

# Organická chemie 1 - sylabus

## Anotace

Organická chemie je zaměřena na sloučeniny uhlíku, jejich klasifikaci, názvosloví, strukturu a vlastnosti, jejich použití v praxi. Obsahem první části jsou obecné principy organické chemie, na které navazuje chemie uhlovodíků, halogenderivátů uhlovodíků a částečně kyslíkatých derivátů uhlovodíků.

## Cíle

Osvojení si základních poznatků o struktuře a vlastnostech organických sloučenin s perspektivou jejich praktického využití (příprava a reakce organických sloučenin, organická technologie, ekologie a toxikologie organických sloučenin, využití poznatků v dalších oborech, např. biochemii, molekulární biologii).

## Osnova předmětu

1. Předmět organické chemie, místo organické chemie v systému přírodních a chemických věd, charakter organických sloučenin.
2. Atom uhlíku, hybridizace, vazby v organických sloučeninách, vaznost parametry chemické vazby, struktura a stereochemie molekul organických sloučenin.
3. Vzorce a modely organických sloučenin, jiné způsoby znázornění struktury molekul organických sloučenin, izomerie v organické chemii.
4. Klasifikace organických sloučenin, příklady, názvosloví v organické chemii, názvoslovné principy a jejich aplikace.
5. Přehled základních typů organických reakcí, reakční mechanismy a metody jejich výzkumu, struktura a vlastnosti organických sloučenin, empirické rovnice v organické chemii.
6. Důkazy a identifikace organických sloučenin, fyzikálně-chemické metody stanovení struktury organických molekul.
7. Alkany, příprava, reakce, vliv struktury na reaktivitu alkanů, mechanismy reakcí alkanů, praktické aplikace, ekologie a toxikologie alkanů.
8. Alkeny, příprava, reakce, vliv struktury na reaktivitu alkenů, mechanismy reakcí alkenů, praktické aplikace, ekologie a toxikologie alkenů.
9. Alkyny, příprava, reakce, vliv struktury na reaktivitu alkynů, mechanismy reakcí alkynů, praktické aplikace, ekologie a toxikologie alkynů.
10. Areny, příprava, reakce, vliv struktury na reaktivitu arenů, mechanismy reakcí arenů, praktické aplikace, ekologie a toxikologie arenů.
11. Halogenderiváty uhlovodíků, příprava a reakce, vliv struktury na reaktivitu halogenderivátů, mechanismy reakcí halogenderivátů, praktické aplikace, ekologie a toxikologie halogenderivátů.
12. Alkoholy a fenoly, příprava a reakce, vliv struktury na reaktivitu alkoholů a fenolů, mechanismy reakcí alkoholů a fenolů, průmyslové aplikace, toxikologie alkoholů a fenolů.
13. Etery, příprava a reakce, vliv struktury na reaktivitu etherů, mechanismy reakcí etherů, průmyslové aplikace, toxikologie etherů.
14. Aldehydy a ketony, příprava a reakce, vliv struktury na reaktivitu aldehydů a ketonů, mechanismy reakcí aldehydů a ketonů, průmyslové aplikace, toxikologie aldehydů a ketonů.

## Literatura

McMURRY, J. Organická chemie. Brno - Praha: VUT - VŠChT, 2007

ČERVINKA, O., DĚDEK, V., FERLES, M. Organická chemie. Praha: SNTL, 1980  
ČERVINKA, O., DOLEŽAL, S., DUDEK, V., FÁBRYOVÁ, A., HUB, L. Mechanismy organických reakcí. Praha: SNTL, 1986  
HRNČIAR, P. Organická chémia. Bratislava: SPN, 1982  
PACÁK, J. Stručné základy organické chemie. Praha: SNTL, 1978  
PACÁK, J. Jak porozumět organické chemii. Praha: Karolinum, 1997  
LIŠKA, F. Konstituce, konfigurace a konformace v názvech organických sloučenin. Praha: VŠChT, 2008  
KOLÁŘ, K., KODÍČEK, M., POSPÍŠIL, J. Chemie II (organická a biochemie) pro gymnázia. Praha: SPN, 2005  
BLAŽEK, J., FLEMR, V., KOLÁŘ, K., LIŠKA, F., ZEMÁNEK, F. Přehled chemického názvosloví. Praha: SPN, 2004

### **Ukončení předmětu**

Předmět je zakončen zkouškou, která se skládá z ústní části a písemné části (test – min. 50% úspěšnost). Seminář je zakončen zápočtem (písemný test - úspěšnost min. 50%).

### **Návrhy na zkušební experimenty z organické chemie doplňující témata přednášek**

#### 1) Rozpustnost alkanů

Je porovnávána rozpustnost hexanu a parafinu ve vodě, ethanolu, diethyletheru, acetonu a octanu ethylnatém. Výsledky experimentu ukazují na vliv struktury alkanů a rozpouštědla na rozpustnost. Výsledky testů rozpustnosti jsou vysvětlovány působením tzv. slabých interakcí.

#### 2) Teplota tání arenů

U vybraných arenů (naftalen, anthracen) je změřena teplota tání. Její hodnota je porovnávána s teplotou tání různých anorganických a organických sloučenin (chlorid sodný, azobenzen aj.). Hodnoty teploty tání jsou ve vztahu k typu vazeb ve sloučeninách, k jejich struktuře.

#### 3) Důkaz uhlíku a vodíku v organických sloučeninách

Ve vybraných sloučeninách (glukosa, sacharosa aj.) je dokázána přítomnost uhlíku a vodíku na základě jejich oxidace působením oxidu měďnatého. Při oxidaci organické sloučeniny vzniká oxid uhličitý, který reaguje s hydroxidem vápenatým na uhličitán vápenatý (důkaz uhlíku). Dalším produktem je voda, která interaguje s bezvodým síranem měďnatým za vzniku pentahydrátu síranu měďnatého - bílý prášek modrá (důkaz vodíku).

#### 4) Důkaz dvojné vazby v alkenech

Důkaz dvojné vazby v alkenech (ethen, cyklohexen aj.) je založen na odbarvení roztoku bromu v důsledku jeho adice na dvojnou vazbu alkenů.

#### 5) Důkaz aminoskupiny v molekule anilinu

Aromatické aminy, mezi které anilin náleží, jsou vhodnými modelovými látkami pro prezentaci důkazu aminoskupiny. Poskytují řadu reakcí, při kterých vznikají barevné produkty. Příkladem může být reakce anilinu se 4 - dimethylaminobenzaldehydem (Ehrlichovo činidlo), kdy vzniká žlutý imin (bezilidenanilin). Jiný důkaz je založen na diazotační reakci anilinu a následné kopulační reakci s 2 - naftolem v alkalickém prostředí, při které vzniká červený produkt (1 - fenylozo - 2 - naftol). Některé reakce jsou založeny na vzniku produktů

nepříjemného zápachu. Při reakci anilinu s chloroformem v přítomnosti silné zásady vzniká isonitril, který je tímto způsobem identifikovatelný již v malém množství.

#### 6) Reakce alkenů s bromem

Brom reaguje s cyklohexenem za vzniku 1,2 - dibromcyklohexanu. Reakci doprovází odbarvení roztoku bromu. Přítomnost bromu v reakčním produktu lze dokázat reakcí s alkoholickým roztokem dusičnanu stříbrného. Vzniká bílá sraženina bromidu stříbrného, která postupně šedne až černá.

#### 7) Reakce alkynů s bromem

Ethyn, připravený např. hydrolýzou karbidu vápníku odbarvuje roztok bromu. Dochází k adici bromu na trojnou vazbu alkynů. V produktu je možné brom dokázat reakcí s alkoholickým roztokem dusičnanu stříbrného (bílá sraženina).

#### 8) Reakce arenů s bromem

Benzen s bromem za laboratorních podmínek nereaguje ani po zahřátí reakční směsi. Po dodání bezvodého bromidu hlinitého a zahřátí se reakční směs odbarvuje. O tom, že neprobíhá adice, ale substituční reakce je možné se přesvědčit univerzálním pH papírkem, kterým lze prokázat únik bromovodíku z reakční směsi (zčervenání). Přítomnost bromu v produktu lze prokázat např. Beilsteinovým testem. Reakci je vhodné provést s jinými areny např. toluenem, naftalenem a anthracenem a jednotlivé reakce porovnat.

#### 9) Oxidace arenů

Benzen při zahřívání s vodným roztokem manganistanu draselného nereaguje. Toluén reaguje za vzniku kyseliny benzoové. Naftalen se oxiduje manganistanem draselným v prostředí kyseliny sírové na kyselinu ftalovou. Oba produkty se po ochlazení vylučují z roztoku ve formě bílých krystalů, které lze identifikovat pomocí teploty tání.

#### 10) Reakce halogenderivátů uhlovodíků s hydroxidem sodným

Při zahřívání bynzylochloridu s vodným roztokem hydroxidu sodného vzniká benzylalkohol a chlorid sodný. Přítomnost chloridu sodného v reakční směsi lze prokázat po okselení vodným roztokem dusičnanu stříbrného (bílá sraženina chloridu stříbrného). Benzylalkohol lze dokázat xantogenátovou reakcí, produkt této reakce vykazuje žluté zbarvení.

#### 11) Rozpustnost alkoholů ve vodě

Rozpustnost alkoholu závisí na velikosti uhlovodíkového zbytku vázaného na hydroxylovou skupinu. Na modelové řadě ethanol, propan-1-ol a butan-1-ol lze ukázat, že první dva alkoholy jsou neomezeně mísitelné s vodou, u butan-1-olu tomu tak není, což souvisí s podílem hydrofobní a hydrofilní části molekuly alkoholu.

#### 12) Reakce alkoholů s karboxylovou kyselinou

Jedná se o esterifikační reakci. Je vhodné ukázat, že reakce probíhá až v přítomnosti kyselého katalyzátoru. Vznik esterů je doprovázen charakteristickou vůní.

#### 13) Dehydratace alkoholů

Provádí se v přítomnosti kyselého katalyzátoru (konc.kyselina sírová, konc. kyselina fosforečná). Z ethanolu vznikající ethen je zaváděn do roztoku bromu nebo manganistanu draselného. V důsledku adiční nebo oxidačně redukční reakce se oba roztoky odbarvují.

#### 14) Oxidace alkoholu

Zahříváním ethanolu s roztokem manganistanu draselného v přítomnosti kyseliny sírové dochází k oxidačně redukční reakci, která je spojena s odbarvováním reakční směsi. V závislosti na reakčních podmínkách se ethanol může oxidovat až na kyselinu octovou.

#### 15) Rozpustnost fenolů ve vodě

Je porovnávána rozpustnost fenolu a 1-naftolu ve vodě. Je zřejmé, že fenol se ve vodě částečně rozpouští, 1-naftol se nerozpouští. Rozpustnost opět souvisí s velikostí uhlovodíkového zbytku, na kterém je vázána hydroxylová skupina.

#### 16) Reakce fenolu s bromem

Do roztoku fenolu ve vodě je přidán v malém množství brom, z roztoku se vylučuje bílá sraženina. Chromatografií na tenké vrstvě je možné dokázat, že se jedná o 2,4,6 – tribromfenol. Hydroxylová skupina usnadňuje průběh elektrofilní aromatické substituce s orientací do poloh *ortho*- a *para*-.

#### 17) Reakce fenolu s kyselinou dusičnou

Jde o vhodný model pro prezentaci vlivu struktury organické sloučeniny a reakčních podmínek (koncentrace reaktantů, teplota, katalyzátor aj.) na průběh reakce. Je možné ukázat snadný průběh reakce, orientace substituční reakce do poloh *ortho*- a *para*-, průběh nitrace do prvního nebo druhého stupně atd. Pro vyhodnocení souboru experimentu je třeba využít chromatografie na tenké vrstvě.

#### 18) Vliv reakčních podmínek na průběh nitrace fenolu

Nitrace fenolu kyselinou dusičnou umožňuje názornou prezentaci vlivu koncentrace reaktantů, teploty a katalyzátorů. Vyšší koncentrace kyseliny dusičné, vyšší teplota, přítomnost kyseliny sírové jako katalyzátoru vede k nitraci fenolu do vyšších stupňů.

#### 19) Oxidace fenolů

Působením amoniakálního roztoku dusičnanu stříbrného na hydrochinon vzniká *p*-benzochinon a vylučuje se elementární stříbro, které je důkazem průběhu oxidačně redukční reakce

#### 20) Fenolformaldehydové pryskyřice

Zahříváním fenolu s formaldehydem vzniká makromolekulární látka, fenolformaldehydová pryskyřice.

#### 21) Důkaz karbonylové skupiny v aldehydech a ketonech

Vybrané sloučeniny (např. benzaldehyd) se zahřívají s 2,4 – dinitrofenylhydrazinem, vzniká červenooranžový hydrazon.

#### 22) Oxidace aldehydů

Benzaldehyd se snadno oxiduje vodným roztokem manganistanu draselného. Reakční směs se odbarví, po oddělení oxidu manganičitého se provede zahuštění roztoku a okyselením lze získat kyselinu benzoovou a identifikovat ji pomocí teploty tání.

#### 23) Reakce aldehydů s aminy

Benzaldehyd snadno reaguje s anilinem na benzilidenanilin, který se vylučuje ve formě žlutohnědých krystalů. Průběh reakce je vhodné kontrolovat pomocí chromatografie na tenké vrstvě.

#### 24) Důkaz acidity karboxylových kyselin

Kyselina mravenčí a kyselina octová jsou nanášeny na univerzální pH papírek, který zčervená. Ke kyselině mravenčí a kyselině octové se přidá uhličitan sodný, z reakční směsi se uvolňuje oxid uhličitý.

#### 25) Dekarboxylace karboxylových kyselin

Při zahřívání kyseliny benzoové se směsí hydroxidu sodného a oxidu vápenatého proběhne dekarboxylace za vzniku benzenu. Po přidání malého množství kyseliny chlorovodíkové k pevné složce reakční směsi dochází k uvolňování oxidu uhličitého

#### 26) Hydrolýza esterů

Lipidy náleží mezi estery glycerolu a vyšších mastných kyselin. Jejich zahříváním s ethanolickým roztokem hydroxidu sodného vznikají mýdla- sodné soli vyšších mastných kyselin. K vodnému roztoku mýdla je možné přidat vodný roztok chloridu vápenatého, vznikne bílá sraženina vápenaté soli vyšších mastných kyselin. Po přidání chloridu sodného do roztoku mýdla – sodných solí vyšších mastných kyselin, dochází k jejich vysrážení.

#### 27) Reakce halogenidů karboxylových kyselin s alkoholy nebo aminy

Zahříváním halogenidů karboxylové kyselin (acetylchlorid, benzoylchlorid) s alkoholem nebo aminem (ethanol, anilin) vede k funkčním derivátům, tj. esterům nebo amidům. Vznik esterů doprovází charakteristická vůně, přítomnost chlorovodíku lze prokázat univerzálním pH papírkem. Přítomnost amidů v reakční směsi je patrná z analýzy pomocí tenkovrstvé chromatografie.

#### 28) Reakce anhydridů karboxylových kyselin s aminy

Při zahřívání anilinu s acetanhydridem vzniká acetanilid (N-fenylacetamid), který je možné identifikovat pomocí teploty tání nebo chromatografie na tenké vrstvě.

#### 29) Důkaz zásaditosti aminů

Alifatický amin (methylamin, triethylamin) rozpuštěný ve vodě poskytuje zásaditou reakci na detekční papírek.

#### 30) Reakce aminů s kyselinami

Alifatický nebo aromatický amin (triethylamin, anilin aj.) reaguje s konc. kyselinou chlorovodíkovou za vzniku produktu – bílé krystalické látky, kterou je amoniová sůl (např. anilinium-chlorid), lze ukázat, že látka se na rozdíl od anilinu dokonale rozpouští ve vodě, jedná se o iontovou sloučeninu.

#### 31) Diazotační reakce aminů

Aromatický amin (např. anilin) reaguje s dusitanem sodným v přítomnosti konc. kyseliny chlorovodíkové za vzniku diazoniové soli (např. benzendiazonium - chlorid). Vznik diazoniové soli je možné dokázat přidáním této látky např. k alkalickému roztoku fenolu. Za těchto okolností se tvoří reakcí benzendiazonium – chloridu s fenolem látka žlutého zbarvení (4- hydroxyazobenzen).

#### 32) Kopulační reakce diazoniových solí

Při dodání dusitanu sodného a konc. kyseliny chlorovodíkové k roztoku kyseliny sulfanilové vzniká příslušná diazoniová sůl. Její reakcí s alkalickým roztokem 2-naftolu vzniká produkt, který je znám jako tzv. kyselé azobarvivo Oranž II.

### 33) Izomerizace azosloučenin

Sloučenina - *anti* – azobenzen, také (*E*) – difenyldiazen nanosená na tenkou vrstvu pro chromatografii je po ozáření UV lampou transformována na *syn* – azobenzen, také (*Z*) – difenyldiazen. Tuto izomerizaci lze prokázat po vyvíjení chromatogramu elučním činidlem (toluenem).

### 34) Redukce azosloučenin

Roztok azobenzenu lze redukovat práškovým zinkem v přítomnosti zředěné kyseliny chlorovodíkové. Následné odbarvení roztoku signalizuje destrukci azoskupiny za vzniku dvou molekul anilinu z molekuly azobenzenu. Vznik anilinu lze prokázat reakcí s Ehrlichovým činidlem nebo chromatografií na tenké vrstvě.

### 35) Redukce nitrosloučenin

Roztok nitrobenzenu se redukuje práškovým zinkem v přítomnosti zředěné kyseliny chlorovodíkové. Vznik anilinu lze prokázat reakcí s Ehrlichovým činidlem nebo chromatografií na tenké vrstvě.

### 36) Sulfonace arenů

Naftalen lze sulfonovat konc.kyselinou sírovou za vzniku dvou izomerů – kyseliny naftalen – 1 – sulfonové a kyseliny naftalen – 2 – sulfonové. Jednotlivé produkty lze identifikovat pomocí tenkovrstvé chromatografie.

### 37) Alkalické tavení sulfonových kyselin

Benzensulfonová kyselina se taví s pevným hydroxidem sodným. Přítomnost fenolu v tavenině je možné prokázat chromatografií na tenké vrstvě, případně reakcí s diazoniovou solí. Odštěpení sulfoskupiny ve formě siřičitanu sodného lze ukázat reakcí taveniny se zředěnou kyselinou chlorovodíkovou – vzniká oxid siřičitý, vyznačující se charakteristickým zápachem.

### 38) Reakce Grignardových činidel s oxidem uhličitým

K fenylmagnesiumbromidu se přidá pevný oxid uhličitý (suchý led). Vzniklou kyselinu benzoovou lze identifikovat pomocí tenkovrstvé chromatografie případně podle teploty tání.

### 39) Rozpustnost heterocyklických sloučenin

Cyklohexan se ve vodě nerozpouští, 1,4 - dioxan je neomezeně mísitelný s vodou. Atomy kyslíku v 1,4 - dioxanu umožňují solvataci této molekuly v důsledku slabých interakcí (vodíková vazba aj.).

### 40) Reakce pyridinu

K pyridinu se přidá konc. kyselina chlorovodíková. vznikne bílá krystalická látka -pyridinium - chlorid. Heterocyklická sloučenina pyridin je terciární amin. S kyselinou chlorovodíkovou vzniká amoniová sůl.