

Investice do rozvoje vzdělávání

Inovace profesní přípravy budoucích učitelů chemie

CZ.1.07/2.2.00/15.0324

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.



Investice do rozvoje vzdělávání

Výbušniny

Jiří Kameníček

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

Osnova

1. Úvod do problematiky výbušnin

1.1 Historie, základní pojmy

1.2 Klasifikace výbušnin

2. Syntéza a použití výbušnin

2.1 Nitrace

2.2 Trhaviny

2.3 Střeliviny

2.4 Třaskaviny

3. Vybrané pokusy k tématu

4. Přehled použité literatury a internetových odkazů

Základní pojmy

Výbušniny definujeme obecně jako látky, které jsou schopny velmi rychlé (explozivní) přeměny během zlomku sekundy. Při výbuchu probíhá chemická reakce (rozklad látky) a uvolňuje se přitom zpravidla velké množství různých plynů (např. N₂, CO, CO₂, H₂O)

- Z historie je známo, že až do konce 80. let 19. stol. byl jedinou významnou výbušninou tzv. černý střelný prach. Jde o jemnou směs draselného ledku, síry a dřevného uhlí; při explozi probíhá reakce :



- Každá výbušnina je charakterizována řadou fyzikálně-chemických parametrů. Mezi nejdůležitější patří:

a) Detonační rychlost v - u používaných látek ve vojenství bývá v rozmezí 6000–8000 m/s; u průmyslových trhavin do 5000 m/s

b) Uvolněná energie při výbuchu Q – s hodnotami nad 900 kcal/kg

Klasifikace výbušnin

Podle způsobu použití:

- Trhaviny (málo citlivé, k výbuchu je nutná roznětka) – např. dynamit
- Střeliviny (prachy, k výstřelu střely z hlavně) – např. bezdýmný prach
- Třaskaviny (citlivé na náraz, jiskru; užití jako rozbušky) – např. azidy

Podle chemického složení:

- Chemická individua

Nitrosloučeniny (obsahují R_3C-NO_2) – např. trinitrotoluen (TNT)

Estery HNO_3 (s alkoholy, $R_3C-O-NO_2$) – např. nitroglycerín

Nitraminy (obsahují R_2N-NO_2) – např. hexogen

Výbušné soli kyselin – např. od HNO_3 , $HClO_3$, $HClO_4$

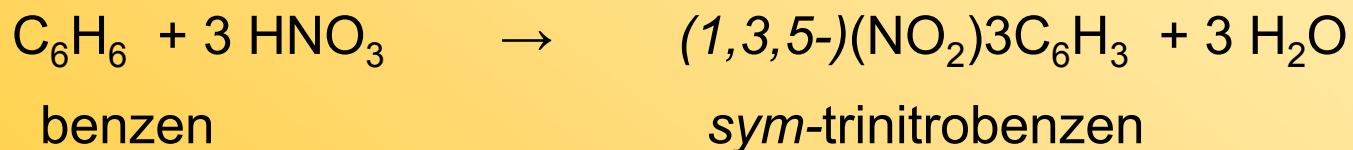
Sloučeniny azoimidu (obsahují skupinu N_3^-) – např. AgN_3

Ostatní (acetylidy, fulmináty aj.)

- Směsi (např. amatoly: TNT + NH_4NO_3 + hexogen)

Nitrace

- Principem nitračních reakcí je vpravování funkční skupiny $-\text{NO}_2$ do molekul (organických) látek pomocí tzv. nitrační směsi (=směs konc. $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$)
- Význam mají především aromatické nitroderiváty, např.



Poznámka.

Zjednodušená interpretace, že kyselina sírová pouze „váže“ vzniklou vodu, je nepřesná – ve skutečnosti jde o tzv. elektrofilní substituci, kdy zpočátku probíhá reakce

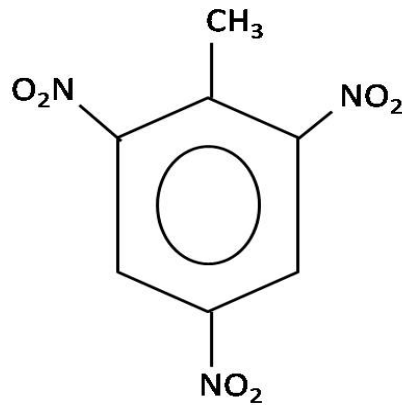


Nitrosloučeniny

„**Tritol**“, **TNT**: 2,4,6-trinitrotoluen, ($v = 7400 \text{ m/s}$; $Q = 950 \text{ kcal/kg}$)

Výroba: Nitrací toluenu do 3. stupně.

Vlastnosti: Nažloutlé jehlice, teplota tání 80°C . Referenční látka pro ekvivalent atomových bomb.



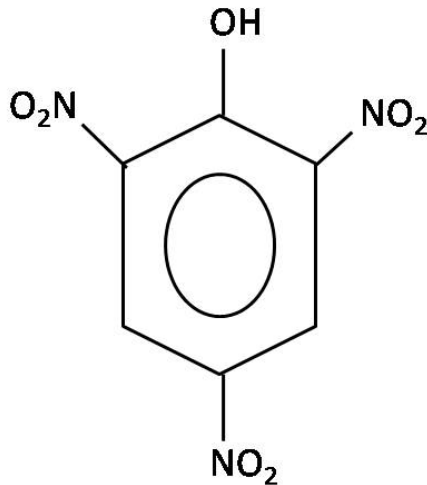
Nitrosloučeniny

„Ekrazit“, kyselina pikrová: 2,4,6-trinitrofenol

($v = 7000 \text{ m/s}$; $Q = 1000 \text{ kcal/kg}$)

Výroba: Nitrací fenolu do 3. stupně.

Vlastnosti: nažloutlé krystalky hořké chuti, teplota tání 122°C .

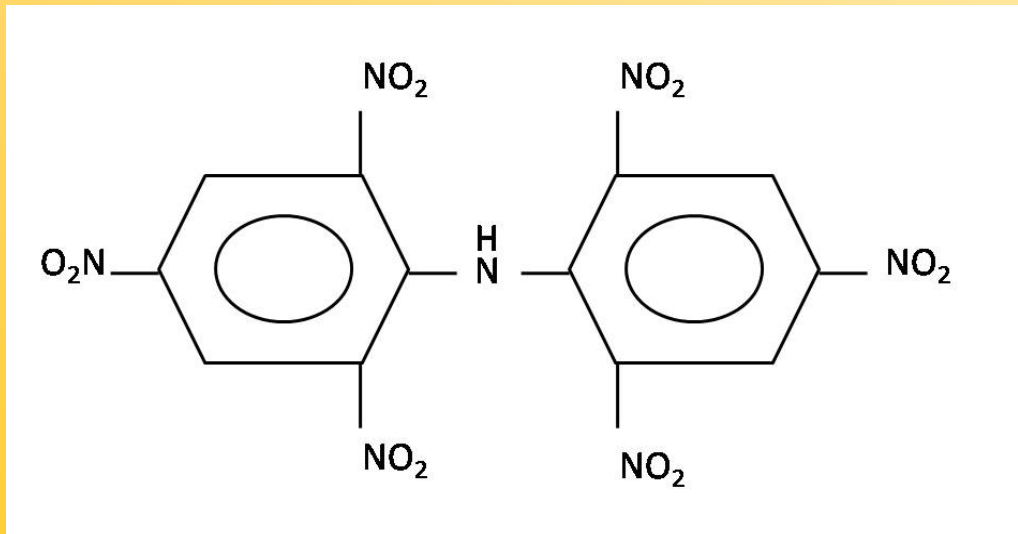


Nitrosloučeniny

„**Hexyl**“, *sym*-hexanitrodifenylamin ($v = 7100 \text{ m/s}$; $Q = 1025 \text{ kcal/kg}$)

Výroba: Kompletní nitrací difenylaminu.

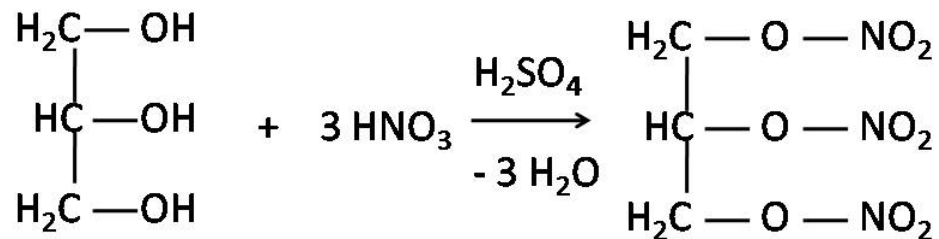
Vlastnosti: Žluté jehličky, velice citlivé k nárazu (náplně torpéd)



Nitroestery

Nitroglycerín (správně: trinitrát glycerolu), $v=8000$ m/s; $Q=1500$ kcal/kg

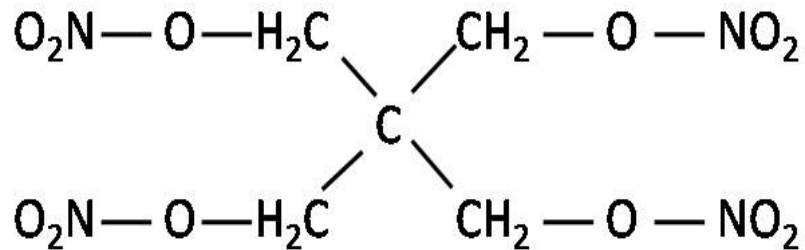
Nitroglycerín se vyrábí úplnou nitrací glycerolu:



Vlastnosti: Bezbarvá jedovatá viskózní kapalina nasládlé chuti, nerozpustná ve vodě.

Nitroestery

Pentrit (pentaerythrit-tetranitrát) $v = 8000 \text{ m/s}$; $Q = 1530 \text{ kcal/kg}$:



Na bázi pentritu s butadienstyrénovým kaučukem jsou založeny tzv. plastické trhaviny (SEMTEX).

Složení Semtexu: **Semtex 1A** / **Semtex H**

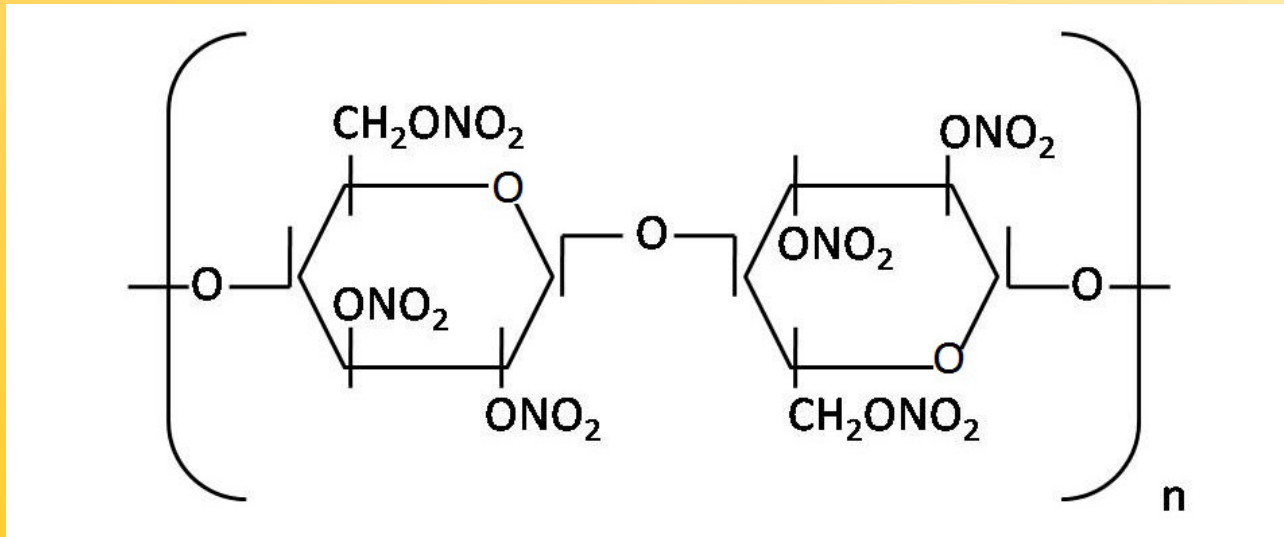
- pentrit **76 %** / **40,9 %**
- hexogen **4,6 %** / **41,2 %**
- pojivo Styren-butadienový kaučuk **9,4 %** / **9 %**
- změkčovadlo n-oktyl-ftalát, butylcitrát **9 %** / **7,9 %**
- antioxidant N-fenyl-2-naftylamin / N-fenyl-2-naftylamin
- barvivo **Sudan IV** (červené) / **Sudan I** (žlutooranžové)



Nitroestery

Nitrocelulóza (nitrát celulózy); $v = 7000 \text{ m/s}$; $Q = 950 - 1025 \text{ kcal/kg}$

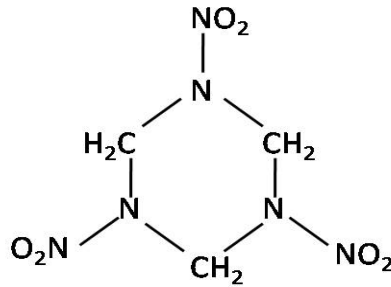
Nitrocelulóza vzniká nitrací polysacharidu celulózy (velmi čisté) do obsahu cca 14% dusíku (což odpovídá „trinitrátu“ celulózy):



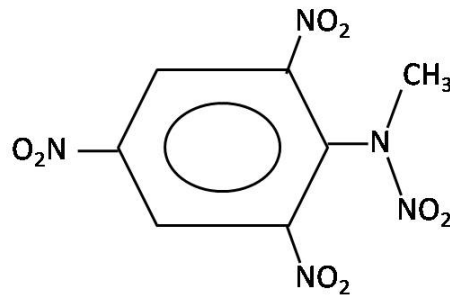
Nitraminy

Jde o sloučeniny, obsahující funkční skupinu $=\text{N}-\text{NO}_2$.

Příklad: **Hexogen** (cyklotrimethyltrinitramin) $v=8000\text{m/s}$; $Q=1390\text{kcal/kg}$

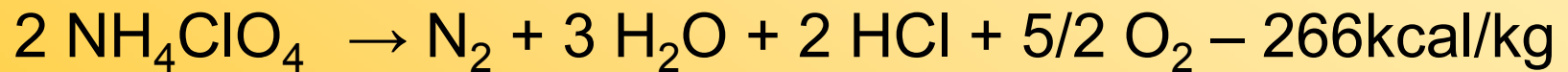
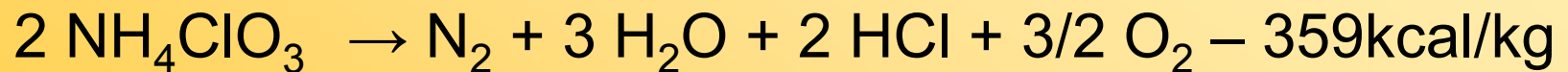
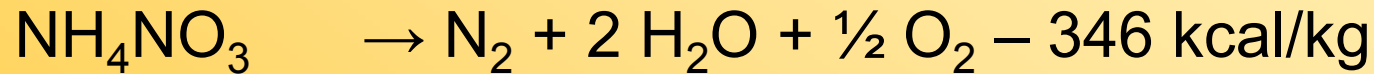


Tetryl (2,4,6-trinitrofenyl-methyl-nitramin) $v = 7500 \text{ m/s}$; $Q = 1100 \text{ kcal/kg}$



Výbušné soli kyselin

Výbušné soli – rovnice vybraných výbušných reakcí

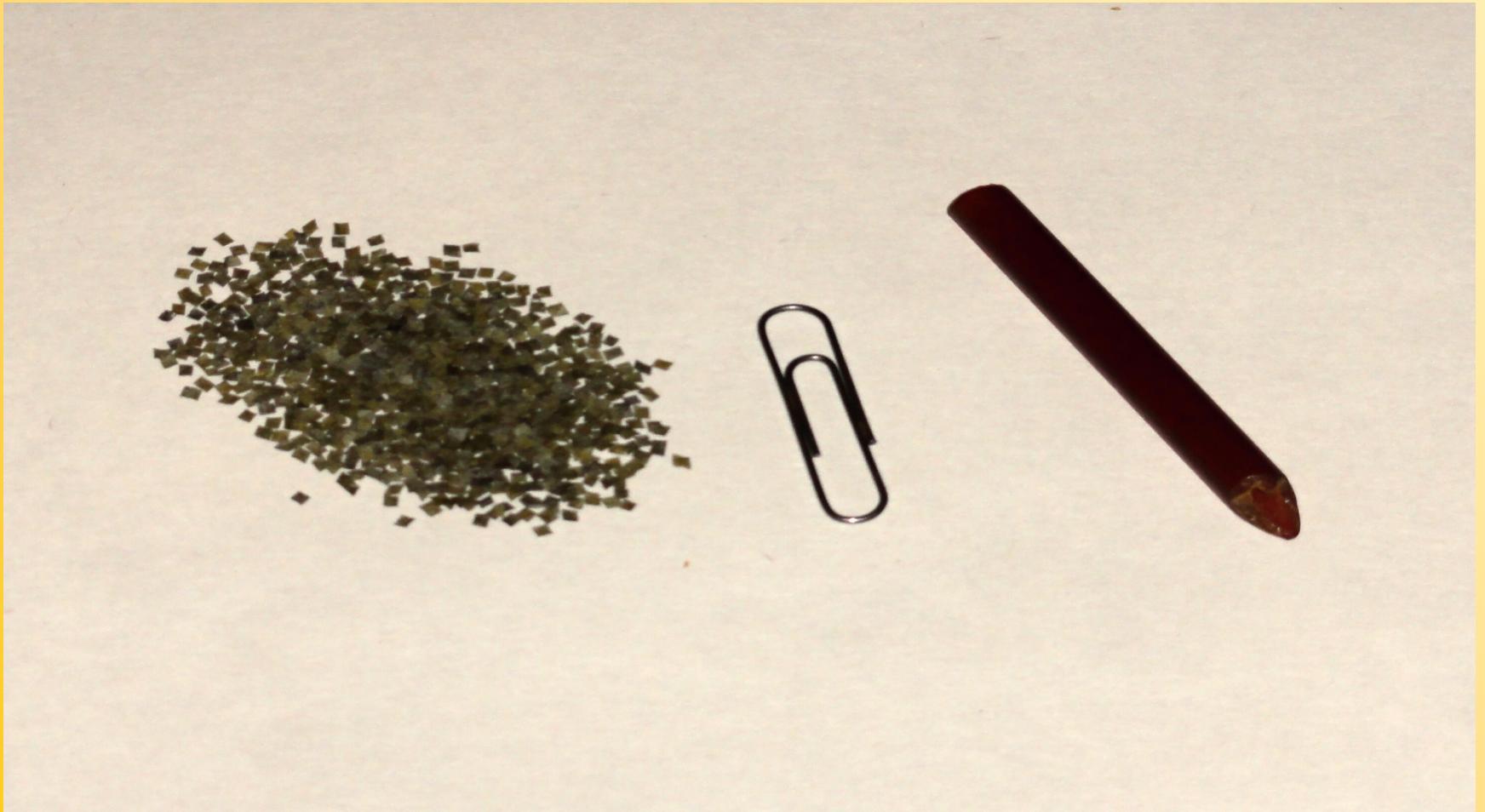


Bezdýmný střelný prach

($v = 3800 - 7000$ m/s; $Q = 700 - 950$ kcal/kg)

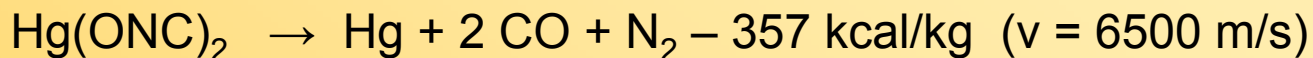
- Výroba vychází z nitrocelulózy a nitroglycerínu.
- Problémem při použití byl obrovský tlak při explozi, který může vést až k roztržení hlavně. Proto se nitrocelulóza zpočátku rozpouštěla v organických rozpouštědlech (ether, aceton), po jejichž odpaření vznikne „blána“, hořící pomaleji.
- R. 1888 A. Nobel navrhl rozpouštět nitrocelulózu v nitroglycerínu (vznikl tzv. „balistit“), takže běžná hlaveň děla „vydržela“ až 1700 výstřelů; přidáním nitrodiglykolu se výdrž zvýšila až přes 10 000 výstřelů.
- Vyroběný prach se expeduje ve formě malých šupinek či destiček nebo se lisuje do tyčinek.

Bezdýmný střelný prach z náboje do samopalů (vlevo) a dělostřelecký prach slisovaný do trubičky (vpravo)

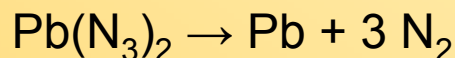


Třaskaviny

Fulmináty

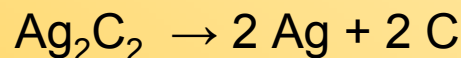


Azidy



Acetylidy

Praktický význam má acetylid měďný $\text{Cu}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{Cu}$ a stříbrný $\text{Ag}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{Ag}$



Bertholetovo třaskavé stříbro Ag_3N

POZOR ! Tato látka může vzniknout při Tollensově reakci ve zkumavce



Tetranitrid tetrasíry: S_4N_4

Jododusík: $\text{NI}_3 \cdot n\text{NH}_3$

Jednoduché ilustrační pokusy

Všechny dále uvedené experimenty je možné provádět pouze v digestoři za asistence a pod odborným dohledem učitele a za použití ochranných prostředků (obličejový štít) !

1/ Příprava černého střelného prachu a jeho zapálení

Na papíře důkladně promícháme směs: malou lžičku KNO_3 , půl lžičky jemně práškové síry a čtvrt lžičky rozetřeného dřevěného uhlí. Tuto směs nasypeme do železné misky na písku a zapálíme špejlí. Pozorujeme prudkou exotermní reakci.

2/ Explozivní reakce chlorečnanu s práškovou sírou (fosforem) -video

- Pouhým volným přesypáváním na papíře bez doteku smícháme malá množství (jen na špičku špachtle !) KClO_3 a stejné množství práškové síry (nebo červeného fosforu). Směs opatrně zabalíme do tenkého papíru, položíme na pevnou podložku (betonová dlažba) a úderem kladívka přivedeme k explozi.
- Rovnice výbušné reakce: $2 \text{KClO}_3 + \text{S} \rightarrow 2 \text{KCl} + 3 \text{SO}_2$



3/ Zapálení střelné bavlny

- Střelná bavlna je vlastně nitrát celulózy, který lze připravit reakcí chomáčku vaty (1 g) s nitrační směsí (10 cm³ konc. H₂SO₄ + 10 cm³ konc. HNO₃) v kádince po dobu cca 20 min.
- Pak vatu vyjmeme, propereme vodou a volně usušíme. Kousek produktu zapálíme a pozorujeme, jak prudce shoří



Přehled použité literatury a internetových odkazů

Literatura:

- Urbaňski T.: Chemie a technologie výbušnin I – III, SNTL Praha 1958
- Babák Z., Vrábel Z.: Chemie – vybrané kapitoly, scrpt. VA Brno, 1994
- Klečková M., Šindelář Z.: Školní pokusy z anorganické a organické chemie, UP Olomouc, 2007

Internetové odkazy:

- <http://cs.wikipedia.org/wiki/V%C3%BDbu%C5%A1nina>
- <http://www.jergym.hiedu.cz/~canovm/vybusnin/vybusnin.htm>
- http://www.google.cz/search?q=semtex+trhavina&hl=cs&rlz=1T4ADRA_csCZ422CZ435&prmd=imvns&source=lnms&tbm=isch&ei=dZYM7n_DefE4gTHn9D6DA&sa=X&oi=mode_link&ct=mode&cd=2&ved=0CBIQ_AUoAQ&biw=1280&bih=563



Investice do rozvoje vzdělávání

Konec

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.