

Komentář k Přehledu důležitějších reakcí alifatických sloučenin a jejich derivátů Chemie III (A)

Vzhledem k tomu, že uhlovodíky jsou základními a výchozími surovinami pro přípravu ostatních sloučenin jsou uvedeny nejdříve způsoby a metody získávání, výroby a přípravy uhlovodíků alifatických, alicyklických a aromatických. Pro deriváty uhlovodíků je nutno si uvědomit, že metody a způsoby, kterými se získávají, vyplývají a jsou odrazem vlastností uhlovodíků. A proto platí obecně - zvolený způsob či metoda přípravy nějaké sloučeniny (produktu) vychází a je zároveň chemickou vlastností výchozí sloučeniny (suroviny).

V komentáři k reakcím uhlovodíků, jejich derivátů a dalších sloučenin je slovně i příkladově uvedena vždy krátká charakteristika dané skupiny sloučenin, metody a způsoby jejich laboratorní přípravy a průmyslové výroby, základní typy reakcí, kterým uvedené sloučeniny podléhají, a praktické uplatnění těchto reakcí v laboratorní a průmyslové praxi.

CHEMIE III (A).

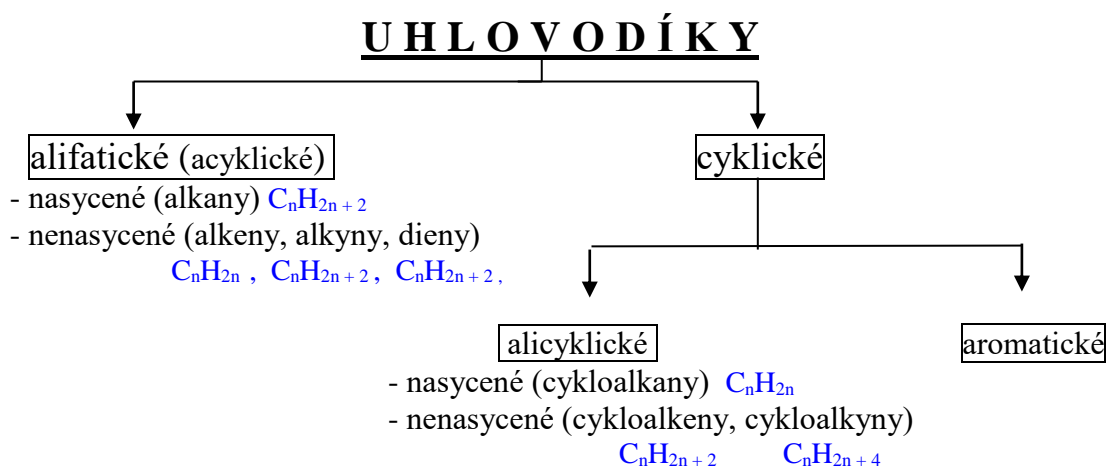
Přehled důležitějších reakcí alifatických a aromatických sloučenin a jejich derivátů.

Obsah

1. Uhlovodíky	5 – 18
2. Deriváty uhlovodíků (halogen-, nitro-, aminy)	19 – 37
3. Alkoholy, ethery, fenoly	39 – 49
4. Aldehydy, ketony	51 – 58
5. Karboxylové kyseliny	59 – 66
6. Deriváty karboxylových kyselin	67 – 100
Několik poznámek k názvosloví organických sloučenin	101 – 106

UHLOVODÍKY

S ohledem na základní postavení uhlovodíků je úvodem uveden jednoduchý přehled a dělení uhlovodíků, krátká charakteristika jednotlivých typů uhlovodíku a metody jejich přípravy a výroby.



Uhlovodíky jsou sloučeniny uhlíku a vodíku. Mohou být:

A) **alifatické** – mají *přímý nebo rozvětvený (tedy otevřený, neuzavřený) uhlíkatý řetězec*.

Podle charakteru vazeb mezi uhlíkovými atomy rozlišujeme:

1. alifatické uhlovodíky nasycené neboli

- *alkany* (dříve parafiny), které obsahují pouze jednoduché vazby C–C, uhlíkový atom je v hybridním stavu sp^3 ; obecný vzorec je C_nH_{2n+2} , kde n je počet C atomů. Obecně je budeme zapisovat R-H, kde R je radikál zv. *alkyl*.

Reakce: - *substituční* (halogenace → mono-, di-,...polyhalogenderiváty)

(nitrace → nitroderiváty)

(sulfochlorace → sulfochloridy),

- *eliminační* (dehydrogenace → alkeny, dieny, alkyny),

- *termické štěpení* → směs uhlovodíků (alkanů, alkenů alifatických i cyklických – podle podmínek a katal.) s kratším řetězcem,

- *oxidace* (hoření → C, CO, CO₂, H₂O)

(působení O₂ za určitých podmínek → alkoholy, aldehydy).

2. alifat. uhlov. nenasyčené, které se dále dělí na:

- *alkeny* (dříve olefiny), které obsahují pouze jednu dvojnou vazbu C=C, uhlíkový atom je v hybridním stavu sp^2 ; obecný vzorec je C_nH_{2n}

- *alkyny* (dříve acetyleny), které obsahují pouze jednu trojnou vazbu C≡C, uhlíkový atom je v hybridním stavu sp ; obecný vzorec je C_nH_{2n-2}

- *dieny* (někdy také alkadieny), které obsahují dvě dvojnou vazby; obecný vzorec je C_nH_{2n-2} .

Reakce: - *adiční* (hydrogenace → alkeny, alkany)

(halogenace → mono-, di-,...polyhalogenderiváty)

(hydratace - adice vody na alkeny za přít. kys. sírové → alkoholy)

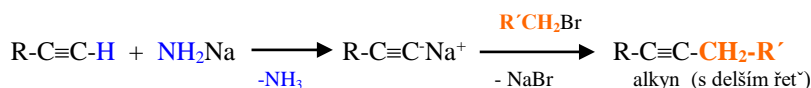
(oxidace dvojnou vazbu – silným ox. č. (např. KMnO₄) → oxidační produkty karboxylové kyseliny, ketony, CO₂)

– O₂, kat. Ag₂O nebo peroxykyseliny → epoxidy neboli cyklické oxidy),

– O₃ → nestab. *ozonidy*, jejichž další redukcí vznikají karboxylové sloučeniny,

- OsO₄ → vzniklý adiční meziprodukt (cyklický osmiát čili ester kys. osmiové) hydrolyzuje na dioly čili glykoly).
(adice vody na alkyny → enoly (nest.) → aldehydy, ketony)
- *substituční* (halogenace působením X₂ za zvýš. tepl. → monohalogenderivát),
(substituce H atomů na C s trojnou vazbou:
alkyn + NaNH₂ → acetylidy kovů,
$$\text{R-C}\equiv\text{C-H} + \text{NH}_2\text{Na} \longrightarrow \underset{\text{acetylid sodný}}{\text{R-C}\equiv\text{C-Na}^+} + \text{NH}_3$$

alkyn + NaNH₂ + R-X → alkylacetylidy)



- *polymerační* (jednodušší i složitější polymery).

B) **cyklické** – mají uzavřený neboli cyklický uhlíkatý řetězec. Podobně jako alifatické uhlovodíky se i cyklické dělí na:

1. alicyklické

- cyklické uhlovodíky *nasycené* neboli *cykloalkany*, které obsahují pouze jednoduché vazby C–C, obecný vzorec je C_nH_{2n},

Reakce: - *substituční* (halogenace → monohalogenderivát)

- *adiční* – vedou k otevření kruhu (hydrogenace → alkan)

(adice HX nebo X₂ → halogenderiváty),

uvažujeme pouze cykloalkany s C₃ až C₆. Jinak velmi obtížně.

- cyklické uhlov. *nenasycené*, které mohou být:

- *cykloalkeny*, které obsahují pouze jednu dvojnou vazbu C=C,

- *cykloalkyny*, které obsahují pouze jednu trojnou vazbu C≡C,

Reakce: - *reakce cykloalkenů jsou obdobné reakcím alkenů a dienů*, převládají však reakce adiční;

- reakce cykloalkynů jsou nepodstatné pro záměr této práce, proto se jím nebudeme věnovat.

2. aromatické (jinak *areny*) – zjednodušeně – jsou odvozené benzenu, obsahují jedno nebo více benzenových jader izolovaných nebo kumulovaných.

Reakce: - *substituční** podle podmínek na benzenovém jádře nebo v postranním řetězci

(halogenace → mono-, di-, tri-,.....polyhalogenderiváty),

(nitrace → mono-, di-, tri-,.....polynitroderiváty),

(sulfonace → mono-, di-, tri-,.....polysulfonové kyseliny)

(alkylace → vyšší aromatické uhlovodíky; viz příprava aromatických uhlovodíků – reakce Wurtzova-Fittigova a Friedelova-Craftsova),

- *adiční* (hydrogenace → cykloalkeny, cykloalkany)

(halogenace → halogenderiváty cykloalkenů nebo cykloalkanů)

* Poznámka: o substitučních reakcích arenů viz kap. Halogenderiváty aromatických uhlovodíků

Alifatické uhlovodíky

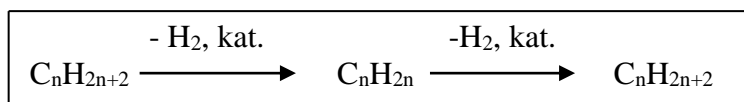
Zdroje: Základním zdrojem alifatických uhlovodíků jsou především fosilní zdroje, a to *zemní plyn* (obsahuje hlavně methan CH₄, něco ethanu, propanu a butanu) a *ropa* (obsahuje hlavně alkany s vyšším počtem C atomů, dále něco olefinů, někdy také aromatické uhlovodíky). Malé množství alifatických uhlovodíků vzniká při zpracování *kamenouhelného a zejména hnědouhelného dehtu*.

Alkany, které se v přírodě nevyskytují, lze připravit synteticky. Některé způsoby přípravy a výroby alifatických uhlovodíků jsou uvedeny níže:

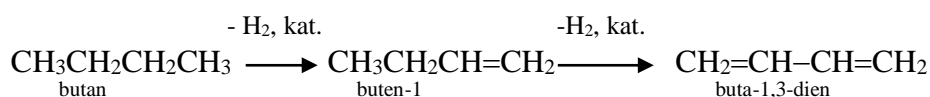
Alkany jsou důležité základní sloučeniny s velmi širokým využitím. Nižší alkany se používají jako plynná paliva (methan, ethan, propan, butan). Kapalné alkany s přímým i rozvětveným řetězcem jsou obsaženy v pohonných hmotách (benzin, nafta). Jsou výchozími surovinami pro výrobu derivátů uhlovodíků.

Alkeny, alkyny, dieny se volně v přírodních zdrojích vyskytují je ojediněle a nebo vůbec ne, pro je získáváme zejména synteticky. Existuje několik obecnějších způsobů přípravy, některé sloučeniny mají specifické metody výroby. Mezi obecnější způsoby přípravy patří:

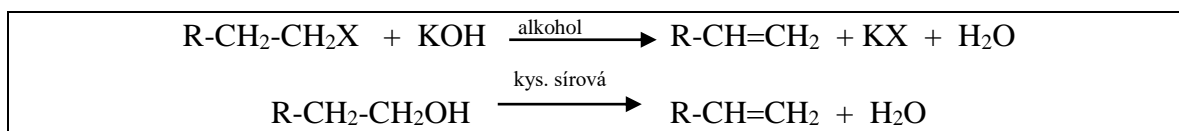
1. katalytická dehydrogenace alkanů. Katalyzátorem je



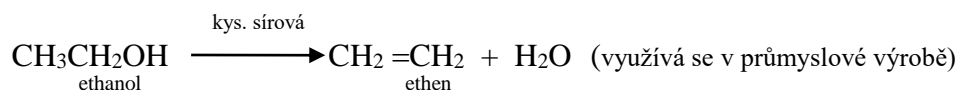
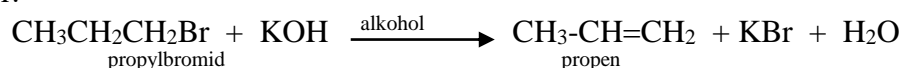
Např.



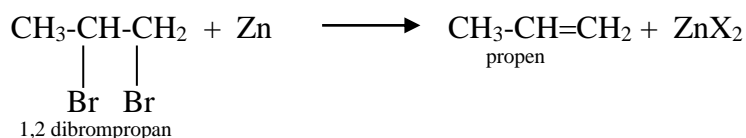
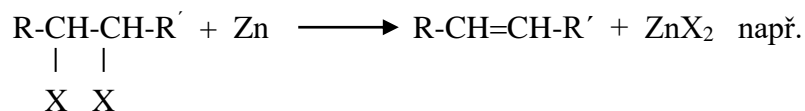
2. - z halogenderivátů působením alkoholického roztoku KOH nebo
- hydroxyderivátů alkanů za přítomnosti konc. bys. sírové



Např.



3. z ditopických dihalogenderivátů redukcí zinkem



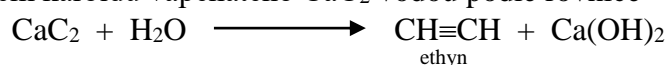
4. tepelné krakování (nízkoteplotní pyrolýza) ropných produktů (vyšších alkanů) při teplotě asi 900°C (vznikají hlavně nižší alkeny – směs ethen, propen, buteny)



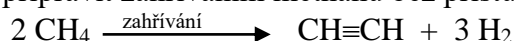
kde $n = 0$ až 6.

Základním a nejvíce uplatňovaným představitelem alkynů je *ethyn* neboli *acetylen*. Ten se vyrábí:

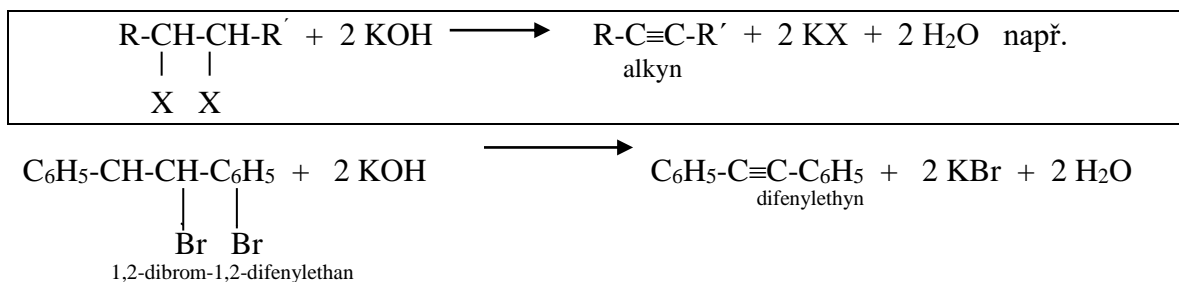
- a) rozkladem karbidu vápenatého CaC_2 vodou podle rovnice



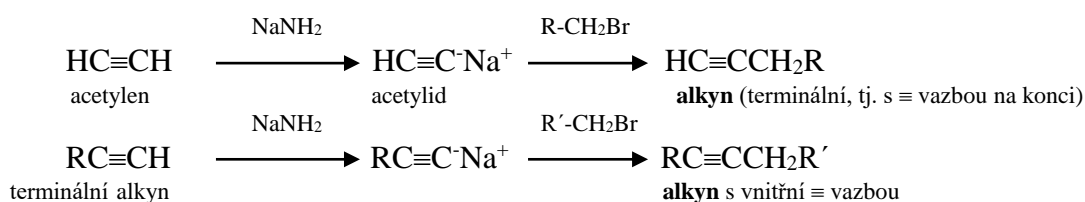
- b) vysokoteplotní pyrolýzou (1200 – 1500°C) ropných produktů
Acetylen lze rovněž připravit zahříváním methanu bez přístupu kyslíku.



Jinak lze alkyne připravit z ditopických dihalogenderivatů uhlovodíků reakcí s konc. alkoholickým roztokem KOH

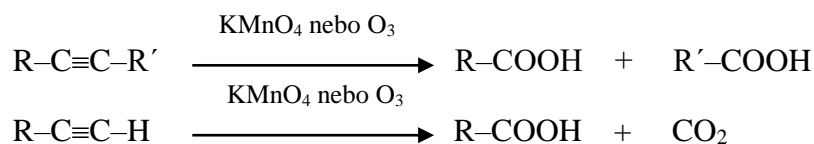


nebo alkylací alkynů. Obecně lze psát rovnice:



Nenasycené uhlovodíky (alkeny, alkyne, dieny, alicyklické nenasycené uhlovodíky) podléhají reakcím

- *adičním* - adice vodíku, halogenů, halogenvodíku, vody – vznikají např. nasycené uhlovodíky, halogederiváty, alkoholy, někdy (u trojné vazby) aldehydy, ketony apod.,
- *substitučním* – halogenace za zvýšené teploty, substituce probíhá mimo dvojnou vazbu,
- *oxidačním*
 - vzdušným kyslíkem se uhlovodíky spalují na uhlík a vodu, příp. na CO, CO₂ a H₂O,
 - vzdušným kyslíkem, za katalyt. účinku Ag₂O nebo působením peroxykyselin vznikají epoxidy, které hydrolyzou v H⁺ prostř. přechází na dioly (glykoly).
 - zř. KMnO₄ v neutrálním nebo alkalickém prostř. za studena vznikají dioly,
 - zř. KMnO₄ v kyselém prostř. za tepla a v závislosti na povaze dvojně nebo trojně vazby vznikají různé oxidační produkty (např. karboxylové kyseliny, ketony, CO₂),
 - ozonem O₃ vznikají tzv. ozonidy, které katalytickou hydrogenací (redukcí) poskytují různé produkty, závislé na povaze původního alkenů či alkynů



- *polymeračním* – vznikají makromolekulární látky (výroba plastů).

Mezi nejdůležitější alkeny a alkyne patří :

ethen (ethylen) CH₂=CH₂ – je bezbarvý, snadno zkapalnitelný plyn, získává se mnoha způsoby, např. z krakovacích plynů, dehydrogenací ethanu a hydrogenací acetyleny, dehydratací ethanolu apod. Používá se k výrobě ethanolu, ethylenglykolu, styrenu, polyethylenu a řady dalších sloučenin. V prostředí ethylenu dozrává nezralé ovoce (využívá se pro transport jižního ovoce).

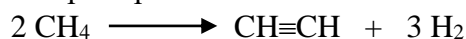
propen (propylen) CH₃-CH=CH₂ – se získává krakováním petrolejové frakce. Používá se k výrobě isopropylalkoholu, acetonu, a allylchloridu. Polymerací vzniká *polypropylen*.

buteny C_4H_8 – se získávají společně s propenem. Hydratací vznikají butanoly, dehydrogenací butadien. Jeho polymerací vzniká *polybutadien*, hmota podobná kaučuku.

ethyn (acetylen) $CH\equiv CH$ – je bezbarvý plyn, nepatrně rozpustný ve vodě, se vzduchem tvoří výbušnou směs. Čistý hoří na vzduchu na uhlík (saze) a vodu. Získává se rozkladem karbidu vápníku CaC_2 vodou podle rovnice



nebo tepelným štěpením methanu při teplotě 1200 – 1400° C.

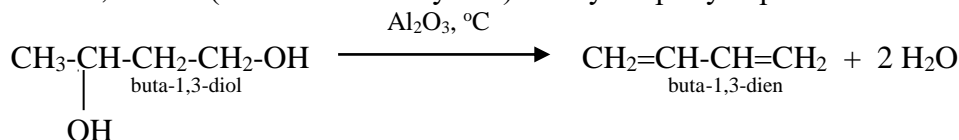


Použití acetyleny je rozsáhlé. Acetylen se stál základem tzv. acetylenové chemie. Používá se k výrobě acetaldehydu (Kučerovova met.), kyseliny octové, vinylchloridu, chloroprenu, vinylacetátu, akrylonitrilu, kyseliny akrylové a dalších sloučenin.

Diény jsou velmi důležitou surovinou chemického průmyslu. Nejběžnější a nejvíce používané jsou dieny s konjugovanými dvojnými vazbami. Jedná se o *buta-1,3-dien* a jeho deriváty – *2-methylbuta-1,3-dien* (isopren) a *2-chlorbuta-1,3-dien* (chloropren). Pro obecnou přípravu alkadienů lze použít modifikovaných metod pro přípravu alkenů nebo alkynů. Výše uvedené dieny se v průmyslu získávají takto:

buta-1,3-dien

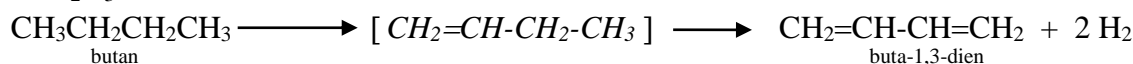
- 1) z buta-1,3-diolu (získává se z acetyleny) za zvýš. teploty a přítomnosti kat. Al_2O_3



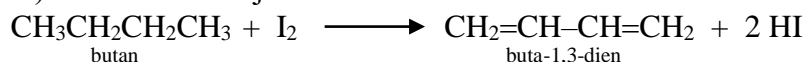
- 2) z etanolu katalytickou dehydratací a dehydrogenací, tzv. Lebeděvova metoda (starší, ekonomicky nevýhodný způsob); kat. Al_2O_3 , ZnO.



- 3) a) katalytickou dehydrogenací butanu při teplotě asi 600° C, kat. je směs Al_2O_3 a Cr_2O_3 . Přechodně vzniká but-1-en.

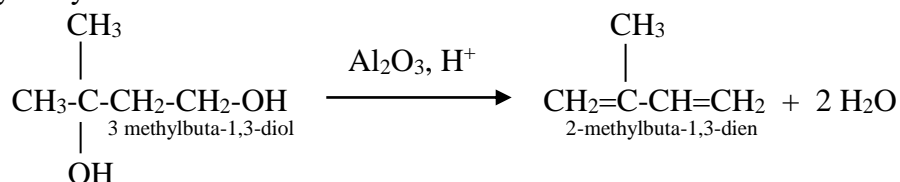


- b) reakcí butanu s jodem



- 4) krakováním petrolejové frakce při teplotách asi 650° C, za sníženého tlaku a přítomnosti katalyzátorů.

2-methylbuta-1,3-dien je základem přírodního kaučuku. Vyrábí se dehydratací příslušného dihydroxyderivátu



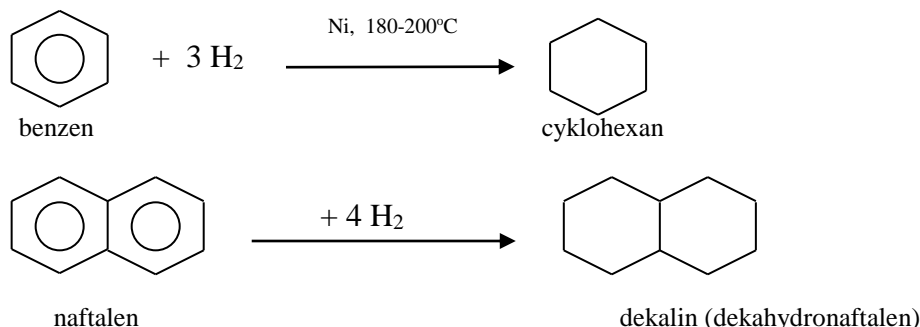
Buta-1,3-dien se používá hlavně na výrobu syntetického kaučuku – butadienového nebo butadien-styrenového (Buna S). Izopren i chloropren se rovněž používají na výrobu syntetických kaučuků.

Alicyklické uhlovodíky

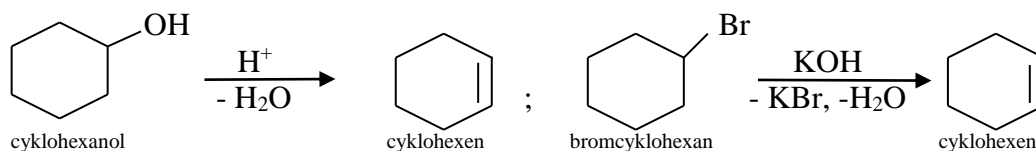
Alicyklické uhlovodíky mohou být monocyklické a polycyklické, nasycené a nenasycené.

Alicyklické uhlovodíky nasycené (cylkoalkany, cykloparafiny, nafteny) mají uzavřený uhlíkatý řetězec a mají pouze jednoduché vazby C-C. Nejběžnější a nejpoužívanější je cyklopentan

Cyklopentan i cyklohexan lze připravit podobně, cyklobutan vzniká velmi obtížně. Cyklohexan a jeho homology se získávají katalytickou hydrogenací benzenů a jeho homologů.



Cykloolefiny, zejména cyklopenten a cyklohexen se dají připravit obdobně jako alkeny, tj. dehydratací alicyklických alkoholů v kyselém prostř. nebo odštěpením HX z halogenderivátů účinkem KOH.



Značný význam jako výchozí surovina pro další syntézy má *cyklopentadien*. Ten se získává frakční destilací kamenouhelného dehtu.

Vyšší nenasyčené alicyklické uhlovodíky terpenické povahy – pinen a limonen – jsou součástí přírodních silic a odtud se také získávají.

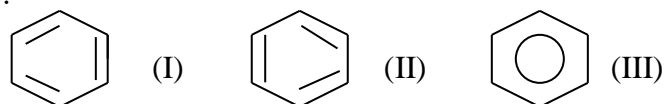
Aromatické uhlovodíky (areny) $\mathcal{R} - \text{H}$

Mezi aromatické uhlovodíky řadíme karbocyklické uhlovodíky obsahující jedno nebo více benzenových jader. Sloučeniny s benzenovým jádrem se pak označují jako sloučeniny aromatické. Název „aromatický“ je historický a byl přiřazen těmto sloučeninám proto, že mnohé z nich se vyznačují charakteristickou vůní (aromátem). Z čistě chemického hlediska je „aromatický charakter“ sloučeniny podmíněn splněním následujících podmínek:

- 1) sloučenina musí být cyklická a musí mít rovinnou strukturu,
- 2) musí obsahovat konjugované dvojně vazby,

3) počet π elektronů v dvojných vazbách musí vyhovovat posloupnosti $(4n+2)$, kde $n = 0, 1, 2, 3 \dots$ atd. (*Hückelovo pravidlo*), tj. počet π elektronů se musí rovnat 2, 6, 10, 14 atd.

Výše uvedené předpoklady splňuje nejrozšířenější cyklické seskupení atomů uhlíku a vodíku – benzenové jádro:



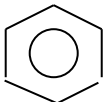
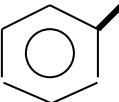
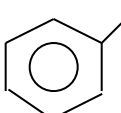
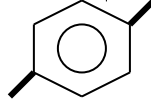
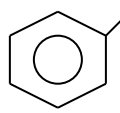
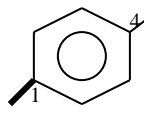
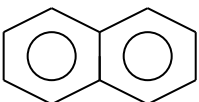
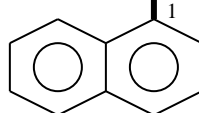
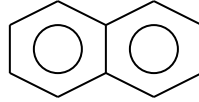
Mezomerní efekt, kterým na sebe vzájemně působí π elektrony dvojných vazeb, způsobuje rovnoměrné rozložení těchto elektronů po celém jádře. Proto se původní délka jednoduché vazby C – C zkrátí z $1,54 \cdot 10^{-10}$ m na $1,41 \cdot 10^{-10}$ m a délka dvojně vazby C = C se prodlouží z $1,32 \cdot 10^{-10}$ m na $1,41 \cdot 10^{-10}$ m. Z toho plyne, že vazba mezi uhlíkovými atomy v molekule benzenu není ani jednoduchá ani dvojná, ale jedenapůlnásobná. Kromě toho je energie benzenového jádra mnohem nižší (jádro je stabilnější) než kdyby se jednalo o lokalizované dvojně vazby cyklohexa-1,3,5-trienu. Proto strukturu benzenového jádra lze zapisovat několika vzorci – I, II, III (viz výše). Struktury I a II se označují jako rezonanční (mesomerní)

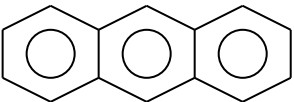
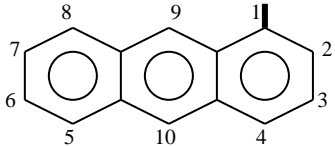
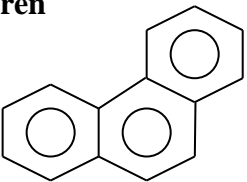
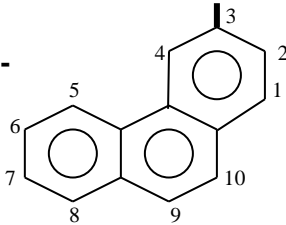
struktury. Nejvýstižněji popisuje strukturu benzenu vzorec (III) a proto bude v dalším textu používán.

Aromatické uhlovodíky lze rozdělit do několika menších skupin na

- benzen a jeho homology (H na benzenovém jádře je nahrazen nějakým alkylem (jedním nebo více) – např. benzen, toluen, xyleny, ethylbenzen, vinylbenzen apod.,
- uhlovodíky, v nichž jsou benzenová jádra spojena parafinickým, olefinickým nebo acetylenickým řetězcem (považujeme je za substituované alkany, alkeny nebo alkyny) – např. difenylmethan, difenylethen (stilben) apod.,
- uhlovodíky, kde jsou benzenová jádra spojena mezi sebou jednoduchou vazbou – např. difenyl,
- uhlovodíky s kondenzovanými benzenovými jádry – např. naftalen, antracen, fenantren apod.

Pro zjednodušené psaní obecných vzorců lze zapsat vzorec aromatického uhlovodíku $\mathcal{R}-\text{H}$, kde \mathcal{R} - je radikál aromatického uhlovodíku zv. *aryl*. K nejběžnějším aromatickým radikálům patří:

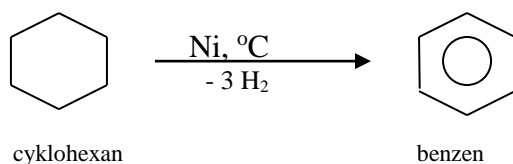
<i>název arenu</i>	<i>vzorec arenu</i>	<i>název arylu</i>	<i>vzorec arylu</i>
benzen	 ; C_6H_6	fenyl-	 C_6H_5-
toluen (methylbenzen)	 ; $\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_3$	1,4 -fenylen (p-fenylen)	 C_6H_4-
		benzyl-	 $\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2-$
		4-tolyl- (p-tolyl)	 $-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_3$
naftalen	 ; C_{10}H_8	1-naftyl- (α -naftyl)	 C_{10}H_7-
		2-naftyl- (β -naftyl)	 C_{10}H_7-

<i>název arenu</i>	<i>vzorec arenu</i>	<i>název arylu</i>	<i>vzorec arylu</i>
anthracen	 ; C ₁₄ H ₁₀	1-anthryl-	 C ₁₄ H ₉ -
fenanthren	 ; C ₁₄ H ₁₀	3-fenanthryl-	 C ₁₄ H ₉ -

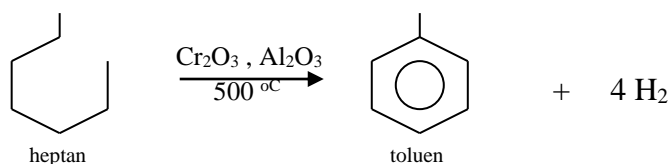
Základním zdrojem jednoduchých i složitějších aromatických uhlovdíků je kamenouhelný dehet, částečně také některé ropy. Obě suroviny se zpracovávají frakční destilací a následnou rafinací vzniklých produktů.

Vedle izolačních metod využívají se rovněž další metody získávání a výroby aromatických uhlovdíků. Jsou to zejména:

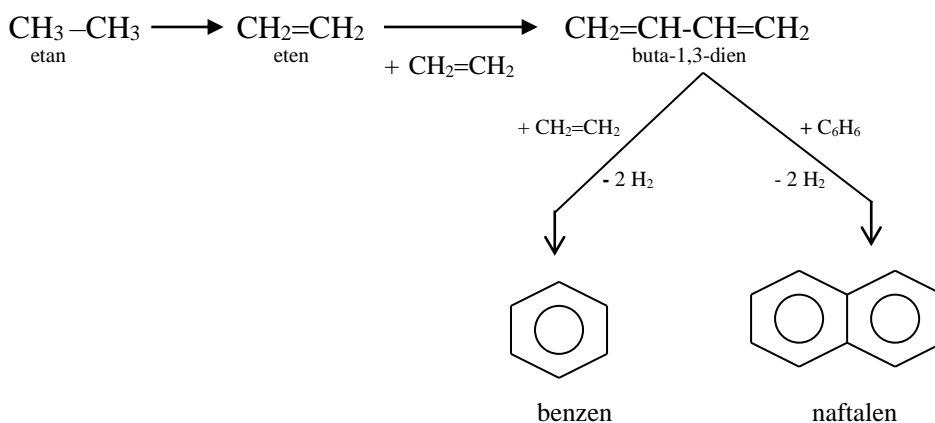
1. Katalytická dehydrogenace cykloparafinů, obsažených v petrolejových frakcích při teplotě 280°C. Tak lze připravit např. benzen z cyklohexanu



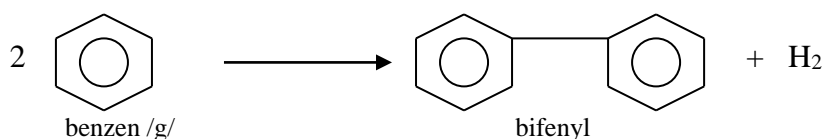
2. Katalytická dehydrogenace cykloalkanů a alkanů obsažených v petrolejových frakcích za současné izomerace a cyklizace. Katalyzátorem je MoO₃, Al₂O₃ a Cr₂O₃, pracuje se při teplotě 480 – 500°C. Takto se vyrábí hlavně benzen a toluen. Např.:



3. Kondensace nižších uhlovdíků (alkanů) při teplotě 750 – 900°C, např. schéma vzniku benzenu a naftalenu z etanu:

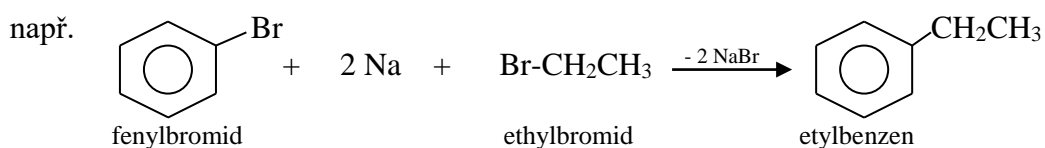
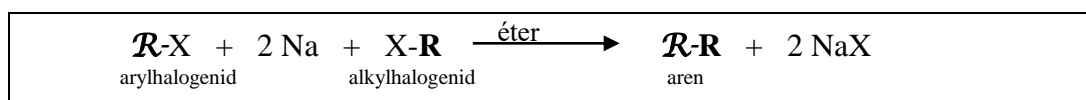


4. Z jednoduchých aromatických uhlovodíků za vysokých teplot (800°C), např. průmyslová příprava bifenyly zahříváním benzenu

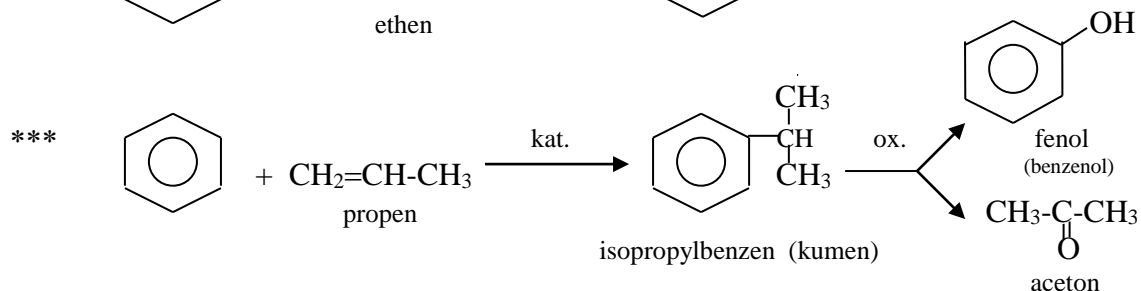
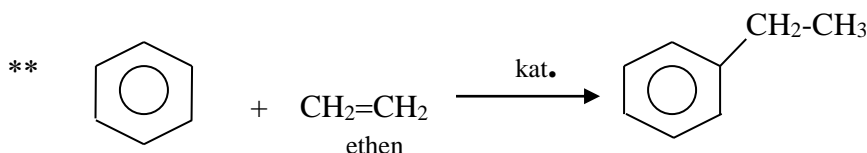
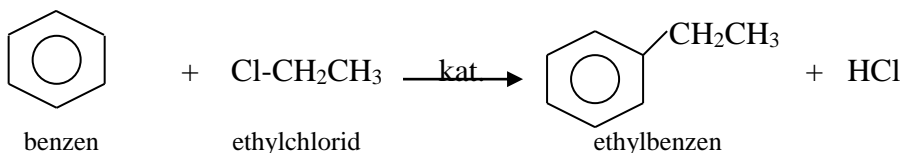
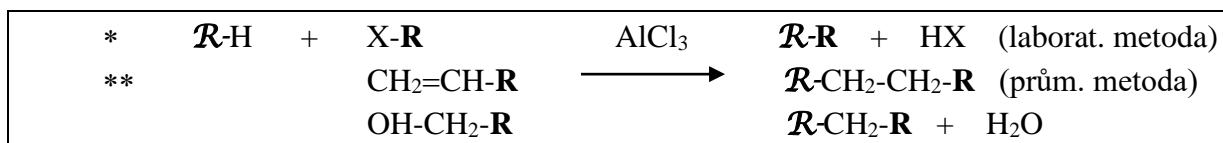


5. Alkylace aromatických uhlovodíků, kdy se na aromatické jádro benzenu nebo jiného arenu zavádí alkyl. Vznikají tak různé deriváty arenů. Alkylace se provádí dvěma způsoby-metodami:

a) *Reakce Wurtzova-Fittigová* (obdoba Wurtzovy metody při výrobě alkanů)



b) *Reakce Friedelova-Craftsova* (alkylace), při které reaguje aromatický uhlovodík s alkylhalogenidem, alkenem nebo alkoholem za přítomnosti kat. AlCl₃



* používá se pro alkylace arenů v laboratoři,

** používá se při výrobě ethylbenzenu a následně styrenu při výrobě polystyrenu nebo umělých kaučuků,

*** místo propenu lze použít 2-chlorpropan; oxidace kumenu se dále využívá při výrobě fenolu (benzenolu) a acetonu.

Friedelova-Craftsova alkylace je elektrofilní aromatická substituce, využívána především k přípravě alkylbenzenů. Má však jistá **omezení**:

a) **je možno ji používat pouze pro alkylhalogenidy**, které reagují velmi dobře,

b) **nereagují!** arylhalogenidy a vinylhalogenidy

- c) **nereagují !** aromatické systémy obsahující skupinu: $-\text{NO}_2$, $-\text{CN}$, $-\text{SO}_3\text{H}$, $-\text{CHO}$, $-\text{COCH}_3$, $-\text{COOH}$, $-\text{COOCH}_3$, $-\text{NH}_2$, $-\text{NHR}$, $-\text{NR}_2$, $-\text{NR}_3^+$.

Reakce aromatických uhlovodíků:

- substituční – *halogenace* (nejčast. *chlorace*, *bromace*), *nitrace*, *sulfonace* – vznikají odpovídající deriváty arenů,
 - *alkylace* – vznikají areny s alkylem v postranním řetězci,
 - *acylace* – zavádění acylové skupiny (acylu) $-\text{COR}$ do aromatického kruhu reakcí arenu nebo aromatické sloučeniny s acylchloridem R-COCl nebo anhydridu karboxylové kyseliny $(\text{RCO})_2\text{O}$ za přítomnosti AlCl_3 .
- adiční (redukční) – *hydrogenace*, *chlorace* – vznikají nasycené uhlovodíky, příp. halogenderiváty,
- oxidační – na vzduchu se nedokonale *spalují* a vzniká uhlík (saze), CO , CO_2 a voda,
 - u arenů *bez postranního řetězce* za přítomnosti katalyzátorů (V_2O_5) vzdušným kyslíkem vznikají různé oxidační produkty, např. anhydridy (např. kys. maleinové, ftalové),
 - u arenů *s postranním řetězcem* dochází působením oxidačních činidel (KMnO_4 , Na_2CrO_4) k oxidaci tohoto postranního řetězce a vznikají karboxylové kyseliny.

Představitelé arenů:

Mezi základní a významné aromatické uhlovodíky řadíme:

benzen C_6H_6 – získává se destilací kamenouhelného dehtu. Je to bezbarvá kapalina, s vodou nemísitelná, hořlavá. Používá se jako rozpouštědlo, je základní surovinou pro výrobu barviv, léčiv, umělých hmot. Hydrogenací vzniká cyklohexan.

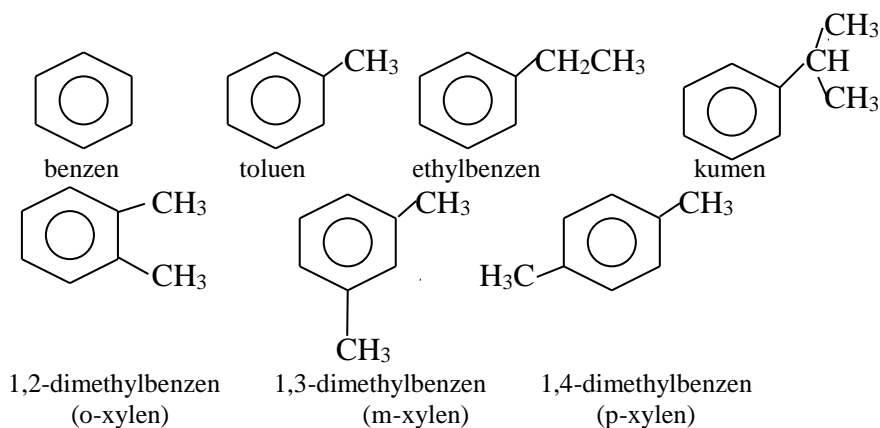
toluen (methylbenzen) $\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_3$, **ethylbenzen** $\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2-\text{CH}_3$, **xyleny (dimethylbenzeny)** $\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2$, **kumen (isopropylbenzen)** $\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}(\text{CH}_3)_2$ – se získávají destilací kamenouhelného dehtu, některé synteticky. Používají se jako rozpouštědla, dále k výrobě kyseliny benzoové, ftalanhydridu, kyseliny tereftalové, fenolu, acetonu a dalších sloučenin.

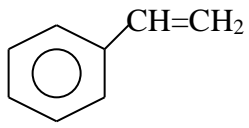
styren (vinylbenzen) $\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}=\text{CH}_2$ – se získává dehydrogenací ethylbenzenu, který vzniká alkylací benzenu Friedel-Craftsovou met. Polymerací se připravuje polystyren.

naftalen C_{10}H_8 – je obsažen v kamenouhelném dehtu ve středním a těžkém oleji. Je to bílá, krystalická látka, charakteristického zápachu, snadno sublimuje. Používá se na výrobu barviv, anhydridu kyseliny ftalové apod.

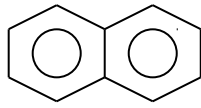
anthracen $\text{C}_{14}\text{H}_{10}$ – je součástí antracenového oleje, používá se k výrobě antrachinonu (barvivo). Izomerem naftalenu je fenanthren.

Řada dalších sloučenin vzniká zejména halogenací, nitrací a sulfonací aromatických uhlovodíků.

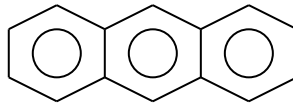




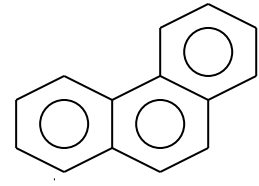
vinylbenzen
(styren)



naftalen



antracen



fenanthren