

# IL GRUPPO VA: L'AZOTO

**Periodic Table of the Elements**

1 IA 11A																	18 VIII A 8A
1 H Hydrogen 1.008																	2 He Helium 4.003
3 Li Lithium 6.941	4 Be Beryllium 9.012											5 B Boron 10.811	6 C Carbon 12.011	7 N Nitrogen 14.007	8 O Oxygen 15.999	9 F Fluorine 18.998	10 Ne Neon 20.180
11 Na Sodium 22.990	12 Mg Magnesium 24.305	3 IIIB 3B	4 IVB 4B	5 VB 5B	6 VIB 6B	7 VIIB 7B	8 VIII 8	9 VIII 8	10 VIII 8	11 IB 1B	12 IIB 2B	13 Al Aluminum 26.982	14 Si Silicon 28.086	15 P Phosphorus 30.974	16 S Sulfur 32.066	17 Cl Chlorine 35.453	18 Ar Argon 39.948
19 K Potassium 39.098	20 Ca Calcium 40.078	21 Sc Scandium 44.956	22 Ti Titanium 47.88	23 V Vanadium 50.942	24 Cr Chromium 51.996	25 Mn Manganese 54.938	26 Fe Iron 55.933	27 Co Cobalt 58.933	28 Ni Nickel 58.693	29 Cu Copper 63.546	30 Zn Zinc 65.39	31 Ga Gallium 69.732	32 Ge Germanium 72.61	33 As Arsenic 74.922	34 Se Selenium 78.09	35 Br Bromine 79.904	36 Kr Krypton 84.80
37 Rb Rubidium 84.468	38 Sr Strontium 87.62	39 Y Yttrium 88.906	40 Zr Zirconium 91.224	41 Nb Niobium 92.906	42 Mo Molybdenum 95.94	43 Tc Technetium 98.907	44 Ru Ruthenium 101.07	45 Rh Rhodium 102.906	46 Pd Palladium 106.42	47 Ag Silver 107.868	48 Cd Cadmium 112.411	49 In Indium 114.818	50 Sn Tin 118.71	51 Sb Antimony 121.760	52 Te Tellurium 127.6	53 I Iodine 126.904	54 Xe Xenon 131.29
55 Cs Cesium 132.905	56 Ba Barium 137.327	57-71	72 Hf Hafnium 178.49	73 Ta Tantalum 180.948	74 W Tungsten 183.85	75 Re Rhenium 186.207	76 Os Osmium 190.23	77 Ir Iridium 192.22	78 Pt Platinum 195.08	79 Au Gold 196.967	80 Hg Mercury 200.59	81 Tl Thallium 204.383	82 Pb Lead 207.2	83 Bi Bismuth 208.980	84 Po Polonium [208.982]	85 At Astatine 209.987	86 Rn Radon 222.018
87 Fr Francium 223.020	88 Ra Radium 226.025	89-103	104 Rf Rutherfordium [261]	105 Db Dubnium [262]	106 Sg Seaborgium [266]	107 Bh Bohrium [264]	108 Hs Hassium [269]	109 Mt Meitnerium [268]	110 Ds Darmstadtium [269]	111 Rg Roentgenium [272]	112 Cn Copernicium [277]	113 Uut Ununtrium unknown	114 Fl Flerovium [289]	115 Uup Ununpentium unknown	116 Lv Livermorium [298]	117 Uus Ununseptium unknown	118 Uuo Ununoctium unknown

## L'AZOTO: CENNI STORICI E ABBONDANZA

Il simbolo dell'**azoto** è N (dal francese *nitrogène*, coniato nel 1790 dal chimico Chaptal fondendo *νίτρον*, *nitron*, “nitrato di potassio”, con il suffisso *γεν-*, *ghen-*, “dare vita a”). Il nome italiano deriva dalla proposta di Lavoisier, *azoté*, “senza vita”.

Allo stato elementare è un gas incolore, inodore, inerte, diamagnetico, formato da molecole biatomiche. Costituisce il 78% in volume dell'atmosfera terrestre: è il gas più diffuso nell'aria.

È il V elemento più abbondante nell'universo, il XIX sulla crosta terrestre (ne costituisce lo 0,03%) e il IV più abbondante del corpo umano (ne costituisce il 3%).

È contenuto in depositi minerali come nitrato, soprattutto  $\text{NaNO}_3$  (salnitro del Cile, derivato del guano), ma anche  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  e  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ ; questi sali, di derivazione biologica, sono solubili in acqua: si trovano solo in zone particolarmente aride.

È un costituente fondamentale delle molecole organiche più importanti dal punto di vista biochimico (DNA, proteine, alcune vitamine, principi attivi farmacologici), oltre che di composti inorganici estremamente diffusi e importanti come ammoniaca e acido nitrico.

## L'AZOTO: SCOPERTA

### SCOPERTA:

Venne scoperto nel 1772 da Rutherford, che non lo riconobbe come una distinta specie chimica ma lo considerò come aria atmosferica saturata con flogisto. Venne isolato nello stesso periodo da Cavendish e da Scheele, separatamente. Fu Lavoisier a riconoscere che l'aria è una miscela di un gas attivo,  $O_2$ , e un gas inattivo,  $N_2$ .

## L'AZOTO: PRODUZIONE

PRODUZIONE INDUSTRIALE: liquefazione e distillazione dell'aria.

<b>Componente</b>	<b>% v/v</b>	<b><math>T_{eb}</math> (K)</b>
$N_2$	78,03	77,2
$O_2$	20,99	90,1
Ar	0,93	87,2
$CO_2$	0,033	194,7
Ne	0,0015	27,2
$H_2$	0,0010	20,2
He	0,0005	4,2
Kr	0,0001	119,6
Xe	0,000008	165,1

co-prodotto:  $O_2$

- a) commerciale: meno di 20 ppm  $O_2$
- b) "oxygen free": meno di 2 ppm  $O_2$
- c) ultrapuro: 99,999%

## L'AZOTO: PROPRIETÀ, REATTIVITÀ, IMPIEGHI

- ❑ Esistono due isotopi:  $^{14}\text{N}$  (99,634%) e  $^{15}\text{N}$  (0,366%)
- ❑ Configurazione elettronica:  $1s^2 2s^2 2p^3$ ; configurazione di valenza:  $2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$
- ❑ Elettronegatività: 3,0 (in scala di Pauling)

REATTIVITÀ:  $\text{N}_2$  ha elevata energia di dissociazione (945,41 kJ/mol) e distanza  $\text{N}=\text{N}$  piccola (109,8 pm). Da ciò ne consegue:



- ❑ A RT reagisce con litio (a dare il nitruro  $\text{Li}_3\text{N}$ ) e con alcuni metalli di transizione.
- ❑ A temperature superiori:  
 $3 \text{Mg} + \text{N}_2 \rightarrow \text{Mg}_3\text{N}_2$      $\text{N}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{NO}$   
 $\text{N}_2 + 3 \text{H}_2 \rightarrow 2 \text{NH}_3$      $\text{N}_2 + \text{CaC}_2 \rightarrow \text{C} + \text{CaNCN}$

### IMPIEGHI:

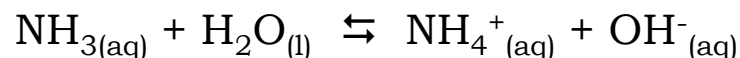
- Allo stato gassoso: # atmosfera inerte (nell'industria del ferro e dell'acciaio, per confezionare i cibi e prodotti farmaceutici);  
# sintesi industriale dell'ammoniaca.
- Allo stato liquido: # refrigerante a livello industriale e in laboratorio;  
# medicina (conservante, operazioni chirurgiche).

## COMPOSTI DELL'AZOTO: AMMONIACA

L'**ammoniaca**, **NH<sub>3</sub>**, è un gas incolore, dall'odore penetrante, con proprietà basiche.

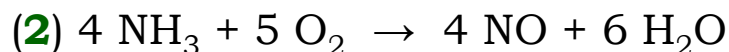
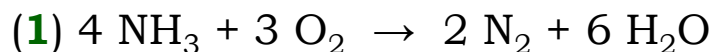
❑ È altamente solubile in acqua, con notevole sviluppo di calore (ca. 37,1 kJ/mol).

❑ Le sue soluzioni acquose sono basiche:



$$K_b(298 \text{ K}) = 1,8 \times 10^{-5} \text{ M}; \quad \text{p}K_b(298 \text{ K}) = 4,74$$

❑ Brucia all'aria con difficoltà; il prodotto di combustione è l'azoto molecolare (**1**), ma ad alta temperatura (750-900 °C) e in presenza di catalizzatori (Pt, Pt/Rh) si ha formazione di NO<sub>x</sub> (**2**):

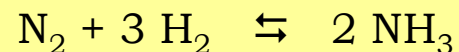


❑ Allo stato liquido ( $T_{\text{eb}} = -33 \text{ °C}$ ) è altamente associata con forti legami a idrogeno.

## COMPOSTI DELL'AZOTO: AMMONIACA

### PRODUZIONE INDUSTRIALE:

- ❑ Fino ai primi del '900: decomposizione di  $\text{NH}_4\text{Cl}$  con  $\text{MOH}$  ( $M = \text{alcalino}$ ) o  $\text{CaO}$
- ❑ A partire dal 1913: **processo Haber-Bosch**



The 1918 Nobel Prize in Chemistry was awarded to Fritz Haber "for the synthesis of ammonia from its elements".

Condizioni:  $\text{Fe}_x\text{O}_y$  / 400 °C / 200 atm

$$K(298 \text{ K}) = 3,5 \times 10^{-8} \text{ M}^{-2}; \Delta H_r^\circ = -92,2 \text{ kJ/mol}$$

### IMPIEGHI:

- ❑ Fertilizzanti (~85%). L'1% del consumo annuo mondiale di energia è dovuto al processo Haber-Bosh.
- ❑ Esplosivi:  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , TNT, nitroglicerina, nitrocellulosa (prodotti da  $\text{NH}_3$  e  $\text{HNO}_3$ ).
- ❑ Industria delle fibre plastiche (nylon).
- ❑ Sintesi (industriale e da laboratorio) di prodotti inorganici ( $\text{HNO}_3$  e  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) e organici.
- ❑ Detergenti e casalinghi.

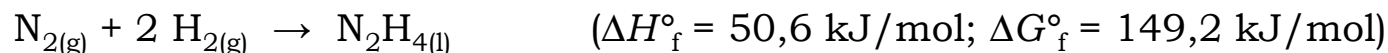
## COMPOSTI DELL'AZOTO: IDRAZINA

Pura, l'**idrazina**,  $\text{N}_2\text{H}_4$ , è un liquido incolore, fumante, dall'odore simile a  $\text{NH}_3$ .

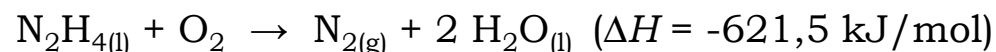
SINTESI: **Processo Raschig** (1907):  $2 \text{NH}_3 + \text{NaOCl} \rightarrow \text{N}_2\text{H}_4 + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$

REATTIVITÀ:

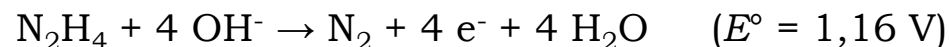
- ❑ A RT, sia allo stato puro che in soluzione acquosa, non è termodinamicamente stabile, ma la sua decomposizione è cineticamente sfavorita:



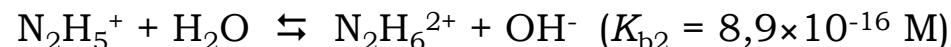
- ❑ Se innescata, brucia all'aria svolgendo molto calore:



- ❑ In soluzione acquosa basica si comporta da riducente:



- ❑ È una base bifunzionale:  $\text{N}_2\text{H}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{N}_2\text{H}_5^+ + \text{OH}^- \quad (K_{b1} = 8,5 \times 10^{-7} \text{ M})$



IMPIEGHI:

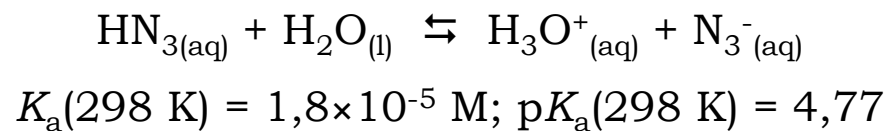
Propellente ( $\text{N}_2\text{H}_4$  anidra,  $\text{MeNHNH}_2$ ,  $\text{Me}_2\text{NNH}_2$ ); trattamento di boiler per l'acqua calda (rimuove  $\text{O}_2$  e inibisce corrosione riducendo  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  a  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ); sintesi organica (coloranti, eterociclici...) e inorganica (riducente).

## COMPOSTI DELL'AZOTO: ACIDO AZOTIDRICO E AZIDI

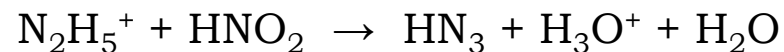
L'acido **azotidrico puro**,  $\text{HN}_3$ , è un liquido ( $T_{\text{eb}}$  ca. 36 °C) incolore, dall'odore irritante, pericolosamente esplosivo.

Allo stato gassoso la molecola è pressoché lineare (angolo N-N-N = 171°; angolo H-N-N = 109°).

In soluzione acquosa presenta acidità paragonabile a quella dell'acido acetico:



- ❑ Puro, preparato per attacco di  $\text{H}_2\text{SO}_4$  su  $\text{NaN}_3$ .
- ❑ In soluzione acquosa, preparato per ossidazione di idrazina:



Nelle **azidi ioniche**, lo ione  $\text{N}_3^-$  (lineare e simmetrico,  $d_{\text{N-N}} = 116 \text{ pm}$ ) si comporta come un alogeno.

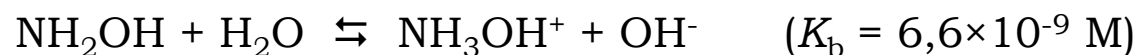
Sono esplosive, soprattutto quelle dei metalli pesanti (Pb, Hg), usate nei detonatori.

$\text{NaN}_3$  è impiegata negli *airbag* dei veicoli.

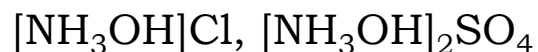
## COMPOSTI DELL'AZOTO: IDROSSILAMMINA

A T e P ambiente, l'**idrossilammina**, **NH<sub>2</sub>OH**, è un solido bianco, instabile.

In soluzione acquosa è una base più debole di NH<sub>3</sub>:



È impiegata come agente riducente, spesso sotto forma di sale:



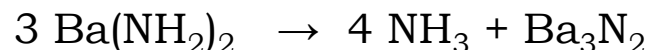
## COMPOSTI DELL'AZOTO: NITRURI

I **nitruri**, composti contenenti lo ione **N<sup>3-</sup>**, si distinguono in 3 categorie:

Ionici: formati con metalli elettropositivi (Li, Mg, Ca...); contengono ioni N<sub>3</sub><sup>-</sup> discreti.

Si idrolizzano facilmente, dando NH<sub>3</sub> e l'idrossido del metallo.

Sono preparati per reazione diretta o per decomposizione termica delle ammidi:



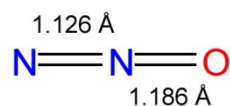
Covalenti: formati con non-metalli (BN, S<sub>4</sub>N<sub>4</sub>, P<sub>3</sub>N<sub>5</sub>...).

Interstiziali: formati con metalli di transizione; duri, chimicamente inerti, con elevate  $T_{\text{fus}}$  e buona conducibilità elettrica.

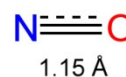
## COMPOSTI DELL'AZOTO: OSSIDI

Gli **ossidi dell'azoto** sono stabili pressoché in tutti gli stati di ossidazione positivi dell'azoto (+1, +2, +3, +4 e +5).

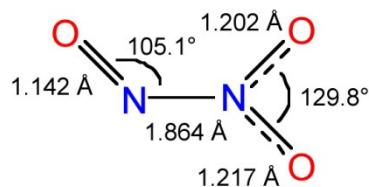
Presentano tutti legami N-O con elevato carattere  $p_{\pi}-p_{\pi}$ .



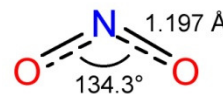
(a)



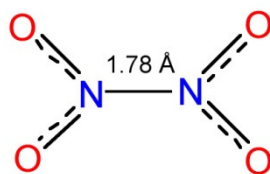
(b)



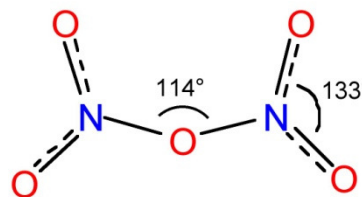
(c)



(d)



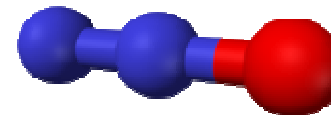
(e)



(f)

## COMPOSTI DELL'AZOTO: OSSIDI

Il **monossido di diazoto** o ossido nitroso (noto come protossido di azoto o gas esilarante), **N<sub>2</sub>O**, è un gas incolore ( $T_{\text{eb}} = -88.5 \text{ }^\circ\text{C}$ ).

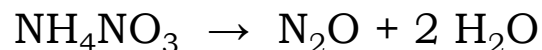


È termodinamicamente instabile, dissocia in N<sub>2</sub> e O<sub>2</sub> sopra i 600 °C. L'energia di attivazione del processo di dissociazione è molto alta a RT (ca. 250 kJ/mol): a RT è dunque pressoché inerte, più reattivo ad alta T.

La molecola N<sub>2</sub>O è lineare e asimmetrica ( $d_{\text{N-N}} = 112,6 \text{ pm}$ ;  $d_{\text{N-O}} = 118,6 \text{ pm}$ ).

### SINTESI:

Viene ottenuto per decomposizione termica controllata di nitrato d'ammonio fuso a ca. 250 °C:



Anche la disidratazione dell'acido iponitroso, H<sub>2</sub>N<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, porta a N<sub>2</sub>O.

### IMPIEGHI:

Anestetico, 'propellente' nelle bombole per panna montata.

## COMPOSTI DELL'AZOTO: OSSIDI

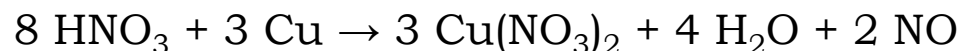
Il **monossido di azoto, NO**, è un gas incolore ( $T_{\text{eb}}$  -151,8 °C), paramagnetico, con ordine di legame N-O pari a 2,5. La distanza N-O (115 pm) è intermedia tra N=O (~120 pm) e N≡O (106 pm).

NO perde facilmente un elettrone a dare NO<sup>+</sup> (ione nitrosile): l'energia di ionizzazione della molecola NO è molto bassa, 9,25 eV (cfr. 15,6 eV per N<sub>2</sub> e 14,0 eV per CO).

NO<sup>+</sup> si coordina ai metalli di transizione (Co, Cr, Mn, Fe...).

### SINTESI:

- ❑ Nell'industria si isola come intermedio nella sintesi dell'acido nitrico (NH<sub>3</sub> + O<sub>2</sub>).
- ❑ In laboratorio si può ottenere da acido nitrico:



### REATTIVITÀ:

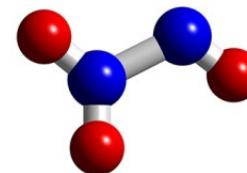
- ❑ Reagisce istantaneamente con O<sub>2</sub> a dare NO<sub>2</sub> (colore bruno scuro).
- ❑ Disproporciona in presenza di idrossidi dei metalli alcalini:



## COMPOSTI DELL'AZOTO: OSSIDI

Il **triossido di diazoto**,  $\text{N}_2\text{O}_3$ , esiste solo allo stato solido ( $T_{\text{fus}} = -100,7 \text{ }^\circ\text{C}$ ).

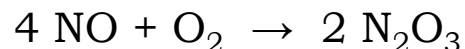
A RT disproporziona:



### SINTESI:

Si ottiene per condensazione equimolare di NO e  $\text{NO}_2$  a  $-20 \text{ }^\circ\text{C}$   
oppure

aggiungendo la quantità appropriata di ossigeno a NO:

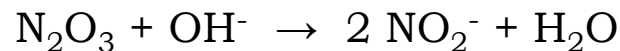


### REATTIVITÀ:

In soluzione acquosa si comporta da anidride dell'acido nitroso:

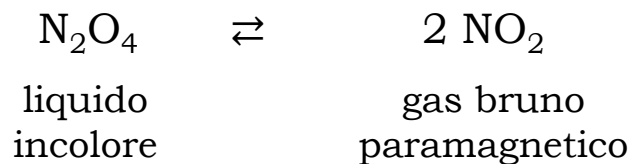


In soluzione alcalina, è convertito in nitriti:



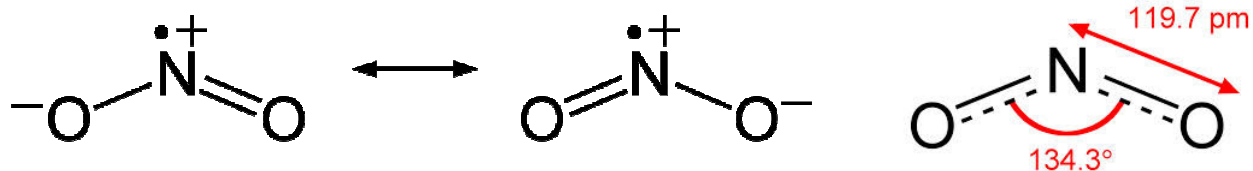
## COMPOSTI DELL'AZOTO: OSSIDI

**Biossido di azoto,  $\text{NO}_2$** , e **tetraossido di diazoto,  $\text{N}_2\text{O}_4$** , sono presenti in equilibrio tra loro. L'equilibrio è influenzato dalla temperatura:  $\text{NO}_2$  predomina in fase gassosa **(1)**,  $\text{N}_2\text{O}_4$  in fase condensata **(2)**:



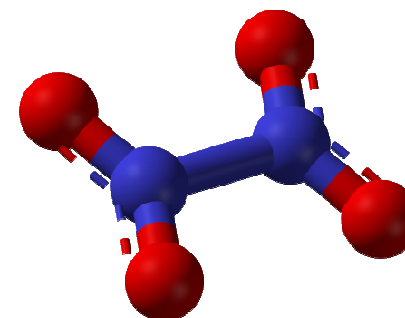
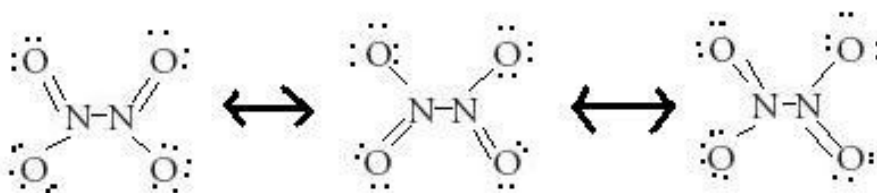
## COMPOSTI DELL'AZOTO: OSSIDI

La molecola di **NO<sub>2</sub>** è piegata (O-N-O 134,3°) e paramagnetica per un elettrone spaiato.



NO<sub>2</sub> ionizza facilmente a dare NO<sub>2</sub><sup>+</sup> (catione nitronio, isoelettronico a CO<sub>2</sub>, lineare) o NO<sub>2</sub><sup>-</sup>.

In fase gassosa, la molecola di **N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>** è planare (come B<sub>2</sub>F<sub>4</sub> e C<sub>2</sub>O<sub>4</sub><sup>2-</sup>), caratterizzata da un legame N-N lungo (175 pm).



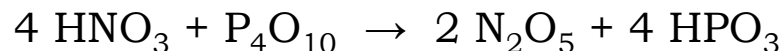
N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> è usato come ossidante nelle missioni spaziali, in combinazione con idrazina.

## COMPOSTI DELL'AZOTO: OSSIDI

Il **pentossido di diazoto**,  $\text{N}_2\text{O}_5$ , è un solido ionico incolore, deliquescente, reattivo, costituito da un reticolo di ioni  $\text{NO}_2^+$  lineari e ioni  $\text{NO}_3^-$  planari. In soluzione e allo stato gassoso è un composto molecolare,  $\text{O}_2\text{N}-\text{O}-\text{NO}_2$  (N-O-N ca.  $180^\circ$ ).

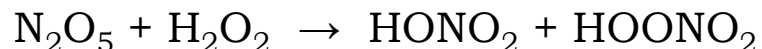
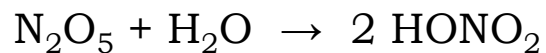
### SINTESI:

Ottenuto per attenta disidratazione di  $\text{HNO}_3$  con  $\text{P}_4\text{O}_{10}$  a bassa temperatura ( $-10^\circ\text{C}$ ):

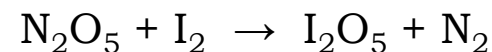
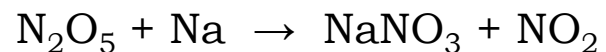


### REATTIVITÀ:

❑ Reagisce istantaneamente con acqua e acqua ossigenata:

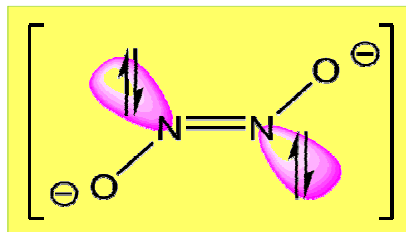


❑ Reagisce violentemente con metalli e non metalli, comportandosi da agente ossidante:



## COMPOSTI DELL'AZOTO: ACIDO IPONITROSO

L'**acido iponitroso**,  $\text{H}_2\text{N}_2\text{O}_2$ , è un solido cristallino incolore, altamente instabile.

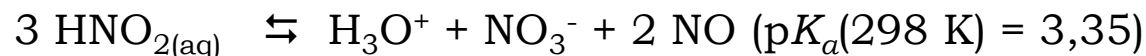


Ottenuto trattando  $\text{Ag}_2\text{N}_2\text{O}_2$  con HCl anidro in soluzione eterea.

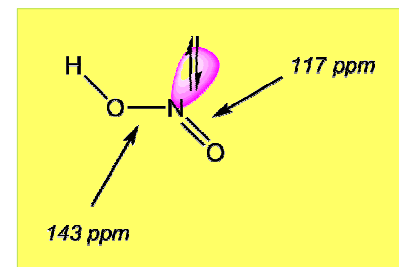
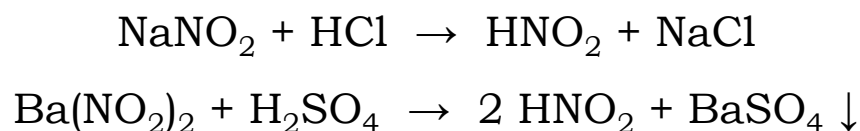
Iponitriti sono coinvolti nell'ossidazione di  $\text{NH}_3$  a nitriti, nel ciclo dell'azoto.

## COMPOSTI DELL'AZOTO: ACIDO NITROSO

L'**acido nitroso**,  $\text{HNO}_2$ , mai isolato come composto puro, è poco stabile anche in soluzione acquosa:



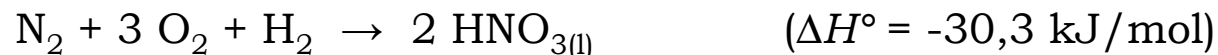
Ottenuto per acidificazione di soluzioni acquose fredde di nitriti:



## COMPOSTI DELL'AZOTO: ACIDO NITRICO

### SINTESI:

- ❑ Inizialmente prodotto per attacco di H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrato su NaNO<sub>3</sub> o KNO<sub>3</sub> oppure per reazione diretta a partire dagli elementi, in fornace ad arco elettrico:



- ❑ Oggi prodotto industrialmente con il **processo Ostwald** (Premio Nobel nel 1909), ossidazione catalitica (Pt o Pt/Rh) di ammoniaca ad alta temperatura (~850 °C):



Con il processo Ostwald si ottiene un azeotropo al 68,5% con acqua.

- ❑ HNO<sub>3</sub> puro al 98-99% è ottenuto per disidratazione con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrato.
- ❑ HNO<sub>3</sub> anidro è ottenuto per distillazione, a bassa P, di HNO<sub>3</sub> acquoso concentrato in presenza di P<sub>4</sub>O<sub>10</sub>.

## COMPOSTI DELL'AZOTO: ACIDO NITRICO

### REATTIVITÀ:

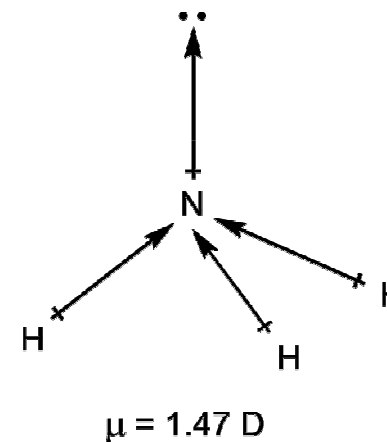
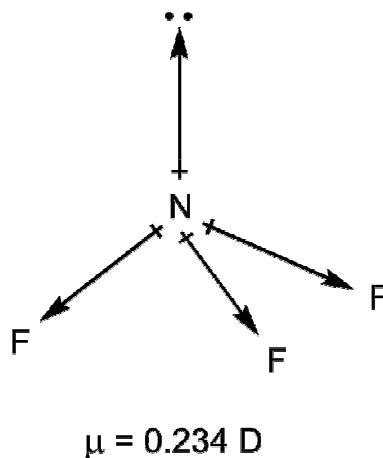
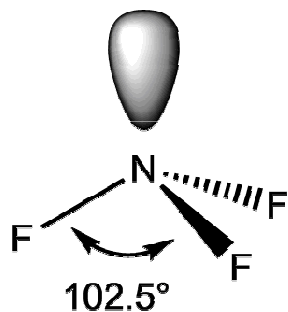
- ❑ In soluzioni acquose diluite (< 2 M) è completamente dissociato e si comporta da acido forte verso metalli, carbonati, ossidi...
- ❑ Soluzioni acquose concentrate sono fortemente ossidanti e attaccano tutti i metalli eccetto Au, Pt, Rh, Ir.
- ❑ Alcuni metalli, attaccati in soluzioni diluite, sono passivati da HNO<sub>3</sub> concentrato (e.g. Al, Cr, Fe, Cu).
- ❑ Acqua regia: miscela 1:3 v/v di HNO<sub>3</sub>:HCl, molto aggressiva e ossidante (formazione di Cl<sub>2</sub> e ClNO), attacca anche Au e Pt.
- ❑ Soluzioni di HNO<sub>3</sub> in acido solforico concentrato sono usate come agenti nitranti:



## COMPOSTI DELL'AZOTO: FLUORURI

I fluoruri dell'azoto sono complessivamente 5:  $\text{NF}_3$ ,  $\text{N}_2\text{F}_4$ , *cis*- e *trans*- $\text{N}_2\text{F}_2$  e  $\text{N}_3\text{F}$ .

**$\text{NF}_3$**  Gas incolore, inodore, termodinamicamente stabile ( $\Delta G^\circ = -83,3 \text{ kJ/mol}$ ).  
L'azoto ha geometria piramidale trigonale:



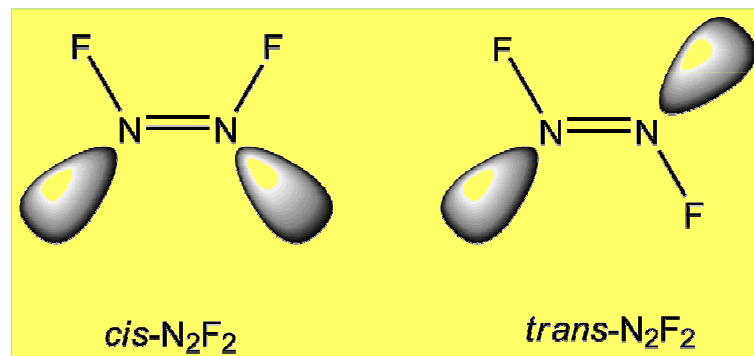
È poco reattivo: non viene attaccato da acqua né acidi o basi diluiti.

## COMPOSTI DELL'AZOTO: FLUORURI

**FN<sub>3</sub>** Azide covalente altamente esplosiva, preparata da  $\text{HN}_3 + \text{F}_2$ .

**N<sub>2</sub>F<sub>4</sub>** Gas incolore, reattivo, forte agente fluorurante.

**N<sub>2</sub>F<sub>2</sub>** Esiste nelle forme *cis* e *trans*, termicamente interconvertibili, separabili mediante frazionamento a bassa temperatura.



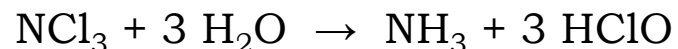
	$T_{\text{fus}}$ (°C)	$T_{\text{eb}}$ (°C)	$\Delta H_{\text{f}}^{\circ}$ (kJ/mol)	$\mu$ (debye)
<i>cis</i> -N <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	< -195	-105	69,5	0,18
<i>trans</i> -N <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	-172	-11.4	82	0,00

## COMPOSTI DELL'AZOTO: ALTRI ALOGENURI

### **Cloruri, NCl<sub>3</sub>**

Liquido denso, volatile, altamente reattivo ed esplosivo.

Rapidamente idrolizzato dall'umidità:



### **Bromuri, NBr<sub>3</sub>**

Solido volatile rosso scuro, sensibile alla temperatura

### **Ioduri, NI<sub>3</sub>**

Mai isolato puro.

Con ammoniaca forma l'addotto esplosivo  $[\text{NI}_3 \cdot \text{NH}_3]_n$