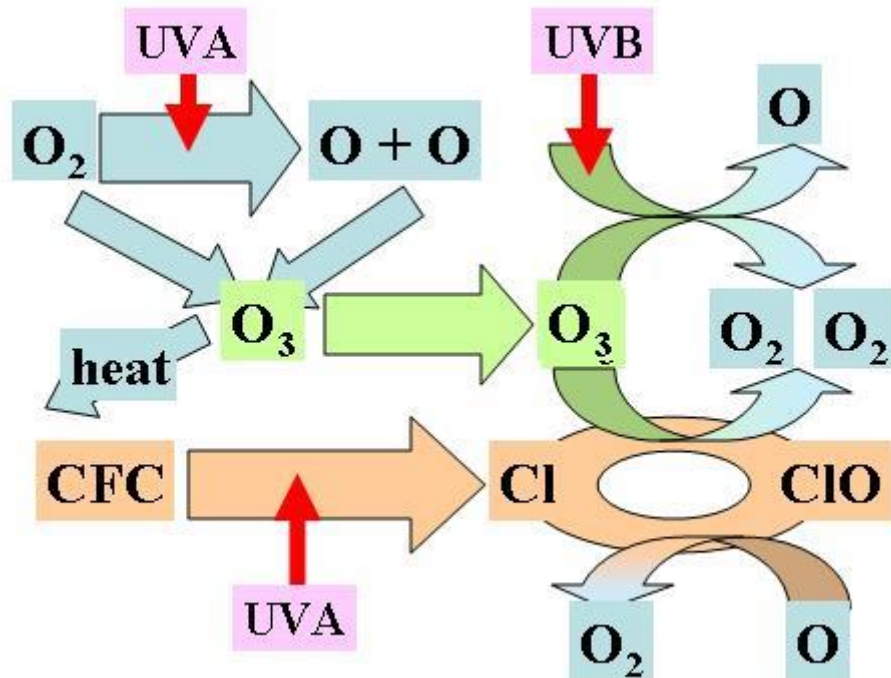


kén

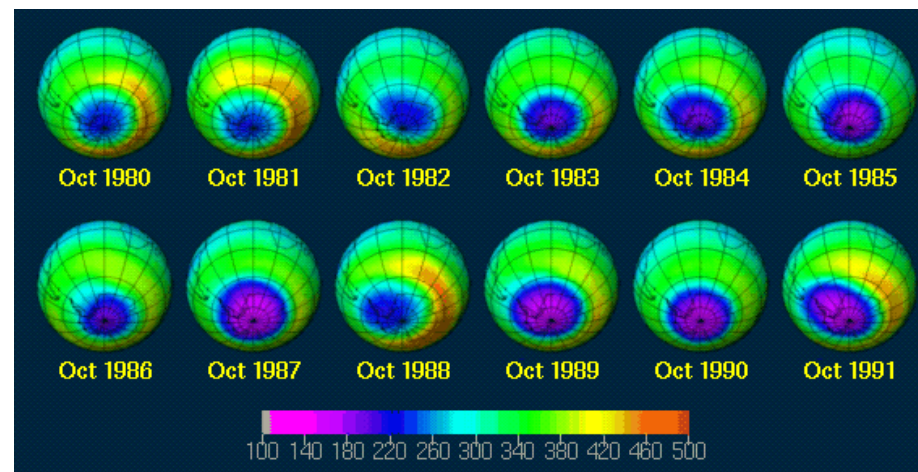


kénsav

Magaslégköri ózon keletkezése és bomblása

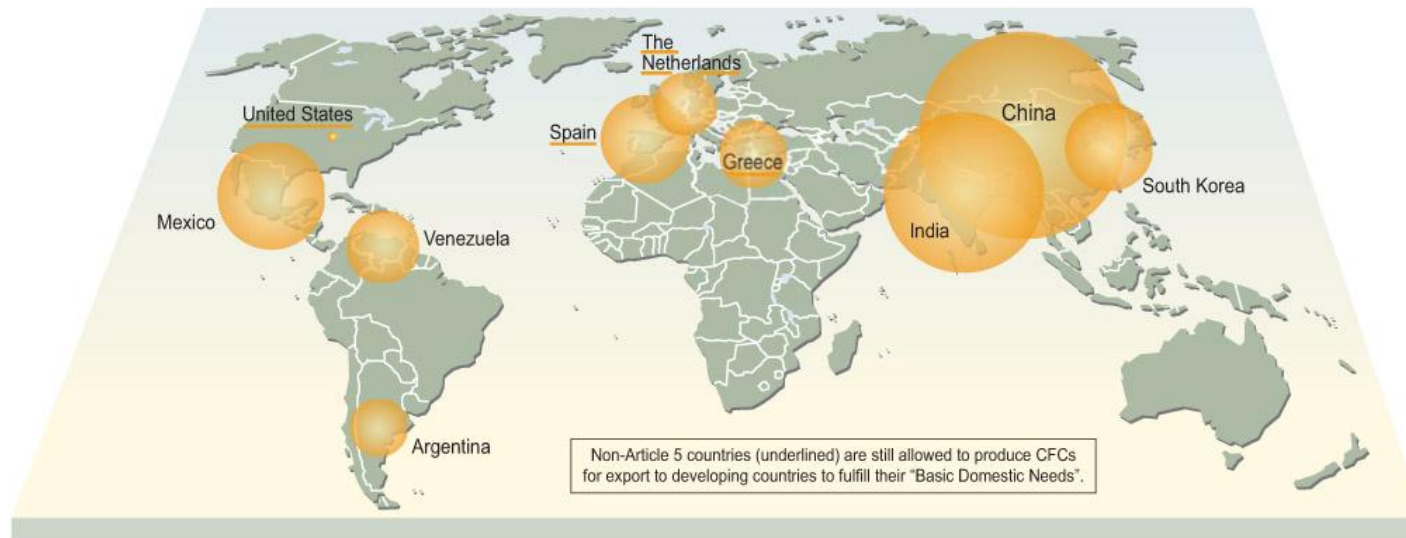


CFC: Chlorofluorocarbons
 $C_nCl_mF_l$



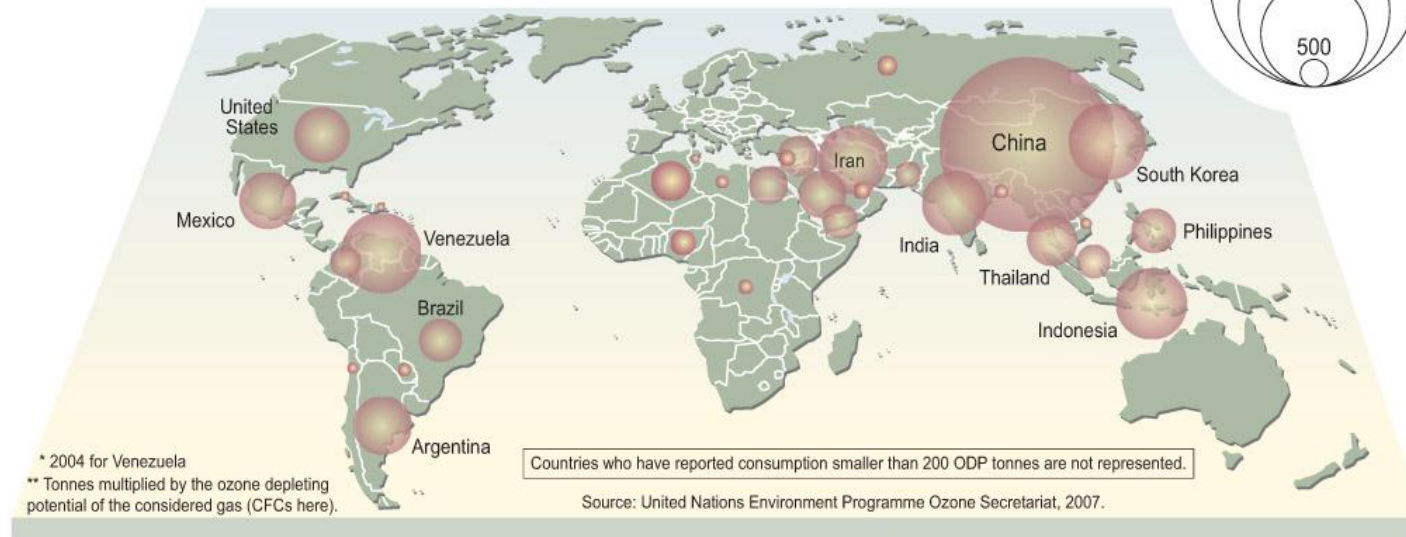
CFC Production in 2005

as reported to the Ozone Secretariat by Parties of the Montreal Protocol.



CFC Consumption in 2005 *

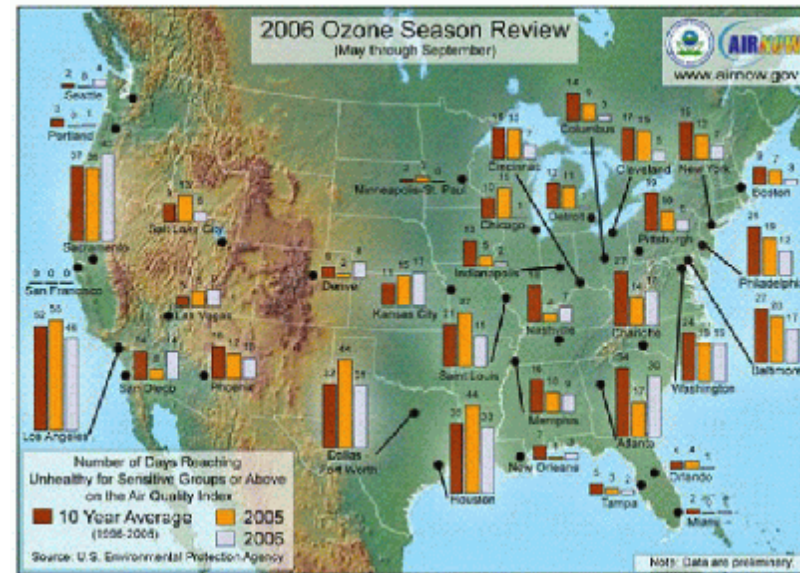
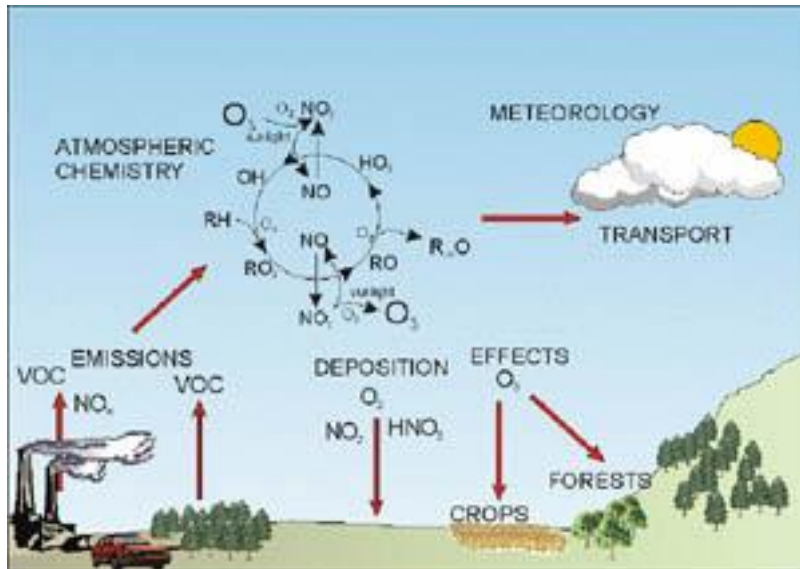
as reported to the Ozone Secretariat by Parties of the Montreal Protocol.



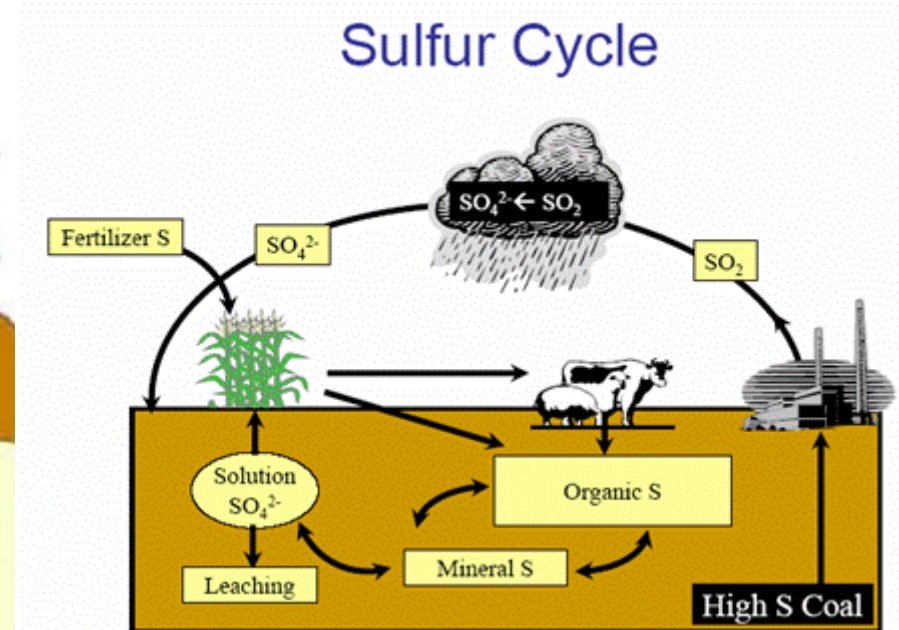
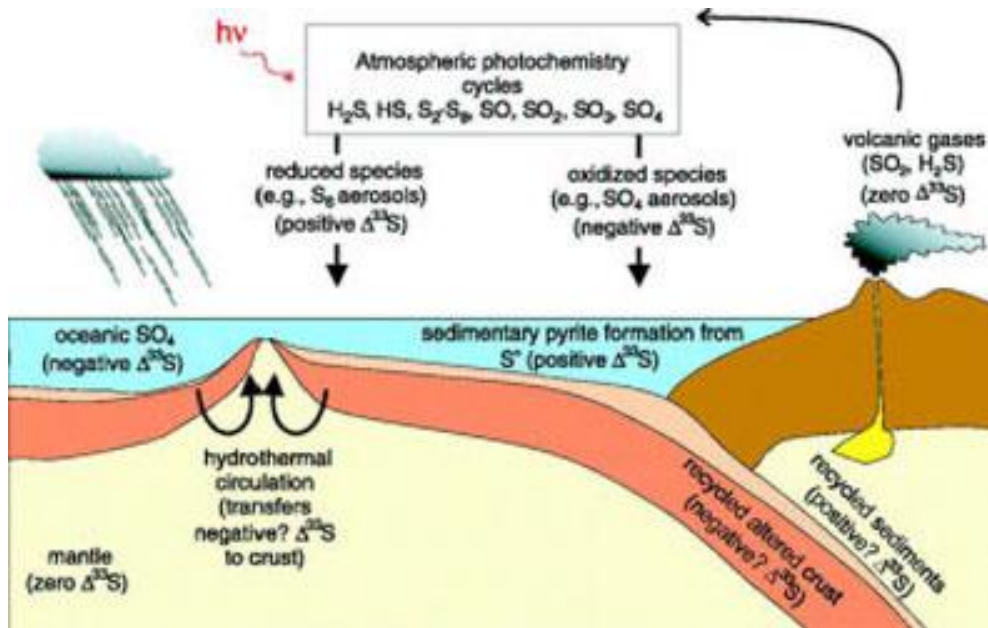
* 2004 for Venezuela

** Tonnes multiplied by the ozone depleting potential of the considered gas (CFCs here).

Felszíni ózon



Kénciklus



Légköri SO₂, H₂S hatása

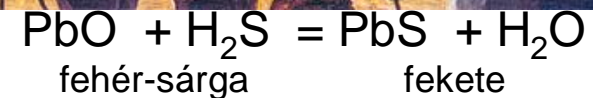


J M W Turner:
Naplemente a Petworth tónál, 1828
piros/zöld = 1,14

1831 vulkánkitörés
(Babuyan, Fülöp-szigetek)



J M W Turner:
Naplemente, 1833
piros/zöld = 1,76



pl. freskók Assisiben

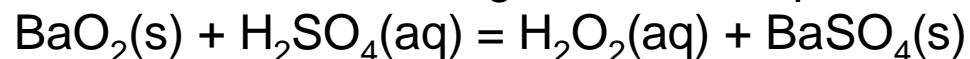


savas eső
hatása:
Reims,
2004

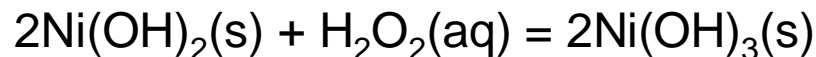
A 16. csoport elemeinek főbb vegyületei

H₂O: korábban szerepelt: autoprotolízis, amfoter, vízkeménység, ...

H₂O₂: hidrogén-peroxid, színtelen, sűrű folyadék, vízzel minden arányban elegyedik, többnyire 30%-os vizes oldatát forgalmazzák, képződése pl.:



iparban szerves vegyületek, katalizátorok segítségével O₂-ből és H₂-ből gy. oxidáló és redukálószerként is viselkedhet, pl. korábban szerepelt:



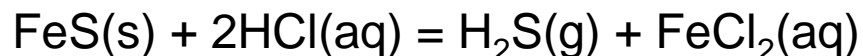
OF₂: oxigén-difluorid: sárga, mérgező gáz, H₂, CH₄ vagy CO₂ elegye robban

O₂F₂: dioxiqén-difluorid: narancssárga szilárd anyag, O₂-ből és F₂-ből keletkezik elektromos kisülés hatására

H₂S: kén-hidrogén: rendkívül mérgező,

záptojásszagú gáz,

laboratóriumi előállítása:



fontosabb szulfidok: Ag₂S, PbS, CuS,

FeS (FeS₂ pirit),

HgS (cinóber, vörös)

CuFeS₂ (kalkopirit)



torjai bűdös barlang

A 16. csoport elemeinek főbb vegyületei

Az oxigéncsoport elemek biner halogenidjei

E_2X_2 -típus	EX_2 -típus	EX_4 -típus	E_2X_{10} -típus	EX_6 -típus
O_2F_2	OF_2 fp. 128 K OCl_2 fp. 277 K			
S_2F_2 op. 108 K fp. 263 K S_2Cl_2 op. 193 K fp. 411 K S_2Br_2 op. 227 K b. 363 K	SF_2 SCl_2 op. 195 K b. 332 K	SF_4 s. 152 K fp. 233 K SCl_4 b. 242 K	S_2F_{10} op. 220 K fp. 302 K	SF_6 s. 222 K op. 208 K
Se_2Cl_2 b. Se_2Br_2 b.	$SeCl_2$ b. $SeBr_2$ b.	SeF_4 op. 263 K fp. 379 K $SeCl_4$ s. 464 K $SeBr_4$ b.		SeF_6 s. 238 K op. 226 K

SF₆: inert gáz, jó elektromos szigetelő, nagyfesz. transzformátorokban töltőgáz

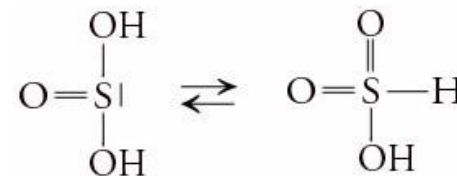
S₂Cl₂: dikén-diklorid: kellemetlen szagú sárga folyadék, S és Cl₂ direkt reakciójában képződik, gumi vulkanizálására használják

SCl₂: kén-diklorid, kellemetlen szagú vörös folyadék, előállítható S₂Cl₂ klórozásával Fe³⁺ katalizátor mellett, C₂H₄-gyel reagáltatva mustárgáz (ClC₂H₄SC₂H₄Cl) keletk.

A 16. csoport elemeinek főbb vegyületei

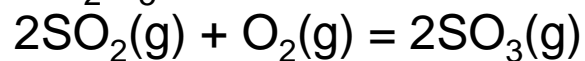
SO₂: színtelen, szúrósszagú gáz, kén pörkölésekor (égetésekor) keletkezik, vízben jól oldódik: $\text{SO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) = \text{H}_2\text{SO}_3(\text{aq})$

H₂SO₃: kénessav: bomlékony sav, vizes oldatában is csak kis mennyiségben fordul elő, lehet oxidáló- és redukálószer is

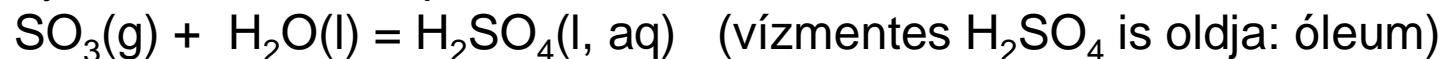


SO₃: kén-trioxid: illékony folyadék, vízelvonó, lánc- vagy gyűrűszerűen polimerizálódhat

előállítás V₂O₅ katalizátorral, 300C-on SO₂-ből:



vízben elnyelve kénsav képződik:



H₂SO₄: kénsav: olajszerű, maró folyadék, jó oxidáló- és vízelvonószer, forrón oxidálja pl.: S, P, C

H₂S₂O₇: pirokénssav

H₂S₂O₈: peroxi-dikénssav

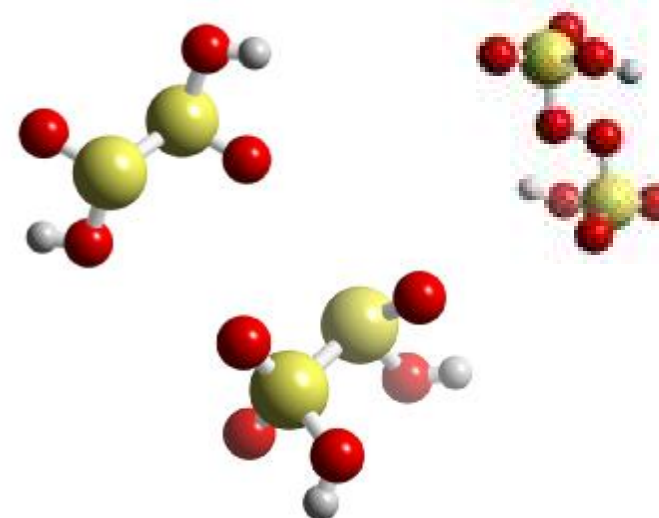
H₂S₂O₃: tiokénssav, sói redukálószer

H₂S₂O₄: ditionossav

SOCl₂: kén-diklorid-oxid, szulfinil-diklorid

SO₂Cl₂: kén-diklorid-dioxid, szulfonil-diklorid: színtelen, szúrósszagú, füstölő folyadék

mindkettőt klórozásra használják

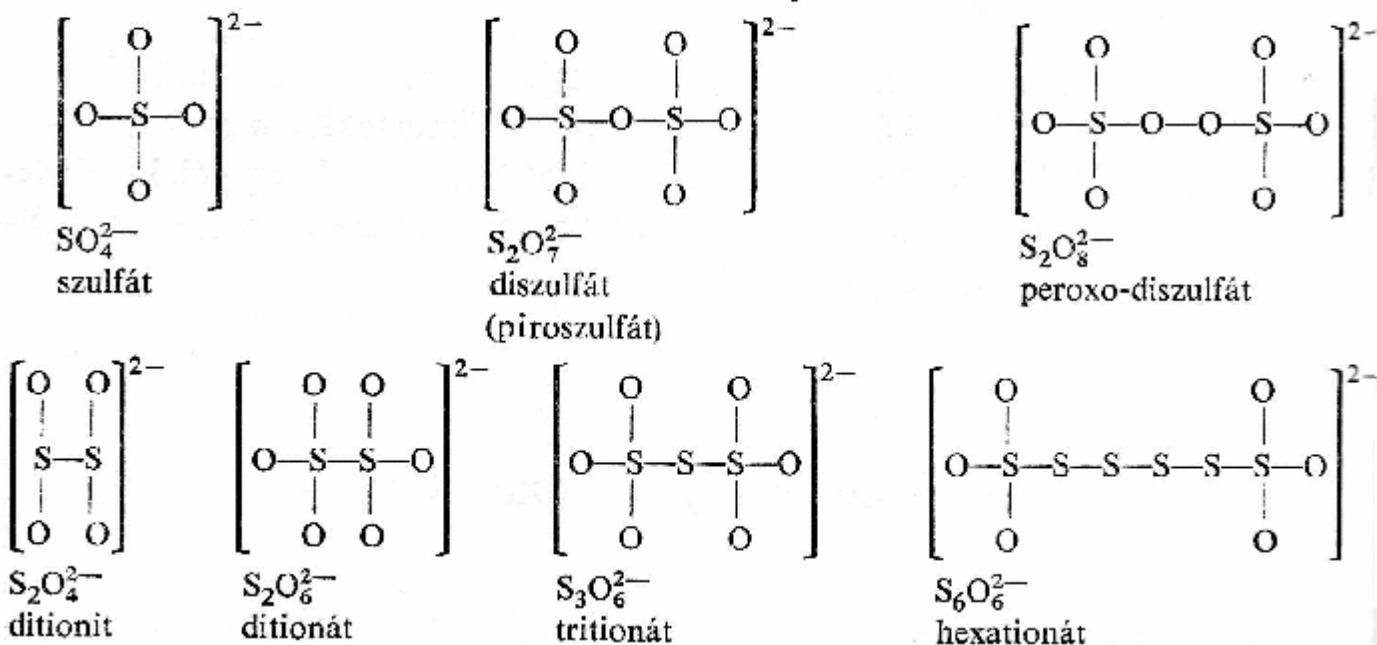


<http://www.3dchem.com/element.asp?selected=%20S>

A kén oxidjai és oxosavai

Oxidációs fok	Oxid	Oxosav
+2	kén-monoxid SO	szulfoxilsav H ₂ SO ₂
+3	dikén-trioxid S ₂ O ₃	ditionossav H ₂ S ₂ O ₄
+4	kén-dioxid SO ₂	kénessav H ₂ SO ₃
+5		politionsavak H ₂ S _x O ₆
+6	kén-trioxid SO ₃	kénsav H ₂ SO ₄ dikénsav (pirokénsav) H ₂ S ₂ O ₇
+6	kén-tetraoxid SO ₄	peroxo-monokénsav H ₂ SO ₅
+6	dikén-heptaoxid S ₂ O ₇	peroxo-dikénsav (perkénsav) H ₂ S ₂ O ₈

A kénsav anionjai



A 15. csoport elemei

2.3.5. táblázat. A 15. csoport elemeinek előfordulása és előállítása

Elem	Természetes előfordulás	Előállítás
Nitrogén	levegő	levegő cseppfolyósítása
Foszfor	nyersfoszfátok: $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ apatit: $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$	$2\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 6\text{SiO}_2 \rightarrow$ $6\text{CaSiO}_3 + \text{P}_4\text{O}_{10}$ $\text{P}_4\text{O}_{10} + 10\text{C} \rightarrow 4\text{P} + 10\text{CO}$
Arzén	arzenopirit: $(\text{Fe}_3\text{As}_2, \text{FeS})$	arzenopirit hevítése levegő kizárása mellett
Antimon	antimonit: Sb_2S_3	pörkölés levegő jelenlétében, majd a keletkezett Sb_2O_3 redukálása szénnel
Bizmut	bizmutit: Bi_2S_3	pörkölés levegő jelenlétében, majd a keletkezett Bi_2O_3 redukálása szénnel

Felfedezésük: N: **1772** Daniel Rutherford
P: **1669** Hennig Brand

A 15. csoport elemeinek tulajdonságai

2.3.6. táblázat. A 15. csoport elemeinek fontosabb fizikai állandói

Elem	Elektro-negativitás	Olvadáspont (°C)	Forráspont (°C)	Sűrűség (g/cm ³)
Nitrogén	3,0	-210	-196	
Foszfor	2,1	44	280	1,82
Arzén	2,0	613 (szublimál)		5,78
Antimon	1,9	630	1640	6,69
Bizmut	1,9	271	1650	8,90

Felhasználásuk és kémiai tulajdonságaik :

N₂: inert atmoszféra, cseppfolyósítva hűtőközeg

P: P₄ (sárga vagy fehér foszfor) reaktív levegőn meggyullad

P(vörös) kevésbé reaktív, de jó oxidálószerekkel könnyen reagál: gyufagyártás

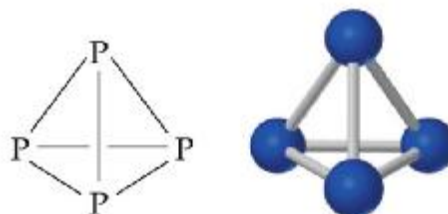
P(fekete) vörös foszforból nagy nyomáson (hexagonális rétegek, grafithoz has. szk.)

As: félvezetőgyártás

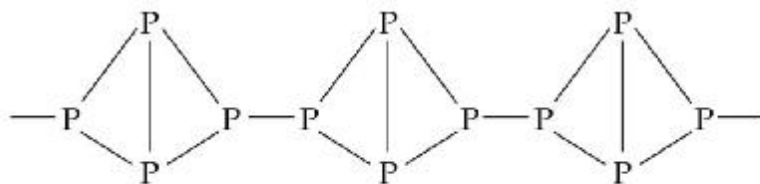
Sb: félvezetőgyártás, ólom-ötvöző (keményebb fém)

Bi: (olvadóbiztosíték)

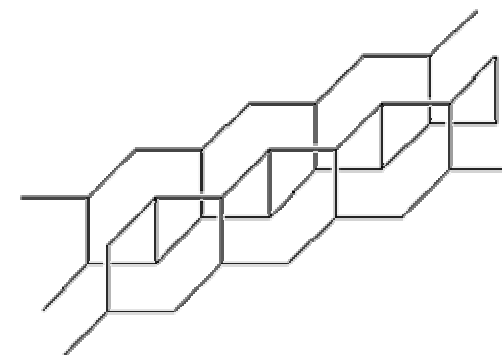
Vörös- és fehérfoszfor



fehérfoszfor



vörösfoszfor

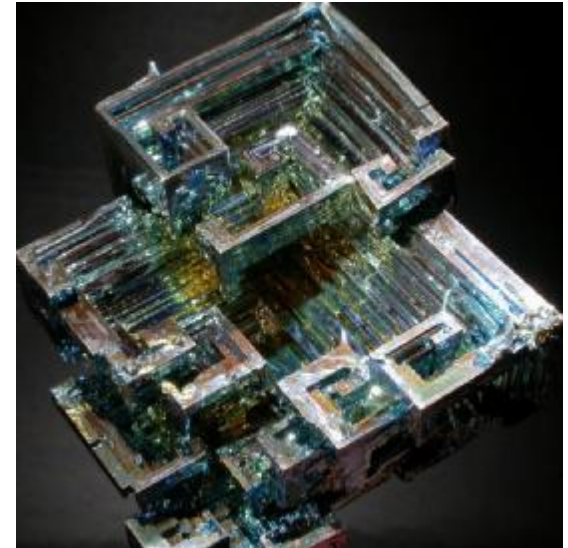




Arzén



Antimon



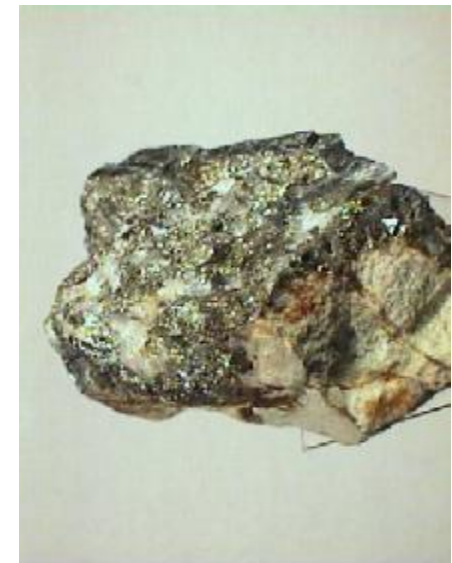
Bizmut



Orpiment (As_2S_3)

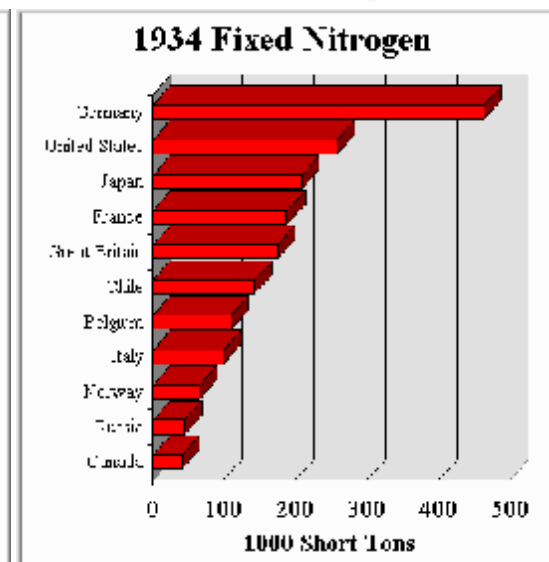
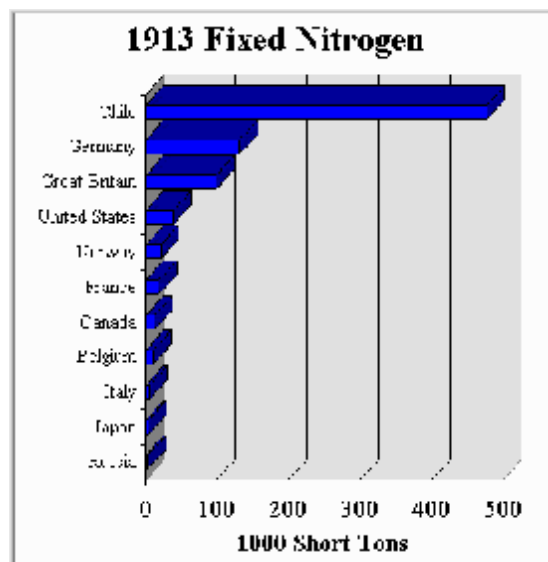
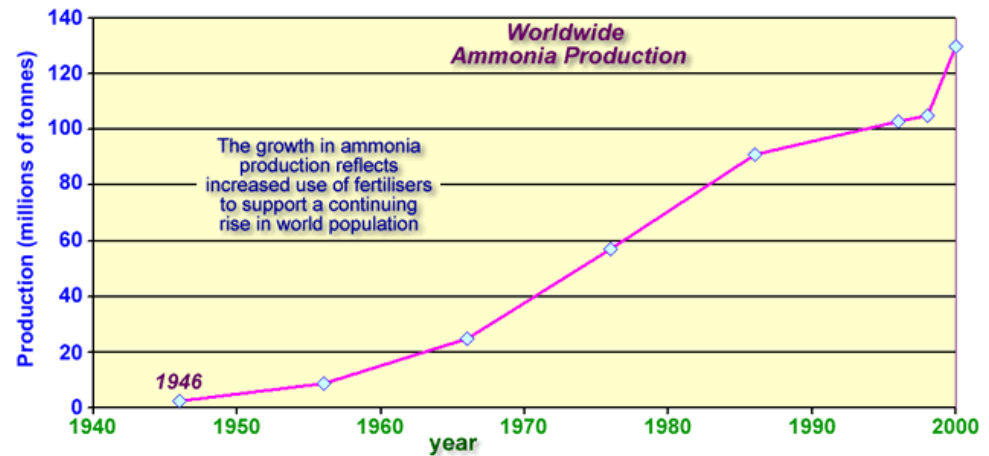
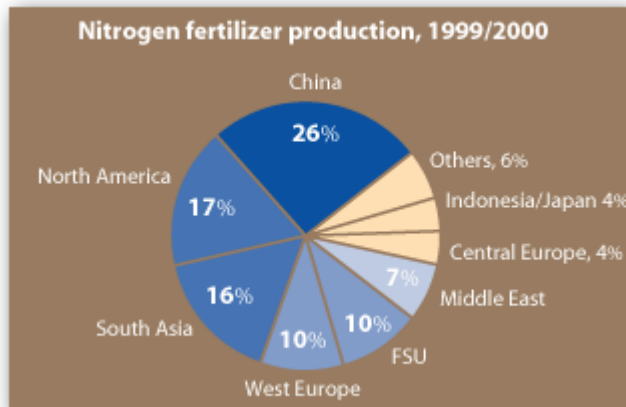


Antimonit (Sb_2S_3)

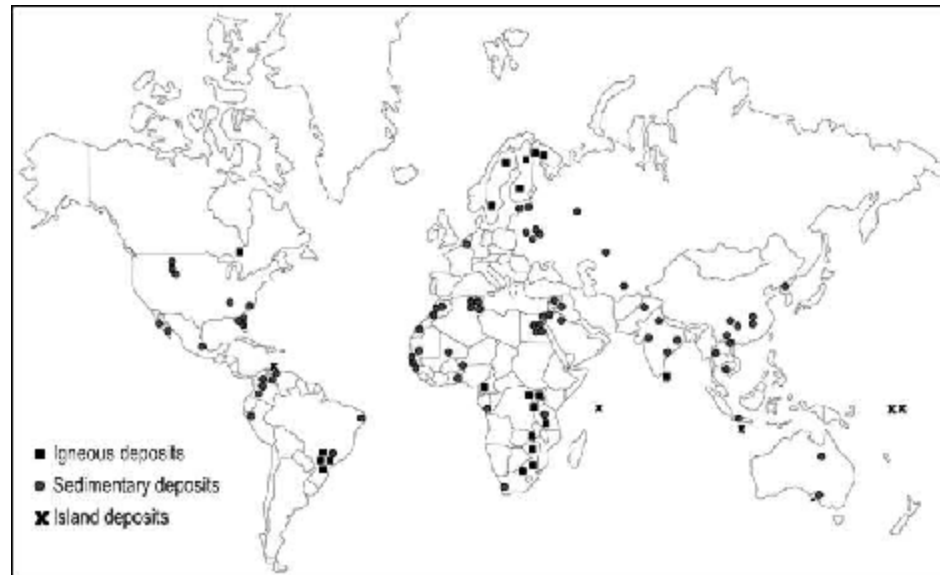


Bizmutit (Bi_2S_3)

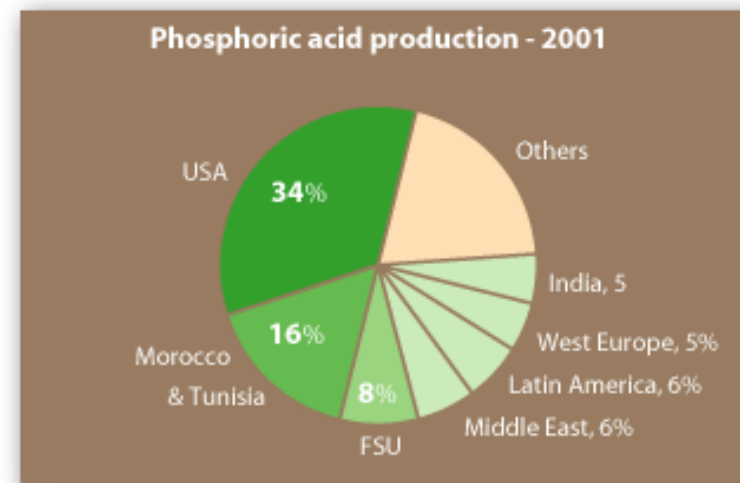
A világ ammónia- (nitrogénműtrágya-) termelése



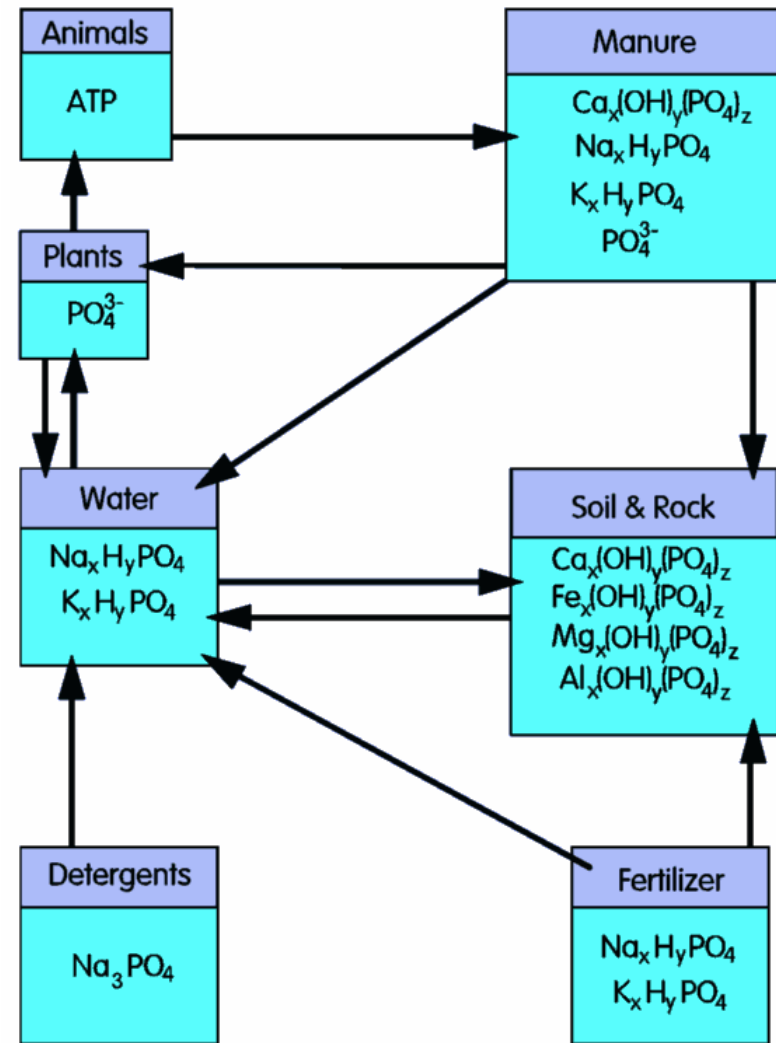
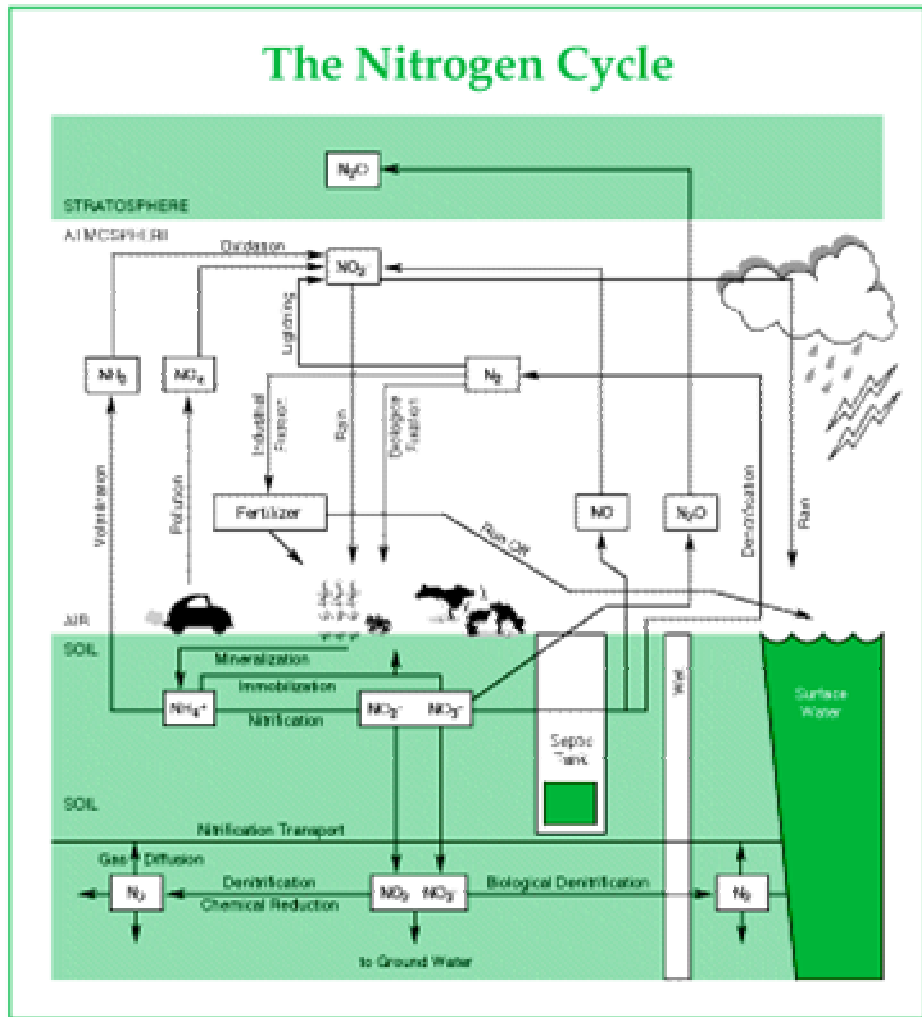
A világ foszfáttartaléka, valamint foszfor és foszfáttermelése



World Capacity for Elemental Phosphorus—2004



Nitrogén- és foszforciklus



A 15. csoport elemeinek főbb vegyületei

Nitridek

ionrácsos: I/II csoport, pl. **Li₃N**, **Be₃N₂**
fémek felületén levegőn is képződik

atomrácsos/kovalens: **(BN)_x**, **S₄N₄**

intersticiális: **TiN**, **TaN**: kemény, inert anyagok

NH₃: ammónia, szúrós szagú gáz, –33°C-on cseppfolyósodik

$3\text{H}_2(\text{g}) + \text{N}_2(\text{g}) = 2\text{NH}_3(\text{g})$ Haber–Bosch szintézis

(Fe-katalizátor, 400–600°C, 150–600 bar)

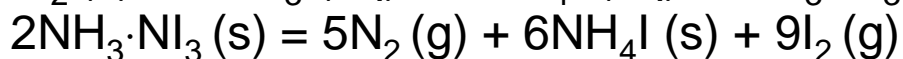
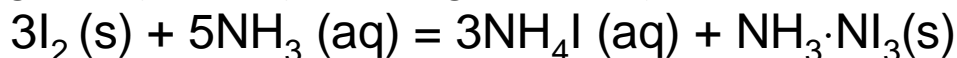
felhasználás: műtrágya (**NH₄NO₃**, **(NH₄)₃PO₄**, **(NH₄)₂SO₄**)
robbanóanyag (**NH₄NO₃**, nitroglicerin, TNT, ...)
műszálcészítés
hűtőfolyadék

HN₃: hidrogén-azid, gáz, robban, sói azidok, pl. **NaN₃**, **AgN₃**

N₂H₄: hidrazin: színtelen, olajszerű folyadék, jó redukálószer

NF₃: nitrogén-trifluorid, stabilis

NI₃: nitrogén-trijodid, „jódnitrogén”, (((„jódadid”))); képződés és bomlás:



FN₃, **ClN₃**, **BrN₃**, **IN₃** halogén-azidok

A 15. csoport elemeinek főbb vegyületei

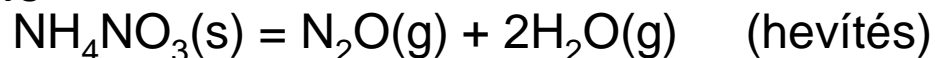
Nitrogénoxidok:

2.3.7. táblázat. Nitrogén-oxidok és oxosavak

Oxidációs szám	Oxid	Elnevezés	Sav	Elnevezés
+1	N_2O	dinitrogén-oxid	$H_2N_2O_2$	hiposalétromossav
+2	NO	nitrogén-oxid		
+3	N_2O_3	dinitrogén-trioxid	HNO_2	salétromossav
+4	NO_2	nitrogén-dioxid		
	N_2O_4	dinitrogén-tetraoxid		
+5	N_2O_5	dinitrogén-pentaoxid	HNO_3	salétromsav

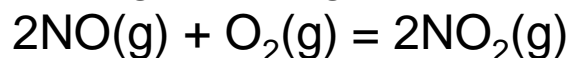
A 15. csoport elemeinek főbb vegyületei

N₂O: „kéjgáz”: színtelen, édeskés, előállítása:

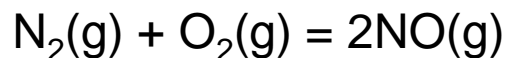


felhasználás: gyógyászat (fájdalomcsillapító), habpatron töltete

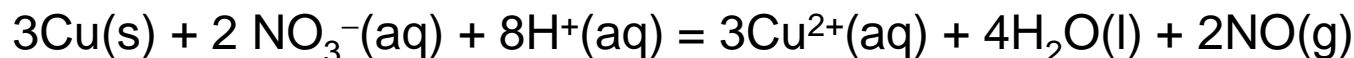
NO: színtelen gáz, levegőn oxidálódik:



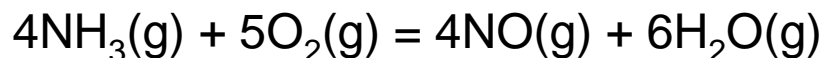
képződése elektromos kisülésben:



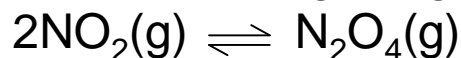
laboratóriumban:



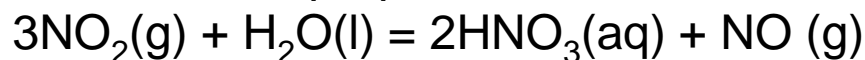
iparban:



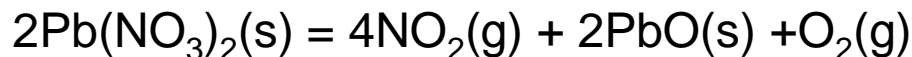
NO₂: barna, maró, mérgező gáz; páratlan elektronja miatt monomer-dimer egyens.:



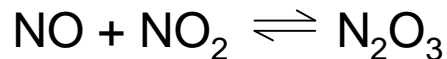
vízben oldva diszproporcionálódik:



előállítás iparban NO oxidációjával, laborban pl. ólom-nitrát hevítésével:



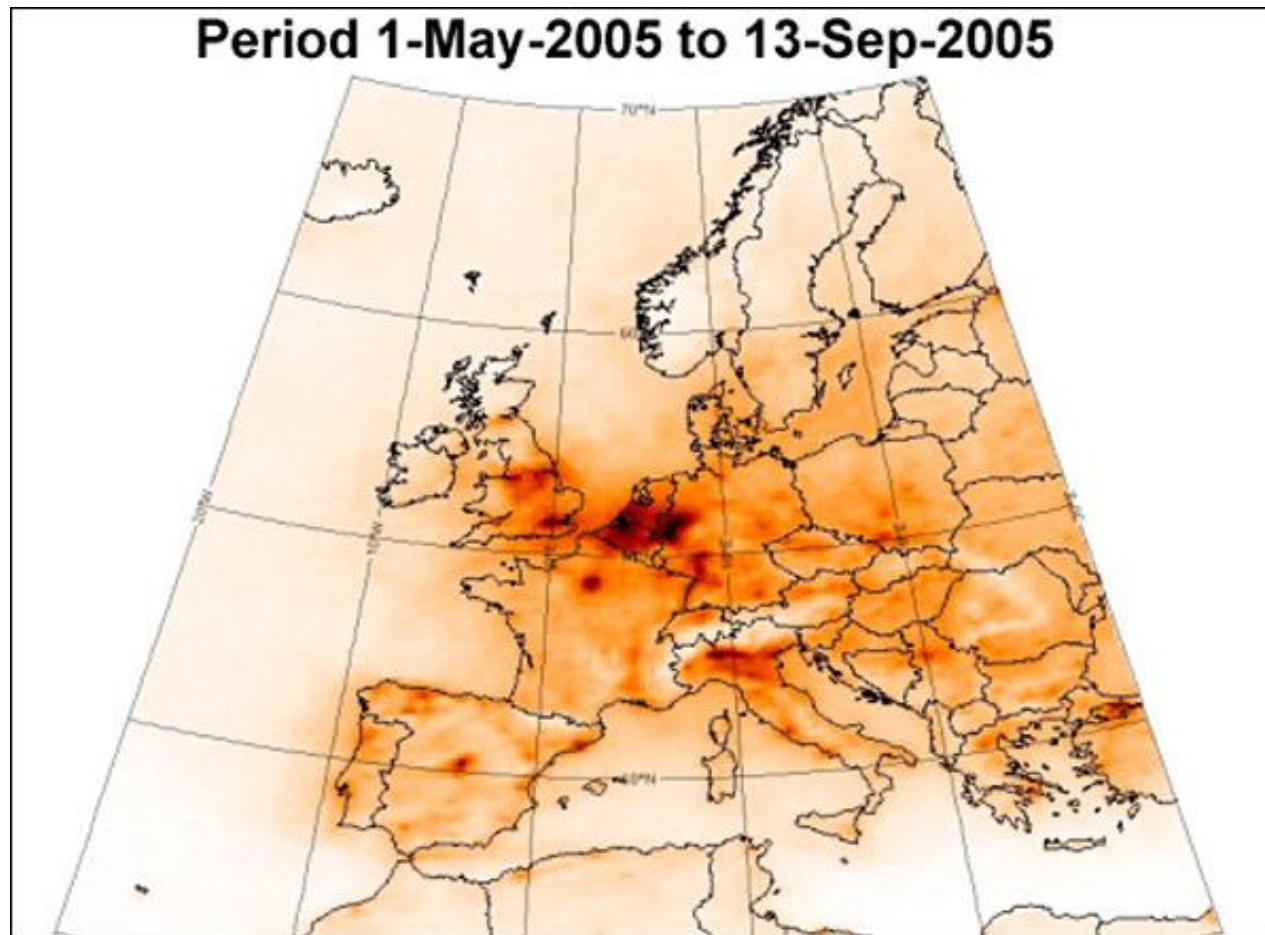
N₂O₃: -20°C alatt NO és NO₂ dimerizációjával keletkező kék folyadék:



N₂O₅: szobahőmérsékleten szilárd, ionos (NO₂⁺NO₃⁻), melegítve bomlik, robban:

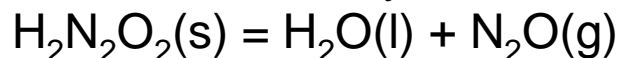


NO_x szennyezés



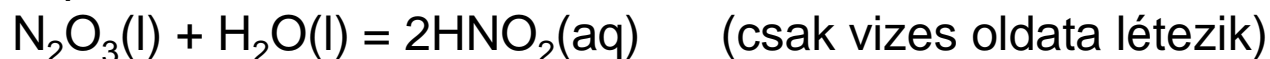
A 15. csoport elemeinek főbb vegyületei

H₂N₂O₂: szilárd, bomlékony:

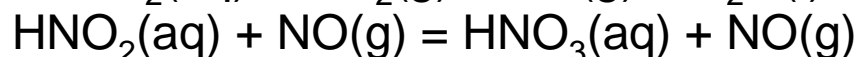
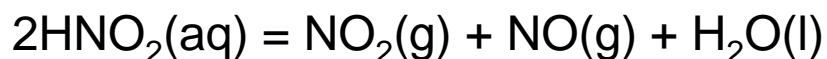


HNO₂: salétromossav: gyenge egyértékű sav, természetben a sói (nitritek)

képződés:



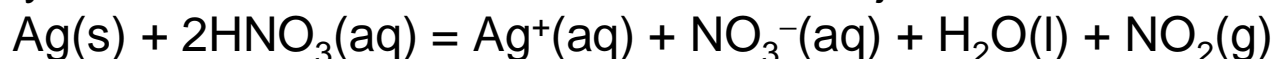
szobahőmérsékleten is bomlik:



enyhén mérgező (nitrites kutak!), régebben élelmiszer tartósításra használták

HNO₃: salétromsav, választóvíz: színtelen folyadék

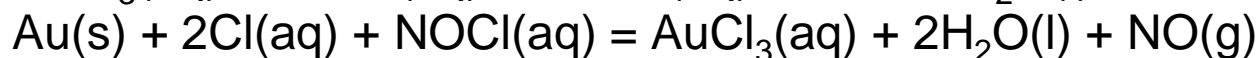
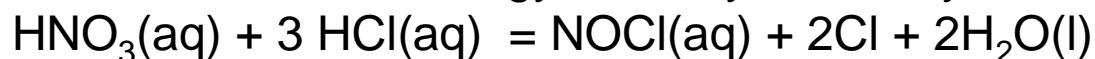
aranyat nem, de ezüstöt oxidáció közben oldja:



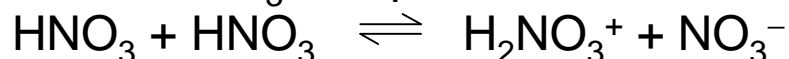
levegőn könnyen bomlik NO és NO₂ keletkezése közben,

aromás oldalláncú aminosavakat nitrálja → elsárgásodás (xantoprotein próba)

salétromsav és a sósav elegye a királyvíz, amely az aranyat oldja :



vízmentes HNO₃ autoprotolízise:



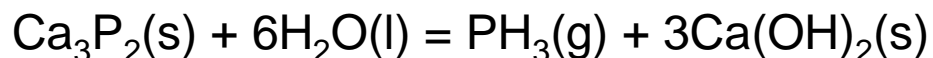
NaNO₃: nátrium-nitrát, chilei salétrom

NH₄NO₃: ammónium-nitrát, robbanékony, CaCO₃-mal keverve műtrágya: pétisó

A 15. csoport elemeinek főbb vegyületei

foszfidok: pl. **GaP**, **InP**: félvezetők (LED-ek)

PH₃: foszfán: fokhagymaszagú, mérgező, reaktív gáz, levegőn spontán meggyullad, foszfortartalmú fehérjék bomlásterméke, laboratóriumi előállítás:



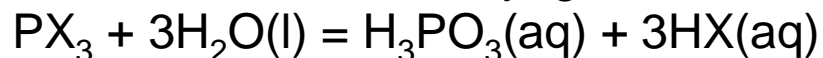
P₂H₄: difoszfín (lidércfény)

PF₃: színtelen gáz

PCl₃: színtelen, nedves levegőn hidrolizáló folyadék

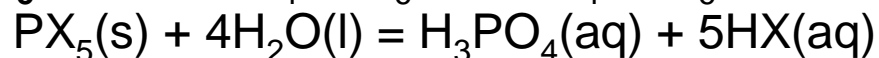
PBr₃: színtelen, nedves levegőn hidrolizáló folyadék

PI₃: vörös, hidrolizáló, szilárd anyag



PF₅: kovalens (trigonális bipiramis)

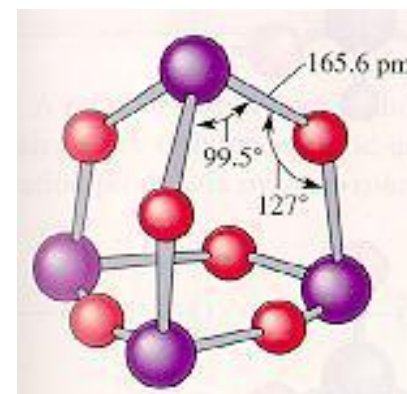
PCl₅, **PBr₅**: ionos: $\text{PCl}_4^+\text{PCl}_6^-$ és $\text{PBr}_4^+\text{PBr}_6^-$



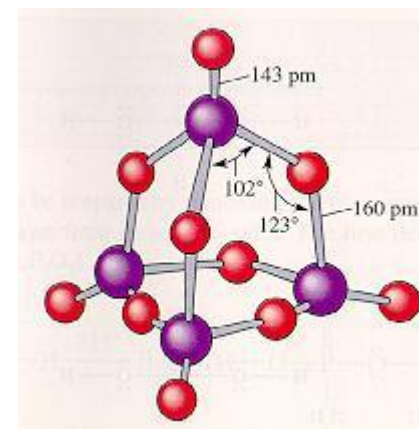
P₄O₆: keletkezése fehér foszfor égetése kevés oxigénben

P₄O₁₀: fehér, szilárd anyag fehérfoszfor sok oxigénben való égetésekor keletkezik

POX₃: foszforil-trihalogenidek, hidrolizálnak



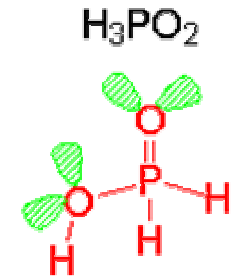
P₄O₆



P₄O₁₀

A 15. csoport elemeinek főbb vegyületei

H_3PO_2 : hipofoszforsav és foszfinsav: vízben jól oldódó, egyértékű erős sav, erős redukálószer

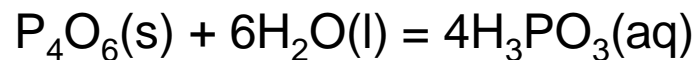


$(\text{HPO}_3)_n$: metafoszforsav

$\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$: hipofoszforsav

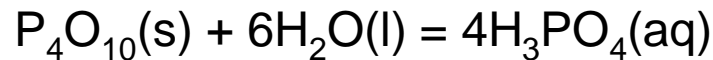
$\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_5$: pirofoszforsav

H_3PO_3 : (orto)foszforsav és foszfonsav: színtelen, nedvszívó szilárd anyag vízben jól oldódik, közepesen erős kétértékű sav, redukálószer képződése:



H_3PO_4 : foszforsav: fehér, alacsony o.p.-jű, nedvszívó szilárd anyag, közepesen erős háromértékű sav, enyhe oxidálószer

képződése, pl.:



ipari előállítás: fluorapatitból kénsavval

felhasználás: élelmiszeripar, vízkőoldó, műtrágyagyártás (szuperfoszfát)

