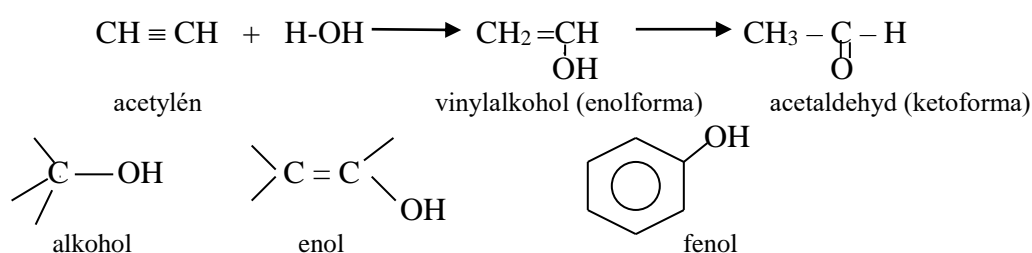


Alkoholy, ethery, fenoly

Alkoholy alifatické R-OH

Alifatické alkoholy jsou odvozené od alifatických uhlovodíků nahrazením jednoho nebo více atomů vodíku jednovaznou hydroxylovou skupinou –OH tak, že na jeden atom uhlíku je vázaná vždy jen jedna skupina –OH. Zároveň z tohoto uhlíku nesmí vycházet žádná dvojná ani trojná vazba, tzn., že uhlík je v hybridním stavu sp^3 . Výše uvedené podmínky vyjadřuje tzv. *Erlemayerovo pravidlo* a platí pro alkoholy obecně. V případě, že –OH skupina je vázaná na uhlík aromatického jádra, jedná se o tzv. *fenoly*. Je-li –OH skupina je vázaná na uhlík s dvojnou vazbou C=C, jedná se obecně o sloučeniny zv. *enoly*, tzn., že fenoly jsou jistou formou enolů.*

Alifatické enoly jsou většinou nestálé a snadno se přeměňují intramolekulárně na ketony. Proto při adici vody na ethyn (acetylén) se vzniklý nestálý vinylalkohol mění na acetaldehyd



Podle charakteru radikálu mohou být alkoholy alifatické, alicyklické nebo aromatické.

Podle počtu –OH skupin rozlišujeme alkoholy jednosytné, dvojsytné (dioly), trojsytné (trioly) a vícesytné (polyoly).

Alkoholy nejčastěji dělíme podle povahy C atomu, na který je –OH skupina vázaná.

Jsou to *alkoholy primární*:– obsahují funkční skupinu –CH₂-OH, primární alkoholická skupina,

alkoholy sekundární – obsahují funkční skupinu >CH-OH, sekundární alkohol. skupina,

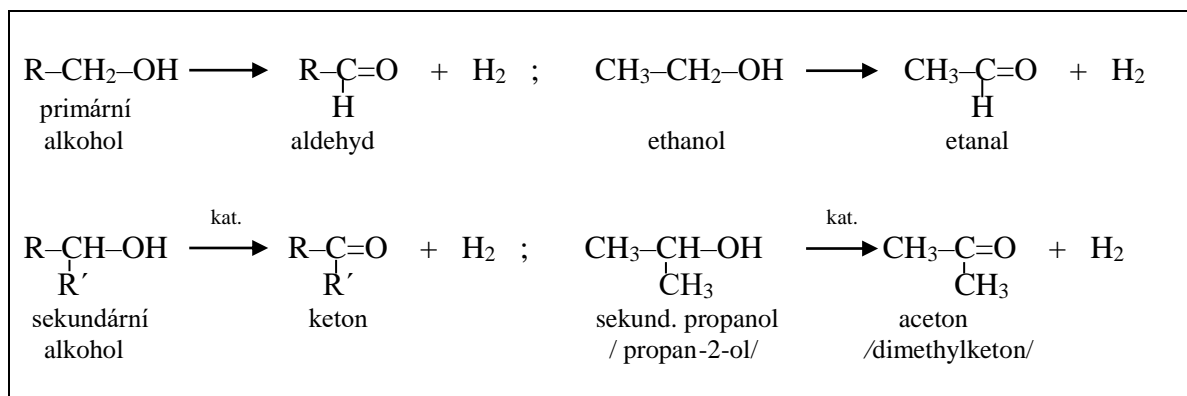
alkoholy terciární – obsahují funkční skupinu >>C-OH, terciární alkoholická skupina.

Vlastnosti alkoholů.

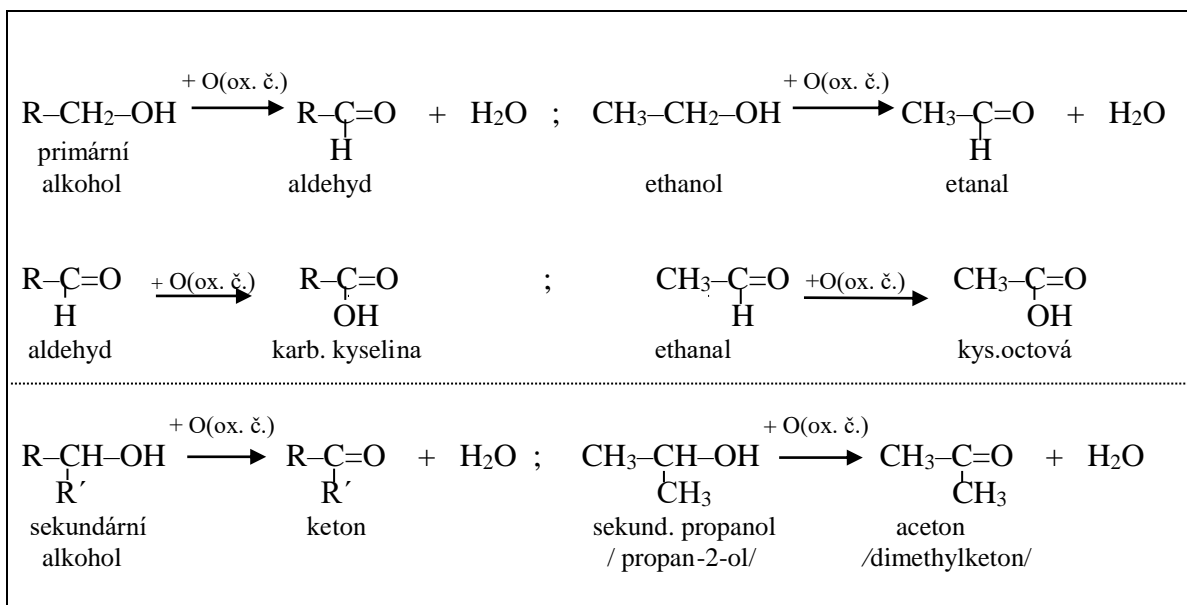
Alkoholy podléhají některým důležitějším reakcím. Patří mezi ně:

- *slabě kyselý charakter* – s alkalickými kovy tvoří v bezvodém prostředí (ether) iontové sloučeniny, zv. alkoholáty R-O⁻ Me⁺

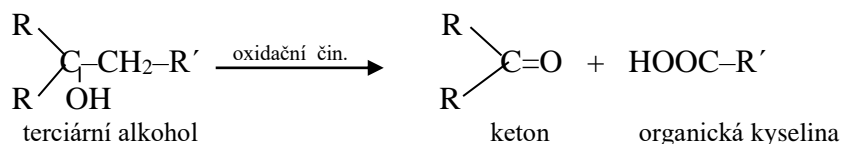
- *katalytická dehydrogenace* – vedením pár alkoholu při určité teplotě přes vhodný katalyzátor (kovová měď, stříbro nebo ZnO) dochází k odštěpení molekuly vodíku.



- *oxidace alkoholů* – působením vhodného oxidačního činidla (KMnO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, CrO_3) vznikají opět aldehydy nebo ketony. Aldehydy na rozdíl od ketonů se za tepla dále snadno oxidují na karboxylové kyseliny i slabšími oxidačními činidly, např. Tollensovým nebo Fehlingovým činidlem.



Vzniklé produkty při dehydrogenaci i oxidaci mají stejný počet uhlíkových atomů jako původní alkohol a závisí na charakteru alkoholu. Primární alkoholy poskytují aldehydy, sekundární a. dávají ketony a terciární a. jsou k oxidačním činidlům a při hydrogenaci stálé. Silnou oxidací terciárních alkoholů se uhlíkatý řetězec štěpí a vznikají produkty s menším počtem uhlíkových atomů než měl původní alkohol.

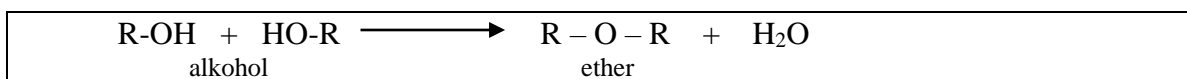


Dehydrogenační i oxidační reakce alkoholů mají průmyslové využití při výrobě některých aldehydů nebo ketonů, např. dehydrogenací prim. propanolu se získává propanal, dehydrogenací či oxidací sek. propanolu se vyrábí aceton (dimethylketon).

Opačnou reakcí, tj. redukcí či hydrogenací, lze z aldehydů připravit primární alkoholy a z ketonů alkoholy sekundární.

- *dehydratace* – např. zahříváním za přít. Al_2O_3 nebo působením minerálních kyselin za zvýšené teploty se odštěpuje (eliminuje) molekula vody a vznikají olefiny, viz. příprava alkenů

- *etherifikace - tvorba etherů* – probíhá účinkem konc. kys. sírové (také bezvodé kys. fosforečné, AlCl_3 apod.), kdy se ze dvou molekul alkoholu odštěpí molekula vody

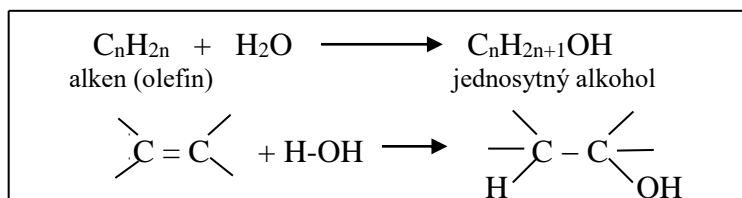


- *reakce s organickým i minerálními kyselinami* za vzniku esterů kyselin,
- *substituce OH skupiny* halogenem, viz příprava halogenderivátů

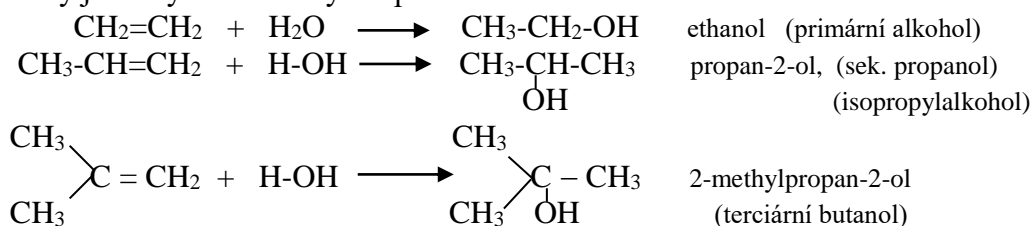
Příprava alkoholů

Alkoholy se připravují několika obecnými způsoby, z nichž některé su využívají i pro průmyslovou výrobu. Pro některé alkoholy byly vypracovány jiné, specifické průmyslové metody. Mezi obecné metody patří:

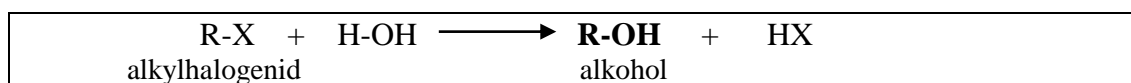
1. *hydratace olefinů* za přítomnosti kyseliny sírové (uplatňují se při průmyslové výrobě)



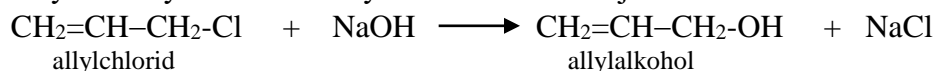
Z výjimkou ethylenu, kdy vzniká ethanol (primární alkohol), vznikají vždy sekundární a terciární alkoholy jednosytné alkoholy. Např.:



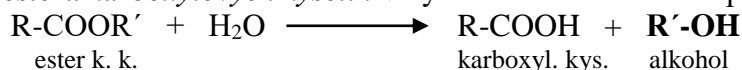
2. *hydrolýza halogenderivátů (alkylhalogenidů)* v alkalickém prostředí, často v přítomnosti vlhkého oxidu stříbrného (AgOH), kdy vznikající HX se neutralizuje a tvoří nerozpustný AgX. Metoda se uplatňuje také při přípravě aromatických alkoholů a fenolů.



Např.: průmyslová výroba allylalkoholu z allylchloridu znázorňuje rovnice



3. *Hydrolýza esterů karboxylových kyselin* v kyselém nebo zásaditém prostředí

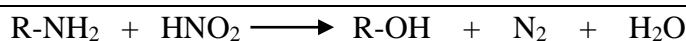


Touto metodou se získává mj. glycerol z přírodních tuků. Vzniklé kyseliny s C₁₂ - C₁₈ se dále redukují na vyšší primární alkoholy.

4. *Redukce esterů karbonových kyselin* sodíkem v prostředí ethanolu nebo LiAlH₄ v etheru. Vzniká směs alkoholů. Např..

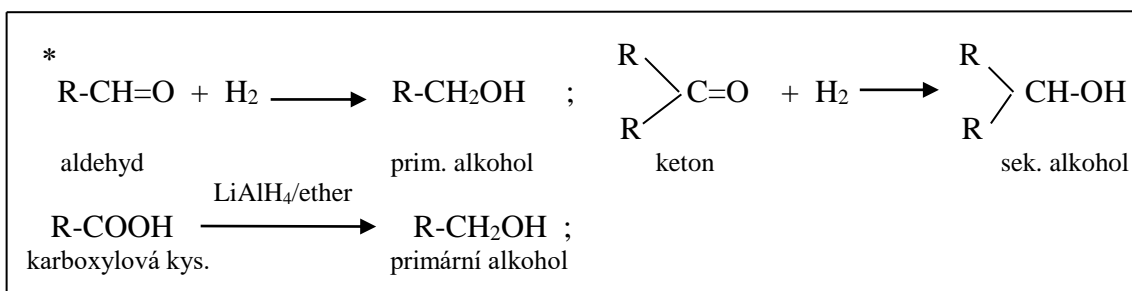


5. *Reakce alifatických primárních aminů s kyselinou dusitou* – (viz alifatické aminy)



6. *Redukce kyslíkatých sloučenin* – oxidačních produktů alkoholů (aldehydů, ketonů, karboxylových kyselin aj.

a) *vodíkem* * (katalytická hydrogenace), kdy vznikají alkoholy se stejným počtem C atomů, jako měla redukováná sloučenina. Např.:

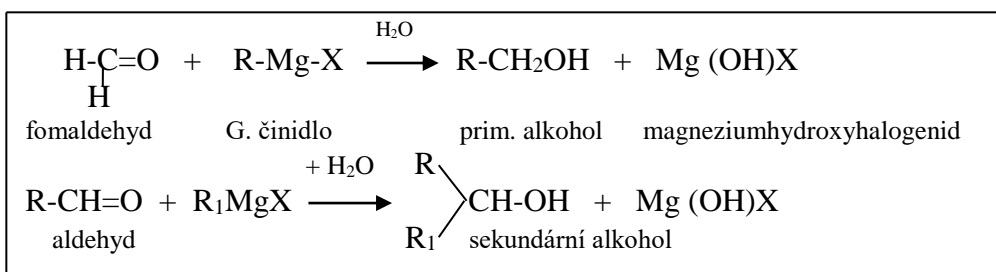


Poznámka: * Daleko účinnějším redukčním činidlem je tetrahydridoboritan sodný NaBH₄ v prostředí ethanolu (pro redukcí aldehydů a ketonů) a tetrahydridohlinitan lithný LiAlH₄ v prostředí etheru (pro redukcí karboxylových kyselin).

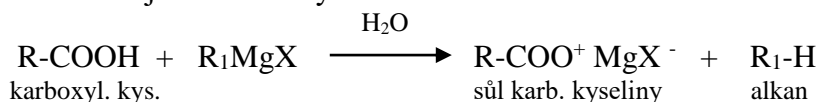
b) Grignardovým činidlem R-Mg-X** (adiční reakce), kdy vznikají vždy alkoholy s větším počtem C atomů, než měla redukováná sloučenina. Např.:

Primární alkoholy vznikají pouze při reakci fomaldehydu. Ostatní aldehydy poskytují alkoholy sekundární.

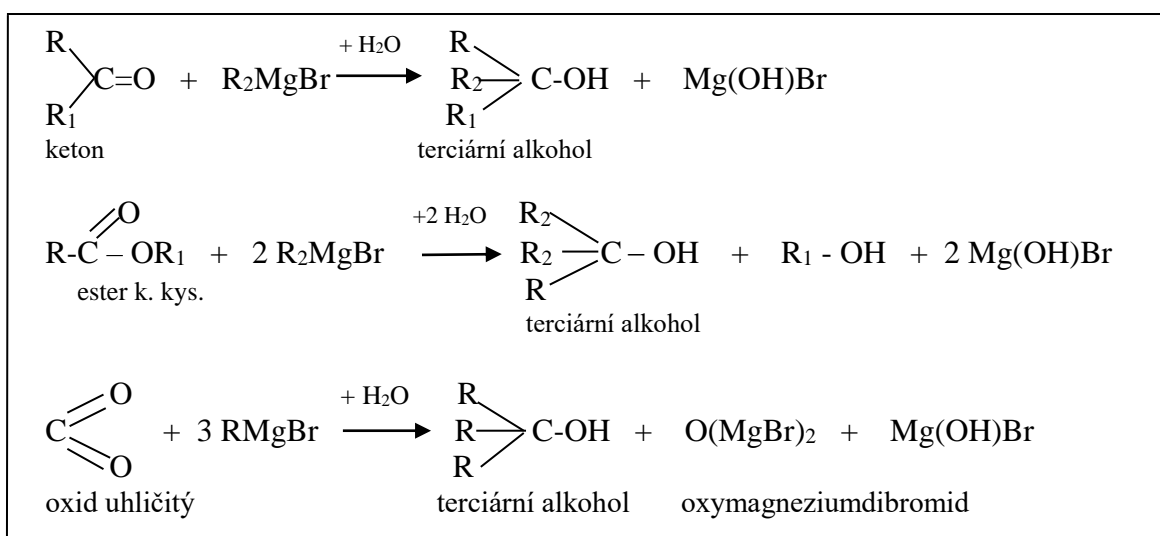
** O Grignardových sloučeninách bude pojednáno samostatně (viz kap. Oxidační a redukční činidla).



Karboxylové kyseliny reagují s Grignardovým činidlem za vzniku soli kyseliny a příslušného alkanu. Nevznikají tudíž ketony.



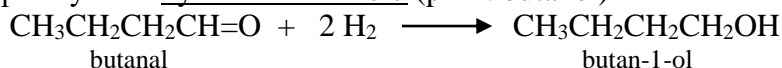
Terciární alkoholy vznikají redukcí ketonů nebo esterů karboxylových kyselin Grignardovým činidlem, nebo reakcí oxidu uhličitého s Grignardovým činidlem v nadbytku.



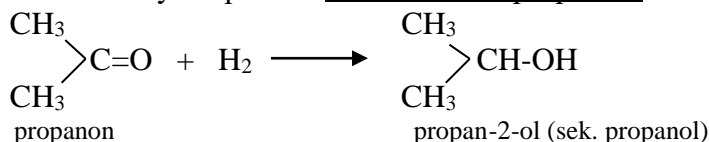
Reakce Grignardových činidel mají praktické uplatnění hlavně v laboratorní organické syntezě.

Některé konkrétní příklady výše uvedených reakcí znázorňují následující rovnice:

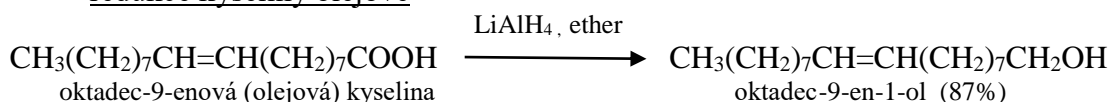
Např.: ad 6a) – průmyslová výroba butan-1-olu (prim. butanol)



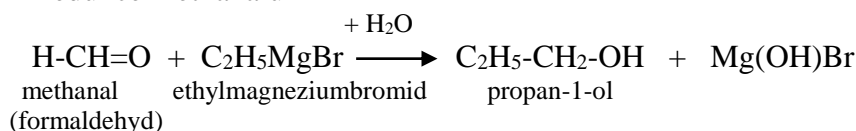
– jeden z možných způsobů získávání sek. propanolu



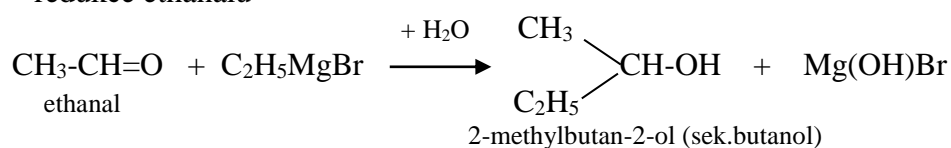
– redukce kyseliny olejové



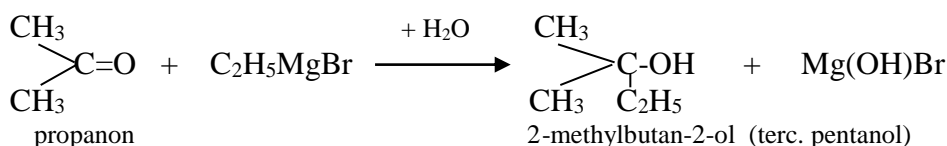
ad 6b) – redukce methanalů



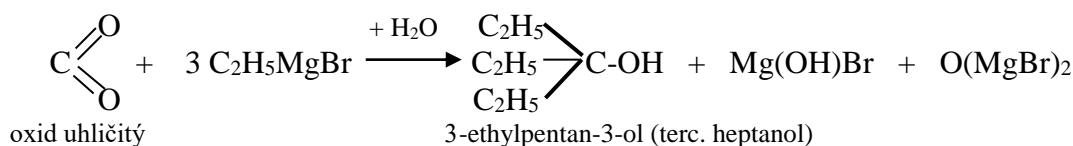
– redukce ethanalů



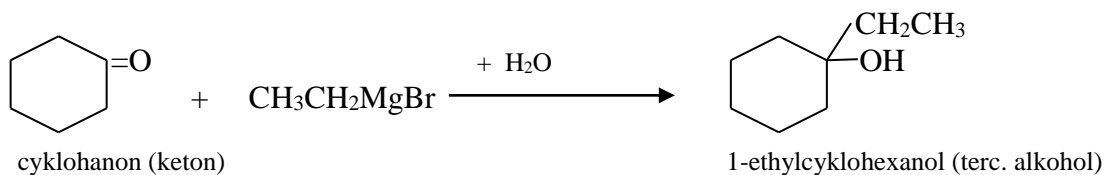
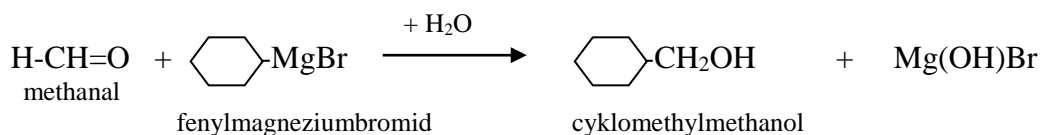
– redukce propanonu



– redukce oxidu uhličitého

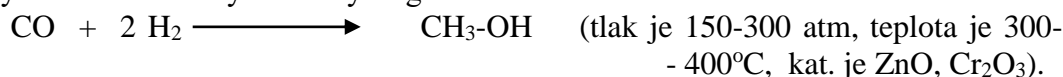


Podobně jako alifatické sloučeniny reagují alicyklické sloučeniny, např.:



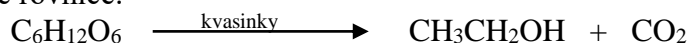
Mezi významnější alifatické a alicyklické alkoholy patří zejména:

methanol (methylalkohol) CH_3OH – zvaný dřevný líh, je bezbarvá kapalina, jedovatá. Vyrábí se vysokotlakou katalytickou hydrogenací oxidu uhelnatého

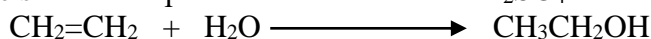


Používá se jako rozpouštědlo, k výrobě formaldehydu a k dalším syntézám.

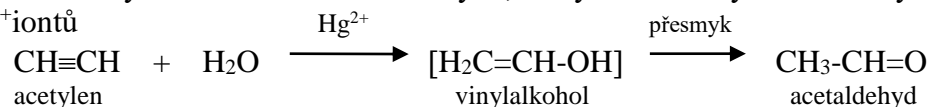
ethanol (ethylalkohol, líh) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ – se dnes vyrábí převážně lihovým kvašením cukerných roztoků. Takto získaný líh se dále zpracovává v potravinářském průmyslu k výrobě např. kyseliny octové a alkoholických nápojů, lékařství a farmaceutickém průmyslu. Surovinou jsou zemědělské plodiny – brambory, obilí, nebo odpadní produkty při průmyslovém zpracování rostlinných zdrojů – melasa, sulfitové louhy, celulóza. Lihové kvašení znázorňuje rovnice:



Jinou, neméně důležitou metodou výroby lihu, avšak pro syntetické účely – výroba umělých hmot, technické rozpouštědlo, přísada do motorových paliv – je výroba lihu z ethylenu. Čistý ethylen reaguje s vodou za přítomnosti téměř konc. H_2SO_4 . Vzniklý ethanol je asi 96%.

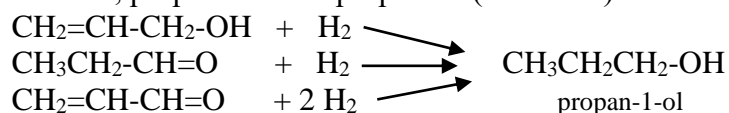


Ethanol se vyrábí také katalytickou redukcí acetaldehydu, který se získá hydratací acetylénu za přítomnosti Hg^{2+} iontů



Propanoly, butanoly, pentanoly – jsou obsaženy v přiboulině, která vzniká při kvašení lihu jako vedlejší produkt s vyšším bodem varu. Používají se hlavně jako rozpouštědla.

propan-1-ol (primární propanol) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{-OH}$ – se získává jinak redukcí (hydrogenací) allylalkoholu, propanalu nebo propenalů (akroleinu)

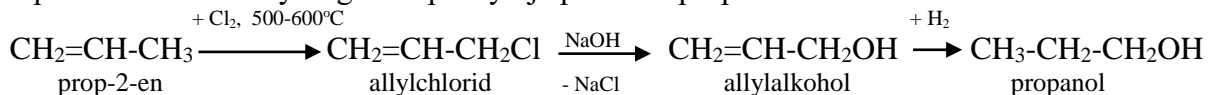


propan-2-ol (sekundární propanol) $\text{CH}_3\underset{\text{OH}}{\text{C}}\text{HCH}_3$ – lze vyrobit hydratací propenu nebo

redukcí acetonu (viz výše).

butan-1-ol $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{OH}$, **pentan-1-ol (amylalkohol)** $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{OH}$ a **3-methylbutan-1-ol (isoamylalkohol)** $\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{OH}$ – jsou kapaliny, mísitelné s vodou. Používají se k výrobě esterů hlavně s kyselinou octovou.

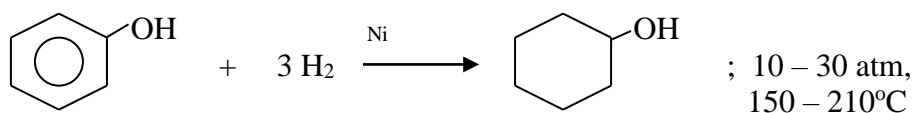
Allylalkohol (prop-2-en-1-ol) $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2\text{OH}$ – se získává hydrolyzou allylchloridu v prostředí NaOH . Hydrogenací poskytuje primární propanol.



Některé nenasyčené jednosytné primární alkoholy patří do skupiny alifatických terpenů a jsou součástí vonných rostlinných silic. Patří tam např. geraniol a citronelol – oba obsažené v citronovém a růžovém oleji.

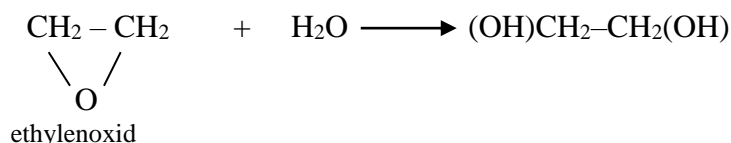
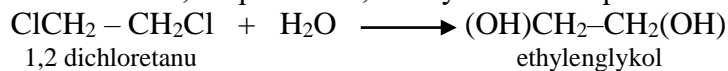


Cyklohexanol $\text{C}_6\text{H}_{11}-\text{OH}$ – se získává průmyslově katalytickou hydrogenací fenolu. Používá se k výrobě cyklohexanonu (dehydrogenace) a k výrobě kys. adipové. Obě látky mají význam jako suroviny při výrobě umělých vláken.

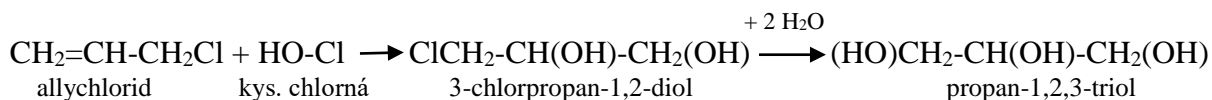


Některé acyklické alkoholy např. mentholu, jsou součástí různých rostlinných silic.

Ethylenglykol, ethan-1,2-diol $(\text{HO})\text{CH}_2\text{--CH}_2(\text{OH})$ – vzniká hydrolýzou 1,2 dichloretanu nebo adicí vody na ethylenoxid (oxiran) za přítomnosti zř. kyseliny sírové. Používá se na přípravu chladících směsí, rozpouštědel, umělých vláken apod.



Propan-1,2,3-triol, glycerol $(\text{HO})\text{CH}_2\text{--CH}(\text{OH})\text{--CH}_2(\text{OH})$ – je trojfunkční alifatický alkohol (triol). Je to olejovitá kapalina, dobře mísitelná s vodou, nasládlé chuti. Získává se hydrolýzou tuků, tzv. glycerinovým kvašením cukerných roztoků, nebo z propenů či jeho derivátů (allylchloridu, allylalkoholu). Z allylchloridu znázorňuje postup výroby následující schéma:



Glycerol (nesprávně glycerin) se používá do nemrznoucích přísad, k přípravě kosmetických výrobků, umělých pryskyřic, k výrobě dusičnanu glycerinu (nesprávně nitroglycerinu) apod.

* Obdobou alkoholů a fenolů, které mají atom kyslíku nahrazen atomem síry jsou látky zvané **thioly** R--SH (thioalkoholy) nebo R--SH (thiofenoly), dříve nazývané *merkaptany*. Thioly jsou jedovaté, vyznačují se pronikavým nepříjemným zápachem. Energičnou oxidací se alifatické thioly mění na alkylsulfonové kyseliny $\text{R--SO}_3\text{H}$. Nejznámější představitelé thiolů jsou:

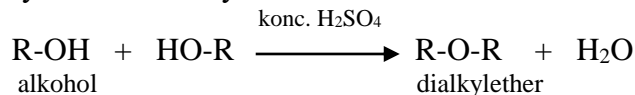
- **methanthiol** $\text{CH}_3\text{--SH}$ – páchnoucí plyn obsažený ve výkalech a střevních plynech,

- **ethanthiol** $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{--SH}$ a **butanthiol** $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{--SH}$ – páchnoucí kapaliny. Spolu s methanthiolem se v malém množství přidávají jako odoranty k zemnímu plynu ke zjišťování jeho náhodných úniků nebo jako poplašné plyny pro důlní pracoviště. Jsou rovněž součástí obranné kapaliny produkované některými živočichy (např. skunk) k obraně před predátory.

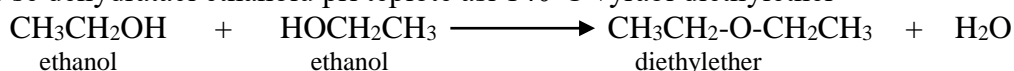
Ethery R-O-R'

Ethery jsou látky, ve kterých jsou na jeden atom kyslíku vázány dva organické uhlíkaté zbytky (alkyly nebo arily). Z strukturního hlediska mohou být alifatické nebo cyklické.**
Připravují se

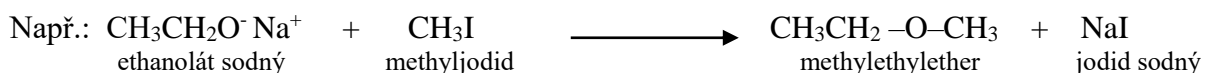
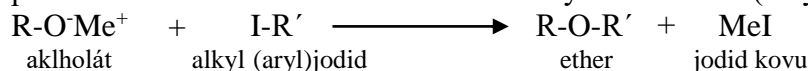
1. odštěpením vody ze dvou molekul alkoholů působením konc. kyseliny sírové. Vznikají tak symetrické ethery

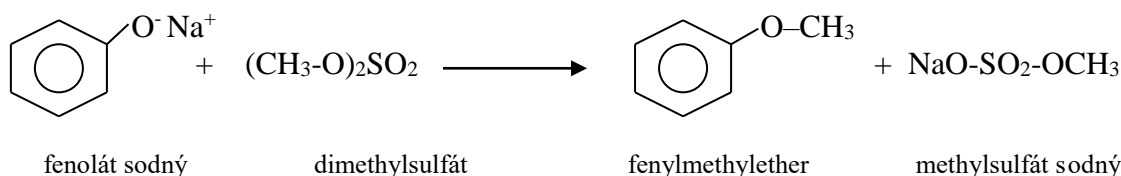


Např. dnes se dehydratací ethanolu při teplotě asi 140°C vyrábí diethylether



2. působením alkoholátů nebo fenolátů na alkylační činidla (alkyljodid, dialkylsulfát).



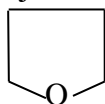


Ethery jsou plynné nebo kapalné, někdy i pevné látky, snadno těkavé a ethericky vonící. Mezi důležité představitele patří:

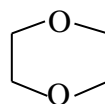
diethylether (*ether*) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{-O-CH}_2\text{CH}_3$ – se připravuje dehydratací ethanolu rovnice viz výše). Je to těkavá kapalina nasládlé vůně, hořlavá, se vzduchem explozivní. Jeho páry působí narkoticky. Používá se jako výborné rozpouštědlo a extrahovadlo, při výrobě bezdýmného střelného prachu a k přípravě zimotvorných směsí (tuhy $\text{CO}_2 + \text{ether} \rightarrow -80^\circ\text{C}$).

ethylenoxid (*oxiran*) – je cyklický ether, je jedovatý plyn, velmi reaktivní. Používá se s rozličným organickým syntézám. Získává se např. oxidací ethylenu vzdušným kyslíkem za přítomnosti kovového stříbra a při teplotě $200\text{-}350^\circ\text{C}$. Hydrolyzuje zř. H_2SO_4 na ethylenglykol.

Mezi alicyklické ethery patří také *tetrahydrofuran* a *1,4-dioxan*. Jsou to málo reaktivní kapaliny, jsou často používána jako rozpouštědla.



tetrahydrofuran (THF)



1,4-dioxan

K alifaticko-aromatickým etherům řadíme mj.

methylfenylether (*anisol*) $\text{C}_6\text{H}_5\text{-O-CH}_3$ a **ethylfenylether** (*fenetol*) - $\text{C}_6\text{H}_5\text{-O-CH}_2\text{CH}_3$ - jsou to kapaliny příjemných vůní a používají se ve voňavkářství.

** Sírnou obdobou etherů jsou tzv. **sulfidy** (dříve thioethery). Mezi významnější patří:

Diallylsulfid $\text{CH}_2=\text{CH-CH}_2\text{-S-CH}_2\text{-CH=CH}_2$ – je ostře páchnoucí kapalina obsažená v cibulové a česnekové silici.

bis(2-chlorethyl)sulfid (*2,2'-dichlordiethylsulfid*) $\text{ClCH}_2\text{-CH}_2\text{-S-CH}_2\text{-CH}_2\text{Cl}$ – je znám pod názvem **yperit** nebo hořčičný plyn. Je to olejovitá jedovatá kapalina, která byla použita jako bojová chemická látka v 1. světové válce u belgického města Ypres (odtud název yperit).

Aromatické alkoholy a fenoly

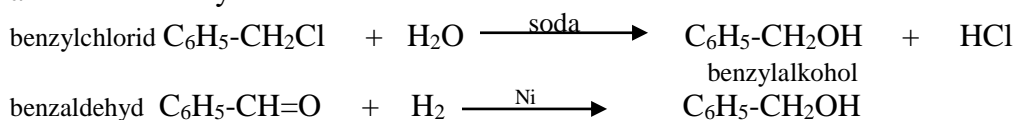
Alkoholy aromatické $\text{R-CH}_2\text{-OH}$

Aromatické alkoholy mají OH skupinu vázanou mimo aromatické jádro. Podléhají stejným reakcím jako alifatické alkoholy. Připravují se rovněž metodami uvedenými u alkoholů alifatických, nejčastěji

- hydrolýzou příslušných aromatických halogenderivátů,
- redukcí aldehydů, karboxylových kyselin, příp. arylchloridů BH_3 , příp. LiAlH_4 nebo
- redukcí acylchloridů Grignardovým činidlem, kdy vznikají terciární alkoholy příklad viz acylchloridy

Mezi nejpoužívanější aromatické alkoholy patří :

benzylalkohol $\text{C}_6\text{H}_5\text{-CH}_2\text{OH}$ – lze připravit redukcí benzoylchloridu nebo kyseliny benzoové LiAlH_4 (viz aromatické halogenderiváty). Průmyslově se vyrábí hydrolýzou benzylchloridu (vznikající HCl se neutralizuje sodou) nebo katalytickou redukcí benzaldehydu vodíkem. Benzylalkohol se používá se jako rozpouštědlo při výrobě acetyl- a nitroceluloseových laků a ve voňavkářství.



Fenylethylalkohol $C_6H_5CH_2CH_2OH$ a nenasycený *alkohol skořicový* $C_6H_5CH=CHCH_2OH$ jsou voňavé látky a používají se k přípravě esencí. První voní slabě po růžích, druhý po hyacintech.

Fenoly $\mathcal{R}-OH$

Fenoly jsou hydroxyderiváty aromatických uhlovodíků. Hydroxylová skupina je vázána na sp^2 - hybridizovaný atom uhlíku aromatického cyklu.

Slovo *fenol* označuje jednak název sloučeniny (benzenol neboli fenol, nespr. hydroxybenzen) a jednak skupinový název hydroxysubstituovaných aromatických sloučenin.

Podobně jako u alkoholů rozeznáváme podle počtu OH skupin fenoly jednosytné, dvojsytné, trojsytné atd.

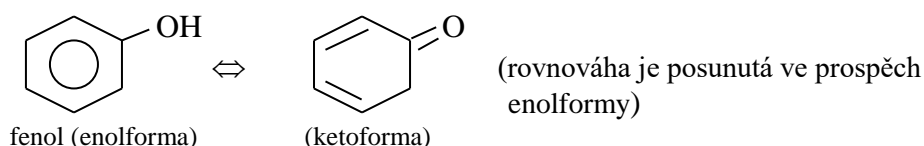
Mezi význačné vlastnosti fenolů patří:

- tvorba fenolátů – fenoly ve srovnání s alkoholy mají výrazně kyselejší charakter. Reagují nejen s alkalickými kovy ale i s alkalickými hydroxidy na soli – *fenoláty* (obdoba alkoholátů), které na rozdíl od alkoholátů jsou stálé ve vodných roztocích



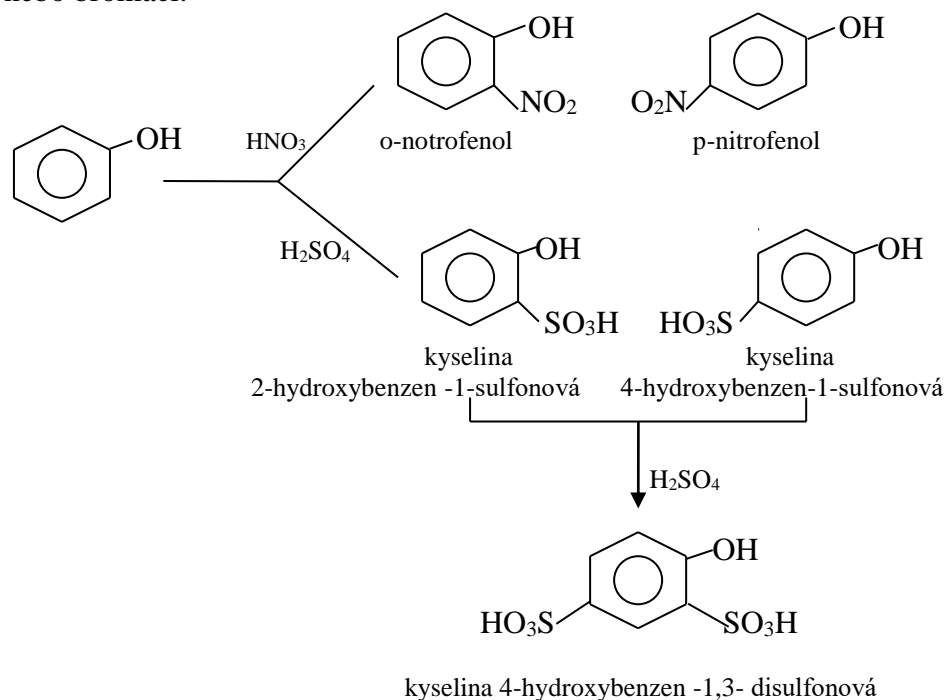
Fenoláty se účinkem kyselin se mění zpět na fenoly.

- keto-enol tautomerie – podobně jako u alifatických enolů, avšak enolová forma je zde stálejší a bývá často (podle podmínek) více méně v rovnováze s ketoformou: Např.:



- substituční reakce

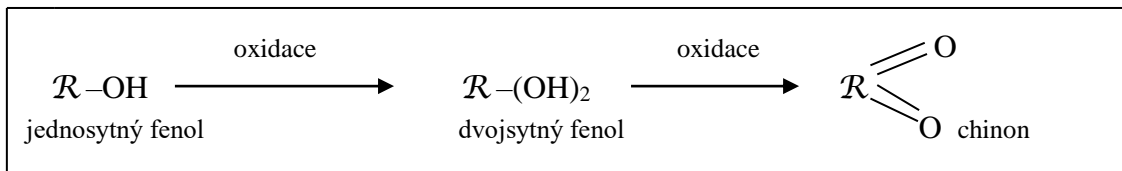
- *na benzenovém jádře* – viz substituční reakce aromatických uhlovodíků (OH je substituent I. řádu). Fenoly tak snadno podléhají nitraci nebo sulfonaci (př. viz níže) dále chloraci nebo bromaci.



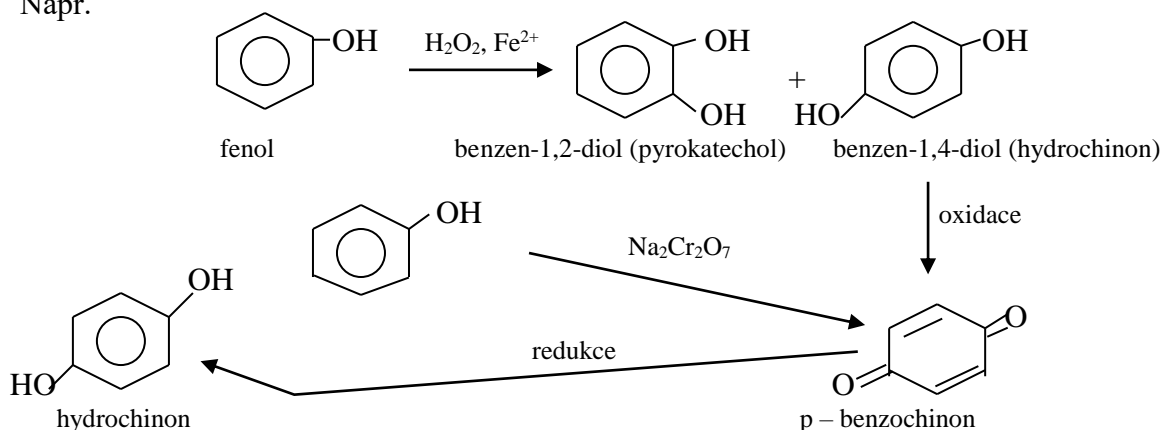
- *substituce -OH skupiny chlorem* – provádíme ji působením PCl_3 nebo PCl_5 . Probíhá obtížně, proto se prakticky neprovádí.

- hydrogenace fenolů – vznikají alicyklické alkoholy (viz cyklohexanol),
- oxidace fenolů – výsledek závisí na použitém oxidačním činidle a charakteru fenolu.

Fenol se oxiduje (např. H_2O_2 , Fe^{2+}) na dvojsytné fenoly pyrokatechol (dřívější název pyrokatechin) a hydrochinon, a dále až na chinony. Dvochromanem sodným přímo na p-benzochinon. Chinony se mohou zpět redukovat na dvojsytné fenoly (např. při výrobě hydrochinonu, který vzniká redukcí p-benzochinonu NaBH_4 , SnCl_2 nebo Na_2SO_3).

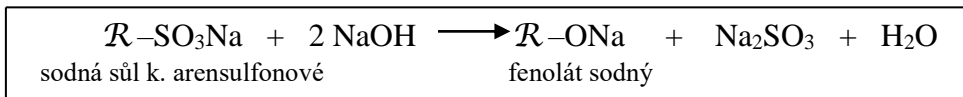


Např.



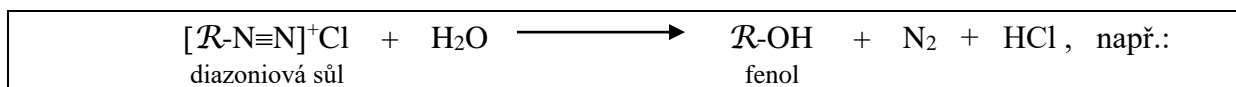
Fenoly se získávají a připravují několika způsoby.

1. *zpracováním černouhelného a hnědouhelného dehtu.* Obsah fenolu a jeho homologů je v rozmezí 0,1 – 1%.
2. *tavením sodných solí arensulfonových kyselin* a alkalickým hydroxidem. Metoda má použití v laboratorním i průmyslovém měřítku.

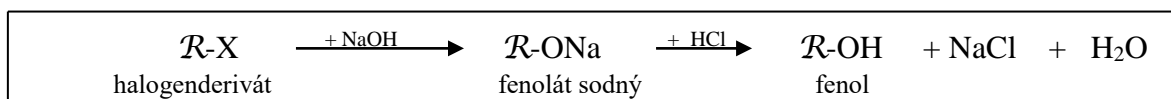


Vzniklý fenolát se přemění na fenol reakcí s CO_2 (H_2CO_3).

3. *hydrolýzou diazoniových solí* v kyselém prostředí kyseliny sírové



4. *hydrolýzou příslušných aromatických halogenderivátů* za přítomnosti NaOH a za zvýšené teploty a tlaku. Čistý fenol se vyloučí reakcí vzniklého fenolátu s kyselinou chlorovodíkovou.

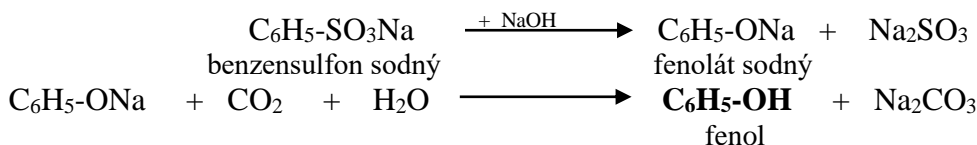


Tato metoda se v průmyslovém měřítku dnes příliš nepoužívá.

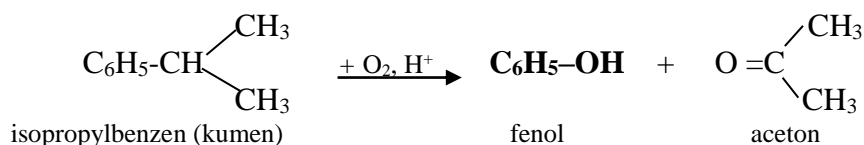
K důležitým představitelům fenolů patří:

fenol (*benzenol*, *ne hydroxybenzen*) C_6H_5-OH – je pevná látka bezbarvá, technicky je zbarven Fe^{3+} ionty do fialova. Průmyslově se získává z kamenouhelného dehtu. Synteticky se vyrábí dvěma způsoby:

a) tavením benzensulfonanu sodného s hydroxidem sodným



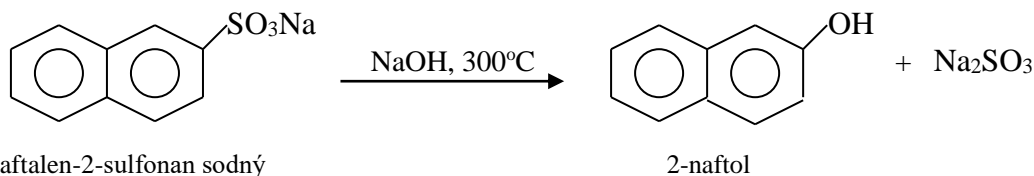
b) oxidací kumenu (získává se Friedel-Craftsovou metodou, viz aromatické uhlovodíky) kyslíkem



Fenol se používá k četným syntézám, např. plastických hmot (fenoplasty, polyamidy), kyseliny adipové, výbušnin, rozpouštědel apod.

kresoly, *o*-, *m*-, *p*-kresol (*2,3,4-methylfenol*) $CH_3-C_5H_4-OH$ – jsou v černouhelném dehtu. Ve směsi se používají jako desinfekční prostředek (lysol), k napouštění dřeva, k výrobě plastických hmot.

naftoly, *1-naftol* nebo *2-naftol*, $C_{10}H_7OH$, jsou důležité pro výrobu barviv. *1-naftol* se vyrábí hydrolýzou 1-naftylaminu při teplotě asi $180^\circ C$ a za zvýšeného tlaku. *2-naftol* se získává tavením naftalen-2-sulfonanu sodného s louhem sodným (nedá se připravit jako *1-naftol*).



dvojsytné fenoly – jsou krystalické látky, rozpustné ve vodě. Redukují AgBr na kovové stříbro při vyvolávání exponovaných černobílých fotografických materiálů.

benzen-1,2-diol (*pyrokatechol*) – vyrábí se hydrolýzou 2-chlorfenolu, používá se jako vývojka v černobílé fotografii a k výrobě barviv.

benzen-1,3-diol (*resorcinol*) – se vyrábí tavením dvojsodné soli kyseliny benzen-1,3-disulfonové s NaOH. Slouží k výrobě barviv.

benzen-1,4-diol (*hydrochinon*) – se vyrábí z anilínu jeho oxidací chromovou směsí nebo burele MnO_2 za přítomnosti kys. sírové na *p*-benzochinon a jeho další redukcí.

nitrofenoly $NO_2-C_6H_4-OH$ – se získávají nitrací fenolu. Používají se k dalším syntézám.

2,4-dinitrofenol $(NO_2)_2-C_6H_4-OH$ – se vyrábí hydrolýzou 2,4-dinitrochlorbenzenu a je surovinou k výrobě barviv.

2,4,6-trinitrofenol $(NO_2)_3-C_6H_2-OH$, jinak *kyselina pikrová* – je žlutá, krystalická látka, která se připravuje sulfonací fenolu a další nitrací vzniklých sulfokyselin (např. kyseliny 4-hydroxybenzen-1,3-disulfonové). Soli kys. pikrové se nazývají *pikráty* a spolu s kyselinou pikrovou se používají jako výbušniny.

trojsytné fenoly – $C_6H_3-(OH)_3$ – jsou pevné látky, používají se v lékařství a jako vývojky v černobílé fotografii. Patří k nim: *benzen-1,2,3-triol* (*pyrogallol*), *benzen-1,2,4-triol* (*hydroxyhydrochinon*), *benzen-1,3,5-triol* (*floroglucin*). Pyrogallol se používá také ke stanovení kyslíku při analýze plynů.