

MASARYKOVA UNIVERZITA V BRNĚ

PEDAGOGICKÁ FAKULTA

KATEDRA CHEMIE

Dusík

Anorganická chemie 2,

Vypracovala: **Martina Vlková**

V Brně, 19. 10. 2016

*Čestně prohlašuji, že jsem tuto práci vypracovala samostatně a pouze za využití pramenů,
zmíněných v závěru práce.*

Úvod

Dusík je **nehořlavý** (proto název dusík – „dusí plamen“). Řadí se spolu s P, As, Sb a Bi do pravé části periodické tabulky k nepřechodným prvkům a také do 15. (V.A) skupiny, tzv. **pentelům**. Díky své malé reaktivitě se dusík vyskytuje převážně volný ve vzduchu, kde ho tvoří 78 objemových procent.

Dále je dusík velmi významný **biogenní prvek**, slouží jako stavební prvek bílkovin.

Grupo →	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
↓ Período																		
1	1 H																	2 He
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6	55 Cs	56 Ba		72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
7	87 Fr	88 Ra		104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Uut	114 Fl	115 Uup	116 Lv	117 Uus	118 Uuo
Lantanideos	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu			
Actinideos	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr			

Historie

Dusík byl objeven v roce **1772 Danielem Rutherfordem** (1749-1819) při pokusech na myších; dusík dále studovali **C. W. Scheele**, **J. Priestley** a **H. Cavendish**. Latinský název vznikl spojením řeckého slova *nitron* a *gennau* (= zásaditou látku tvořící), anglický název navrhl v roce 1790 **J. A. C. Chaptal**. **A. L. Lavoisier** dával přednost názvu „azot“ pocházející z řeckého slova *azotikos* (= bez života) vzhledem k dusivým vlastnostem plynu.

- **1790 – J. A. C. Chaptal** navrhl název **nitrogen**; prvek je součástí HNO_3 a NO_3^- (řecky *nitron*, *gennan* = tvořit).
- **1772 – J. Priestley** připravil N_2O a ukázal, že podporuje hoření. Roku **1774** izoloval plynný NH_3 pomocí Hg v pneumatické vaně.
- **1809 – J. L. Gay Lussac** připravil první adukt typu donor-akceptor $\text{NH}_3 \cdot \text{BF}_3$.

- **1811** – **P. L. Dulong** připravil NCl_3 (při studiu jeho vlastností přišel o oko a 3 prsty).
- **1828** – **F. Wöhler** připravil močovinu z NH_4CNO .
- **1832** – **J. von Liebig** připravil nitrido-dichlorid fosforečný $(\text{NPCl}_2)_x$ zahřátím NH_3 nebo NH_4Cl s PCl_5 .
- **1835** – **M. Gregory** připravil S_4N_4 .
- **1862** – rozpoznán význam N_2 v půdě pro zemědělství.
- **1864** – **W. Weyl** referoval o schopnostech kapalného NH_3 rozpouštět kovy za vzniku barevných roztoků.
- **1886** – prokázána fixace N_2 organismy v kořenových hlízách.
- **1887** – **T. Curtis** poprvé izoloval hydrazin, **1890** z něj připravil HN_3 .
- **1895** – Franckův-Caroův postup výroby CaCN_2 (první průmyslový postup využívající vzdušný N_2).
- **1900** – Birkelandova-Eydeova průmyslová oxidace N_2 na NO sloužící k výrobě HNO_3 (zastaralý postup).
- **1906** – **F. Raschig** připravil krystalickou kyselinu amidosírovou HSO_3NH_2 .
- **1929** – **S. M. Naudé** objevil izotop dusíku ^{15}N .
- **1958** – **S. G. Shore** a **R. W. Parry** – připravili $\text{NH}_3\cdot\text{BH}_3$, izoelektronový s ethanem.
- **1965** – **A. D. Allan** a **C. V. Senoff** připravili první komplex s ligandem N_2 .


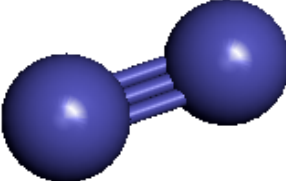
Vlastnosti

Dusík, latinsky **Nitrogenium**, se značí **N** s protonovým číslem 7 a relativní atomovou hmotností 14,00674 g/mol. Chemický prvek dusík je bezbarvý, dvouatomový plyn bez zápachu a chuti. Molekulový dusík je velmi málo reaktivní, protože jeho molekuly jsou tvořeny dvěma atomy vzájemně vázanými velice pevnou **trojnou vazbou**, která je příčinou jeho malé reaktivity. Je tedy velmi stabilní a štěpí se až za vysokých teplot (asi 4000 °C). Díky této vlastnosti se dusík využívá k vytváření inertní atmosféry. Naopak atomový dusík je velmi reaktivní. Díky své vysoké elektronegativitě se může podílet na tvorbě **vodíkových můstků**.

Přírodní N je tvořen 2 izotopy: ^{14}N (99,634 %) a ^{15}N (0,366 %)

Reaktivita dusíku roste s rostoucí teplotou, kdy se přímo slučuje s Be, s kovy alkalických zemin, B, Al, Si a Ge za vzniku nitridů. Za žáru s vodíkem vzniká NH_3 a s koksem dikyan (CN)₂.

Dusík se váže téměř se všemi prvky periodické tabulky s výjimkou vzácných plynů (kromě Xe). **Vaznost dusíku je maximálně 4**, i když jsou známy struktury, ve kterých má atom N koordinační číslo 6 nebo 8.

název	Dusík	 <p>Tekutý dusík</p>  <p>Molekula dusíku (trojná vazba)</p>
latinsky	Nitrogenium	
anglicky	Nitrogen	
značka	N	
protonové číslo	7	
relativní atomová hmotnost	14,00674	
elektronová konfigurace	$[\text{He}] 2s^2 2p^3$	
teplota tání	-210,1 °C	
teplota varu	-195,79 °C	
skupina	15 (V.A)	
perioda	2	
skupenství (při 20 °C)	plynné	
oxidační čísla ve sloučeninách	-3, +1, +2, +3, +4, +5	

Laboratorní příprava a výroba

V laboratoři se dusík připravuje tepelným rozkladem **dusitanu amonného** (NH_4NO_2).



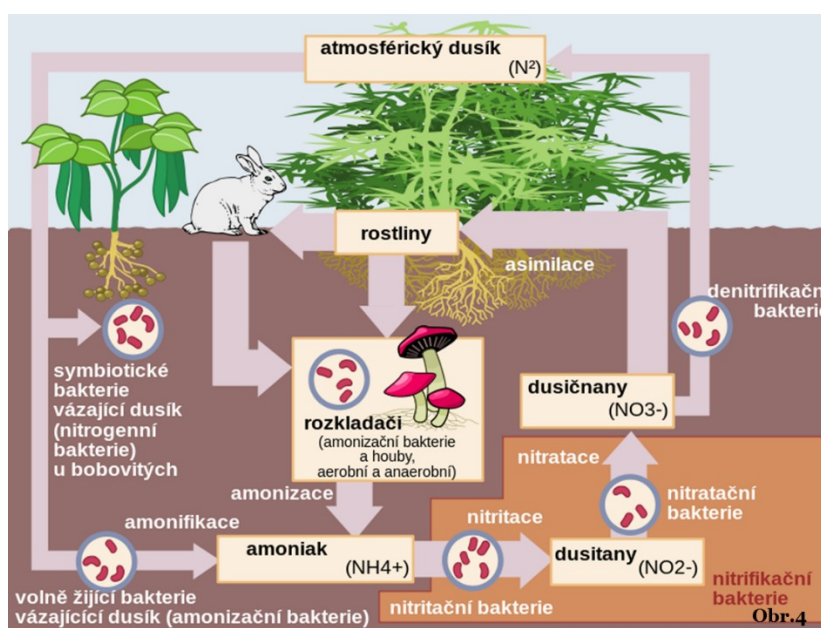
Průmyslová výroba

Průmyslově se dusík vyrábí **frakční destilací** zkapalněného vzduchu.

Výskyt

Dusík se v přírodě vyskytuje **volný** nebo **vázaný**. Vzduch, který nás obklopuje, je tvořen ze **78 obj. %** tímto plynem. I přes jeho malou reaktivitu je dusík vázán v celé řadě přírodních sloučenin – soli kyseliny dusičné – **NaNO₃** – **čilský ledek**.

Koloběh dusíku v přírodě



Využití

Samotný dusík byl v době objevu identifikován jako součást vzduchu, většího uplatnění dosáhly sloučeniny dusíku např. při výrobě **střelného prachu**, později jako paliva raketových motorů, při výrobě barviv, léčiv a hnojiv.

Dusík, který se skladuje a převáží stlačený v ocelových lahvích označených zeleným pruhem, se používá především k výrobě **amoniaku** (NH_3), **kyseliny dusičné** (HNO_3) a různých průmyslových hnojiv, například **čilský ledek** ($NaNO_3$ – dusičnan sodný), **dusičnan amonný** (NH_4NO_3), atd. Díky své malé reaktivitě se využívá také k vytváření inertní atmosféry (použití např. při skladování velmi reaktivních alkalických kovů).



Ve velkém se používá k **proplachování petrochemických reaktorů** a jiných chemických zařízení. Dále se používá jako inertní ředilo chemikálií, při výrobě plaveného skla a jako ochrana před oxidací taveniny cínu.

Kolem 10 % vyrobeného dusíku se používá jako **chladivo** při mletí materiálů, které jsou za normální teploty měkké nebo gumovité, k obrábění pryže za nízké teploty, k montáži technických konstrukcí ve smrštěném stavu, k ochranně biologických vzorků (krev, sperma apod.) a jako prostředek do lázně o konstantní teplotě -196°C .

Dezoxidovaný dusík se v chemickém průmyslu také používá pro inertizaci zařízení a jako **balicí plyn E 941** v potravinářství. Přímá vysokotlaká syntéza **čpavku** z dusíku a vodíku na železném katalyzátoru, podle Habera a Bosche, je jednou z nejdůležitějších chemických výrob vůbec. Za její praktické zvládnutí byl **Fritz Haber** oceněn Nobelovou cenou za chemii 1918.

Amoniak (NH_3) slouží jako hnojivo a chladivo, ale zejména jako základní surovina pro celou řadu dalších chemických výrob, z nichž nejdůležitější je výroba kyseliny dusičné a jejích solí, močoviny a kyanovodíku. Čpavek společně s kyselinou sírovou tvoří dodnes základ moderní průmyslové chemie.

Kapalný dusík se často používá i při mražení potravin; k chlazení během přepravy; ke značkování dobytka; ke zmrazování obsahu potrubí místo ventilu pro přerušení průtoku; ke zmrazování zeminy pro zpevnění nestabilního základu při tunelování nebo hloubení.



Potravinářský průmysl

V potravinářském průmyslu se dusík používá:

- k prodloužení skladovatelnosti balených potravin zabráněním kažení oxidací, růstem plísní, migrací vlhkosti a napadením hmyzem;
- při termoregulaci a chlazení potravin;
- při rychlém zmrazení (kryogenní zmrazování a IQF) potravin;
- pro odstraňování plynů z kapalin;
- pro pneumatickou dopravu složek a vytvoření inertní atmosféry v nádobách na skladování potravin;
- k chlazení kazících se výrobků během dopravy;

- při balení v modifikované atmosféře;

Ropný průmysl

V ropném průmyslu se dusík používá:

- ke zlepšení regenerace a udržení tlaku v ropných a plynových ložiskách;
- jako krycí plyn ve skladovacích nádržích a při nakládání/vykládání produktů;
- k proplachování potrubí;
- k odstraňování těkavých organických sloučenin (VOC) z odpadních toků nebo k chlazení větracích toků;

Výroba kovů

Ve výrobě kovů se dusík používá:

- k ochraně kovů, jako je ocel, měď a hliník, během procesu žhání, nauhličování a sintrování ve vysokoteplotních pecích;
- k chlazení matric při tváření a lisování;
- při uložení kovových dílů za tepla;

Přehled sloučenin

1. bezokyslíkaté sloučeniny

NH_3 – amoniak, bezbarvý a štiplavý plyn, který leptá sliznici

NH_4Cl - chlorid amonný (**salmiak**) používá se při pájení a v suchých bateriových člancích

$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ - síran amonný, průmyslové hnojivo

NH_4NO_3 - dusičnan amonný, průmyslové hnojivo **ledek amonný s vápencem** (směs

NH_4NO_3 a CaCO_3)

$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ - uhličitán amonný, součást kypřících prášků

amidy - aniont NH_2^- , např. NaNH_2

imidy - aniont NH^{2-} , např. CaNH

nitridy - aniont N^{3-} , např. **BN**

NCl_3 - chlorodusík

NI_3 - jododusík

HN_3 - kyselina azidovodíková nestálá explozivní kapalina

NH_4CNO – močovina

2. kyslíkaté sloučeniny

a) oxidy

N_2O – oxid dusný, tzv. "**rajský plyn**" používaný při operacích k anestezii

NO – oxid dusnatý, bezbarvý

N_2O_3 – oxid dusitý

NO_2 – oxid dusičitý, hnědočervený plyn, který má charakteristický zápach; silně jedovatý

b) kyseliny

HNO_2 – kyselina dusitá, slabá kyselina

HNO_3 – kyselina dusičná, silná kyselina; uchovává se v tmavých lahvích, protože se působením světla rozkládá

c) solí kyseliny dusičné (NO_3^-)

KNO_3 – dusičnan draselný (**draselný ledek**), průmyslové hnojivo

NaNO_3 – dusičnan sodný (**chilský ledek**), průmyslové hnojivo

NH_4NO_3 – dusičnan amonný (**amonný ledek**), průmyslové hnojivo

Nitridy, azidy a nitrodikomlexy

1. Nitridy – dělení do čtyř skupin na:

- iontové
- kovalentní
- diamantového typu
- kovové (intersticiální)

Vzorce těchto sloučenin lze zapsat iontově pomocí částic N^{3-} , avšak je nepravděpodobné, že by separace náboje úplná, např.: Li_3N a M_3N_2 ($\text{M} = \text{Be}, \text{Mg}, \text{Ca}, \text{Sr}$ a Ba).

Díky svým vlastnostem se používají na výrobu kelímků, vysokoteplotních reakčních nádob, pouzder termoelektrických článků apod.

2. Azidy

Naproti tomu azidy NaN_3 , KN_3 atd. jsou dobře charakterizovány jako **krystalické soli**, které tají za částečného rozkladu.

Azidy se vyznačují symetrickou lineární skupinou N_3^- ($\text{N}^- = \text{N}^+ = \text{N}^-$)

Azidy kovů podskupin B (např. AgN_3 , $\text{Cu}(\text{N}_3)_2$ a $\text{Pb}(\text{N}_3)_2$) jsou citlivé na náraz a snadno detonují. Jsou daleko méně iontové a mají složitější strukturu.

Jsou známy též sloučeniny o jiném složení, např.: Ca_2N , Ca_3N_4 a Ca_{11}N_8

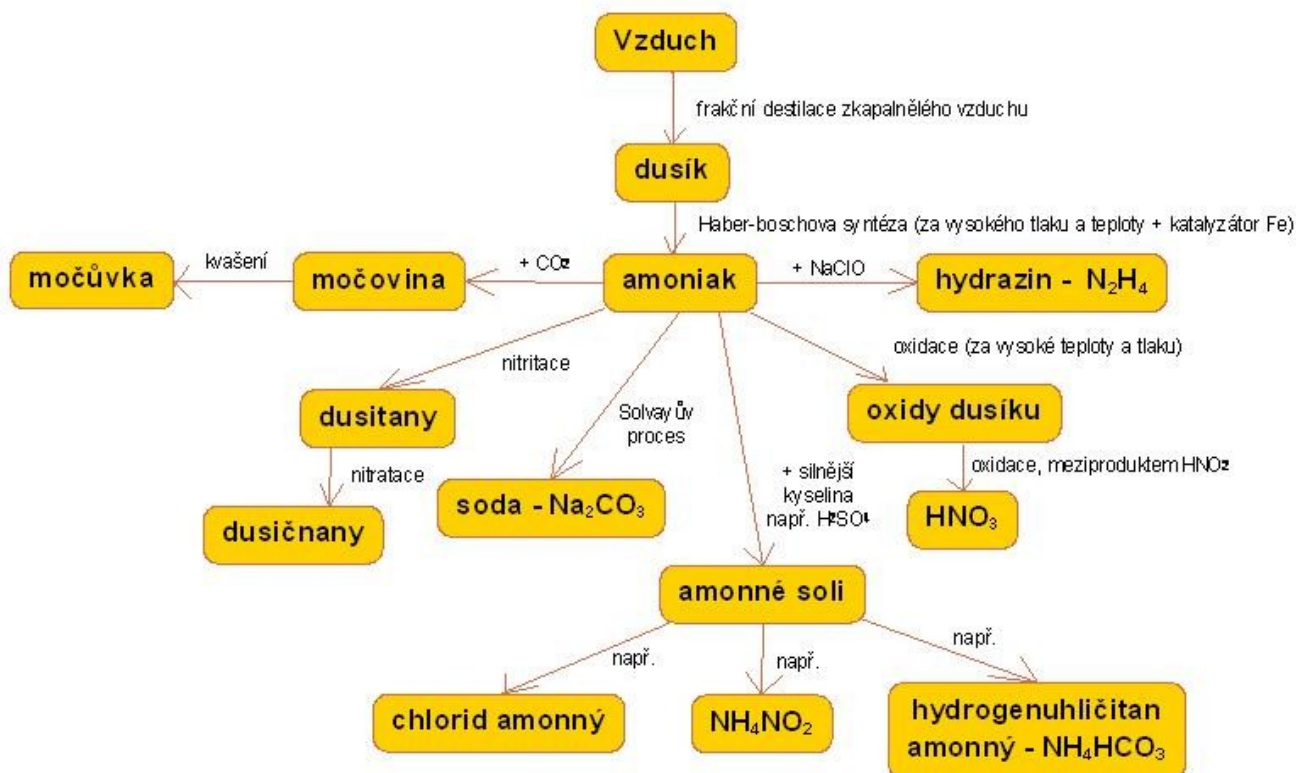
3. Nitridokomplexy

Nitridový ion N^{3-} je vynikajícím ligandem zvláště vůči přechodným kovům druhé a třetí řady. Je považován za daleko nejsilnější π -donor elektronů, druhým nejsilnějším je izoelektronový ion O^{2-} .

Nitridové komplexy se obvykle připravují **tepelným rozkladem azidů** (např. azido-fosfinové komplexy V^{V} , Mo^{VI} , W^{VI} , Ru^{VI} a Re^{V}) nebo deprotonizací NH_3 (např. $[\text{OsO}_4 \rightarrow \text{OsO}_3\text{N}]^-$).

Většina komplexů obsahuje koncovou skupinu $[\equiv\text{N}]^{3-}$, jako např. $[\text{VCl}_3\text{N}]^-$, $[\text{MoO}_3\text{N}]^-$, $[\text{WCl}_5\text{N}]^{2-}$ apod. Jiné vazebné způsoby se uskutečňují lineárním symetrickým můstkem, jako např. v $[(\text{H}_2\text{O})\text{Cl}_4\text{Ru}-\text{N}-\text{RuCl}_4(\text{H}_2\text{O})]^{3-}$

Schéma vzniku dusíkatých sloučenin



Seznam literatury:

1. Jančář, L. *Periodická soustava prvků*, 2. dotisk 1. vydání, vydala Masarykova univerzita, 2015, 154 s, ISBN 978-80-210-6621-2
2. Klikorka J., Hájek B., Votinský J.: *Obecná a anorganická chemie*, SNTL, Praha 1985.
3. <http://e-chembook.eu/pentely-skupina-dusiku>
4. <http://www.tabulka.cz/prvky/ukaz.asp?id=7>
5. <http://www.prvky.com/7.html>
6. <http://www.ped.muni.cz/wchem/sm/hc/hist/chemlat/dusik.html>
7. <http://www.ceskeminipivovary.cz/nabidka/vyroba/komponenty-pivovaru/podpurna-zarizeni/redukni-ventily/>
8. <http://www.siad.com/repceca/pagina.asp?m=4&id=268>