



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Jméno autora: Mgr. Ladislav Kažimír

Datum vytvoření: 18.05.2013

Číslo DUMu: VY_32_INOVACE_11_Ch_OCH

Ročník: II.

Vzdělávací oblast: Přírodovědné vzdělávání

Vzdělávací obor: Chemie

Tematický okruh: Organická chemie

Téma: Alkoholy

Metodický list/anotace:

Prezentace je určena pro téma **Alkoholy** v rozsahu SŠ.

Zopakování základních fyzikálních a chemických vlastností, reakcí a výskytu.

Seznámení studentů se systematickým názvoslovím i triviálním, lze doplnit o další příklady. Typičtí zástupci, jejich vlastnosti, průmyslová výroba a využití.

HYDROXYDERIVÁTY

ALKOHOLY

- ❑ ALKOHOLY, PŘÍPRAVA A VÝROBA
- ❑ NÁZVOSLOVÍ ALKOHOLŮ
- ❑ FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI
- ❑ CHEMICKÉ VLASTNOSTI
- ❑ METHANOL
- ❑ ETHANOL
- ❑ PROPANOL
- ❑ BUTANOL
- ❑ CERYLALKOHOL
- ❑ GLYKOL (ETHAN-1,2-DIOL)
- ❑ GLYCEROL (PROPAN-1,2,3-TRIOL)
- ❑ BENZYLALKOHOL

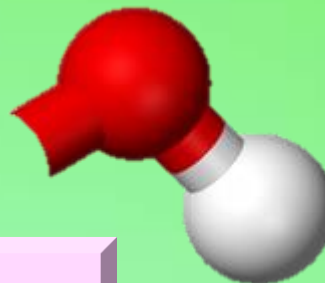
Alkoholy

Hydroxyderiváty

☐ Alkoholy jsou nearomatické hydroxylové deriváty uhlovodíků - skupina -OH na C, který není součástí benzenového jádra.

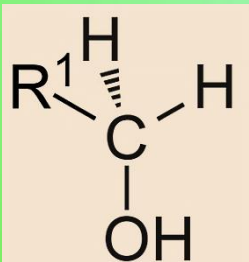
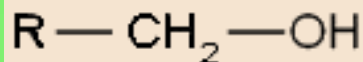
☐ charakteristická skupina

-OH

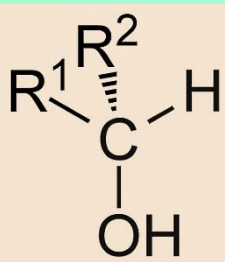
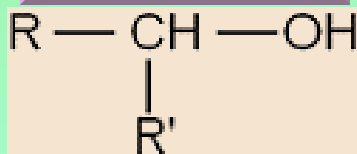


☐ dělíme dle jejich struktury na primární, sekundární, terciární

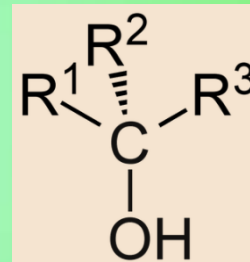
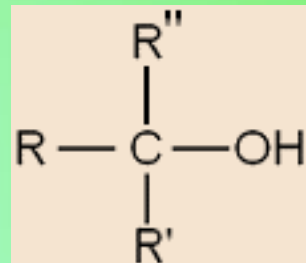
RCH_2OH



R_2CHOH



R_3COH



Alkoholy

❑ Příprava a výroba alkoholů

- kvašení cukerných roztoků



- hydrolýza škrobu

- adice vody na nenasycené uhlovodíky



- působením zředěných roztoků hydroxidů na halogenderiváty

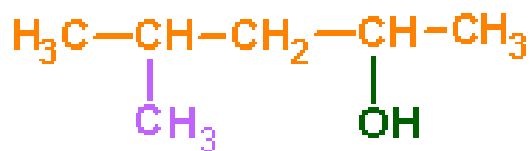


- působením roztoků alkalických uhličitů na halogenderiváty

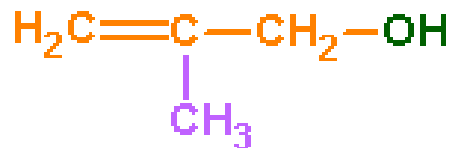
- redukce aldehydů a ketonů

Názvosloví alkoholů

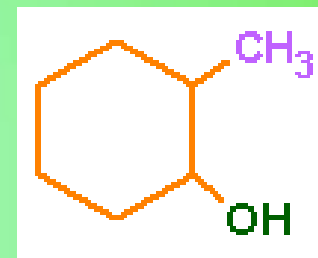
- ❑ složením názvu základního uhlovodíku s příponou **-ol**
- ❑ složením názvu uhlovodíkového zbytku s příponou **-alkohol**
- ❑ Charakteristická skupina -OH má při číslování uhlovodíkového řetězce přednost před alkylem, násobnou vazbou, halogenem, nitroskupinou a aminoskupinou.
- ❑ Vyšší prioritu však mají karboxylové a sulfonové kyseliny.



4-methylpentan-2-ol



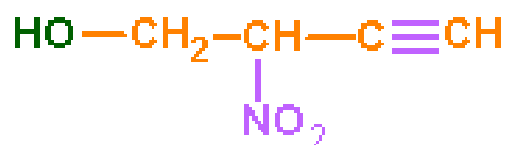
2-methylprop-2-en-1-ol



2-methylcyklohexan-1-ol



3-bromopropan-1-ol



2-nitrobut-3-yn-1-ol



Fyzikální vlastnosti

- ☐ prvních dvanáct homologické řady jsou kapaliny
- ☐ alkoholy s počtem atomů uhlíku 12 více jsou pevné látky
- ☐ methanol, ethanol a propanol se neomezeně mísí s vodou
- ☐ s rostoucím počtu atomů C v jejich molekule, v ní čím dál méně rozpouštějí
- ☐ s klesající rozpustností ve vodě se zvyšuje rozpustnost v nepolárních rozpouštědlech (cyklohexan, chloroform)
- ☐ samotné alkoholy jsou dobrými rozpouštědly
- ☐ alkoholy mají, oproti uhlovodíkům o stejném počtem C, vyšší body tání i varu, a to díky vodíkovým můstkům

Chemické vlastnosti

- ❑ alkoholy jsou slabé kyseliny mající schopnost odštěpovat proton



- ❑ mohou reagovat rovněž se silnějšími kyselinami



- reakcí alkoholu se silnějšími kyselinami vzniká alkoxoniová sůl

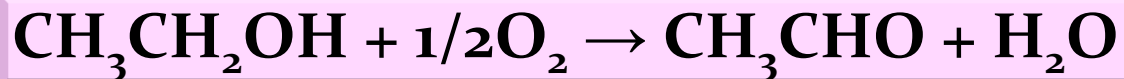
- proto je řadíme mezi amfoterní látky

- ❑ primární a sekundární alkoholy se snadno oxidují

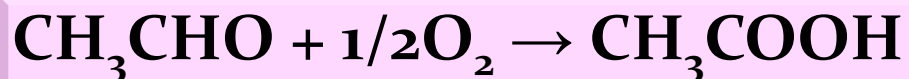
- ❑ k oxidaci alkoholů terciárních vzhledem k jejich vysoké stabilitě nedochází

Chemické vlastnosti

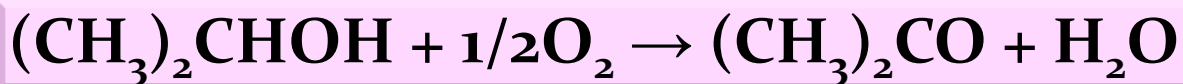
- oxidací primárních alkoholů vznikají nejprve **aldehydy**



- aldehydy se mohou dále oxidovat až na **karboxylové kyseliny**



- oxidací sekundárních alkoholů vznikají **ketony**



Oxidace alkoholů			
Alkohol	primární	sekundární	terciární
Oxidace produkt I	Aldehydy	Ketony	žádná reakce
Oxidace produkt II	Karboxylové kyseliny	žádná reakce	

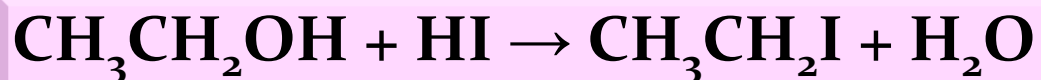


Chemické vlastnosti

☐ pro alkoholy je charakteristickou reakcí **substituce nukleofilní S_N**

➤ díky volným elektronovým párům na atomu kyslíku

➤ působením halogenovodíkových kyselin vznikají halogenderiváty

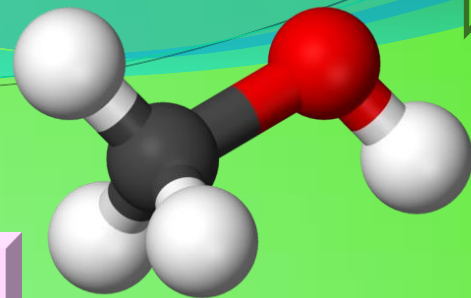
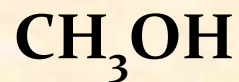


☐ dehydratace - odštěpování vody z molekuly

➤ působením dehydratačního činidla - koncentrovaná H_2SO_4



Methanol



methylalkohol

dřevný líh

☐ bezbarvá, alkoholicky páchnoucí kapalina

☐ těkavý, hořlavý a silně jedovatý



Obr.2



Obr.3



Obr.4

☐ podráždění očí, kůže, horních cest dýchacích, bolest hlavy, ospalost, závratě, nevolnost, zvracení, poruchy zraku, poškození optického nervu (slepota), smrt

☐ vstřebává se kůží (260 mg /m²)

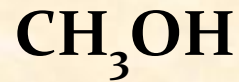
☐ slepotu může způsobit již požití 7–15 ml methanolu

☐ smrtelnou dávku pro člověka je považováno 30 až 200 ml

☐ PP - dvě deci kvalitního 40% alkoholu zpomalí tvorbu formaldehydu a poskytne čas pro lékařský zásah.

☐ neomezeně mísitelnou s vodou

Methanol

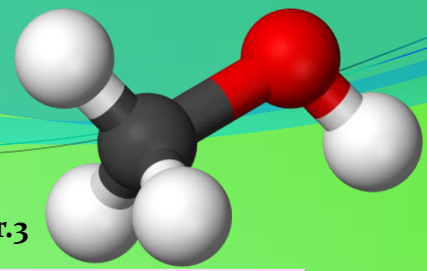


methylalkohol

dřevný líh



Obr.3



- ☐ Sám o sobě není methanol toxický, ale vytváří velmi toxické metabolity.
- ☐ Z relativně netoxické látky vznikne látka toxická teprve po její biotransformaci.
- ☐ Methanol se metabolizuje jaterní alkoholdehydrogenázou na formaldehyd (CH_2O) a ten pak dále aldehyddehydrogenázou na kyselinu mravenčí (HCOOH).
- ☐ Tyto dva metabolity, zejména kyselina mravenčí, jsou zodpovědné za toxicitu methanolu.
- ☐ Akumulace kyseliny mravenčí v organismu totiž způsobuje metabolickou acidózu a útlum buněčného dýchán.
- ☐ vznikající kyselina mravenčí nemůže být dále odbourávána

Methanol

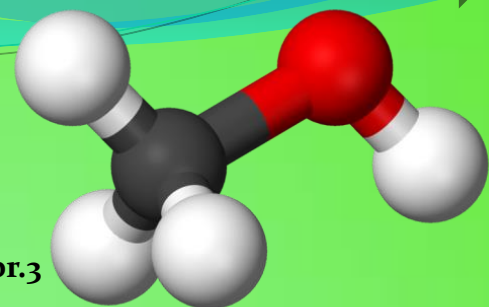
methylalkohol

CH_3OH

dřevný líh



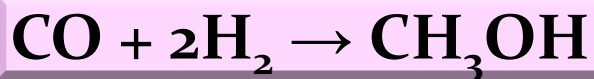
Obr.3



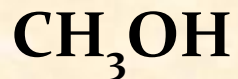
- ❑ Methanol vzniká i při alkoholovém kvašení, avšak nikoliv v množství ohrožujícím život (povolené množství je 12 g/l).

Výroba

- ❑ Původně se vyráběl suchou destilací dřeva - odtud název.
- ❑ Průmyslově se vyrábí katalytickou hydrogenací CO z vodního plynu, tj. směsi H_2 a CO za vysokých teplot ($250\text{ }^{\circ}\text{C}$) a tlaků (5 až 10 MPa) a za přítomnosti katalyzátorů na bázi směsi Cu, ZnO a Al_2O_3 .



Methanol



Obr.3

Použití

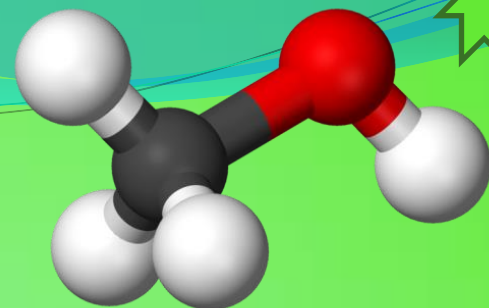
- rozpouštědlo



Obr.8



Obr.6



- přepracování řepkového (příp. jiného rostlinného) oleje na tzv. bionaftu (směsi methyl-esterů mastných kyselin)

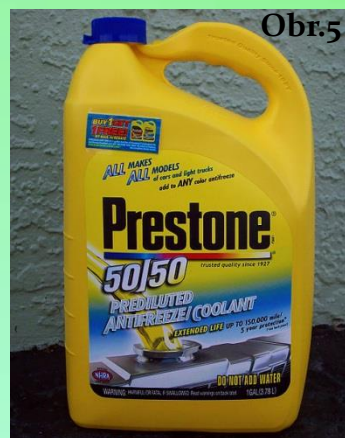
- přísada do nemrznoucích směsí

- přísada do pohonných látek

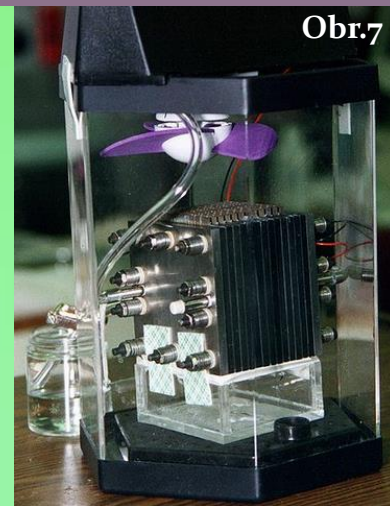
- samostatná pohonná látka

- použití v palivových článcích

- surovina pro výrobu formaldehydu, kyseliny mravenčí, kyseliny octové, dimethyletheru (ekologický hnací plyn pro aerosolové spreje)



Obr.5



Obr.7

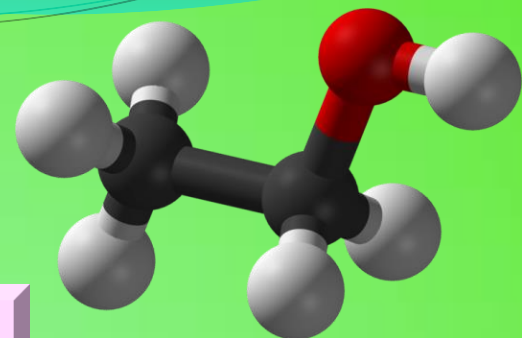
Ethanol



ethylalkohol

láh

„Špiritus“



☐ bezbarvá, alkoholicky páchnoucí kapalina

☐ těkavý, hořlavý a jedovatý



Obr.2



Obr.3



Obr.4

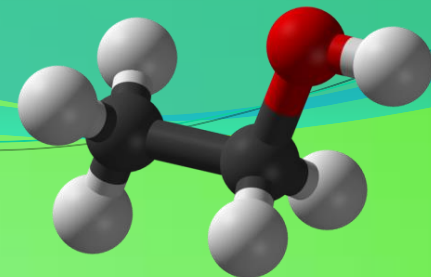
☐ podráždění očí, kůže, horních cest dýchacích, bolest hlavy, ospalost, závratě, nevolnost, zvracení, poruchy zraku, poškození optického nervu (slepota), smrt

☐ vstřebává se kůží (1900 mg /m³)

☐ neomezeně mísitelnou s vodou

☐ 50 ml H₂O + 54 ml etanolu = 100 ml roztoku

Ethanol



ethylalkohol

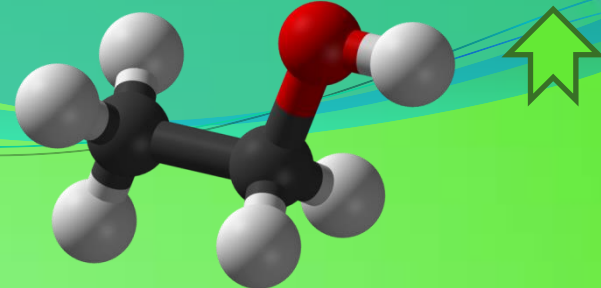
láh

„Špiritus“

- ☐ Oxidace etanolu probíhá v játrech ve dvou stupních. V prvním je oxidován na acetaldehyd, ve druhém pak acetaldehyd na kyselinu octovou.
- ☐ Odbourávání probíhá rychlostí 1 g/10 kg tělesné váhy za hodinu. Hladina klesá cca o 0,15 ‰ za 1 hodinu.
- ☐ K detoxikaci 100 g alkoholu obsažených asi v jednom litru vína, kdy hladina dosáhne přibližně 2,2 ‰, je nutných zhruba 13 hodin.
- ☐ Pro přibližné určení hladiny etanolu v krvi lze použít vzorec:

➤ *požitý alkohol v gramech / (tělesná hmotnost muže × 0,68, nebo tělesná hmotnost ženy × 0,55) = ‰ etanolu v krvi*

Ethanol



ethylalkohol

láh

„Špiritus“

- ☐ smrtelná dávka pro dítě je 3 g na kg celkové hmotnosti
- ☐ smrtelná dávka pro dospělého je 6-8 g/kg celkové hmotnosti
- ☐ V malých dávkách ethanol krátkodobě způsobuje euforii a pocit uvolnění.
- ☐ Ve vyšších dávkách způsobuje ztrátu koordinace pohybů těla (působením na mozeček), sníženou vnímavost, prodloužení reakce a útlum rozumových schopností, ztrátu smyslu pro realitu (zhoršení úsudku), případně i agresivitu.
- ☐ Delirium tremens 5-15% úmrtnost (dříve bez léčby až 30%)
- ☐ Delirium tremens („třesoucí šílenství“) život ohrožující stav, který vzniká u alkoholiků po přerušení užívání alkoholu.

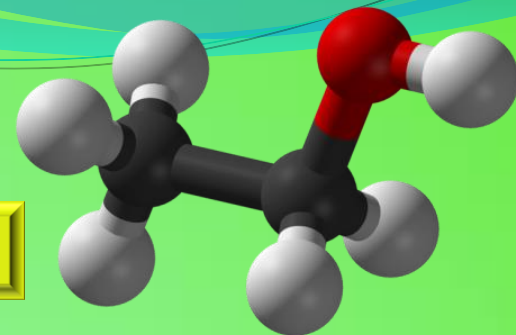
Ethanol

ethylalkohol



lív

„Špirituv“



☐ Hodnoty 0,3–0,5 ‰ svědčí o požití alkoholického nápoje.

☐ Hodnoty 0,5–1,0 ‰ jedná se o podnapilost.

☐ Hodnoty 1,0–1,5 ‰ znamená mírný stupeň opilosti.

☐ Hodnoty 1,5–2,0 ‰ pak střední stupeň opilosti s jasnými klinickými příznaky.

☐ Hodnoty 2,0–3,0 ‰ je hodnoceno jako těžký stupeň opilosti

☐ Při hodnotách vyšších než 3,0 ‰ hovoříme o akutní otravě alkoholem.

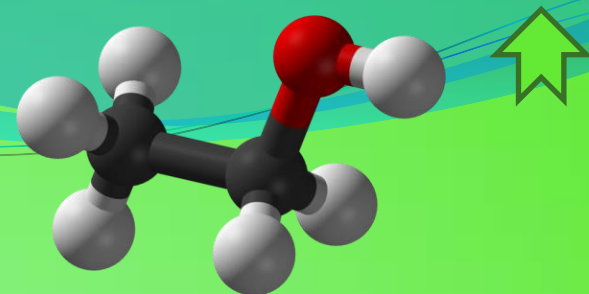
Ethanol



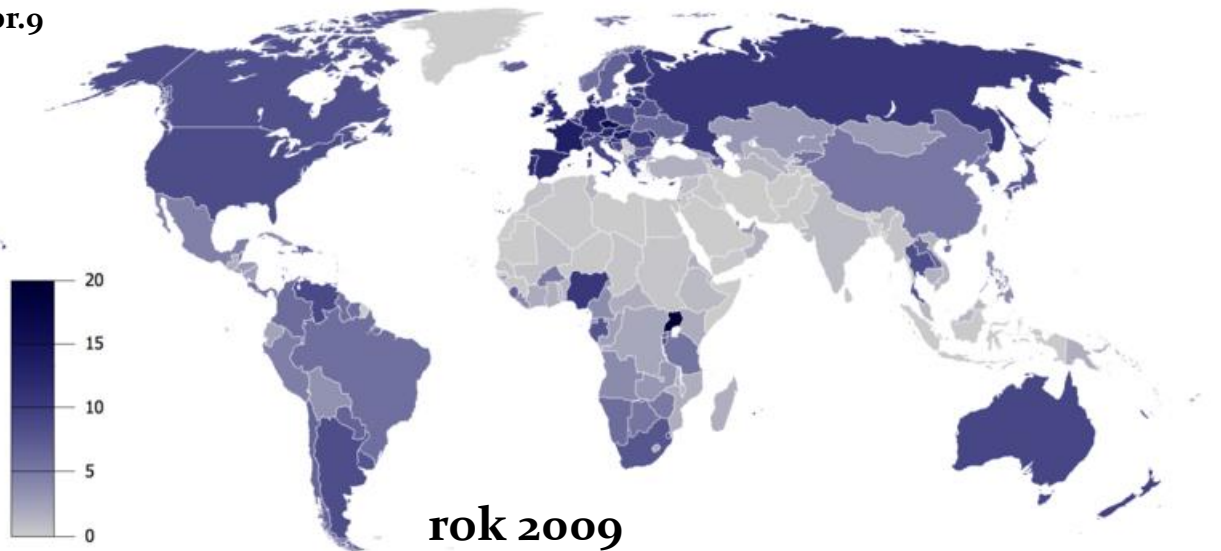
ethylalkohol

lív

„Špiritus“



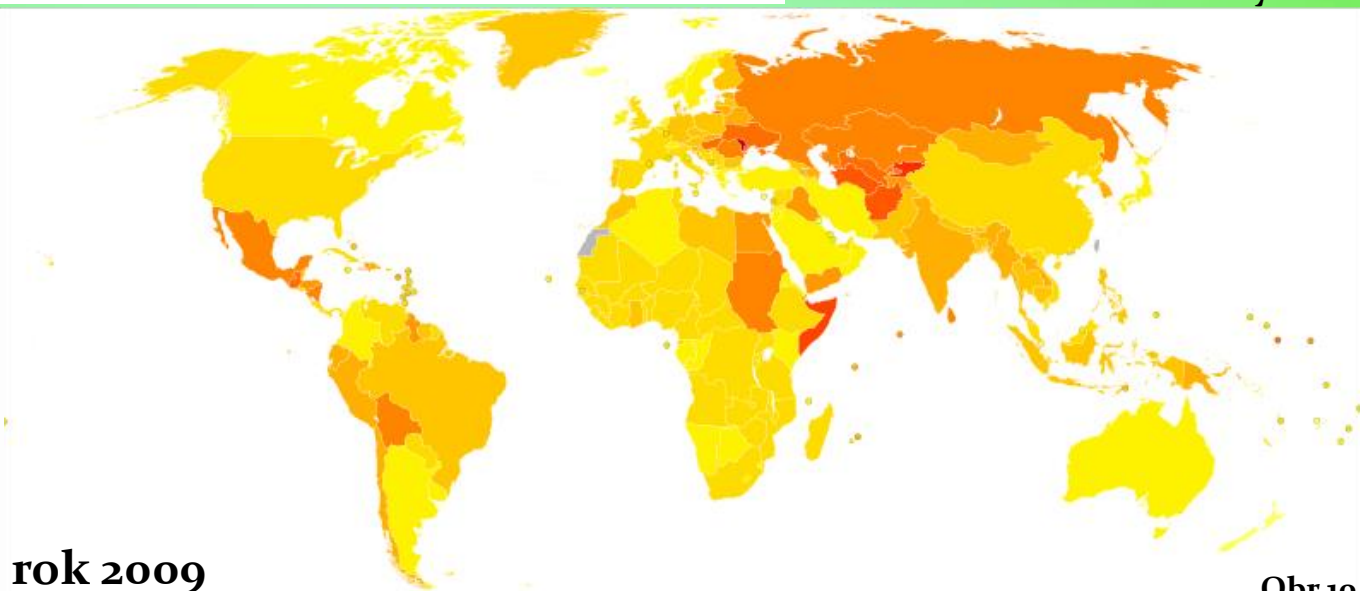
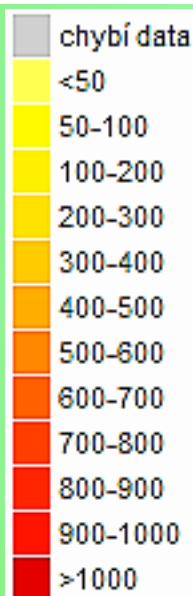
Obr.9



rok 2009

spotřeba na obyvatele (15 +),
v litrech čistého alkoholu

cirhóza jater v jednotlivých
zemích na 100.000 obyvatel



rok 2009

Obr.10

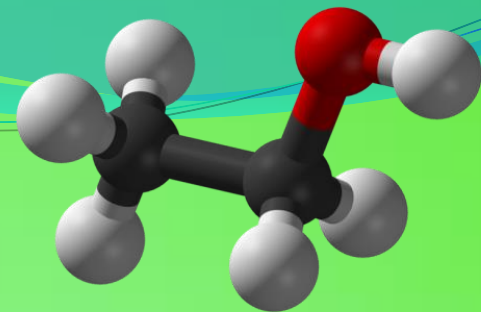
Ethanol



ethylalkohol

lív

„Špiritus“



Výroba

❑ alkoholové kvašení působením různých druhů kvasinek, především různých šlechtěných kmenů druhu *Saccharomyces cerevisiae*.

- používá se k tomu cukerný roztok o maximální koncentraci 20 %.
- Používají se i přímo přírodních surovin sacharidy obsahující, jako jsou např. brambory nebo cukrová třtina.



- vzniká zápara - zředěný vodný roztok ethanolu max. 15 %
- obsahuje nežádoucí příměsi (*přiboudlina*) - vyšší alkoholy
- čištění se provádí na výkonných destilačních kolonách

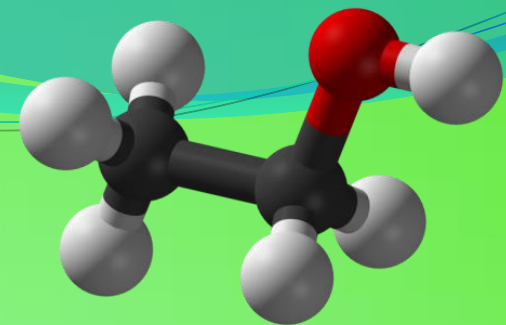
Ethanol



ethylalkohol

láh

„Špiritus“



Výroba

- Lze získat „*absolutní alkohol*“, obsahující 95,57 % ethanolu a 4,43 % vody.
- Zbytek vody lze odstranit destilací s bezvodým síranem vápenatým nebo oxidem vápenatým, které vážou vodu.
- Nebo dlouhodobým působením hygroskopických látek jako např. bezvodého uhličitanu draselného (potaše) nebo bezvodého síranu měďnatého (modré skalice).
- Těmito postupy lze získat ethanol o čistotě až 99,9 %.
- *azeotropická metoda*, spočívající v destilaci s přídavkem benzínu nebo benzenu, kterou lze získat produkt o čistotě až 99,7 %.

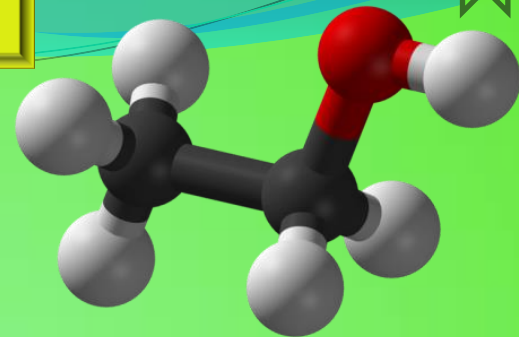
Ethanol

ethylalkohol

lív

„Špiritus“

Výroba



❖ Výroba syntetického ethanolu

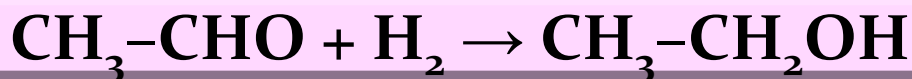
❑ katalytická hydratace ethenu (etylenu)



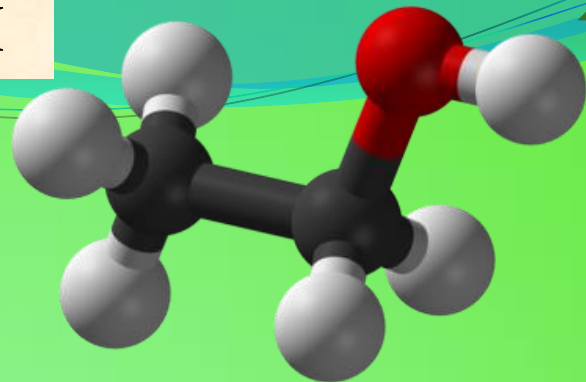
➤ Jako katalyzátor se používá kyselina trihydrogenfosforečná na oxidu křemičitém.

➤ Takto připravený ethanol má mnohem méně nečistot než kvasný a je tedy kvalitnější.

❑ katalytická hydrogenace acetaldehydu, který je průmyslově vyráběn hydratací acetylenu



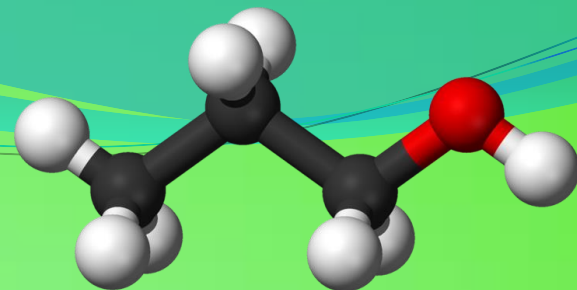
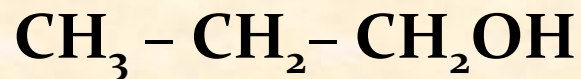
Ethanol



Použití

- ☐ výroba alkoholických nápojů
- ☐ přísadavek do pohonných hmot
- ☐ biopalivo pro spalovací motory
- ☐ lékařství se používá jako rozpouštědlo (jód, tím vzniká *jodová tinktura*)
- ☐ příprava některých kapalných přípravků pro vnitřní i vnější použití
 - Při požití je třeba dát pozor a bezprostředně poté neřítit motorová vozidla.
- ☐ teploměry (teplota tání -114°C)
- ☐ parfumerie a kosmetika

Propan-1-ol



n-propanol

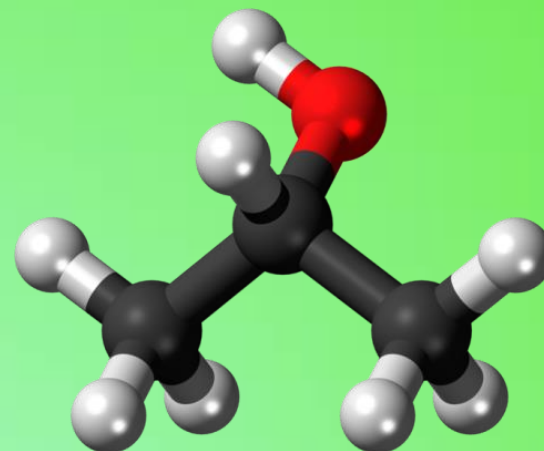
1-propanol

Propan-2-ol



Isopropanol

Isopropylalkohol



☐ organické sloučeniny se
sumárním vzorcem $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$

☐ polohová izomerie

☐ těkavé, hořlavé kapaliny



Obr.2



Obr.11



Obr.12

☐ podráždění očí, kůže, horních cest dýchacích, bolest hlavy,
ospalost, závratě, nevolnost, zvracení, poruchy zraku

☐ silně páchnoucí

☐ vstřebává se kůží (500 mg / m^2 , 980 mg / m^2)

☐ podobné účinky jako ethanol 2-4 krát silnější.

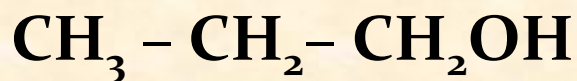
Propan-1-ol

n-propanol

Propan-2-ol

2-propanol

Použití

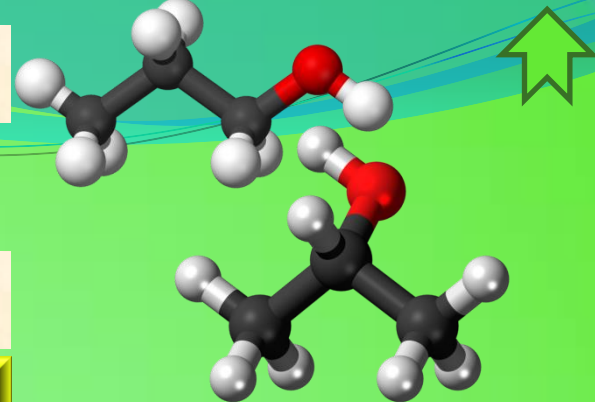


1-propanol



Isopropylalkohol

Isopropanol



☐ extrakce a čištění přírodních produktů

☐ srážecí činidlo nukleových kyselin

☐ výroba dezinfekčních prostředků

☐ průmyslové a domácí odmašťovadla

☐ nemrznoucí kapaliny v chladicí soustavě

☐ rozpouštědla - kosmetické, farmaceutické přípravky

☐ rozpouštědlo pro tuky , pryskyřice , barvy , inkousty

☐ rozpouštědlo pro krystalizaci a čištění organických látek

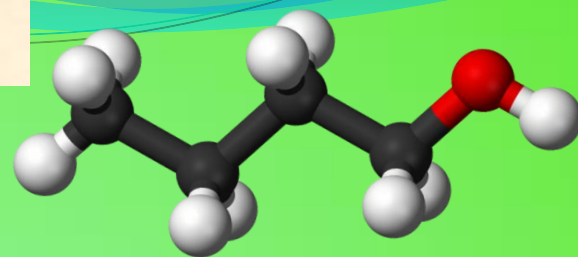


Butan-1-ol

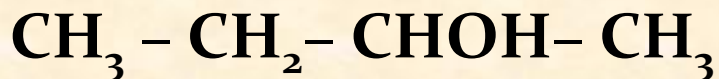


n-butanol

1-butanol



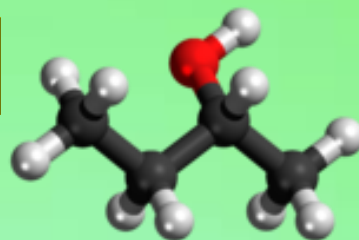
Butan-2-ol



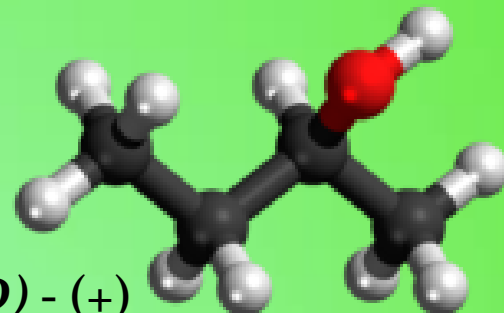
Butan-2-ol

2-butanol

(*L*) - (-)



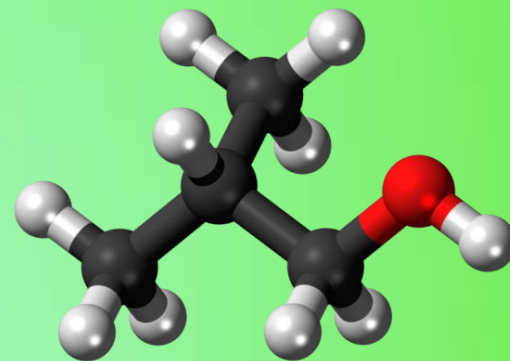
(*D*) - (+)



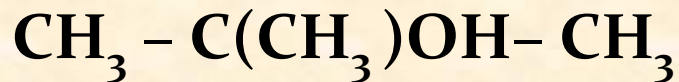
Isobutanol



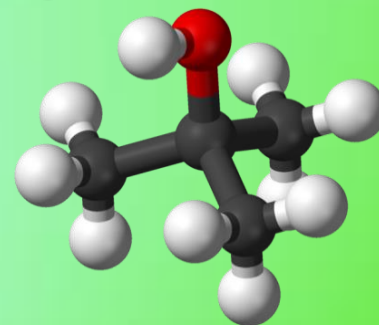
2-methylpropan-1-ol



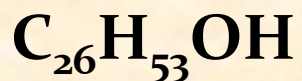
tert-butanol



2-methyl-2-propanol



Cerylalkohol

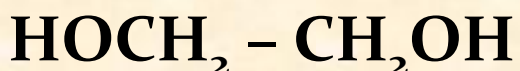


1-hexacosanol



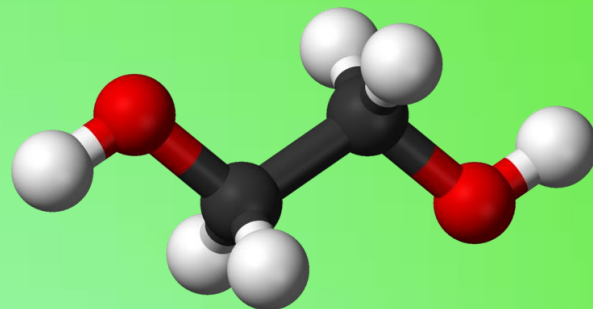
☐ součást vosků

Glykol



ethan-1,2-diol

1,2-ethandiol



☐ bezbarvá, viskózní kapalina

☐ sladké chuti, bez zápachu

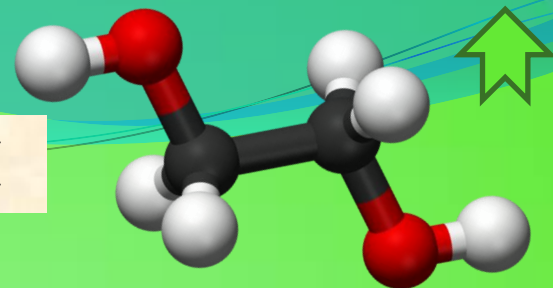
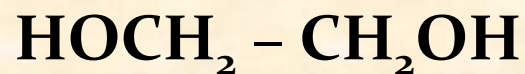
☐ páry jsou se vzduchem výbušné 3,2 - 43%

☐ podráždění očí, kůže, horních cest dýchacích, bolest hlavy, ospalost, závratě, nevolnost, deprese CNS

☐ Díky sladké chuti nebezpečí konzumace hlavně u dětí.

Glykol

ethan-1,2-diol



Použití

- ☐ výrobci polyesteru , jako polyethyltereftalátu (PET)
- ☐ absorbent pro odstranění vodní páry ze zemního plynu
- ☐ rozpouštědlo , a současně jako redukční činidlo
- ☐ výroba nemrznoucích směsí
 - 60% etylenglykolu a 40% voda mrzne při -45°C (Fridex)
- ☐ v kapalných chladicích systémech pro osobní počítače
- ☐ přísada do krému na boty a v některých inkoustech a barvách
- ☐ konzervační prostředek pro uchování biologických vzorků



Obr.17



Obr.18



Obr.19

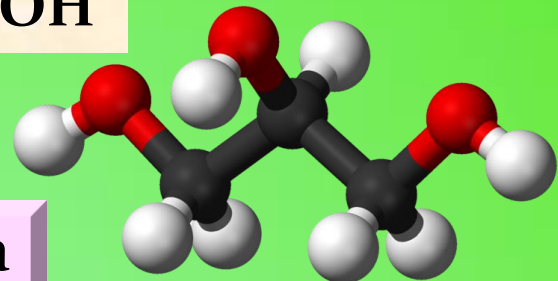
Glycerol

glycerín

$\text{HOCH}_2 - \text{CHOH} - \text{CH}_2\text{OH}$

1,2,3-propantriol

propan-1,2,3-triol



☐ hygroskopická bezbarvá viskózní kapalina

☐ sladké chuti, bez zápachu

☐ trojsytný alkohol, slabě jedovatý



☐ V menších dávkách způsobuje bolesti hlavy, žaludeční potíže a zvracení.

☐ Ve větších dávkách může způsobit poškození jater.

☐ Průměrný člověk by jej musel požit nejméně 90 až 120 g.

☐ Hlavním zdrojem glycerolu byly přírodní tuky.

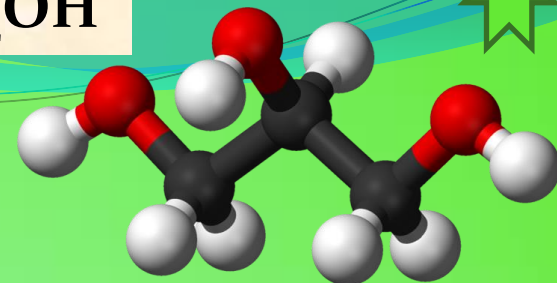
Glycerol

glycerín

$\text{HOCH}_2 - \text{CHOH} - \text{CH}_2\text{OH}$

propan-1,2,3-triol

1,2,3-propantriol



Použití

☐ kosmetické výrobky

➤ hydratační krémy a mýdla

➤ zvlhčovač v zubních pastách

☐ změkčovač při výrobě plastických hmot

☐ potravinářský průmysl - označení E 422

➤ úpravu nápojů a méně kvalitních vín

➤ sladidlo např. v šlehačce ve sprejích

➤ 27 kcal na čajovou lžičku (cukr má 20)

➤ výroba žvýkaček



Obr.24



Obr.25



Obr.26



Obr.27

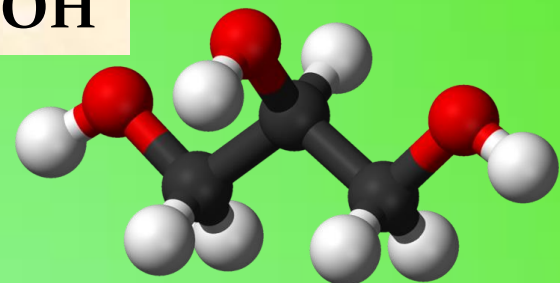
Glycerol

glycerín



1,2,3-propantriol

propan-1,2,3-triol



Použití



Obr.22

❑ výroba bezvodého ethanolu pro odstranění příměsi vody

❑ v e-liquidech (náplní) do elektronických cigaret

❑ nemrznoucích směsí v kombinaci s ethylenglykolem

❑ lékařství

➤ při léčbě otoku mozku jako přísada infuzí

➤ snižování nitroočního tlaku

➤ při zácpách ve formě glycerinových čípků

➤ součást klystýrů



Obr.5



Obr.23

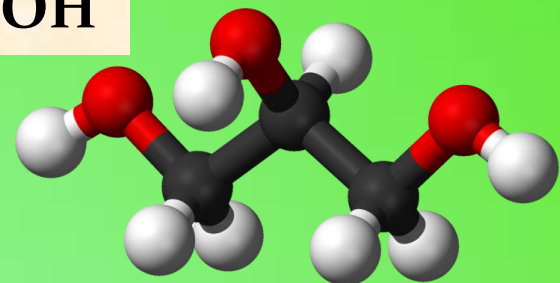
Glycerol

glycerín

$\text{HOCH}_2 - \text{CHOH} - \text{CH}_2\text{OH}$

1,2,3-propantriol

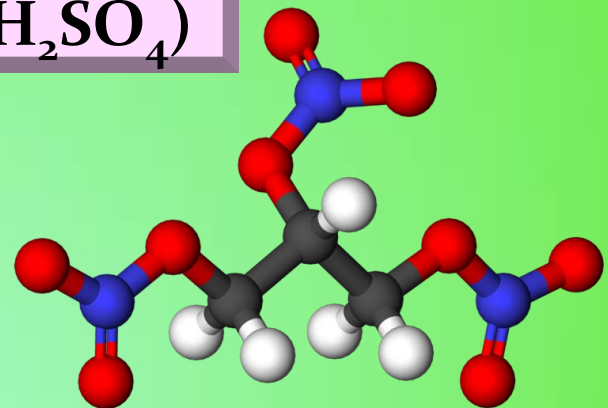
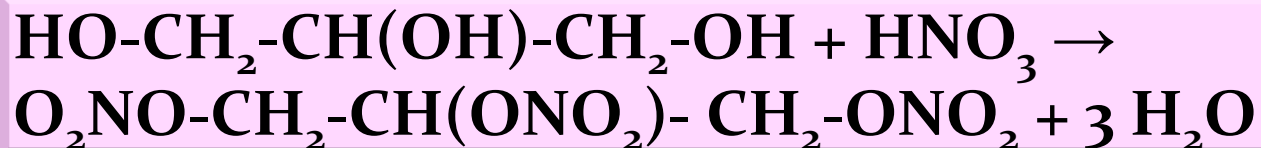
propan-1,2,3-triol



Použití

☐ trinitrát glycerolu, známější pod názvem **nitroglycerin**

➤ působením nitračních činidel (HNO_3 a H_2SO_4)



Obr.20



Obr.3



Obr.4



Obr.21

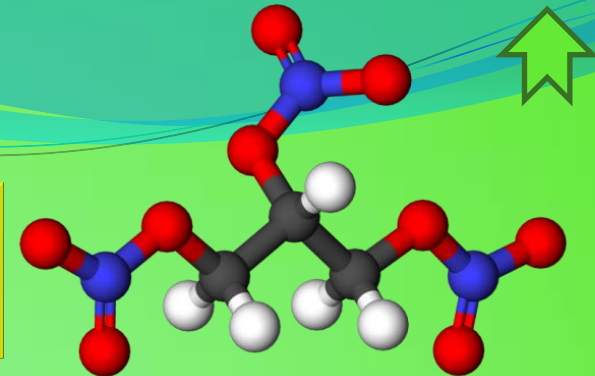
1,2,3-trinitro-oxy-propan (propan-1,2,3-triyltrinitrá)

➤ dynamit, bezdýmný střelný prach, plastické trhaviny

➤ zklidnění srdečních arytmíí a snížení krevního tlaku

Dynamit

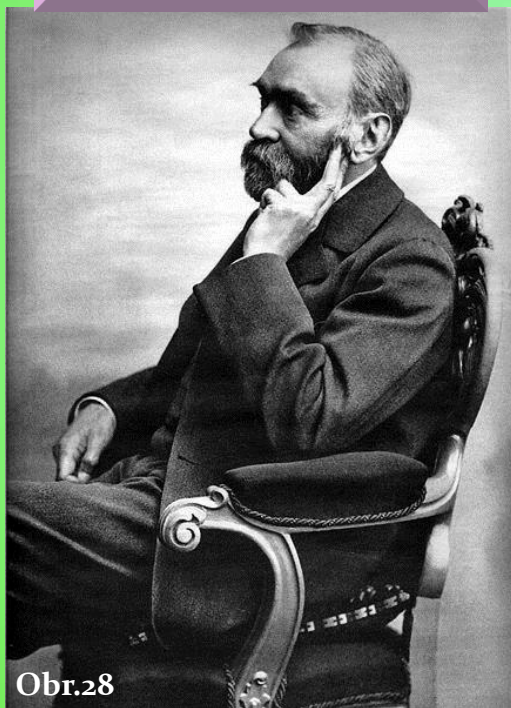
1,2,3-trinitro-oxy-propan
(propan-1,2,3-triyltrinitrá)



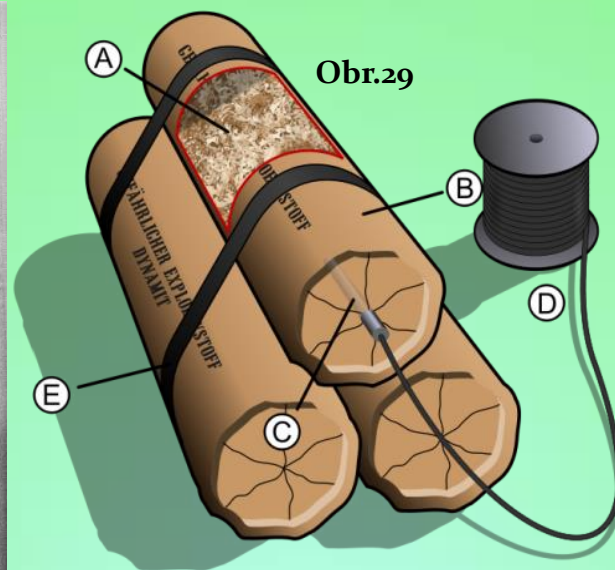
□ Alfred Nobel 1867

➤ nitroglycerin s křemelinou

Alfred Nobel 1833 - 1896



Obr.28



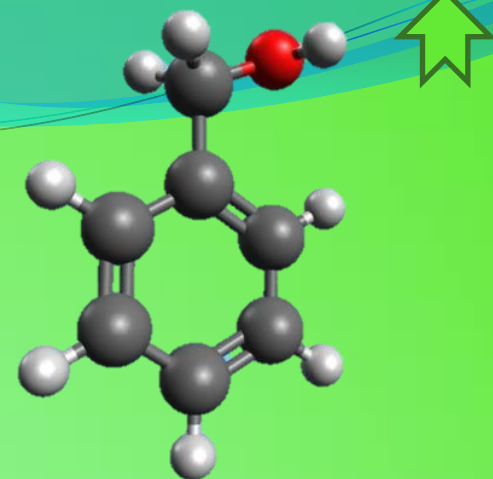
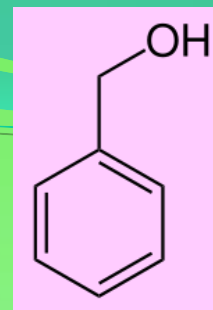
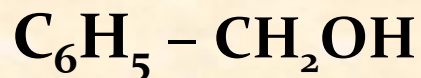
Obr.29



Obr.30

A-Křemelina
+ nitroglycerin
B - Ochranný obal
C - rozbuška
D - Zápalný drát
E - Páska

Benzylalkohol



☐ bezbarvá olejovitá kapalina

☐ s mírnou příjemnou aromatickou vůní

☐ hořká chuť

☐ snadno rozpustný ve většině organických rozpouštědel

☐ částečně rozpustný ve vodě (4 g/100 ml)

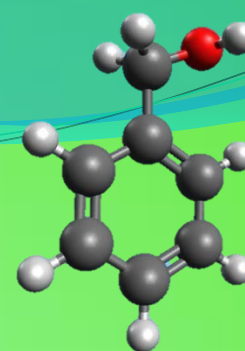
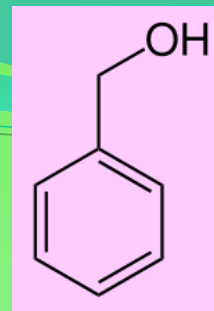
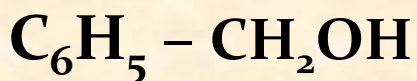
☐ oxiduje na vzduchu pomalu na benzaldehyd

☐ benzylalkohol je produkován přirozeně mnoha rostlinami

☐ běžně se vyskytují v ovoci a čaji

☐ esenciální oleje - jasmín, hyacint a ylang-ylang

Benzylalkohol



Použití

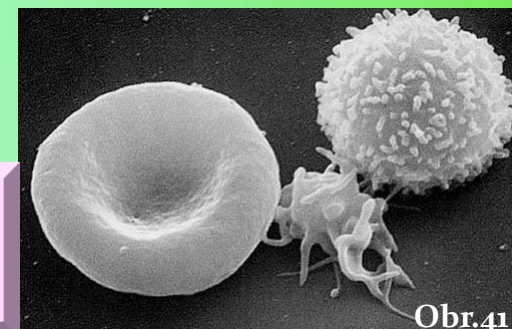
- ☐ rozpouštědlo pro inkousty, barvy, laky a epoxidové pryskyřice
- ☐ estery se používají v mýdlech , parfémeh
- ☐ potravinářská přídatná látka E 1519 příchutě pro některé nápoje, cukrovinky a pečivo.
- ☐ rozpouštědlo - dielektrikum dielektroforézy
 - separace buněk nebo orientace a manipulace s nanočásticemi, rekonfigurace nanovláken
 - oddělení živých a mrtvých buněk, živé buňky jsou životaschopné i po separaci
 - rakovinné buňky z krve, bakterie a viry
 - oddělení červených a bílých krvinek, k detekci apoptózy brzy po užití drogy



Obr.39



Obr.40



Obr.41

Citace

- Obr.1** WRIGHT, Joseph. *Soubor: JosephWright-Alchemist.jpg* - *Wikimedia Commons* [online]. [cit. 20.2.2013].
Dostupný na WWW: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:JosephWright-Alchemist.jpg>
- Obr.2** HENNING, Torsten. *Soubor:GHS-pictogram-flamme.svg* - *Wikipedie* [online]. [cit. 1.2.2013].
Dostupný na WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:GHS-pictogram-flamme.svg>
- Obr.3** TORSTEN HENNING. *Soubor:GHS-pictogram-skull.svg* - *Wikipedie* [online]. [cit. 1.2.2013].
Dostupný na WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:GHS-pictogram-skull.svg>
- Obr.4** TORSTEN HENNING. *Soubor:GHS-pictogram-silhouete.svg* - *Wikipedie* [online]. [cit. 1.2.2013].
Dostupný na WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:GHS-pictogram-silhouete.svg>
- Obr.5** DNO1967. *Soubor: Antifreeze.jpg* - *Wikimedia Commons* [online]. [cit. 16.4.2013].
Dostupný na WWW: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Antifreeze.jpg>
- Obr.6** SHIZHAO拍摄. *Soubor: Bionafta-3.png* - *Wikimedia Commons* [online]. [cit. 23.4.2013].
Dostupný na WWW: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Biodiesel-3.png>
- Obr.7** NASA. *Soubor: Palivový článek NASA p48600ac.jpg* - *Wikimedia Commons* [online]. [cit. 23.4.2013].
Dostupný na WWW: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fuel_cell_NASA_p48600ac.jpg
- Obr.8** PICCOLONAMEK. *Soubor: Aerosol.png* - *Wikimedia Commons* [online]. [cit. 23.4.2013].
Dostupný na WWW: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Aerosol.png>
- Obr.9** EMILFARO. *Soubor: Alcohol podle Country.png* - *Wikimedia Commons* [online]. [cit. 23.4.2013].
Dostupný na WWW: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Alcohol_by_Country.png
- Obr.10** LOKAL_PROFIL. *Soubor: Cirhóza jater mapy světa - Daly - WHO2004.svg* - *Wikimedia Commons* [online]. [cit. 23.4.2013].
Dostupný na WWW: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cirrhosis_of_the_liver_world_map_-_DALY_-_WHO2004.svg
- Obr.11** ORSTEN HENNING. *Soubor:GHS-pictogram-acid.svg* - *Wikipedie* [online]. [cit. 1.2.2013].
Dostupný na WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:GHS-pictogram-rondflam.svg>
- Obr.12** TORSTEN HENNING. *Soubor:GHS-pictogram-exclam.svg* - *Wikipedie* [online]. [cit. 1.2.2013].
Dostupný na WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:GHS-pictogram-exclam.svg>

Citace

- Obr.13** MY DNA FRAGRANCE. *Soubor: Můj dna vůně exkluzivní parfém-2.jpg - Wikimedia Commons* [online]. [cit. 23.4.2013]. Dostupný na WWW: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:My_dna_fragrance_exclusive_perfume-2.jpg
- Obr.14** ARZ. *Soubor: Chanel č. 5 parfum.jpg - Wikimedia Commons* [online]. [cit. 23.4.2013]. Dostupný na WWW: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:CHANEL_No5_parfum.jpg
- Obr.15** SENNA, Rodrigo. *Soubor: Acqua brasilis.jpg - Wikimedia Commons* [online]. [cit. 23.4.2013]. Dostupný na WWW: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Acqua_brasilis.jpg
- Obr.16** KARWATH, André. *Soubor: Canon S520 inkoustové tiskárně - opened.jpg - Wikimedia Commons* [online]. [cit. 28.4.2013]. Dostupný na WWW: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Canon_S520_ink_jet_printer_-_opened.jpg
- Obr.17** BLUME, Matti. *Soubor: Acer Aspire 5600 open.jpg - Wikimedia Commons* [online]. [cit. 23.4.2013]. Dostupný na WWW: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Acer_Aspire_5600_series_open.jpg
- Obr.18** PETAHOLMES. *Soubor: Otevřít černá Kiwi.JPG - Wikimedia Commons* [online]. [cit. 23.4.2013]. Dostupný na WWW: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Open_black_Kiwi.JPG
- Obr.19** LASTHERO. *Soubor: Soldat Schuhpflege 1982.jpg - Wikimedia Commons* [online]. [cit. 23.4.2013]. Dostupný na WWW: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Soldat_Schuhpflege_1982.jpg
- Obr.20** TORSTEN HENNING. *Soubor:GHS-pictogram-explos.svg - Wikipedie* [online]. [cit. 1.2.2013]. Dostupný na WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:GHS-pictogram-explos.svg>
- Obr.21** TORSTEN HENNING. *Soubor:GHS-pictogram-pollu.svg - Wikipedie* [online]. [cit. 1.2.2013]. Dostupný na WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:GHS-pictogram-pollu.svg>
- Obr.22** MARTEVAX SRO. *Soubor: Ecig-ecigareta.JPG - Wikimedia Commons* [online]. [cit. 29.4.2013]. Dostupný na WWW: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ecig-ecigareta.JPG>
- Obr.23** SHATTONBURY. *Soubor: Glycerin suppositories.jpg - Wikimedia Commons* [online]. [cit. 29.4.2013]. Dostupný na WWW: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Glycerin_suppositories.jpg
- Obr.24** JPLON. *Soubor: Hrušky-mýdlo barbox.jpg - Wikimedia Commons* [online]. [cit. 29.4.2013]. Dostupný na WWW: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pears-Soap-barbox.jpg>

Citace

Obr.25 GMHOFMANN. *Soubor: Zahncremes.jpg - Wikimedia Commons* [online]. [cit. 29.4.2013].

Dostupný na WWW: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Zahncremes.jpg>

Obr.26 JONIK. *Soubor: Horká čokoláda se šlehačkou hrnek cream.jpg - Wikimedia Commons* [online]. [cit. 29.4.2013].

Dostupný na WWW: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hot_chocolate_mug_with_whipped_cream.jpg

Obr.27 MILENAFOTO. *Soubor: Zvykacky Orbit.tif - Wikimedia Commons* [online]. [cit. 29.4.2013].

Dostupný na WWW: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Zvykacky_Orbit.tif?uselang=cs

Obr.28 FLORMAN, Gösta. *Soubor: AlfredNobel adjusted.jpg - Wikimedia Commons* [online]. [cit. 22.4.2013].

Dostupný na WWW: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:AlfredNobel_adjusted.jpg

Obr.29 PBROKS13. *Soubor: Dynamite-3.svg - Wikimedia Commons* [online]. [cit. 22.4.2013].

Dostupný na WWW: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dynamite-3.svg>

Obr.30 PBROKS13. *Dynamite.svg - Wikimedia Commons* [online]. [cit. 22.4.2013].

Dostupný na WWW: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dynamite.svg?uselang=cs>

Obr.31 LINDBERG, Erik; JONATHUNDER. *Soubor: Nobel Prize.png - Wikimedia Commons* [online]. [cit. 22.4.2013].

Dostupný na WWW: http://en.wikipedia.org/wiki/File:Nobel_Prize.png

Obr.32 ARCHIV ÚFCH J.HEYROVSKÉHO AV ČR, VVI. *Soubor: Heyrovského Jaroslav.jpg - Wikimedia Commons* [online]. [cit. 29.4.2013].

Dostupný na WWW: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Heyrovsky_Jaroslav.jpg

Obr.33 AUTOR NEUVEDEN. *Soubor: Jaroslav Seifert 1931.jpg - Wikimedia Commons* [online]. [cit. 29.4.2013].

Dostupný na WWW: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Jaroslav_Seifert_1931.jpg

Obr.34 PIETZNER, Karl. *Soubor: Bertha-von-Suttner-1906.jpg - Wikimedia Commons* [online]. [cit. 29.4.2013].

Dostupný na WWW: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bertha-von-Suttner-1906.jpg>

Obr.35 NOBELOVA NADACE. *Soubor: Carl Ferdinand Cori.jpg - Wikimedia Commons* [online]. [cit. 29.4.2013].

Dostupný na WWW: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Carl_Ferdinand_Cori.jpg

Obr.36 NÁRODNÍ KNIHOVNA MEDICÍNY. *Soubor: Gerty Theresa Cori.jpg - Wikimedia Commons* [online]. [cit. 29.4.2013].

Dostupný na WWW: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gerty_Theresa_Cori.jpg

Citace

Obr.37 SMITHSONIAN INSTITUTION. *Soubor: Gerty Theresa Cori Radnitz (1896-1957) a Carl Ferdinand Cori (1896-1984) jpg.* - *Wikimedia Commons* [online]. [cit. 29.4.2013]. Dostupný na WWW: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gerty_Theresa_Radnitz_Cori_\(1896-1957\)_and_Carl_Ferdinand_Cori_\(1896-1984\).jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gerty_Theresa_Radnitz_Cori_(1896-1957)_and_Carl_Ferdinand_Cori_(1896-1984).jpg)

Obr.38 FORSCHUNGSZENTRUM JÜLICH. *Soubor: Peter Grünberg.jpg* - *Wikimedia Commons*[online]. [cit. 29.4.2013]. Dostupný na WWW: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Peter_Gr%C3%BCnberg.jpg

Obr.39 THYSEN, Malene. *Soubor: Ruční soap.jpg* - *Wikimedia Commons* [online]. [cit. 2.5.2013]. Dostupný na WWW: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Handmade_soap.jpg

Obr.40 PINGSTONE, Adrian. *Soubor: Parfémy police 536pix.jpg* - *Wikimedia Commons* [online]. [cit. 2.5.2013]. Dostupný na WWW: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Perfume_shelf_536pix.jpg

Obr.41 ELEKTRONOVÁ MIKROSKOPIE ZAŘÍZENÍ NA NATIONAL CANCER INSTITUTE FREDERICK. *Soubor: Red White Blood cells.jpg* - *Wikimedia Commons* [online]. [cit. 2.5.2013]. Dostupný na WWW: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Red_White_Blood_cells.jpg

Literatura

Honza, J.; Mareček, A. Chemie pro čtyřletá gymnázia (3.díl). Brno: DaTaPrint, 2000;ISBN 80-7182-057-1

Pacák, J. Chemie pro 2. ročník gymnázií. Praha: SPN, 1985

Kotlík B., Růžičková K. Chemie I. v kostce pro střední školy, Fragment 2002, ISBN: 80-7200-337-2

Vacík J. a kolektiv Přehled středoškolské chemie, SPN 1995, ISBN: 80-85937-08-5