

**Wichterlovo gymnázium, Ostrava-Poruba,
příspěvková organizace**



STUDIJNÍ OPORA DISTANČNÍHO VZDĚLÁVÁNÍ

**NÁZVOSLOVÍ A ZÁKLADNÍ TYPY REAKCÍ
V ORGANICKÉ CHEMII**

PAVEL CZERNEK
TOMÁŠ KRCHŇÁK
JAROSLAV VERLÍK

Ostrava 2006

Recenze: Doc. RNDr. Marie Solárová, Ph.D.
Mgr. Libor Koníček, Ph.D.

Publikace byla vytvořena v rámci projektu Státní informační politiky ve vzdělávání v roce 2006.

© Mgr. Pavel Czernek
Mgr. Tomáš Krchňák
Mgr. Jaroslav Verlík

ISBN 80-87058-01-1

Obsah opory

ÚVOD	6
1 NÁZVOSLOVÍ ORGANICKÝCH SLOUČENIN	8
1.1 ZÁKLADNÍ POJMY	9
1.1.1 <i>Názvy</i>	9
1.1.2 <i>Druhy vzorců</i>	10
1.1.3 <i>Vaznost</i>	11
1.2 NÁZVOSLOVÍ UHLOVODÍKŮ	11
1.2.1 <i>Alkany</i>	11
1.2.2 <i>Alkeny a alkyny</i>	16
1.2.3 <i>Alicyklické uhlovodíky</i>	20
1.2.4 <i>Areny</i>	22
1.3 DERIVÁTY UHLOVODÍKŮ	28
1.3.1 <i>Halogenderiváty</i>	28
1.3.2 <i>Hydroxysloučeniny</i>	30
1.3.3 <i>Etery</i>	35
1.3.4 <i>Karbonylové sloučeniny</i>	37
1.3.5 <i>Karboxylové kyseliny</i>	40
2 ZÁKLADNÍ TYPY REAKCÍ V ORGANICKÉ CHEMII	44
2.1 EFEKTY SUBSTITUENTŮ	45
2.2 UHLOVODÍKY	49
2.2.1 <i>Alkeny</i>	49
2.2.2 <i>Alkyny</i>	52
2.2.3 <i>Aromatické uhlovodíky - areny</i>	53
2.3 DERIVÁTY UHLOVODÍKŮ	58
2.3.1 <i>Halogenderiváty uhlovodíků</i>	58
2.3.2 <i>Hydroxyderiváty uhlovodíků</i>	61
2.3.3 <i>Karbonylové sloučeniny</i>	66
2.3.4 <i>Karboxylové kyseliny</i>	69
ZÁVĚR	74
LITERATURA	75

Úvod

Studijní opora, kterou právě otvíráte, je určena studentům 3. a 4. ročníku distančního studia gymnázií, ale může být také doplňkem při studiu chemie na jiných typech středních škol. Vychází z teoretických poznatků, které studenti získají během konzultací se svým vyučujícím chemie, a prostudováním příslušných kapitol některé ze středoškolských učebnic chemie. Tyto jsou citované jak v textu studijní opory, tak v seznamu použité literatury. Řazení úloh ve studijní opoře odpovídá postupu výuky v prezenční formě středoškolského studia a koresponduje se sledem kapitol v běžných středoškolských učebnicích chemie.

Autoři studijní opory se snažili čerpat ze svých zkušeností získaných během výuky chemie v prezenční formě studia a přizpůsobit ji svým obsahem pokud možno co nejvíce podmínkám distančního vzdělávání. Z obsahu učiva byla vybrána tematika organického chemického názvosloví a základních chemických reakcí organických sloučenin, se kterou mívají studenti často určité potíže. Pro limitovaný rozsah studijní opory byly vybrány pouze základní typy úloh, které by měl zvládnout každý student 3. či 4. ročníku distančního studia.

V části organického názvosloví naleznete k vybranému tématu základní pravidla a jejich následnou aplikaci v řešených příkladech. Ke každé podkapitole byly vybrány úkoly pro procvičení dané problematiky, které jsou doplněny číslem strany, na níž jsou uvedeny výsledky řešení. Autor se snažil během řešení úloh co nejvíce přiblížit principy uplatňované v názvosloví organické chemie.

Při výběru chemických reakcí úloh v části Základní typy reakcí v organické chemii vycházel autor z úzkého spektra chemických reakcí, které jsou předpokladem pro zvládnutí učiva chemie ve výše uvedené fázi distanční formy studia. Studenti najdou ve studijní opoře všechny požadované základní typy chemických reakcí, jež jsou rozdělené na řešené příklady, uváděné vždy v první části každé podkapitoly, a na úkoly bez řešení, jimiž si studenti mají ověřit získané dovednosti. Jejich výsledky naleznete, stejně jako v první části opory, v závěru každé kapitoly.

Pro rychlejší orientaci v textu jsou použity marginálie a ikony umístěné v pravém okraji.



klíčová slova



úkoly



řešená úloha



výsledky úkolů



shrnutí kapitoly



průvodce studiem (neformální popovídání, rady kdekoliv v textu)

Autoři vám přejí mnoho úspěchů a zdaru ve vašem studiu.

Autoři

Po prostudování studijní opory budete znát:

- pravidla pro sestavování systematických názvů organických sloučenin;
- postup odvozování chemických vzorců organických sloučenin z jejich systematických názvů;
- typy chemických vzorců a možnosti pojmenování organických sloučenin;
- faktory ovlivňující reaktivitu organických sloučenin;
- závislost reaktivity organických sloučenin na jejich struktuře
- mechanismy vybraných chemických reakcí organických sloučenin.

Po prostudování studijní opory budete schopni:

- určit systematický název organické sloučeniny na základě znalosti jejího chemického vzorce;
- sestavit chemický vzorec podle systematického názvu sloučeniny;
- porovnat reaktivitu organických sloučenin na základě struktury jejich molekul;
- zapsat reakčním mechanismem nebo chemickou rovnicí vybrané chemické reakce organických sloučenin;
- určit průběh chemické reakce na základě struktury výchozích látek.

1 Názvosloví organických sloučenin

Mgr. Tomáš Krchňák

1.1 Základní pojmy

V této kapitole se dozvíte:

- stručnou historii názvosloví a něco o druzích názvů používaných v organické chemii;
- nejčastěji používané druhy vzorců, co to je vaznost prvku.

V této kapitole se naučíte:

- rozlišovat druhy vzorců, určit vaznost prvku.

Klíčová slova kapitoly: triviální, systematický název, molekulový, funkční a skupinový vzorec, vaznost prvku.

Čas potřebný pro prostudování kapitoly: 1,5 h (teorie)

Nejstarší názvosloví organických sloučenin je triviální (tradiční), vznikalo v době, kdy lidé ještě neznali strukturu sloučenin, a proto je pojmenovávali podle zdroje, ze kterého byla sloučenina získávána (kys. citrónová), určité charakteristické vlastnosti (glycerin – z řečtiny sladký) apod. Tento druh názvosloví se stále ještě používá u některých běžných sloučenin (např. močovina), nebo tam, kde by používání systematických názvů bylo příliš složité (např. některé sacharidy, alkaloidy apod.).

S rostoucím počtem objevených a syntetizovaných organických sloučenin však bylo třeba zavést do názvosloví systematickost. Vznikla tak Mezinárodní unie pro čistou a aplikovanou chemii (International Union of Pure and Applied Chemistry, IUPAC) publikující soubor pravidel názvosloví organické chemie, který byl naposledy novelizován v roce 1993. V České republice začala tato novelizovaná pravidla platit od roku 2000. Nejdůležitějšími změnami jsou: 1. použití koncovky –yn namísto –in pro označení trojné vazby (např. ethyn místo ethin), 2. čísla, vyjadřující přítomnost násobných vazeb, substituentů se uvádí před tou částí názvu, kterou popisují (např. but-1-en místo 1-buten) viz dále.

Ve většině středoškolských učebnic je nadále uváděno názvosloví starší, proto se nenechte zmýlit, přehled veškerých změn najdete v publikaci [2]

Průvodce

Vzhledem k rozsahu a charakteru práce zde vysvětlím pouze pojmy, které se bezprostředně váží k problematice názvosloví, s některými dalšími pojmy se musíte seznámit v běžných středoškolských učebnicích sami, např. [4]

1.1.1 Názvy

Triviální – viz výše, až na výjimky je dále nebudu uvádět, jsou neodvoditelné a je nutné se je stejně učit z paměti



Semitriviální – určitá část názvu má systematický význam, zbývající má triviální charakter, příkladem je toluen, kde je část odvozena od názvu kolumbijského města a doplněna koncovkou –en.

Systematické – z takových názvů je možno jednoznačně odvodit vzorec sloučeniny. Názvy se skládají z morfémů, které mají podobu předpon, přípon či slovních základů a jsou doplněny číslovkovými předponami. Existuje několik principů tvoření systematických názvů, nejčastěji se jedná o systematické substituční názvosloví, které budu až na výjimky používat v této publikaci.

Kromě výše uvedených ještě existují názvy technické, používané v technické praxi – př. líh (správně ethanol)

Tato publikace se bude zabývat především systematickým názvoslovím a jeho základními principy.

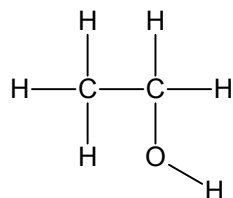
1.1.2 Druhy vzorců

V organické chemii se používají nejčastěji tyto tři druhy vzorců:

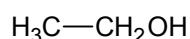
1. vzorec molekulový (souhrnný, sumární) – udává počet jednotlivých atomů v molekule. V organické chemii je pořadí prvků takové, že po značkách C a H následují ostatní značky podle abecedy (př. vzorec $C_3H_4BrNO_2$ udává, že molekula takové sloučeniny obsahuje 3 atomy uhlíku, 4 atomy vodíku, 1 atom bromu, 1 atom dusíku a 2 atomy kyslíku) Takové vzorce většinou prozrazují o struktuře sloučeniny jen velmi málo, a proto je budeme používat jen výjimečně;

2. vzorec funkční (racionální) – zachycuje charakteristická uskupení atomů – tzv. charakteristické (funkční) skupiny – př. –OH, –COOH apod., jako příklad uvedu funkční vzorec kyseliny octové (ethanové) bude vypadat takto: CH_3COOH , zde je dobře zřetelná charakteristická karboxylová skupina –COOH, typická pro organické kyseliny. Pro zajímavost molekulový vzorec této sloučeniny je $C_2H_4O_2$, z čehož lze jen stěží usuzovat na strukturu, a tedy i charakter sloučeniny. Tento typ vzorce je pro vyjádření struktury většiny látek dostatečný, a proto jej budeme používat nejčastěji;

3. vzorec strukturní (konstituční) – zobrazuje vazebné poměry v molekule, zobrazuje všechny vazby mezi jednotlivými atomy, např.



je strukturní vzorec ethanolu, jehož funkční vzorec je



a molekulový C_2H_6O .

1.1.3 Vaznost

Vaznost atomů je číslo určující počet kovalentních vazeb vycházejících z daného atomu ve sloučenině. V chemii (zvláště organické) mají některé prvky vaznost ve všech sloučeninách stejnou, např. uhlík je vždy čtyřvazný (to znamená, že z něj vychází vždy čtyři vazby) vodík jednovazný, kyslík dvojevazný (stejně jako síra) a dusík je trojevazný.

1.2 Názvosloví uhlovodíků

V této kapitole se dozvíte:

- charakteristiku pojmu uhlovodíky a jejich rozdělení;
- principy používané pro názvosloví všech druhů uhlovodíků.

V této kapitole se naučíte:

- rozlišovat jednotlivé druhy uhlovodíků;
- pojmenovat všechny druhy uhlovodíků.

Klíčová slova kapitoly: alkany, alkeny, alkyny, cyklické uhlovodíky, areny, uhlovodíkové zbytky, hlavní řetězec, číslování řetězce.

Čas potřebný pro prostudování kapitoly: 4 h + 2,5 h (teorie + řešení příkladů).

Uhlovodíky jsou nejjednodušší organické sloučeniny, jejichž molekuly jsou tvořeny pouze atomy uhlíku a vodíku. Rozdělují se podle druhu kovalentních vazeb na nasycené (ty obsahují pouze jednoduché vazby mezi uhlíkovými atomy) a nenasycené, které obsahují alespoň jednu vazbu násobnou (dvojnou nebo trojnou) mezi uhlíkovými atomy [3]. Dále se dělí podle stavby uhlíkatého řetězce na cyklické a acyklické. Konečně cyklické uhlovodíky se dále dělí na alicyklické a aromatické (areny).

Průvodce

Nezapomeňte – uhlík je ve všech následujících sloučeninách čtyřvazný, musí z něj vycházet čtyři kovalentní vazby, vodík je vždy jednovazný!

1.2.1 Alkany

Průvodce

Alkany jsou nasycené acyklické uhlovodíky, neobsahují tedy žádné násobné vazby a jejich řetězec není uzavřený.

Názvosloví alkanů je základem pro názvosloví všech dalších organických sloučenin a proto věnujte této kapitole zvláštní pozornost!

Nejjednodušším alkanem (a zároveň i nejjednodušším uhlovodíkem) je sloučenina s molekulovým vzorcem CH_4 , methan.

Názvy a vzorce dalších nerozvětvených alkanů jsou uvedeny v následující tabulce



počet atomů uhlíku	název	funkční vzorec	molekulový vzorec
1	methan	CH ₄	CH ₄
2	ethan	CH ₃ -CH ₃	C ₂ H ₆
3	propan	CH ₃ -CH ₂ -CH ₃	C ₃ H ₈
4	butan	CH ₃ -(CH ₂) ₂ -CH ₃	C ₄ H ₁₀
5	pentan	CH ₃ -(CH ₂) ₃ -CH ₃	C ₅ H ₁₂
6	hexan	CH ₃ -(CH ₂) ₄ -CH ₃	C ₆ H ₁₄
7	heptan	CH ₃ -(CH ₂) ₅ -CH ₃	C ₇ H ₁₆
8	oktan	CH ₃ -(CH ₂) ₆ -CH ₃	C ₈ H ₁₈
9	nonan	CH ₃ -(CH ₂) ₇ -CH ₃	C ₉ H ₂₀
10	dekan	CH ₃ -(CH ₂) ₈ -CH ₃	C ₁₀ H ₂₂

Názvy dalších alkanů s větším počtem uhlíků uvádí další tabulka

počet atomů uhlíku	název alkanu
11	undekan
12	dodekan
13	tridekan
14	tetradekan
15	pentadekan
16	hexadekan
20	ikosan

Průvodce

Všimněte si, že všechny názvy alkanů mají koncovku -an, ta je pro ně typická. a podle této koncovky snadno poznáme, že se jedná o tento typ uhlovodíku. Počínaje pentanem jsou názvy odvozeny od řeckých číslovek.



Řešená úloha 1

Napište molekulový vzorec tetradekanu

Řešení

- a) počet uhlíků je zřejmý – 14;
 b) počet vodíků určíme také snadno, když si uvědomíme, že na krajních uhlících jsou navázány 3 atomy vodíku, na všech ostatních vždy 2 atomy, celkový počet atomů vodíku je tedy $2 \cdot 3 + 12 \cdot 2 = 30$;
 c) molekulový vzorec je tedy $C_{14}H_{30}$.

Nyní by neměl být problém určit obecný vzorec alkanů, neboli vztah mezi počtem uhlíků a vodíků v molekule. Je-li v molekule n atomů uhlíku, pak počet atomů vodíků je $2n$ (na každém uhlíku jsou 2 vodíky) + 2 (to jsou ty dva „třetí“ vodíky na koncových uhlících)

Obecný vzorec alkanů je tedy C_nH_{2n+2}

Průvodce

Nyní se ještě jednou vraťte k první tabulce a několikrát si zopakujte názvy alkanů s příslušnými počty uhlíků. Oněch deset slov bude pro veškeré další kapitoly klíčovými a je nutné je znát jako když bičem mrská.

Pokud jste předcházející učivo zvládli, můžeme tedy přejít ke složitějším alkanům, a to alkanům rozvětveným

Pro jejich pojmenování budeme potřebovat pojem uhlovodíkový zbytek (substituent), které se dovozují odnětím vodíku od alkanu s nerozvětveným řetězcem.

Tak například zbytek od methanu CH_4 má vzorec CH_3- . Obecně se tyto zbytky nazývají alkyly a jejich základní přehled udává další tabulka

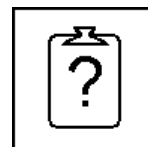
alkan	funkční vzorec	molekulový vzorec	alkyl	funkční vzorec	molekulový vzorec
methan	CH_4	CH_4	methyl	CH_3-	CH_3-
ethan	CH_3-CH_3	C_2H_6	ethyl	CH_3-CH_2-	C_2H_5-
propan	$CH_3-CH_2-CH_3$	C_3H_8	propyl	$CH_3-CH_2-CH_2-$	C_3H_7-
butan	$CH_3-(CH_2)_2-CH_3$	C_4H_{10}	butyl	$CH_3-(CH_2)_2-CH_2-$	C_4H_9-

Průvodce

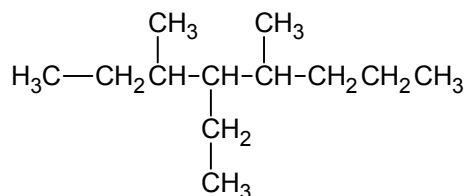
Název uhlovodíkového zbytku, vzniklého z alkanu, se tedy vytvoří prostou záměnou koncovky $-an$ původního alkanu za koncovku $-yl$. Často se pro takový zbytek obecně používá písmeno R.

Úkol 1:

Napište funkční vzorec pentylu, řešení najdete na straně 27.

**Řešená úloha 2**

Pojmenujte následující alkan.

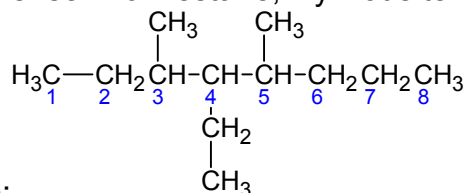
**Řešení**

Pro pojmenování existují vcelku jednoduchá a jednoznačná pravidla:

- a)** najdeme nejdelší hlavní řetězec (nemusí to být zrovna ten vedoucí zleva doprava, může se lomit);

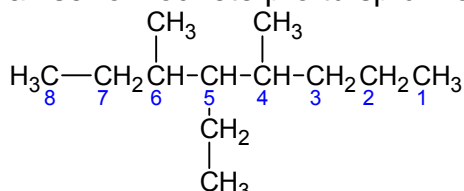
v našem konkrétním příkladě je to řetězec osmiuhlíkatý (tentokrát je to ten „zleva doprava“);

- b)** tento řetězec očíslováme tak, aby dále použitá čísla byla co nejmenší (prakticky máme dvě možnosti, takže se nic nestane, vyzkoušíte-li obě



a pak se rozhodnete pro tu správnou);

nebo



správné číslování je na řetězci vlevo, protože substituenty jsou navázány na uhlících s nižšími čísly (3,4,5), kdežto ve druhé variantě jsou to vyšší čísla 4,5,6;

- c)** nyní pojmenujeme postranní řetězce (všimněte si, že jsou to alkyly) a přiřadíme jim čísla (bod 2), vyskytuje-li se např. methyl vícekrát je třeba použít násobící předponu;

násobící předpony

2	di-
3	tri-
4	tetra-
5	penta-
6	hexa-
7	hepta-

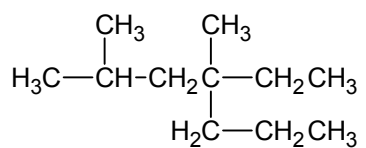
na uhlíku číslo 3 hlavního řetězce je navázán zbytek methanu, tedy methyl, také na uhlíku číslo 5 je methyl, což zapíšeme 3,5-dimethyl a na uhlíku číslo 4 je ethyl (zbytek po ethanu), píšeme 4-ethyl;

- d)** názvy alkylů seřadíme podle abecedy, bez ohledu na číselné a násobné předpony, mezi čísla píšeme čárku, mezi čísla a názvy píšeme spojovník;
v našem příkladu tedy bude nejprve napsán ethyl, až poté dimethyl (násobná předpona di se nebere do úvahy);
- e)** název alkanu pak vytvoříme tak, že ke správně seřazeným názvům alkylů přidáme (bez mezery) název uhlovodíku, odpovídajícího počtu uhlíků v hlavním řetězci;
v našem příkladu má hlavní řetězec 8 uhlíků, proto bude název základního uhlovodíku oktan;
- f)** správný název tohoto rozvětveného alkanu je
4-ethyl-3,5-dimethyloktan.

Nyní si postup zopakujeme na dalším příkladu

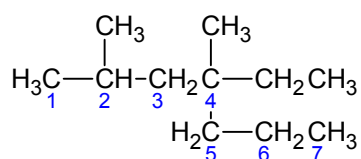
Řešená úloha 3

Pojmenujte tento rozvětvený alkan (úmyslně jej nakreslím tak, aby určení hlavního řetězce nebylo tak snadné)



Řešení

- a)** Najdeme nejdelší řetězec, tentokrát to nebude ten nejjednodušší zleva doprava (má 6 uhlíků), ale lomený řetězec sedmiuhlíkatý, který očíslováme takto, dále použitá čísla budou 2 a 4 (tu použijeme dvakrát);



- b)** kromě hlavního řetězce (ten pojmenujeme podle počtu uhlíků heptan) zbývá určit uhlovodíkové zbytky;
na uhlíku č.2 je methyl, stejně jako na uhlíku č.4, na uhlíku č.4 je dále ethyl;
- c)** výsledný název tedy bude 4-ethyl-2,4-dimethylheptan.

Průvodce

Věnujte velkou pozornost hledání nejdelšího řetězce. Když uděláte chybu, celý název bude špatně. Nezapomeňte také na to, že při vícenásobném výskytu uhlovodíkového zbytku je třeba uvést tolik čísel, kolikrát se daný zbytek ve vzorci objevuje.



1.2.2 Alkeny a alkyny

Průvodce

Alkeny jsou nenasycené uhlovodíky, které obsahují jednu dvojnou vazbu mezi atomy uhlíku, alkyny jsou nenasycené uhlovodíky, které obsahují jednu trojnou vazbu mezi atomy uhlíku [3]. V případě, že je násobných vazeb v molekule více, tuto skutečnost vyjádříme násobnou předponou. Alkadieny jsou tedy uhlovodíky, obsahující dvě dvojně vazby apod.



Nerozvětvené alkeny a alkyny

Názvy alkenů i alkynů se vytvoří z názvů alkanů tak, že místo koncovky –an (alkany) použijeme koncovku –en (alkeny) nebo –yn (alkyny).

alkan	alken	Alkyn
ethan CH ₃ –CH ₃	ethen* CH ₂ =CH ₂	ethyn* HC≡CH
propan	propen CH ₂ =CH–CH ₃	propyn HC≡C–CH ₃

* u ethenu se používá triviální název ethylen, u ethynu se používá triviální název acetylen.

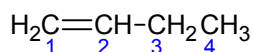
U vyšších uhlovodíků nastává více možností, protože násobná vazba může být umístěna na různých místech v řetězci (takové sloučeniny jsou navzájem různé, mají i odlišné vlastnosti), což musíme zohlednit v názvu.

Řetězec očíslováme, a to tak, aby násobná vazba měla co nejmenší číslo a toto číslo napíšeme v názvu před příslušnou koncovku.

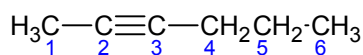
Řešená úloha 4

Pojmenujte následující uhlovodíky:

a)



b)



Řešení:

a) but-1-en b) hex-2-yn.



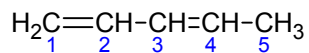
Průvodce

Ve většině středoškolských učebnic najdete dnes už nesprávné názvy 1-buten, 2-hexin, tyto názvy platily před poslední novelizací.



V případě většího počtu násobných vazeb použijeme čísla všech těchto vazeb (vždy to nižší z uhlíků, mezi kterými se vazba nachází) a příslušnou násobící předponu.

Př. penta-1,3-dien je název uhlovodíku s pěti uhlíky, ve kterém jsou dvě dvojně vazby, a to mezi uhlíky č. 1 a 2 a mezi uhlíky č. 3 a 4. Jeho vzorec je tedy



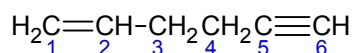
Průvodce

Písmeno a zůstává v názvu penta-1,3-dien tak trochu navíc jen v případech většího počtu násobných vazeb, tedy když následuje –dien, -trien apod. Je tomu tak snad pro lepší „čtení“ názvu, pravidla to takto určují, a proto je třeba je dodržovat.



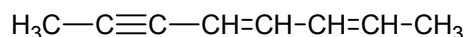
Ještě nám zbývá vyřešit problém s názvem uhlovodíku, ve kterém je v řetězci dvojná i trojná vazba současně. Platí, že dvojná vazba má „přednost“, a to jak při číslování (číslujeme tak, aby měla co nejmenší číslo), tak při psaní názvu (nejprve se píše její poloha, tedy koncovka –en a až poté se vyznačí poloha vazby trojně koncovkou -yn).

Hex-1-en-5-yn je šestičlenný uhlovodík, kde je na prvním uhlíku dvojná vazba, na pátém uhlíku je vazba trojná. Jeho vzorec je tedy



Řešená úloha 5

Pojmenujte následující nenasycený uhlovodík



Řešení:

a) řetězec je složen z osmi uhlíků, jsou zde dvě dvojně a jedna trojná vazba, pro číslování máme dvě možnosti



b) čísla použitá v názvu jsou pro obě možnosti stejná, a to 2,4,6 (nezapomínejte, že vždy píšeme menší číslo z uhlíků, mezi kterými je násobná vazba). Teoreticky bychom mohli použít stejně dobře obě varianty, ale platí pravidlo přednosti vazby dvojně. Jediná správná varianta je tedy možnost uvedená vpravo, protože dvojně vazby budou mít čísla 2,4 a ne 4,6 jako v eventuální variantě uvedené vlevo;

c) a nyní k názvu: začneme okta (počet uhlíků je 8), pokračujeme určením dvojných vazeb 2,4-dien a skončíme určením vazby trojně 6-yn.

Správný název je tedy: okta-2,4-dien-6-yn (písmeno „a“ tam prostě podle pravidel patří).

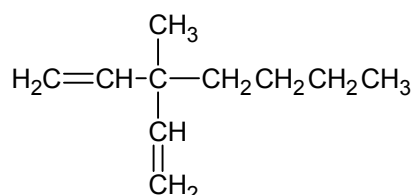


Rozvětvené alkeny a alkyne

1. Při hledání hlavního řetězce nerozhoduje počet uhlíků, ale počet násobných vazeb v řetězci. Pokud je to možné, snažíme se, aby všechny násobné vazby byly v hlavním řetězci.
2. Číslováme tak, aby násobné vazby měly co nejmenší čísla.
3. Dále postupujeme obdobně jako u alkanů

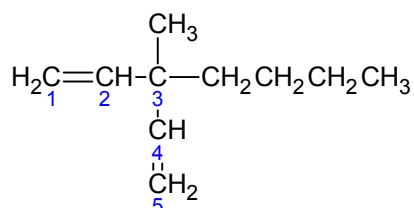
Řešená úloha 6

Pojmenujte tento uhlovodík



Řešení:

- a)** nejdelší řetězec je v tomto uhlovodíku ze sedmi uhlíků (např. ten zleva doprava), ale tento není hlavní, protože neobsahuje všechny dvojně vazby. Správné určení hlavního řetězce je

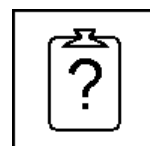
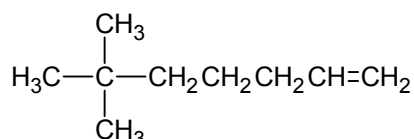


- b)** číslování řetězce je zde výjimečně možné dvojí (zkuste nyní přehodit uhlík č.1 s uhlíkem č.5), v obou případech dostaneme stejný název;
- c)** pojmenujeme uhlovodíkové zbytky, na uhlíku č.3 je butyl a na stejném uhlíku je methyl;
- d)** pojmenujeme hlavní řetězec, penta-1,4-dien (na uhlících 1 a 4 je dvojná vazba);
- e)** název uhlovodíku je 3-butyl-3-methylpenta-1,4-dien.

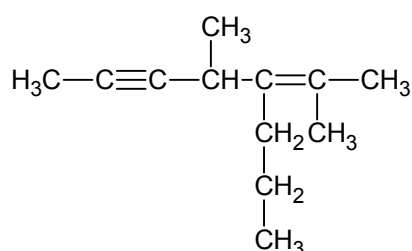
Úkol 2

Jistě teď nebude pro Vás problém pojmenovat následující uhlovodíky

a)



b)



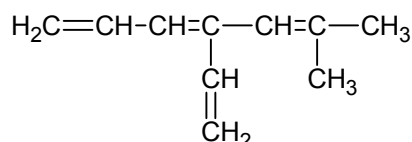
Řešení najdete na straně 27.

Průvodce

Příklad za b) byl, pravda, trochu složitější, hlavní řetězec je číslován zprava doleva kvůli nižším použitým číslům, a také přednosti dvojně vazby před vazbou trojnou.



Můžeme se setkat také s případy, kdy nelze všechny násobné vazby zahrnout do hlavního řetězce, např.



Potom je nutné umět pojmenovat i zbytky po nenasycených uhlovodících (pro omezený rozsah práce uvedu jen ty základní a nejčastěji používané). Obecně se tvoří jejich názvy tak, že k názvu příslušného uhlovodíku přidáme koncovku -yl (na rozdíl od zbytků po alkanech, kde se název tvoří vynecháním koncovky -an se zde původní koncovka -en či -yn ponechává).

uhlovodík	vzorec	zbytek	Vzorec
ethen	CH ₂ =CH ₂	ethenyl*, vinyl	CH ₂ =CH-
propen	CH ₂ =CH-CH ₃	prop-1-enyl	CH ₃ -CH=CH-
propen	CH ₂ =CH-CH ₃	prop-2-enyl	CH ₂ =CH-CH ₂ -

Pozn.: správný systematický název zbytku po ethenu je ethenyl. Běžně se však stále používá triviální název vinyl.

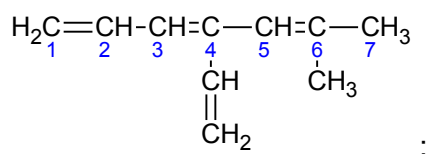
Řešená úloha 7

Nyní se pokusíme pojmenovat výše uvedený uhlovodík, ve kterém všechny čtyři dvojně vazby nejsou v jednom řetězci. Najdeme a očíslováme nejdelší řetězec se třemi dvojnými vazbami a to takto:



Řešení:

a)



b) název základního řetězce je hepta-1,3,5-trien a dále je na uhlíku č.4 vinyl (ethenyl) a na uhlíku č.6 methyl, název sloučeniny (resp. abecední seřazení substituentů) teď bude závislý na naší volbě mezi názvy vinyl a ethenyl (obojí je správné);

c) název je 6-methyl-4-vinylhepta-1,3,5-trien nebo 4-ethenyl-6-methylhepta-1,3,5-trien.

1.2.3 Alicyklické uhlovodíky

Alicyklické uhlovodíky jsou cyklické nasycené i nenasycené sloučeniny (ne aromatické), dělí se na cykloalkany, cykloalkeny a cykloalkyny [3].

Nejjednodušším zástupcem je cykloalkan se třemi uhlíky v kruhu – cyklopropan.

Průvodce

Cykloalkany jsou nasycené cyklické uhlovodíky (mají tedy jen jednoduché vazby mezi uhlíkovými atomy)

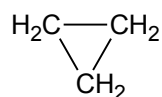
Názvy takových uhlovodíků vycházejí z názvu alkanů a uzavřenost cyklu vyjádříme předponou cyklo-

Funkční vzorce cyklických uhlovodíků je někdy zvykem zjednodušovat a zapisovat jen jako pravidelné n-úhelníky (s případným zvýrazněním násobných vazeb).



Nejdůležitější cykloalkany a možnosti zápisů jejich funkčního vzorce

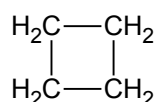
cyklopropan



je zvykem označovat pomocí



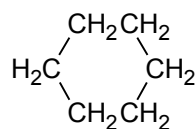
cyklobutan



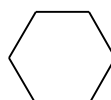
jako



cyklohexan



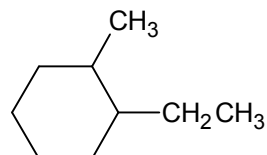
jako



U cyklických uhlovodíků mohou být některé vodíky nahrazeny uhlovodíkovými zbytky (substituenty). Potom platí, že za základ názvu (hlavní řetězec) bereme cyklickou část molekuly a číslujeme uhlíky v cyklu tak, aby použitá čísla pro substituenty byla co nejmenší. Dále se řídíme stejnými pravidly jako pro názvosloví alkanů

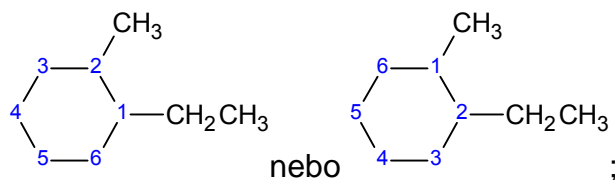
Řešená úloha 8

Pojmenujte



Řešení:

a) je zřejmé, že uhlíky, na kterých jsou navázány substituenty budou mít čísla 1 a 2, která z následujících možností je ale správná?

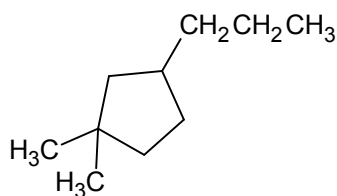


b) správné číslování je ve vzorci vlevo. Je to proto, aby číslování respektovalo abecední pořadí substituentů (neboli, aby čísla v názvu byla po řadě od nejmenšího);

c) název je tedy 1-ethyl-2-methylcyklohexan;

Úkol 3

Pokuste se nyní sami pojmenovat následující cykloalkan.

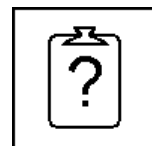


Řešení najdete na straně 27

Cykloalkeny jsou nenasycené cyklické uhlovodíky obsahující jednu dvojnou vazbu. Cykloalkyny obsahují jednu trojnou vazbu.

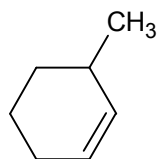
Pro takové uhlovodíky (a také uhlovodíky s větším počtem násobných vazeb v cyklu a případnými substituenty mimo cyklus) platí následující pravidla:

1. Očíslujeme cyklickou část molekuly tak, aby násobné vazby (znovu s předností vazby dvojně) dostaly co nejmenší čísla. Můžeme si dokonce určit i směr číslování v cyklu.
2. Pojmenujeme substituenty, přiřadíme jim čísla a seřadíme jejich názvy podle abecedy.
3. Pojmenujeme základní cyklický uhlovodík a vytvoříme název sloučeniny



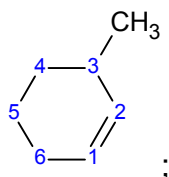
Řešená úloha 9

Pojmenujte

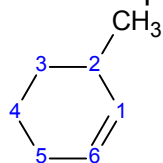


Řešení:

a) očíslovujeme a to takto:



b) dvojná vazba má přednost před substituentem. Dejte pozor na nesprávnou



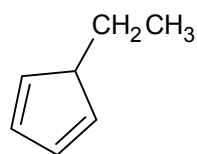
variantu kde je sice číslo použité pro substituent nižší, ale dvojná vazba je nesprávně umístěna mezi uhlíky s čísly 1 a 6 (čísla musejí být „za sebou“);

c) název je tedy 3-methylcyklohex-1-en (teoreticky je zde možné číslo 1 vynechat, protože jediná dvojná vazba v kruhu musí mít automaticky číslo 1, ale výše uvedený název je správný).

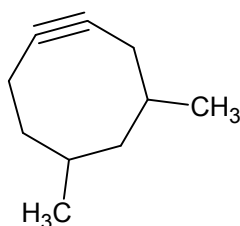
Úkol 4

Zkuste nyní pojmenovat následující sloučeniny:

a)



b)



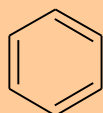
Řešení najdete na straně 27

1.2.4 Areny

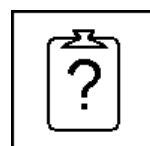
Základním a nejjednodušším arenem je benzen, jehož molekulový vzorec je C_6H_6 , vysvětlení jeho struktury najdete např. v [4].

Průvodce

Funkční vzorec benzenu zapisujeme nejčastěji



nebo

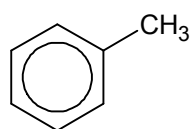


Názvosloví arenů je z velké části triviální.

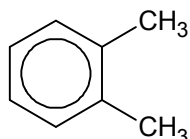
Monocyklické areny

Monocyklické areny jsou areny obsahující jeden aromatický (benzenový) kruh s případnými substituenty.

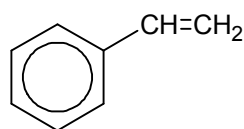
Důležité monocyklické areny mají většinou triviální názvy, zde je jejich přehled:



toluen



o-xylen

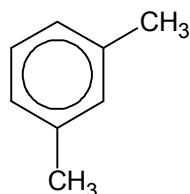


styren

Vzájemnou polohu dvou substituentů na benzenovém jádře (např. u výše zmíněného xylynu) lze vyjádřit místo dvou čísel také pomocí předpon:

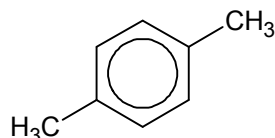
ortho- poloha 1,2 (substituenty jsou na benzenovém jádře „vedle sebe“) příklad výše;

meta- poloha 1,3 (substituenty jsou na benzenovém jádře „ob jeden volný uhlík“);



m-xylen (1,3-dimethylbenzen)

para- poloha 1,4 (substituenty jsou na benzenovém jádře „naproti sobě“)



p-xylen (1,4-dimethylbenzen).

Průvodce

V názvech se tyto předpony zkracují na o-, m-, p-, čteme však celou předponu, např. o-xylen čteme orthoxylen, m-dichlorbenzen čteme metadichlorbenzen



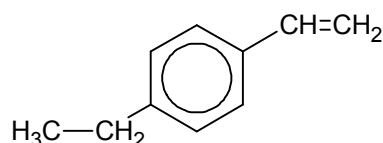
Názvy ostatních se tvoří následujícím způsobem:

1. Řetězec očíslováme tak, aby substituenty měly co nejmenší čísla.

Název se dále vytvoří způsobem podobným jako u jiných typů uhlovodíků, za základ názvu se však bere jeden ze základních (výše uvedených) arenů a uplatňuje se substituční princip.

Řešená úloha 10

Pojmenujte následující sloučeninu



Řešení:

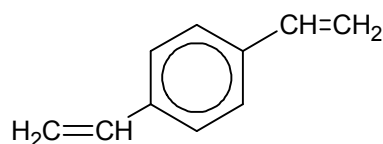
- a) základem názvu je styren (nikoliv benzen, příliš nad tím nedumejte, ne vše je úplně logické) vzhledem k vinylové skupině je ethyl v poloze para;
- b) název je tedy p-ethylstyren (nebo s využitím číslování 4-ethylstyren) nikoliv však 4-ethyl-1-vinylbenzen.

Průvodce

Pokud je však nový substituent shodný se substituentem již přítomným, název uhlovodíku je odvozen přímo od benzenu. Takže když se na benzenu objeví dvakrát vinyl, název nelze tvořit jako derivát styrenu.

Řešená úloha 11

Pojmenujte



- a) zde je správně p-divinylbenzen (eventuálně 1,4-divinylbenzen) a nikoliv p-vinylstyren

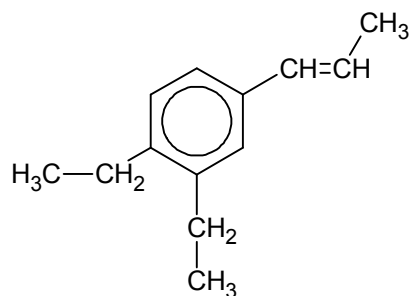
Tam kde názvosloví připouští triviální názvy je prostě situace vždy o něco komplikovanější a méně logická (bohužel).

Názvy ostatních se tvoří následujícím způsobem:

Řetězec očíslováme tak, aby substituenty měly co nejmenší čísla, pojmenujeme substituenty a uspořádáme je v názvu podle abecedy

Řešená úloha 12

Pojmenujte

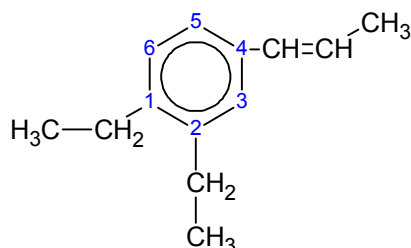


Řešení:

- a) substituenty jsou ethyl (2x) a prop-1-enyl (viz strana 18);

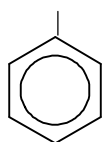


b) očíslovujeme tak, abychom respektovali abecední pořadí, proto budou mít ethyly menší čísla než prop-1-enyl;

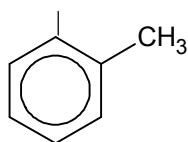


c) název je tedy 1,2-diethyl-4-prop-1-enylbenzen.

Uhlovodíkové zbytky odvozené od arenů odtržením vodíkového atomu se obecně označují jako aryly, jejich názvy jsou bohužel také z většiny triviální, obecně se většinou označují A_r . Uvedu zde jen ty základní, jejich názvy se musíte naučit nazpaměť.



fenyl



tolyl

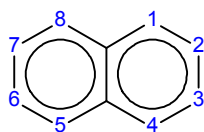
Průvodce

Názvy těchto uhlovodíkových zbytků využijete nejvíce až v další kapitole, věnované derivátům uhlovodíků.

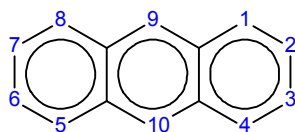


Polycyklické areny

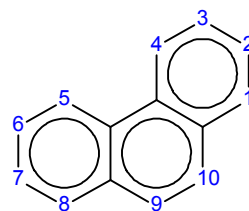
Polycyklické areny jsou areny obsahující více benzenových kruhů, několik základních je uvedeno zde:



naftalen



anthracen



fenanthren.

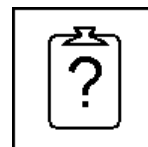
Průvodce

Číslování uhlíkových atomů v řetězcích je dáno konvencí, znovu je třeba se jej naučit zpaměti. Všimněte si také, že některé uhlíkové atomy nemají žádná čísla. Je to proto, že na nich není navázán žádný vodík, a proto zde nemůže být navázán ani žádný substituent.



Úkol 5

Pokuste se nyní zapsat molekulové vzorce těchto arenů, není to úplně jednoduché, uvědomte si, že uhlíky v arenech jsou vzhledem k jejich struktuře vlastně „trojvazné“.



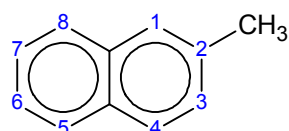
Řešení najdete na straně 27.

Vzhledem k danému očíslování uhlíkových atomů je pak tvorba názvů substituovaných polycyklických arenů je potom docela snadná.

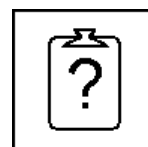
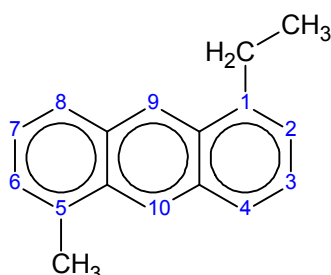
Úkol 6

Pojmenujte:

a)



b)



Řešení najdete na straně 27.

Průvodce

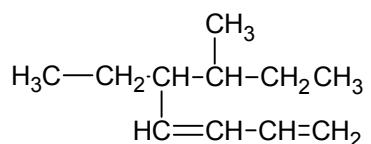
Názvosloví arenů je z důvodu používání triviálních názvů složitější. Důležité pro Vás je naučit se tyto triviální názvy, a také používat správně předpony ortho-, meta-, para- pro vzájemnou polohu substituentů, zbytek není zase tak důležitý.



Na závěr kapitoly názvosloví uhlovodíků krátké shrnutí: základem správného pojmenování uhlovodíku je najít hlavní řetězec, v případě alkanů je to ten nejdelší řetězec, u alkenů a alkynů ten, který obsahuje nejvíce (pokud možno všechny) násobných vazeb. U cyklických uhlovodíků se substituenty je to pak cyklická část molekuly (existují i jiné případy přesahující rámec této publikace) a u arenů je situace složitější vzhledem k triviálním názvům většiny z nich.

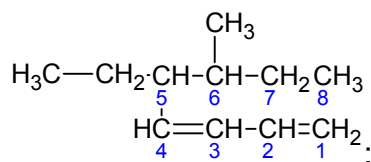
**Řešená úloha 13**

Pojmenujte



Řešení:

a) hlavní řetězec musí obsahovat obě dvojně vazby, očíslováme jej tak, aby tyto vazby měly co nejmenší čísla, tedy

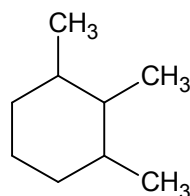


b) na uhlíku č.5 je ethyl, na uhlíku č.6 methyl, hlavní řetězec pojmenujeme okta-1,3-dien;

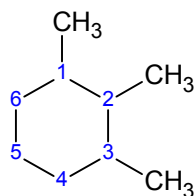
c) název je tedy 5-ethyl-6-methylokta-1,3-dien.

Řešená úloha 14

Pojmenujte



Tento příklad není obtížný (pozor, nejde o benzen, není zde aromatické jádro), číslování provedeme tak, aby substituenty měly co nejmenší čísla, tedy

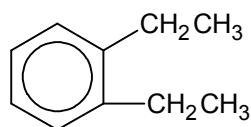


Název pak bude 1,2,3-trimethylcyklohexan

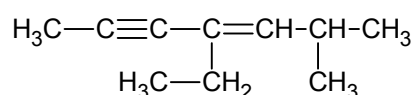
Úkol 7

Nyní se pokuste samostatně pojmenovat následující sloučeniny:

a)



b)



Řešení najdete na straně 27.

Řešení příkladů z kapitoly 1. 2:

úkol 1: $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$;

úkol 2: a) 6,6-dimethylhept-1-en;

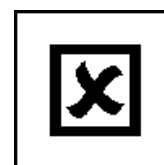
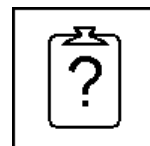
b) 2,4-dimethyl-3-propylhept-2-en-5-yn;

úkol 3: 1,1-dimethyl-3-propylcyklopentan;

úkol 4: a) 5-ethylcyklopenta-1,3-dien;

b) 4,6-dimethylcyklookt-1-yn;

úkol 5: molekulový vzorec naftalenu je C_{10}H_8 (vodíky jsou jen na očíslovaných uhlících), molekulové vzorce anthracenu a fenanthrenu jsou totožné $\text{C}_{14}\text{H}_{10}$;



- úkol 6: a) 2-methylnaftalen;
 b) 1-ethyl-5-methylantracen;
 úkol 7: a) o-diethylbenzen (1,2-diethylbenzen);
 b) 4-ethyl-6-methylhept-4-en-2-yn.

1.3 Deriváty uhlovodíků

V této kapitole se dozvíte:

- charakteristiku derivátů uhlovodíků a jejich rozdělení;
- principy používané pro názvosloví vybraných derivátů uhlovodíků.

V této kapitole se naučíte:

- rozlišovat jednotlivé deriváty uhlovodíků;
- pojmenovat vybrané deriváty uhlovodíků.

Klíčová slova kapitoly: halogenderiváty, hydroxyderiváty, ethery, karbonylové sloučeniny, karboxylové kyseliny.

Čas potřebný pro prostudování kapitoly: 3 h + 2 h (teorie + řešení příkladů).

Deriváty uhlovodíků jsou organické sloučeniny, jejichž molekuly obsahují kromě uhlíku a vodíku i jiné prvky, například kyslík, dusík nebo síru. Jejich vzorce lze odvodit náhradou jednoho nebo více atomů vodíku v molekule uhlovodíku tzv. charakteristickou skupinou. Charakteristická skupina je tvořena jedním nebo několika atomy. Právě podle charakteristické skupiny rozdělujeme deriváty uhlovodíků do mnoha skupin.



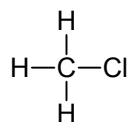
1.3.1 Halogenderiváty

Halogenderiváty jsou organické sloučeniny obsahující v molekule jeden nebo více halogenů (fluor, chlor, jód, brom) navázaných na uhlíku vždy jednoduchou vazbou (můžeme si představit, že atom halogenu nahradil v molekule uhlovodíku některý vodíkový atom).

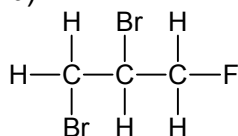
Řešená úloha 15

Pojmenujte

a)



b)



Výjimečně jsem napsal tyto strukturní vzorce, abyste viděli správně vazebné poměry ve sloučenině.

Názvy se tvoří s využitím předpon fluor-, chlor-, brom-, jod-, které se řadí mezi názvy případných ostatních substituentů (methyl, ethyl, . . .) v abecedním pořadí, v případě většího počtu atomů halogenů v molekule se používají násobné předpony di-, tri-, . . . Při číslování řetězce vycházíme z toho, aby atomy halogenů měly co nejmenší čísla.



Řešení: a) chlormethan

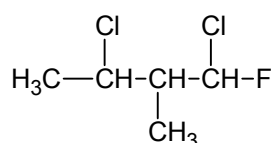
b) 1,2-dibrom-3-fluorpropan

Průvodce

Je-li to možné, číslujeme tak, aby čísla byla v souladu s abecední pořadím substituentů, proto je ve druhém příkladu řetězec očíslován zleva doprava a ne opačně (podobná situace byla u cykloalkanů).

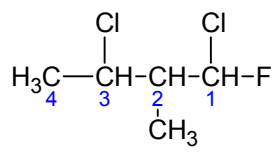
**Řešená úloha 16**

Zkusíme nyní pojmenovat trošku komplikovanější halogenderivát, znovu se vrátíme k funkčním vzorcům.



Řešení:

a) molekula obsahuje celkem tři atomy halogenů, navíc jde o rozvětvený uhlovodík. Očíslujeme jej tak, aby atomy halogenů měly co nejmenší čísla, tedy takto:



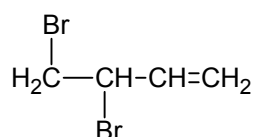
b) seřadíme názvy substituentů (tedy halogenů a methylu podle abecedy, chlor je v tomto případě před fluorem, vychází se totiž z mezinárodní abecedy a tedy pro chlor platí, že začíná písmenem c);

c) název bude 1,3-dichlor-1-fluor-2-methylbutan.

Výjimkou pro číslování jsou molekuly s násobnou vazbou, která má před halogeny přednost, a tedy číslujeme tak, aby co nejmenší číslo měla násobná vazba.

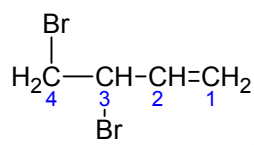
Řešená úloha 17

Pojmenujte

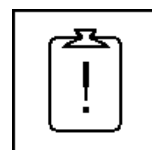


Řešení:

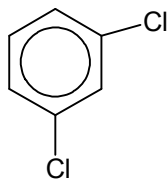
a) zde tedy číslujeme tak, aby dvojná vazba měla co nejmenší číslo



b) název: 3,4-dibrombut-1-en.



Pro halogenderiváty arenů platí podobná pravidla jako pro pojmenování arenů
Př.



1,3-dichlorbenzen nebo m-dichlorbenzen

Průvodce

Všechny tyto názvy jsou tvořeny tzv. substitučním principem, pro některé jednodušší halogenderiváty se stále mohou používat názvy vytvořené jiným, tzv. radikálovým principem. Tento princip se hojně používal v minulosti, nyní je však dáána přednost principu substitučnímu.



Název se tvoří tak, že pojmenujeme uhlovodíkový zbytek (alkyl, aryl) a k názvu přidáme koncovku -halogenid (-fluorid). Protože se tyto názvy objevují v literatuře, uvedu zde několik příkladů:

$\text{CH}_3\text{-Cl}$ správný název vytvořený substitučním principem je chlormethan, přípustný je však také název methylchlorid.



Podle substitučního principu 1-jodpropan, radikálovým principem propyljodid.

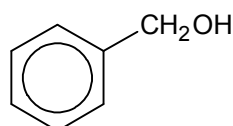
Vzhledem k tomu, že radikálový princip nelze použít pro složitější deriváty, je lépe používat názvy vytvořené substitučním principem.

1.3.2 Hydroxysloučeniny

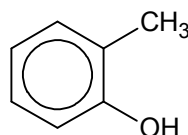
Hydroxysloučeniny jsou kyslíkaté deriváty uhlovodíků, které obsahují jednu nebo více hydroxylových skupin $-\text{OH}$.

Dělí se na alkoholy, je-li tato skupina navázána na uhlíku mimo aromatické jádro a fenoly, kdy je skupina $-\text{OH}$ navázána přímo na uhlíku aromatického kruhu

Př.



alkohol



fenol

Průvodce

Molekula výše uvedeného alkoholu sice obsahuje aromatický kruh, ale skupina $-\text{OH}$ není navázána přímo na uhlíku aromatického jádra jako ve druhém případě.

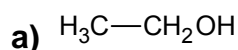


Alkoholy

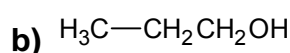
Názvosloví se tvoří na základě substitučního principu tak, že k názvu uhlovodíku připojíme koncovku –ol. Řetězec očíslováme tak, aby atom uhlíku, na kterém je navázána –OH skupina, měl co nejmenší číslo, v případě alkoholů má už dokonce hydroxylová skupina přednost i před dvojnou vazbou (což např. u halogenderivátů nebylo).

Řešená úloha 16

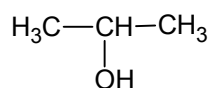
Pojmenujte



základním uhlovodíkem je ethan, přidáním koncovky –ol dostaneme název ethanol. V tomto případě není třeba psát ethan-1-ol, protože zde není jiná varianta umístění hydroxylové skupiny;



v tomto případě je nutno řetězec očíslovat, název propanol není jednoznačný, existuje totiž ještě sloučenina tohoto vzorce,



kteřá by měla mít také název propanol.

Správné názvy po očíslování řetězce (které, doufám, nebude pro Vás problémem) jsou po řadě

propan-1-ol

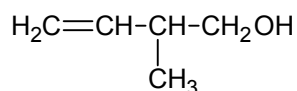
propan-2-ol

Průvodce

Název (respektive sloučenina s názvem) propan-3-ol už samozřejmě neexistuje. Nezapomeňte, že řetězec číslujeme tak, aby uhlík s –OH skupinou měl co nejmenší číslo.

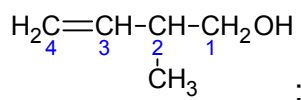
Řešená úloha 18

Nyní něco trošku složitějšího. Zkusíme pojmenovat tuto sloučeninu:



Řešení:

a) nejdříve k číslování - u alkoholů je při něm jednoznačně upřednostňována –OH skupina, proto bez ohledu na ostatní substituenty a násobné vazby, musí mít co nejmenší číslo. Očíslováme tedy takto



b) při tvorbě názvu nyní pojmenujeme sloučeninu, jako by byla uhlovodíkem, a přidáme jen koncovku (s příslušným číslem) –ol, takže

2-methylbut-3-en-1-ol.



Ještě jedna úloha pro pojmenování jednosytných alkoholů. To jsou takové, které obsahují jen jednu hydroxylovou skupinu –OH.

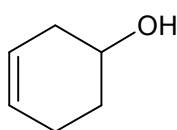
Průvodce

Název vypadá a čte se trochu kostrbatě, ale přesně vyjadřuje strukturu sloučeniny. 1-ol znamená, že na prvním uhlíku je skupina –OH, 3-en zase určuje polohu dvojně vazby mezi uhlíky č.3 a 4, 2-methyl zase říká, že na uhlíku č.2 je navíc zbytek po methanu, no a but- určuje, že celkový počet uhlíků v molekule je jako u butanu, tedy 4.



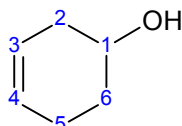
Řešená úloha 19

Pojmenujte



Pozor, nejedná se o fenol, kruh není aromatický!

a) znovu nejprve očíslováme, přednost má uhlík s hydroxylovou skupinou,



číslováme tímto směrem proto, aby dvojná vazba měla co nejmenší možné číslo (vyzkoušejte i druhou variantu a uvidíte);

b) nyní pojmenujeme uhlovodík, cyklohex-3-en a přidáme koncovku –ol příslušným číselným lokantem, tedy cyklohex-3-en-1-ol (ty vnímavější možná napadne, že použití v názvu číslo 1 není úplně nutné, ale zde je jeho uvedení v pořádku).

A nyní k vícesytným alkoholům, ty obsahují více –OH skupin.

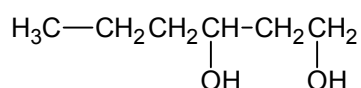
Průvodce

Je užitečné si zapamatovat, že neexistují sloučeniny, kde by dvě či více –OH skupin vycházely z jednoho uhlíku. Teoreticky je možné vzorce takových sloučenin vytvořit, ale prostě neexistují.



Řešená úloha 20

Pojmenujte:



Řešení:

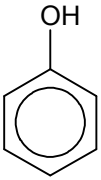
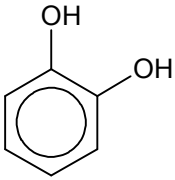
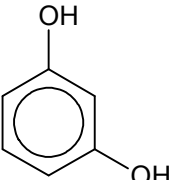
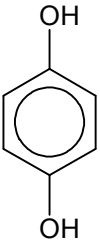
a) očíslováme řetězec tak, aby –OH skupiny měly co nejmenší čísla, tedy



Fenoly

Nejvýznamnější fenoly se přednostně pojmenovávají triviálními názvy, systematické názvy se tvoří podle substitučního principu podobně jako názvy alkoholů.

Nejvýznamnější fenoly a jejich triviální i systematické názvy najdete v následující tabulce:

			
fenol*	pyrokatechol	resorcinol	hydrochinon
benzenol**	benzen-1,2-diol	benzen-1,3-diol	benzen-1,4-diol

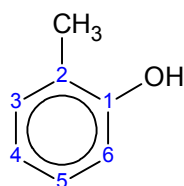
Průvodce

* je to zvláštní, ale nejvýznamnější ze skupiny sloučenin nazývané fenoly se opravdu jmenuje fenol

** nedoporučuje se užívat, systematicky je však vytvořen správně

**Řešená úloha 22**

Názvy některých dalších fenolů se pak tvoří, jako by se jednalo o substituovaný fenol. Pojmenujte

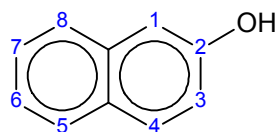


Řešení:

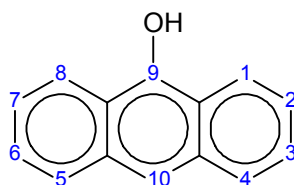
a) tato sloučenina nemá název 2-methylbenzen-1-ol, ale 2-methylfenol. Aby to nebylo vůbec jednoduché, i tato sloučenina má triviální název a to o-kresol (předponu o- čteme ortho- a určuje vzájemnou polohu substituentů na benzenovém kruhu (viz areny).



Naštěstí pro nás není mnoho významných fenolů, a tak si stačí zapamatovat kromě názvů a vzorců výše uvedených ještě tyto dva a jim podobné:



2-naftol



9-anthrol

Průvodce

Nezapomeňte, že číslování polycyklických arenů (viz kapitola areny) je dáno konvencí a nelze tedy přiřadit libovolnému uhlíkovému atomu číslo 1, jako je tomu u jiných uhlovodíků či derivátů.

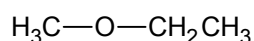
1.3.3 Ethers

Ethers jsou kyslíkaté deriváty, které mají obecný vzorec $R-O-R'$, tedy sloučeniny, kde jsou na kyslík navázány dva stejné nebo různé uhlovodíkové zbytky (substituenty).

Ethers je možno pojmenovávat dvojím způsobem. První způsob je starší a používanější - je založený na funkčním skupinovém principu.

Řešená úloha 23

Pojmenujte



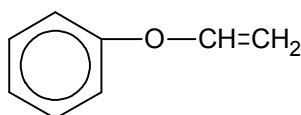
Řešení:

- pojmenujeme oba uhlovodíkové zbytky navázané na kyslíku, tj. methyl a ethyl. Tyto názvy seřadíme podle abecedy a připojíme koncovku ether;
- název je tedy ethyl(methyl)ether (název druhého zbytku se podle nových pravidel dává do závorky, ve většině učebnic však tuto závorku nenajdete).

Vyzkoušíme si tento způsob na dalším příkladu:

Řešená úloha 24

Pojmenujte



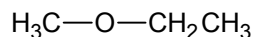
- zbytky se pojmenují fenyl (viz areny) a vinyl (eventuelně ethenyl, viz kapitola alkeny, ale budeme dávat přednost triviálnímu názvu vinyl);
- název je tedy fenyl(vinyl)ether.



Druhý způsob pojmenovávání je založen na principu substitučním. Protože v současné době je tomuto principu dáвана určitá priorita, seznámíme se s ním tak i u názvosloví etherů. Zkusíme to na stejných příkladech.

Řešená úloha 25

Pojmenujte pomocí substitučního principu



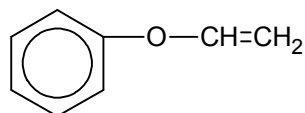
Řešení:

- a) určíme jeden ze zbytků jako nadřazený (je to ten složitější, v tomto případě ethyl) a ten bude tvořit základ názvu. Vyjádříme jej ale jménem základního uhlovodíku (tedy ethan). Druhý uhlovodíkový zbytek vyjádříme v názvu předponou alkoxy- (v našem případě methoxy-);
- b) název je tedy methoxyethan.



Řešená úloha 26

Pojmenujte pomocí substitučního principu



Řešení:

Průvodce

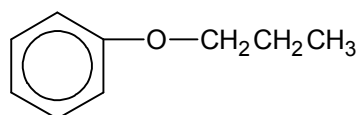
- a) V tomto případě určíme za základní (nadřazený) uhlovodík ethen, i když je to „jednodušší“ uhlovodík než benzen. Důvodem je to, že opačná varianta by byla pro tvorbu názvu komplikovanější;

- b) název tedy bude fenoxýethen, kde fen je zkrácený název fenylu (viz kapitola areny).

Zkusíme ještě na další úloze uplatnit oba známé principy:

Řešená úloha 27

Pojmenujte pomocí obou výše zmíněných názvoslovných principů tuto sloučeninu:



- způsob: zbytky jsou fenyl a propyl, název je fenyl(propyl)ether;
- způsob: nadřazený je zde benzen, zbytek nazveme předponou propoxy-, název je propoxybenzen.

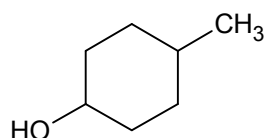
Názvosloví etherů není složité, protože však typů sloučenin přibývá, stává se pro vás podstatné spíše určení, do jaké skupiny danou sloučeninu vůbec zařadit. Proto bude třeba se na chvíli vrátit k již probraným typům sloučenin a něco si malinko zopakovat.



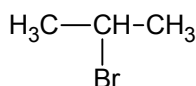
Úkol 9

Zařadte do skupiny a pojmenujte

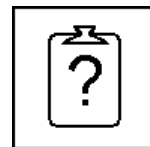
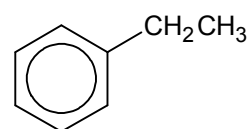
a)



b)



c)



Řešení najdete na straně 43.

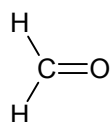
Pokud jste tohle bez problémů zvládli, můžeme postoupit dále.

1.3.4 Karbonylové sloučeniny

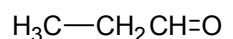
Tyto sloučeniny obsahují charakteristickou skupinu C=O. Rozdělují se na dvě skupiny, a to aldehydy a ketony.

Aldehydy

Aldehydy jsou karbonylové sloučeniny, které mají na atomu uhlíku karbonylové skupiny navázán alespoň jeden vodíkový atom, např.



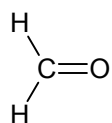
nebo



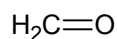
První z uvedených vzorců je strukturní vzorec nejjednoduššího aldehydu, na uhlíku jsou v tomto jediném případě dokonce dva vodíkové atomy.

Druhý vzorec je funkční. Všimněte si, že na uhlíku karbonylové skupiny je znovu vodíkový atom.

Názvosloví aldehydů vychází ze substitučního principu a tvoří se přidáním koncovky -al k názvu základního uhlovodíku, ze kterého je daný aldehyd vytvořen.



má tedy název methanal a jeho funkční vzorec bývá zvykem zapisovat takto

**Řešená úloha 28**

Zkusme nyní pojmenovat další aldehydy:

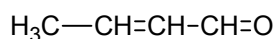
a) $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2\text{CH}=\text{O}$

základním uhlovodíkem je propan, stačí jen přidat koncovku a dostaneme název propanal;

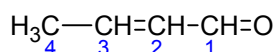


Průvodce

Možná se ptáte, proč není třeba vyznačit polohu karbonylové skupiny číslem. Vysvětlení je jednoduché: aby se jednalo o aldehyd, musí být karbonylová skupina na krajním uhlíku v řetězci (aby na něm mohl být navázán vodík) a tak je zde číslování zbytečné, karbonylová skupina je automaticky na uhlíku č.1, což nemusíme v názvu zapisovat.

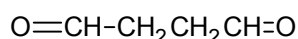
**b)**

v tomto případě je nutné řetězec očíslovat kvůli dvojné vazbě a platí, že číslo 1 dostane automaticky uhlík karbonylové skupiny, tedy



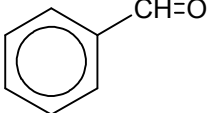
pojmenujeme základní uhlovodík but-2-en a znovu přidáme koncovku -al, tedy

but-2-enal;

c) i karbonylových skupin může být v molekule více, př.

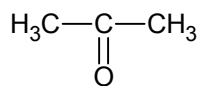
na obou uhlících karbonylové skupiny je zároveň navázán i vodík, jde tedy o dvojsytný aldehyd, název se vytvoří z názvu základního uhlovodíku (butan) přidáním násobné předpony di- a koncovky -al, tedy butandial.

Některé aldehydy se pojmenovávají triviálními názvy, které se odvozují od latinských názvů příslušných kyselin. Toto však přesahuje rámec této publikace. Uvedu jen ty nejpoužívanější, ty, se kterými se zřejmě při studiu chemie budete setkávat.

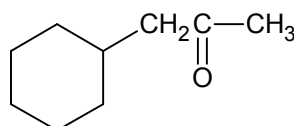
vzorec	triviální název
$\text{H}_2\text{C}=\text{O}$	formaldehyd
$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}=\text{O}$	acetaldehyd
	benzaldehyd

Ketony

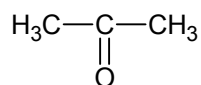
Ketony jsou karbonylové sloučeniny, které na uhlíku karbonylové skupiny nemají navázán žádný vodíkový atom, ale dva různé nebo stejné uhlovodíkové zbytky, např:



nebo



Názvosloví ketonů také vychází ze substitučního principu a tvoří se přidáním koncovky -on k názvu základního uhlovodíku, ze kterého je daný keton vytvořen.



je vzorec nejjednoduššího ketonu. Jeho název vytvoříme jednoduše - k názvu uhlovodíku (propan) přidáme koncovku -on, tedy propanon.

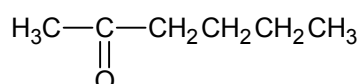
Průvodce

Tento keton je zároveň nejdůležitějším zástupcem ketonů. Proto je užitečné znát i jeho triviální název - aceton. Určitě jste tento název slyšeli, jde o jedno z nejvíce používaných ředidel.



Řešená úloha 29

Nyní zkusme pojmenovat tento keton:



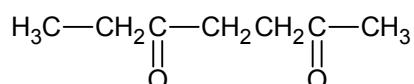
Řešení:

- základem je hexan, přidáním koncovky -on dostaneme hexanon, tento název ale není jednoznačný;
- umístění karbonylové skupiny je v tomto a dalších případech třeba určit číslem, dostaneme tedy název hexan-2-on.

I ketony mohou být vícesytné, což znovu zohledníme v názvu příslušnou předponou (di-, tri-, tetra-, . . .)

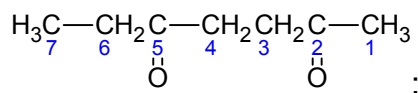
Řešená úloha 30

Pojmenujte:



Řešení:

- očíslovíme tak, aby karbonylové skupiny měly co nejmenší čísla, tedy



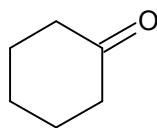
- název bude heptan-2,5-dion.

V další úloze se setkáme s příkladem ketonu, jehož základem je cyklický uhlovodík.



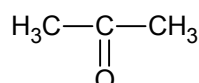
Řešená úloha 31

Pojmenujte:

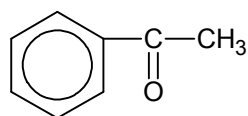
**Řešení:**

název je cyklohexanon (tentokrát bez čísla, které zde můžeme s klidem vynechat – víte proč?).

Pro některé ketony existuje alternativa k substitučnímu principu, a to podobně jako u etherů použití funkčního skupinového principu.

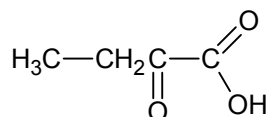


Základem názvu je koncovka keton, před kterou napíšeme názvy uhlovodíkových zbytků, v tomto případě je to dvakrát methylová skupina, název je tedy dimethylketon (tedy aceton),



pojmenujeme uhlovodíkové zbytky – fenyl a methyl. Název bude fenyl(methyl)keton.

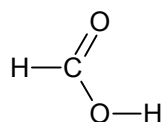
V případech, kdy je karbonylová skupina v molekule spolu s jinou skupinou, která má vyšší prioritu, používá se pro její pojmenování předpona oxo-



Kys. 2-oxobutanová.

1.3.5 Karboxylové kyseliny

Karboxylové kyseliny jsou kyslíkaté deriváty uhlovodíků, které obsahují jednu nebo více karboxylových skupin –COOH, její struktura je patrná z následujícího strukturního vzorce nejjednodušší karboxylové kyseliny.



kys. mravenčí

Průvodce

Názvosloví karboxylových kyselin je dodnes z velké části triviální, jistě jste slyšeli o kyselině octové, mravenčí, šťavelové apod. Triviální názvy je bohužel potřeba naučit se z paměti. Najdete je v každé učebnici chemie.



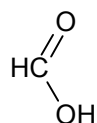
I pro tuto skupinu organických látek existuje samozřejmě také názvosloví systematické. To se podle substitučního principu tvoří tak, že se k názvu uhlovodíku přidá rozšířené zakončení –ová kyselina, diová kyselina (uhlík karboxylové skupiny je součástí základního řetězce).

Řetězec čísujeme tak, aby uhlík karboxylové skupiny měl co nejmenší číslo (znovu se často čísla mohou vynechávat tam, kde je umístění skupiny jednoznačné).

Řešená úloha 32

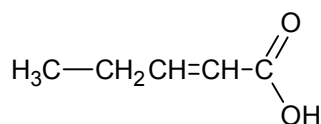
Pojmenujte

a)

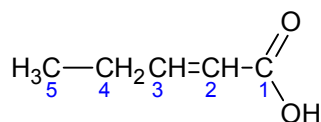


jde o karboxylovou kyselinu odvozenou od uhlovodíku methanu (rozhoduje počet uhlíkových atomů, v tomto případě je zde pouze jeden), název tedy bude kyselina methanová (triviální název kyselina mravenčí);

b)

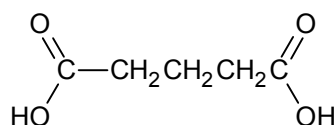


v tomto případě znovu pojmenujeme základní uhlovodík, ze kterého je kyselina vytvořena, řetězec očísujeme tak, aby uhlík karboxylové skupiny dostal číslo 1, tedy



uhlovodík je pent-2-en, název kyseliny pent-2-enová kyselina;

c)



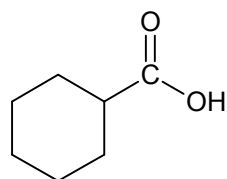
jedná se o dvojsytnou kyselinu, tj. kyselinu se dvěma karboxylovými skupinami, odvozenou od uhlovodíku pentanu, proto její název bude pentandiová kyselina (číslování a tedy ani použití čísel v názvu není nutné, karboxylové skupiny musejí být v krajních polohách).

V určitých případech se může stát, že uhlík karboxylové skupiny není možné zahrnout do řetězce základního uhlovodíku. V takovém případě se jeho přítomnost vyjadřuje rozšířeným zakončením - karboxylová kyselina, dikarboxylová kyselina apod.



Řešená úloha 33

Pojmenujte

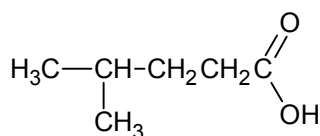


- a) v tomto případě nejprve pojmenujeme uhlovodíkový řetězec bez uhlíku karboxylové skupiny (pojmenování i s tímto uhlíkem by bylo komplikovanější), to je cyklohexan;
- b) přidáme koncovku –karboxylová kyselina;
- c) název je tedy cyklohexankarboxylová kyselina.

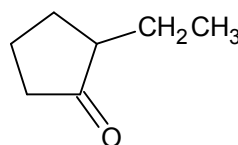
Úkol 10

Na závěr této kapitoly zkuste pojmenovat následující karbonylové a karboxylové sloučeniny

a)



b)

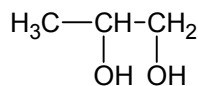


Řešení najdete na straně 43.

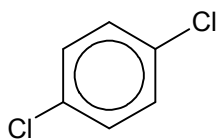
Druhů derivátů uhlovodíků je mnohem více než ty, které zde uvedu. Cílem této publikace není naučit vás pojmenovat všechny typy sloučenin, ale seznámit se se základními principy tvoření názvů organických sloučenin. Na úplný závěr první kapitoly si tedy procvičte názvosloví výše uvedených druhů derivátů. Pokuste se zařadit je do skupiny a pojmenovat.

Úkol 11

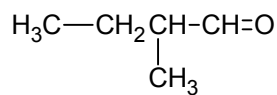
a)



b)



c)

**Řešení úloh z kapitoly 1. 3:**

úkol 8: a) propan-1,2,3-triol*

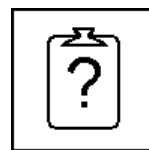
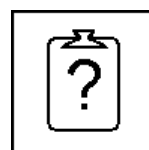
b) 3-methylcyklopentan-1-ol

c) but-3-yn-2-ol

* možno zkrátit na propantriol (na 1 uhlíku je maximálně 1 hydroxylová skupina a tedy neexistuje jiná reálná alternativa)

úkol 9: a) alkohol (ne fenol!) - 3-methylcyklohexan-1-ol

b) halogenderivát 2-brompropan



c) aren – ethylbenzen

úkol 10: a) 4-methylpentanová kyselina

b) 2-ethylcyklopentanon

úkol 11: a) alkohol – propan-1,2-diol

b) halogenderivát – p-dichlorbenzen

c) aldehyd - 2-methylbutanal

2 Základní typy reakcí v organické chemii

Mgr. Pavel Czernek

Mgr. Jaroslav Verlík

2.1 Efekty substituentů

V této kapitole se dozvíte:

- způsoby působení substituentů na polaritu sousedních vazeb;
- rozdíly mezi jednotlivými efekty substituentů.

V této kapitole se naučíte:

- určit typ efektu substituentů u konkrétních atomů a funkčních skupin;
- popsat účinek konkrétních substituentů na polaritu sousedních vazeb a vyvodit z něj příčinu reaktivity organických sloučenin.

Klíčová slova kapitoly: indukční efekt; mezomerní efekt; konjugovaný systém; polarita vazeb.

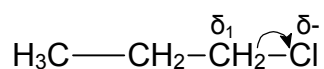
Čas potřebný pro prostudování kapitoly: 2 h + 0,5 h (teorie + řešení příkladů)

Uvědomte si, že v uhlíkatém řetězci se nacházejí mezi atomy uhlíku zcela nepolární vazby (rozdíl elektronegativit vázaných atomů je roven nule). Tato situace je narušena navázáním substituentů na jeden z atomů uhlíku. Substituent má odlišné vlastnosti než atomy vodíku, které v molekule uhlovodíku nahrazuje, mění polaritu sousedních vazeb, a tím pozměňuje reaktivitu sloučenin. Podle charakteru posouvajících elektronů rozlišujeme dva efekty substituentů:

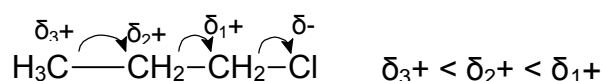
1. **Indukční efekt** - dochází při něm k posunu σ -elektronů (elektronů jednoduché vazby).
2. **Mezomerní efekt** - dochází při něm k posunu π -elektronů nebo k posunu nevazebných elektronových párů.

Indukční efekt rozlišujeme na kladný (+I) a záporný (-I). Záporný indukční efekt vyvolávají substituenty, které přitahují elektrony více než atom vodíku (mají vyšší hodnotu elektronegativity). Vazba mezi atomem uhlíku a takovýmto substituentem je polární. Na atomu uhlíku se objevuje kladný parciální náboj (vazebné elektrony jsou od něj odtahovány k substituentu).

*Záporný
indukční
efekt*



Kladný parciální náboj přitahuje elektrony sousední vazby. Druhý atom uhlíku v pořadí ztrácí své vazebné elektrony, a proto se na něm vytváří také kladný parciální náboj (menší než na prvním atomu uhlíku). Tato situace se opakuje i na vzdálenějších atomech uhlíku (hodnoty parciálních nábojů postupně slábnou).

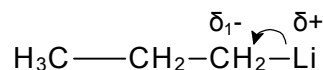


Představte si tento jev jako hru na tichou poštu. S rostoucí vzdáleností od osoby, která větu vyslovila, klesá smysl této věty. Stejně tak u indukčních efektů klesá s rostoucí vzdáleností účinek substituentu (platné pro +I a -I).

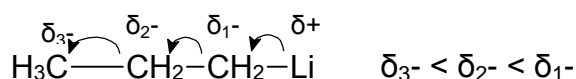


U kladného indukčního efektu je situace obdobná, ale substituent v tomto případě elektrony přitahuje slaběji než atom vodíku. Může je i odpuzovat svým záporným nábojem. Polární vazba mezi atomem uhlíku a substituentem je vyjádřena kladným parciálním nábojem na atomu substituentu a záporným parciálním nábojem na atomu uhlíku.

Kladný indukční efekt



Záporný parciální náboj na prvním atomu uhlíku odpuzuje elektrony sousední vazby směrem k druhému atomu vodíku, na kterém vzniká také záporný parciální náboj (s menší hodnotou). Situace je pak obdobná jako u záporného indukčního efektu.



Každý substituent vykazuje určitý indukční efekt. Přehled uvádí následující tabulka.

Efekt	Substituenty
-I	halogeny (-F, -Cl, -Br, -I), -NH ₂ , -NO ₂ , -OR, =O
+I	kovy (Li, Mg), -O ⁻ , -S ⁻ , alkyly (-CH ₃ , -CH ₂ -CH ₃ , -CH(CH ₃) ₂ , -C(CH ₃) ₃)

Přehled substituentů

Je důležité, abyste uměli porovnat míru kladného indukčního efektu různých uhlovodíkových zbytků (alkylů). Pamatujte si, že čím větší je počet atomů uhlíku nebo bohatší rozvětvení řetězce, tím silnější je kladný indukční efekt daného alkyly. Indukční efekty více substituentů se sčítají.

Průvodce

Kladný indukční efekt vyznačujete šipkou směřující od substituentu k uhlíkatému řetězci. Šipka tak nahrazuje valenční čárku chemické vazby. U záporného indukčního efektu směřuje šipka od uhlíkatého řetězce k substituentu. Software, v němž jsou kresleny vzorce použité v této opoře distančního vzdělávání, tuto možnost nenabízí. Proto jsem volil šipky ve tvaru obloučků, které se běžně používají pouze ke znázornění mezomerních efektů.



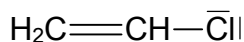
Mezomerní efekt rovněž rozlišujeme na kladný (+M) a záporný (-M). Tento efekt substituentů budeme uvažovat pouze v konjugovaných systémech. Konjugovaný systém může mít dvojí podobu:

Konjugovaný systém

- uhlíkatý řetězec, v němž se pravidelně střídají jednoduché a násobné vazby;

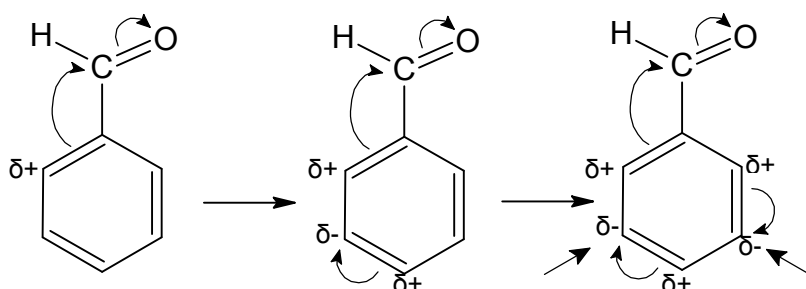


- atom s ne vazebným elektronovým párem navázaný na atom uhlíku, z něhož vychází násobná vazba.



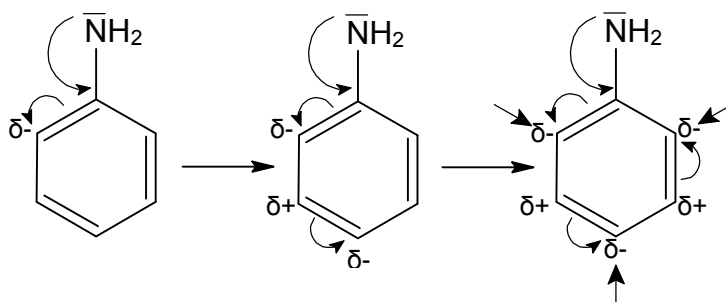
Záporný mezomerní efekt vykazují skupiny, které odčerpávají elektrony z konjugovaného systému (obsahují polární násobnou vazbu). Dochází k posunu π -elektronů násobných vazeb směrem k substituentu, který tento posun vyvolal. Situaci vám popíšu na příkladu benzaldehydu. Atom kyslíku karbonylové skupiny má vysokou hodnotu elektronegativity, přitahuje si π -elektrony dvojně vazby a vytváří na karbonylovém uhlíku silný kladný parciální náboj. Tento deficit elektronů působí na konjugovanou dvojnou vazbu benzenového jádra a vyvolá zde vznik parciálních nábojů (viz první část schématu). Polarizace první dvojně vazby benzenového jádra způsobí polarizaci zbylých dvojných konjugovaných vazeb. Výsledkem je nahuštění π -elektronů v polohách 3 a 5 (polohy meta), které se stávají místy pro atak elektrofilních činidel (viz šipky ve schématu).

*Záporný
mezomer-
ní efekt*



Kladný mezomerní efekt vykazují skupiny, které poskytují konjugovanému systému svůj nevazebný elektronový pár (zvyšují elektronovou hustotu v konjugovaném systému). Dochází proto k posunu π -elektronů násobných vazeb směrem od substituentu, který tento posun vyvolal. Pro popis situace použiji molekulu anilinu. Aminoskupina obsahuje atom dusíku s nevazebným elektronovým párem, který je „poskytován“ benzenovému jádru. První dvojná vazba jádra se polarizuje a vyvolá posun π -elektronů v dalších dvojných vazbách. Výsledkem je benzenové jádro se zápornými parciálními náboji (zvýšenou hustotou elektronů) v polohách 2, 4, 6 (polohy ortho a poloha para), které opět „lákají“ svým přebytkem elektronů elektrofilní činidla (viz šipky ve schématu).

*Kladný
mezomer-
ní efekt*



Pro orientaci vám uvádím přehled substituentů vyznačujících se mezomerním efektem (+M, -M).

Efekt	Substituenty
-M	-NO ₂ , -COR, -COOH, -CN,
+M	-O ⁻ , -S ⁻ , -OR, -NH ₂ , halogeny (-F, -Cl, -Br, -I)

*Přehled
substi-
tuentů*

Při porovnání obou tabulek obsahující substituenty vyvolávající indukční resp. mezomerní efekt zjistíte, že jednotlivé skupiny mohou vykazovat oba typy efektů a to i opačné. Jeden z efektů však u daného substituentu navázaného na konkrétní uhlíkatý řetězec převažuje a posun elektronů je pak vyvolán silnějším efektem [3].

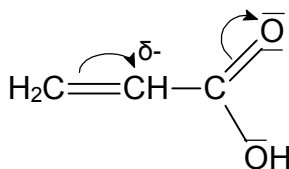
Řešená úloha 1

V uvedených sloučeninách určete typ efektu přítomných substituentů a vyznačte parciální náboj na prvním atomu uhlíku.

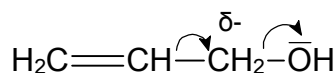
kyselina propenová, prop-2-en-1-ol

Řešení:

- a) kyselina propenová obsahuje dvě dvojně vazby, které jsou od sebe odděleny jednou vazbou jednoduchou. Jedná se tedy o konjugovaný systém a podle substituentu (karboxylové skupiny) o záporný mezomerní efekt. Všimněte si, že karboxylový atom kyslíku nese nevazebné elektronové páry, které se ale nezúčastňují mezomerního efektu, protože atom kyslíku je vázán k atomu uhlíku prostřednictvím dvojně vazby (nevazebné elektronové páry atomu kyslíku nejsou součástí konjugovaného systému);



- b) v molekule prop-2-en-1-olu najdete jednu dvojnou vazbu a substituent s volným elektronovým párem (atom kyslíku). Atom kyslíku je od dvojně vazby oddělen dvěma jednoduchými vazbami, nejedná se o konjugovaný systém. Hydroxylová skupina bude vyvolávat jen záporný indukční efekt.



Průvodce

Máte za sebou první podkapitulu reakčních mechanismů. Indukční a mezomerní efekt jsou alfa a omega určování reaktivity organických sloučenin. Proto věnujte studiu této problematiky dostatek prostoru. V kapitole neuvádím klasifikaci reakcí organických sloučenin ani druhy reakčních činidel. Přesto se s tímto učivem řádně seznamte. Ušetříte si při studiu kapitol mnohé nesnáze.

Při posouzení efektu navázaného substituentu si nakreslete vzorec molekuly a zjistíte, zda se nejedná o konjugovaný systém. Stanovte na základě znalosti substituentů druh efektu a vyznačte parciální náboje na atomech uhlíku. Nezapomínejte, že velikost parciálního náboje u indukčního efektu klesá s rostoucí vzdáleností od substituentu. V případě mezomerního efektu na aromatickém systému si můžete rovnou vyznačit místa ataku elektrofilních činidel. U $-M$ jsou to polohy meta, u $+M$ se jedná o polohy ortho a polohu para.



2.2 Uhlovodíky

V této kapitole se dozvíte:

- chemické reakce typické pro jednotlivé druhy uhlovodíků;
- reakční mechanismy vybraných chemických reakcí.

V této kapitole se naučíte:

- zapsat reakční mechanismus elektrofilní substituce (S_E), elektrofilní a radikálové adice (A_E a A_R);
- předpovídat směr S_E na substituovaném benzenovém jádře;
- popsat acidobazické vlastnosti některých alkenů.

Klíčová slova kapitoly: polarita vazeb; acidita vodíku; substituce elektrofilní; adice elektrofilní a radikálová.

Čas potřebný pro prostudování kapitoly: 4 h + 2 h (teorie + řešení příkladů)



2.2.1 Alkeny

Pro alkeny, uhlovodíky obsahující dvojnou vazbu, je typickou reakcí adice. [4] Ta může probíhat dvěma reakčními mechanismy. Uvědomte si, že dvojná vazba je kratší než vazba jednoduchá, ale je tvořena dvojnásobným množstvím elektronů. Hustotu elektronů mohou ještě zvyšovat skupiny s kladným indukčním efektem. Jako reakční činidla při adici na dvojnou vazbu budeme používat elektrofilní činidlo (adice elektrofilní) a radikály (adice radikálová). Oba typy činidel vyhledávají místa s vysokou elektronovou hustotou. Elektrofilní činidlo má kladný náboj a radikál, nespárovaný elektron, který je velmi nestabilní („hledá druhý elektron do páru“). Oba způsoby adice vám přiblížím v řešených úlohách v podobě reakčních mechanismů.

Charakter dvojně vazby

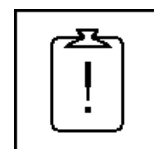
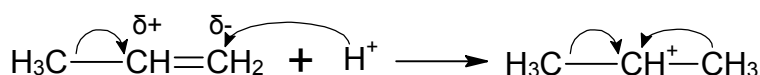
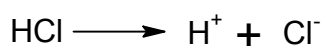
Řešená úloha 1

Zapište reakčním mechanismem elektrofilní adici chlorovodíku na dvojnou vazbu propenu. Produkty reakce pojmenujte.

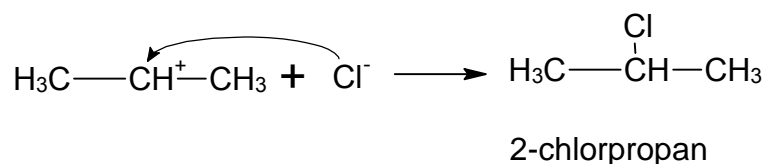
Řešení:

- a) molekula chlorovodíku se štěpí na Cl^- a H^+ . Kation vodíku napadá místo s největší hustotou elektronů. (Reaktivita halogenovodíků klesá od HI po HF. V tomto směru roste síla vazby a kation vodíku se hůře odštěpuje.) Dvojná vazba v molekule propenu je asymetrická (atomy uhlíku nesou jiné částice). Pro asymetrické dvojně vazby platí tzv. **Markovnikovo pravidlo: Při A_E se elektrofilní částice váže na ten uhlík dvojně vazby, na kterém je větší počet atomů vodíku.** Pravidlo vyjadřuje účinek kladného indukčního efektu alkylu, který polarizuje dvojnou vazbu a zvyšuje stabilitu vzniklého kationtu. Posouvá k němu své elektrony a snižuje jeho elektronový deficit;

A_E halogenovodíků



- b) po navázání elektrofilní částice reaguje vzniklý karbokation (částice s kladným nábojem na atomu uhlíku) s částicí nukleofilní (Cl^-).

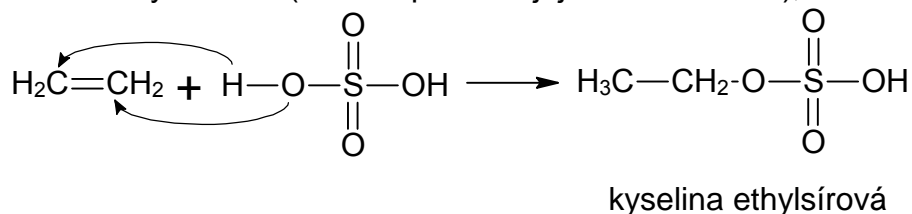


Řešená úloha 2

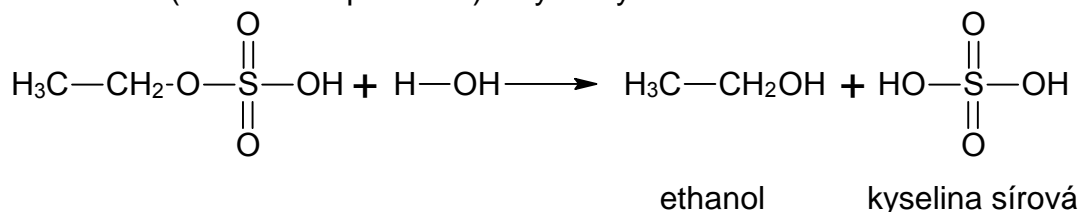
Zapište chemickou rovnicí A_E vody na dvojnou vazbu ethenu. Produkty reakce pojmenujte.

Řešení:

- a) přímá adice vody na dvojnou vazbu neprobíhá (voda je slabou kyselinou, která neochotně odštěpuje H^+). Reakci lze uskutečnit jako adici kyseliny sírové a následnou hydrolyzu vzniklého produktu. Dvojná vazba v molekule ethenu je symetrická, nemusíte při reakci upřednostňovat některý z atomů uhlíku jako u propenu. Průběh je obdobný jako v předešlém případě proto počáteční kroky zkrátím (reakci opět zahajuje kation vodíku);



- b) vzniklá kyselina ethylsírová snadno hydrolyzuje (štěpí se vodou) za vzniku ethanolu (konečného produktu) a kyseliny sírové.

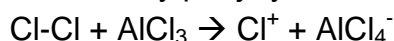


Řešená úloha 3

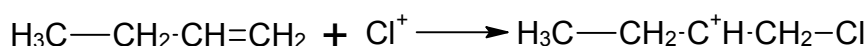
Zapište chemickými rovnicemi A_E chloru na but-1-en. Popište vznik elektrofilního činidla a pojmenujte produkty reakce.

Řešení:

- a) reaktivita halogenů klesá od chloru k jodu (fluor štěpí uhlíkatý řetězec). Víte, že halogeny vytváří dvouatomové molekuly. Pro A_E potřebujeme získat kation. Je nutné vazbu v molekule bromu štěpit heterolyticky. Použijeme proto lewisovské kyseliny (AlX_3 , X-halogen), které přijímají volný elektronový pár jiných atomů a tvoří s nimi koordinačně-kovalentní vazbu;



kation chloru zahájí adici na *asymetrickou* dvojnou vazbu!!!

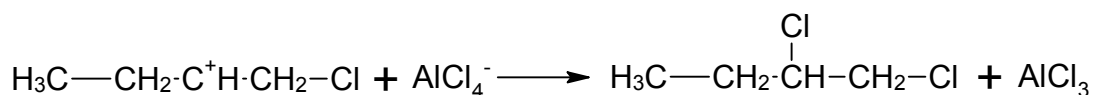


A_E vody



A_E
halogenů

- b) vzniklý karbokation reaguje s aniontem tetrachlorohlinitým za vzniku chloridu hlinitého a konečného produktu (1,2-dichlorbutan).



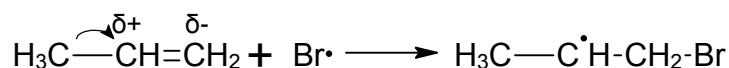
Řešená úloha 4

Zapište reakčním mechanismem radikálovou adici bromovodíku na propen. Popište, čím se liší produkty adice radikálové a elektrofilní.

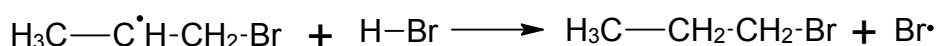
Řešení:

- a) HBr je jediný z halogenovodíků, který lze na alkeny adovat radikálovým mechanismem (radikály se získají účinkem organických peroxidů.) Reakce má řetězový charakter. Radikál bromu napadá místo s největší hustotou elektronů;

A_R
bromo-
vodíku



- b) vzniklý radikál reaguje s další molekulou HBr za vzniku produktu a radikálu bromu, který napadá další molekulu propenu;



1-bromopropan

- c) reakce probíhá do okamžiku, kdy spolu sreagují všechny radikály. Všimněte si, že se u radikálové adice atom bromu objevuje v produktu na prvním atomu uhlíku. Proto se můžete v literatuře dočíst, že adice radikálová probíhá proti Markovnikovu pravidlu. V případě elektrofilní adice propenu by se atom halogenu nacházel na druhém atomu uhlíku.

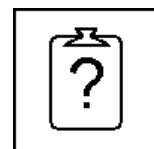
Průvodce

Předpokládám, že jste úspěšně zvládli první kapitolu učiva o uhlovodících. Pro jistotu si vše procvičte na zadaných úkolech (úkol 2 si můžete rozepsat reakčními mechanismy). Záměrně jsem vynechal jednoduché učivo alkanů, které zvládnete studiem doporučených učebnic chemie. Chci vás jen upozornit na provázanost adice elektrofilní alkenů a elektrofilní substituce aromatických uhlovodíků. Obě probíhají přes stadium π -komplexu a σ -komplexu. Věnovat se jim budeme v kapitole Aromatické uhlovodíky.



Úkoly:

1. zapište chemickou rovnici elektrofilní adici ethenu jodovodíkem (str.57);
2. uveďte, kterou z probraných reakcí lze z 1-butenu připravit 2-brombutan, 1,2-dibrombutan, 1-brombutan. (str. 57)



2.2.2 Alkyny

Alkyny jsou uhlovodíky obsahující ve své molekule jednu trojnou vazbu. Ta je tvořena vazbou σ a dvěma vazbami π . Vazba trojná je kratší než vazba dvojná a π -elektrony jsou více přitahovány k jádrům atomů uhlíku. Výsledkem je, že adice probíhá u alkynů obtížněji než u alkenů. Typickou reakcí pro alkyny bude opět adice (elektrofilní, radikálová i nukleofilní). [3] V následujících řešených úlohách se budu věnovat A_E a A_R . Jistě už tušíte, že díky přítomnosti dvou π -elektronových párů budou adice probíhat do dvou stupňů.

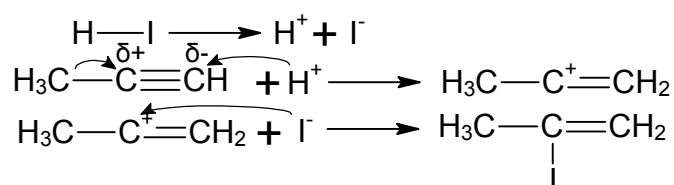
Charakter
trojné
vazby

Řešená úloha 5

Zapište reakčním mechanismem elektrofilní adici jodovodíku na propyn. Produkty i meziprodukty pojmenujte.

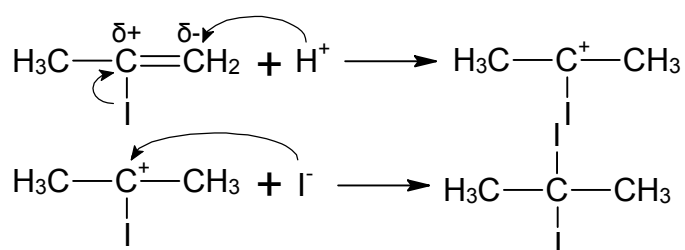
Řešení:

- a) Mechanismus elektrofilní adice u alkynů bude obdobný jako u alkenů. U asymetrických násobných vazeb budete opět využívat Markovnikovo pravidlo. Následující chemické rovnice popisují adici do prvního stupně.



2-jodpropen

- b) V molekule produktu zůstává jedna vazba π . Adice pokračuje dál. Atom jodu je se svými ne vazebnými elektronovými páry v konjugaci s dvojnou vazbou. Jeho kladný mezomerní efekt zajistí záporný parciální náboj na atomu prvního uhlíku. Adice bude probíhat na stejné pozice jako v prvním stupni.



2,2-dijodpropan



A_E
alkynů

Průvodce

Jak můžete vidět na řešené úloze, adice na alkyny není pro vás nic těžkého, pokud jste věnovali dostatek času studiu reakcí alkenů a efektů substituentů. Můžete adovat halogeny do dvou stupňů (vznikají tetrahalogenalkany). Komplikace přináší adice radikálová bromovodíku, která probíhá v jednotlivých stupních adice do různých poloh (viz řešená úloha 6).

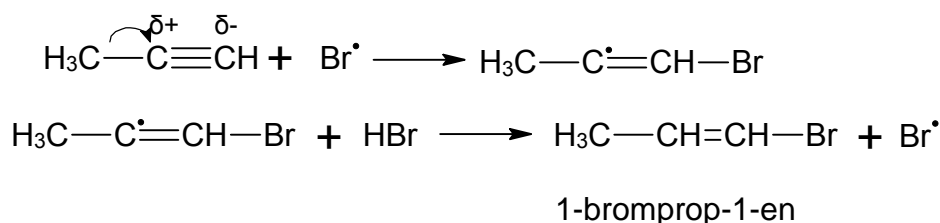


Řešená úloha 6

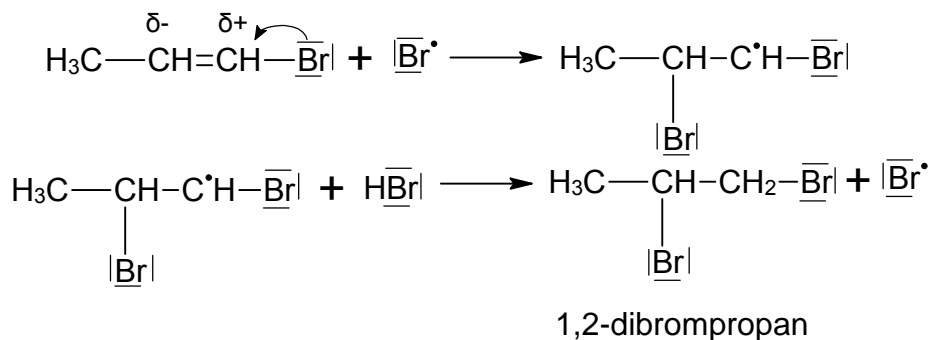
Zapište reakčním mechanismem radikálovou adici bromovodíku na propyn. Produkty i meziprodukty pojmenujte.

Řešení:

- a) mechanismus radikálové adice u alkyňů bude obdobný jako u alkenů pouze v prvním stupni. Radikál bromu napadá propyn v místě největší koncentrace elektronů (na atomu prvního uhlíku);



- b) v druhém stupni však navázaný atom bromu svým kladným mezomerním efektem zapříčiní vznik záporného parciálního náboje na atomu druhého uhlíku. Adice do druhého stupně proběhne do jiných pozic.

**Úkoly:**

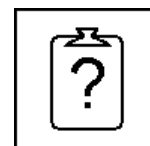
- zapište chemickou rovnicí přípravu 1,1-dichlorethanu (str. 57);
- Uveďte název meziprojektu a produktu elektrofilní adice chloru na but-1-yn (str. 57).

2.2.3 Aromatické uhlovodíky - areny

Aromatické uhlovodíky (areny) jsou organické sloučeniny, které ve své molekule obsahují alespoň jeden aromatický systém (benzenové jádro). Z prostudované literatury již víte, že π -elektrony jsou u benzenového jádra umístěny v kruzích (oblacích) nad a pod rovinou cyklu, kde „lákají“ elektrofilní činidla [4]. Reakce budou probíhat elektrofilním mechanismem. Typickou reakcí arenů bude elektrofilní substituce, S_E . Základními substitučními reakcemi arenů jsou halogenace, nitrace, sulfonace, alkylace, acylace. Všechny probíhají podle jednotného schématu, které vám vysvětlím v řešené úloze na příkladu halogenace. Zaměřím se pak pouze na mechanismus tvorby elektrofilní částice.



A_R
alkynů



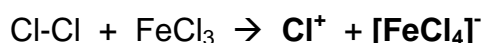
Charakter
benzeno-
vého
jádra

Řešená úloha 7

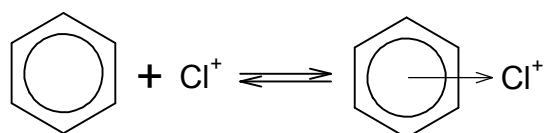
Zapište reakčním mechanismem chloraci benzenu.

Řešení:

- a) prvním krokem je tvorba elektrofilní částice (kation chloru). Nemůžeme použít chlorovodík (štěpí se za vzniku chloridového aniontu). Využijeme molekulu chloru, kterou heterolyticky rozštěpíme. Pokud jste pozorně studovali předchozí kapitoly, již víte, že nám pomohou lewisovské kyseliny (př. AlCl_3 , FeCl_3). Získáme tak kation chloru a anion tetrachloroželezitý. Obě částice budeme pro S_E potřebovat (pro halogenaci se používá chlor a brom. Fluor reaguje příliš bouřlivě, jod slabě);

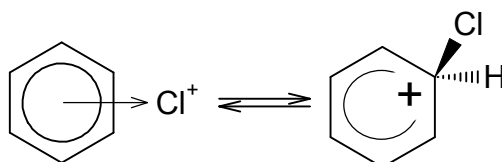


- b) v dalším kroku interaguje elektrofilní částice (kation chloru) s π -elektronovým systémem benzenového jádra (přibližování kladné částice k vysoké elektronové hustotě). Vzniklá částice se označuje jako **π -komplex**. Nejedná se o kovalentní vazbu!!!



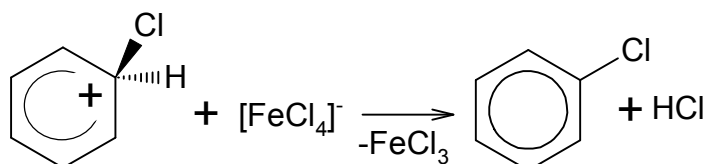
π -komplex

- c) následuje vznik kovalentní vazby mezi elektrofilní částicí a atomem uhlíku. Vzniká meziprodukt **σ -komplex**. Pro vznik kovalentní vazby se použijí dva π -elektrony jádra. Zaniká jedna dvojná vazba v benzenovém jádře, čímž se narušuje jeho aromatický charakter (přerušovaný kruh ve vzorci). Deficit π -elektronů se vyjádří kladným znaménkem uvnitř jádra;



σ -komplex

- d) posledním krokem je odtržení kationtu vodíku z atomu uhlíku, na který se navázala elektrofilní částice. K tomu nám poslouží anion tetrachloroželezitý z prvního kroku schématu (uvolní se opět chlorid železitý a chlorovodík). Obnovuje se dvojná vazba na benzenovém jádře a produkt má opět aromatický charakter.



chlorbenzen



Chlorace

π -komplex

σ -komplex

Komplikovanější situace nastane, když probíhá S_E na již substituované benzenové jádro. Původní substituent mění vlastnosti aromatického systému svým mezomerním resp. indukčním efektem. Při seznamování s mezomerními efekty jsem vám zmínil navýšení elektronové hustoty v některých polohách benzenového jádra, kde pak probíhá další stupeň elektrofilní substituce. Podle orientace další substituce dělíme substituenty do dvou kategorií:

- **substituenty 1. třídy** řídí další substituci do poloh ortho a polohy para. Dodávají své elektrony do systému, zvyšují koncentraci π -elektronů v polohách ortho a poloze para, čímž usnadňují další S_E ;
- **substituenty 2. třídy** řídí další substituci do polohy meta. Odebírají elektrony z benzenového jádra, zvyšují elektronovou hustotu v polohách meta. Celkově však hustotu π -elektronů v jádře snižují, čímž snižují jeho reaktivitu.

*Substituenty
1. a 2.
třídy*

Zařazení substituentů do jednotlivých tříd odpovídá jejich převažujícímu efektu (indukčnímu či mezomernímu). Při reakcích pak musíte brát zřetel na přítomnost substituentu na benzenovém jádře a další elektrofilní substituci přizpůsobit jeho účinkům.

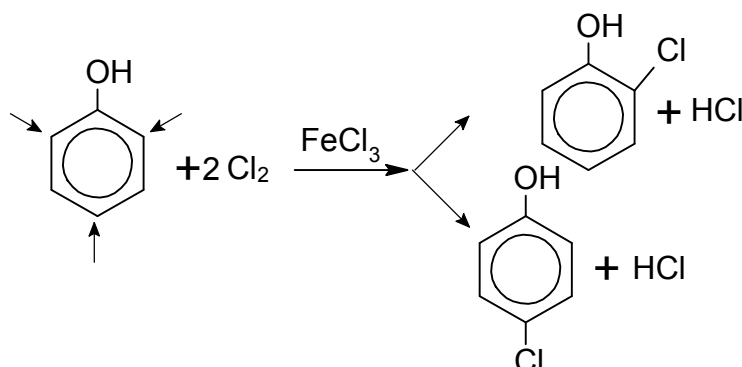
Substituenty 1. třídy	$-\text{NH}_2$; $-\text{OH}$; $-\text{NR}_2$; $-\text{R}$; $-\text{F}$; $-\text{Cl}$; $-\text{Br}$; $-\text{I}$
Substituenty 2. třídy	$-\text{NO}_2$; $-\text{SO}_3\text{H}$; $-\text{CH}=\text{O}$; $-\text{CO}-\text{R}$; $-\text{COOH}$; $-\text{CN}$

Řešená úloha 9

Zapište chemickou rovnici první stupeň halogenace fenolu a pojmenujte vzniklé produkty.

Řešení:

- a) v prvním kroku se musíte rozhodnout o orientaci další substituce. Fenol je představován benzenovým jádrem s navázanou hydroxylovou skupinou, kterou řadíme mezi substituenty 1. třídy. Substituce bude přednostně probíhat do poloh ortho a polohy para;
- b) všechny tři polohy jsou však rovnocenné, a proto budou vznikat dva typy produktů: 2-chlorfenol a 4-chlorfenol.



Úkoly:

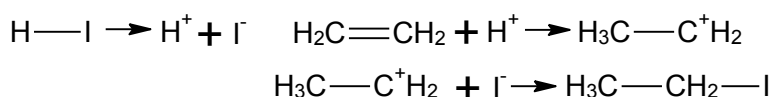
5. Zapište reakčním mechanismem přípravu toluenu z benzenu a chlor-methanu (str. 57).

6. Zapište chemickou rovnicí nitraci benzenu do prvního a druhého stupně (str. 57).

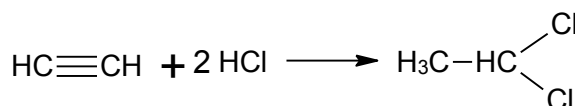
Pro průběh elektrofilní adice nenasycených uhlovodíků je opět důležitá přítomnost substituentu, případně uhlovodíkového zbytku. Tuto skutečnost nám popisuje Markovnikovo pravidlo. Pamatujte na odlišnost radikálové adice, která probíhá proti uvedenému pravidlu. Při elektrofilní substituci arenů si v prvním kroku připravte elektrofilní činidlo a berte v potaz přítomnost již navázaných substituentů, které usměrní substituce do určených poloh.

Průvodce

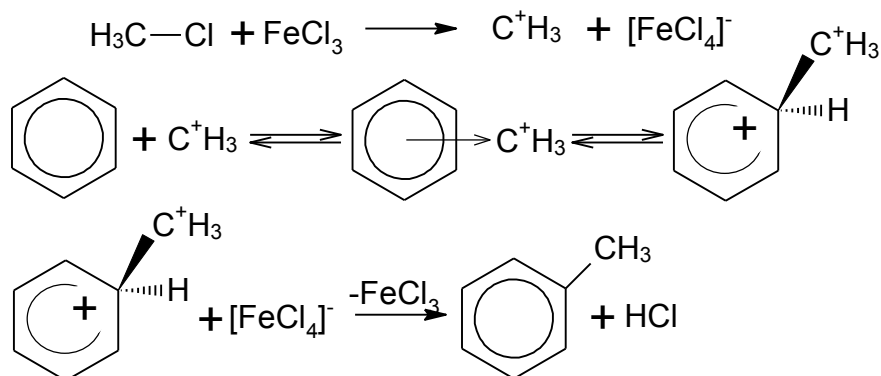
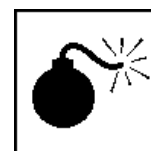
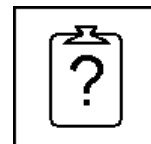
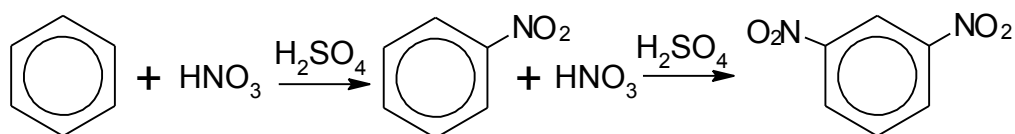
Určitě jste bez nesnází správně vyřešili zadané úkoly. Přesto vám doporučuji nechat si vše v hlavě řádně uležet a vrátit se k tomuto tématu později. Pokud i po takovéto přestávce vše chápete, můžete se vrhnout vstříc dalšímu dobrodružství, které skrývá následující kapitola (Deriváty uhlovodíků). Již podle názvu správně tušíte, že bude prošpikována efekty substituentů, které vám ale pomohou určit reaktivitu jednotlivých sloučenin.

Úkol 1:

Úkol 2: elektrofilní adice HBr; elektrofilní adice Br₂; radikálová adice HBr

Úkol 3:

Úkol 4: 1,2-dichlorbut-1-en; 1,1,2,2-tetrachlorbutan

Úkol 5:**Úkol 6:**

2.3 Deriváty uhlovodíků

V této kapitole se dozvíte:

- faktory ovlivňující reaktivitu jednotlivých derivátů uhlovodíků;
- základní chemické reakce typické pro deriváty uhlovodíků.

V této kapitole se naučíte:

- zapsat reakční mechanismy základních chemických reakcí;
- porovnávat reaktivitu jednotlivých sloučenin v závislosti na jejich struktuře a složení.

Klíčová slova kapitoly: deriváty uhlovodíků; reaktivita derivátů uhlovodíků; acidita kyslíkatých derivátů; substituce nukleofilní; vytěšňovací reakce; nukleofilní adice; esterifikace; neutralizace.

Čas potřebný pro prostudování kapitoly: 8 h + 4 h (teorie + řešení příkladů)



2.3.1 Halogenderiváty uhlovodíků

Halogenderiváty uhlovodíků už znáte z kapitoly Názvosloví organických sloučenin. Na atom uhlíku v uhlovodíkovém řetězci je jeden či více atomů vodíků nahrazeno jedním či více atomy některého z halogenů (F, Cl, Br, I). Právě vazba mezi uhlíkem a halogenem je reakčním centrem tohoto typu sloučenin. Sami si jednoduše určíte, že se jedná o vazbu polární a na vázaných atomech vznikají parciální náboje (na uhlíku kladný a na halogenu záporný). [4] Polarita vazby, a tím i velikost parciálních nábojů, roste s rostoucí hodnotou elektronegativity atomu halogenu od jodu k fluoru ($C-I < C-Br < C-Cl < C-F$). Kladný parciální náboj na atomu uhlíku bude k sobě „lákat“ nukleofilní činidla. U halogenderivátů bude nejvýznamnější reakcí substituce nukleofilní. Jedná se o výměnu atomu halogenu (v podobě halogenidového aniontu) za jinou částici taktéž záporně nabitou nebo mající volný elektronový pár.

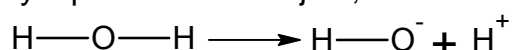
Reakční centrum halogenderivátů

Řešená úloha 1

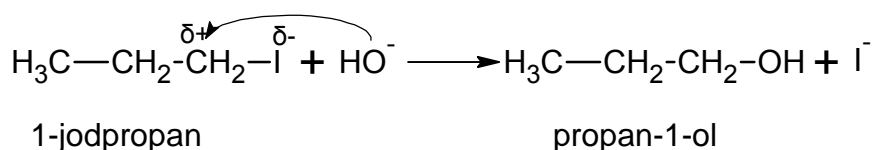
Zapište chemickou rovnicí reakci 1-jodpropanu s vodou.

Řešení:

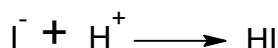
- víme, že pro halogenderiváty je typickou reakcí substituce nukleofilní a pro atak potřebujeme nukleofilní činidlo, které získáme z molekuly vody;
- molekula vody se dá rozložit na kation vodíku (H^+) a hydroxidový anion (OH^-), který bude v reakci vystupovat jako nukleofilní činidlo a napadne atom uhlíku s kladným parciálním nábojem;



- c) po získání nukleofilního činidla jej můžeme použít pro záměnu za jodidový anion;



- d) v dalším kroku si musíte uvědomit, že v soustavě jste získali novou sloučeninu (propan-1-ol), jodidový anion a vodíkový kation. Oba ionty spolu rychle reagují za vzniku molekuly jodovodíku.



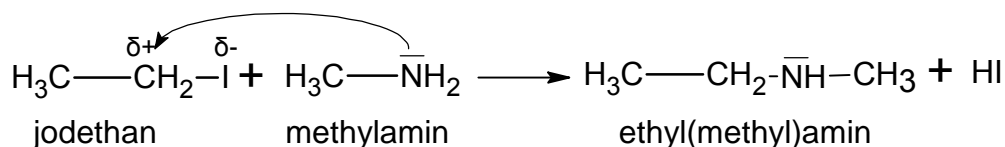
Tento typ chemické reakce může způsobit jisté potíže při reakci halogenderivátu uhlovodíku s amoniakem nebo aminy. Dochází zde ke vzniku aminů, které reagují s vedlejším produktem reakce (halogenovodíkem) za vzniku amoniové soli (viz Řešený příklad 2).

Řešená úloha 2

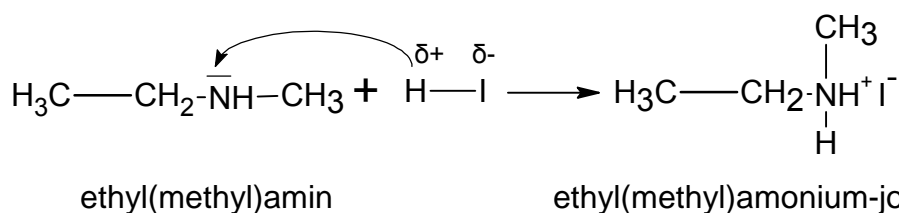
Zapište chemickou rovnicí reakci jodethanu s methylaminem.

Řešení:

- a) provedeme reakci jako v předcházející řešené úloze;



- b) v reakční soustavě jsme tak získali kyselý jodovodík a ethyl(methyl)amin s vlastnostmi zásady. Přirozeně tak proběhne neutralizace za vzniku amoniové soli.



Pro reaktivitu halogenderivátů bude rozhodující, jak ochotně bude sloučenina ztrácet atom halogenu. Z obecné chemie již víte, že opačně nabitě částice se přitahují tím více, čím větší jsou jejich náboje. Velikost parciálních nábojů záleží na hodnotách elektronegativit vázaných atomů. Největší parciální náboje na uhlíku a halogenu jsou u fluorderivátů, nejmenší pak u jodderivátů. Z uvedeného si můžete snadno odvodit, že jodderiváty se budou měnit ochotněji (budou reaktivnější) než fluorderiváty. Proto reaktivita halogenderivátů roste v opačném pořadí než polarita vazby.

Reaktivitu ovlivňuje také typ uhlovodíkového řetězce. Pokud je atom halogenu vázán na atomu uhlíku, ze kterého vychází násobná vazba nebo je součástí aromatického cyklu, probíhá substituce nukleofilní velmi obtížně. Dochází ke vzniku konjugovaného systému (interakce volných elektronových párů



Reaktivita jednotlivých halogenderivátů

halogenu s π -elektrony násobné vazby). Při tomto jevu dochází ke zvýšení vazebné energie (atom halogenu je pevněji vázán).

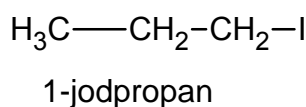
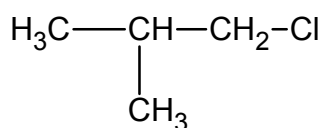
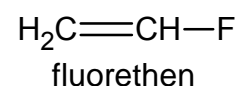
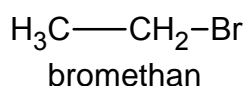
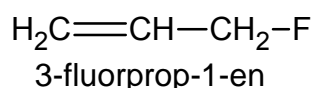
Řešená úloha 3

Seřadte uvedené halogenderiváty podle reaktivity od nejvíce k nejméně reaktivnímu (uvažujte pouze nukleofilní substituci): 3-fluorprop-1-en, bromethan, fluorethen, 1-jodpropan, 1-chlor-2-methylpropan



Řešení:

a) u tohoto typu příkladů vám doporučuji zapsat si vzorce sloučenin. Znalost jejich struktur nám pomůže porovnat jejich reaktivitu;



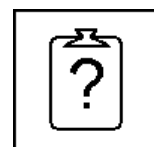
1-chlor-2-methylpropan

b) všimněme si, že se jedná vesměs o rozdíly v navázaném atomu halogenu. Pouze fluorderiváty jsou zastoupeny dvakrát, avšak s různým typem uhlovodíkového řetězce. Víte, že reaktivita klesá od jodderivátů k fluorderivátům. Navíc halogenderiváty, které jsou součástí konjugovaného systému, jsou téměř nereaktivní. V tomto případě platí u fluorethenu.

Odpověď: Správné pořadí: 1-jodpropan, bromethan, 1-chlor-2-methylpropan, 3-fluorprop-1-en, fluorethen.

Úkoly:

1. zapište chemickou rovnicí reakci chlorbutanu s ethanolátem sodným a pojmenujte produkty reakce (str. 72);
2. která z uvedených sloučenin bude nejochotněji reagovat s amoniakem? *chlorbenzen, jodethen, 2-fluorbutan, bromcyklohexan* (str. 72).



Průvodce

Máte za sebou první podkapitulu reakčních mechanismů derivátů uhlovodíků. Halogenderiváty jsou jedny z nejdostupnějších chemikálií pro průmyslové výroby. Můžete si najít v doporučené literatuře další nukleofilní substituce těchto sloučenin. Zjistíte, že velké množství organických látek lze připravit právě nukleofilní substitucí halogenderivátů uhlovodíků. Proto si téma řádně nastudujte a své znalosti ověřte na zadaných úkolech.



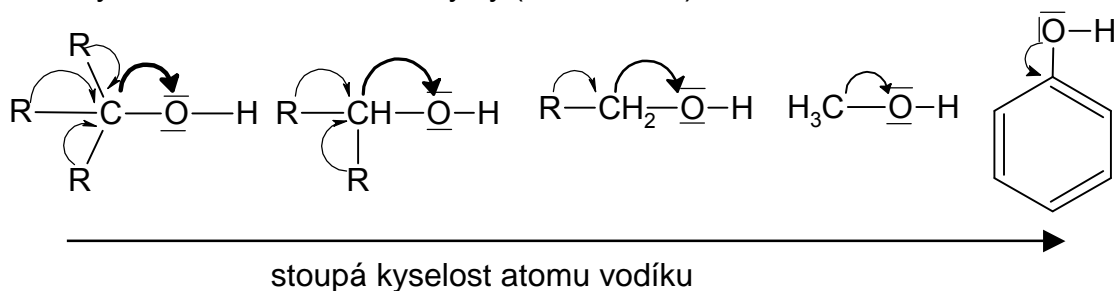
2.3.2 Hydroxyderiváty uhlovodíků

Na základě svého studia kapitoly Názvosloví organické chemie již umíte rozdělit hydroxyderiváty na alkoholy (primární, sekundární a terciární) a fenoly. V této kapitole budeme porovnávat jednotlivé typy alkoholů i fenolů. Všechny hydroxyderiváty obsahují ve své struktuře hydroxyskupinu $-\text{OH}$. Při rozboru vazby vodík – kyslík zjistíte, že se jedná o polární vazbu. Na atomu kyslíku je přítomen záporný parciální náboj, na atomu vodíku kladný. Takovýto atom vodíku má kyselý charakter (může se odštěpit v podobě kationtu vodíku H^+). Pro porovnávání kyselosti (acidity) atomu vodíku si zapamatujte jednoduchou poučku: **Atom vodíku navázaný na atomu kyslíku je tím kyselejší, čím menší je elektronová hustota na atomu kyslíku.** Z uvedeného vyplývá, že při srovnávání acidity hydroxyderivátů si budeme všimnout všech skupin, které se nacházejí v okolí hydroxyskupiny a mohou tím ovlivnit chemické vlastnosti hydroxyderivátů. U alkoholů budeme hovořit především o kladném či záporném indukčním efektu skupin. U fenolů přidáme i efekty mezomerní.

*Kyselost
atomu
vodíku*

Na hydroxysloučeniny můžete pohlížet jako na deriváty vody, kde je atom vodíku nahrazen uhlovodíkovým zbytkem. Z kapitoly Efekty substituentů již víte, že uhlovodíkové zbytky mají kladný indukční efekt (dodávají elektrony do systému). Zvyšují tak koncentraci elektronů na atomu kyslíku a zeslabují kyselost atomu vodíku. Proto jsou alkoholy slabšími kyselinami než voda. Při porovnávání kyselosti primárních, sekundárních a terciárních alkoholů se účinek uhlovodíkových zbytků sčítá. Nejslabšími kyselinami budou terciární alkoholy (největší hustota elektronů na atomu kyslíku) a mezi primárními alkoholy bude nejsilnější kyselinou methanol, protože v jeho struktuře nejsou přítomny žádné uhlovodíkové zbytky (viz schéma).

*Kyselost
alkoholů
a fenolů*



U fenolů poskytuje atom kyslíku své volné elektronové páry benzenovému jádru (kladný mezomerní efekt), snižuje svou koncentraci elektronů a zvyšuje kyselost atomu vodíku. Kyselost atomu vodíku hydroxylové skupiny můžeme u fenolů ovlivnit další substitucí benzenového jádra do poloh ortho a para. Pokud použijeme substituenty odčerpávající elektrony, sníží se elektronová hustota na atomu kyslíku a atom vodíku nabude ještě kyselejší charakter. Naopak substituenty vnášející elektrony na benzenové jádro, zvyšují koncentraci elektronů na atomu kyslíku a snižují tak kyselost atomu vodíku.

Dalším faktorem, který ovlivňuje kyselost atomu vodíku u hydroxyderivátů uhlovodíků, je stabilita aniontu vzniklého odštěpením kationtu vodíku. Tento anion se u alkoholů označuje jako alkoholátový anion, u fenolů jako fenolátový anion. Fenolátový anion je velmi stabilní v důsledku delokalizace záporného náboje na benzenovém jádře. Delokalizaci si můžeme volně přeložit jako „odmístnění“. Záporný náboj se může pohybovat po celém benzenovém jádře. Záporný náboj představuje velkou koncentraci elektronů, která láká elektrofilní činidla, a je proto velmi reaktivní. Pokud se takovéto reakční centrum pohybuje po struktuře (je po ní volně rozloženo), není snadné jej napadnout a takovouto strukturu můžeme označit jako stabilní.

Stabilita aniontů

Díky své kyselosti mohou hydroxyderiváty uhlovodíků reagovat s alkalickými kovy, hořčíkem apod. za vzniku svých solí (alkoholátů, fenolátů). Zároveň pro ně platí pravidlo o vytěsňování slabých kyselin z jejich solí silnými kyselinami. Ty mají větší schopnost odštěpovat vodíkový kation a vytvářet své soli než kyseliny slabší (viz. řešené úlohy).

Průvodce

Poté, co jsme si vysvětlili faktory ovlivňující kyselost atomu vodíku u hydroxyderivátů uhlovodíků, můžeme začít psát chemické rovnice vytěsňovacích reakcí. Budeme používat pravidla o vytěsňování slabých kyselin z jejich solí silnějšími kyselinami. Pokud si již na zmíněné pravidlo nevzpomínáte, zopakujte si kapitolu z obecné chemie týkající se acidobazických dějů. Uspadněte si tak své další studium.

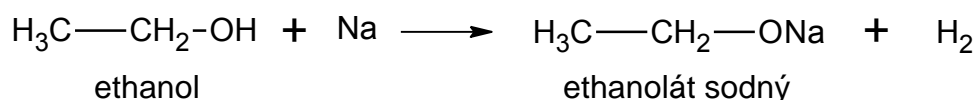


Řešená úloha 4

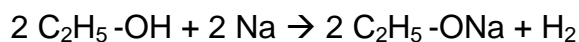
Zapište chemickou rovnici reakce ethanolu se sodíkem.

Řešení:

- a)** ethanol je primární alkohol s kyselým atomem vodíku. Sodík je alkalický kov (neušlechtilý), který je velmi reaktivní. Při této reakci vzniká ethanolát sodný (sůl ethanolu) a vodík;



- b)** nezapomínejte opatřit chemické rovnice stechiometrickými koeficienty (zapsáno zkráceně).

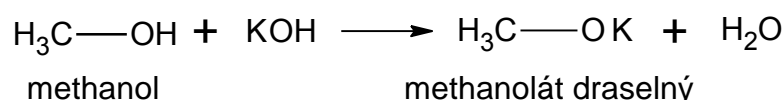


Řešená úloha 5

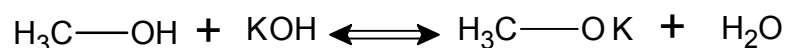
Zapište chemickou rovnici reakce methanolu s hydroxidem draselným.

Řešení:

- a)** jedná se o neutralizaci zásady (KOH) a kyseliny (CH₃OH). Zapišeme chemickou rovnici;



- b) všimněte si, že na pravé straně rovnice se nachází methanolát draselný a voda. Z teoretické části kapitoly víte, že voda je silnější kyselinou než methanol. Vytěsni jej z jeho soli (methanolátu draselného), má větší schopnost odštěpit vodíkový kation než methanol. Rovnice se dostane do rovnováhy, která bude posunuta silně vlevo, kde se nachází silnější kyselina (voda) v podobě své soli. Rovnice pak bude vypadat takto:



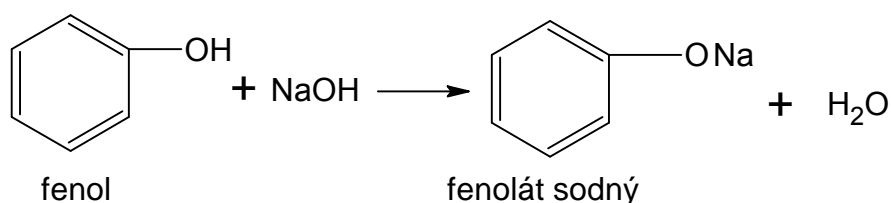
Řešená úloha 6

Zapište chemickou rovnici reakce fenolu s hydroxidem sodným a porovnejte ji s reakcí z předešlé řešené úlohy. Jak převedete produkt reakce zpět na fenol? (Zapište tento děj chemickou rovnicí.)

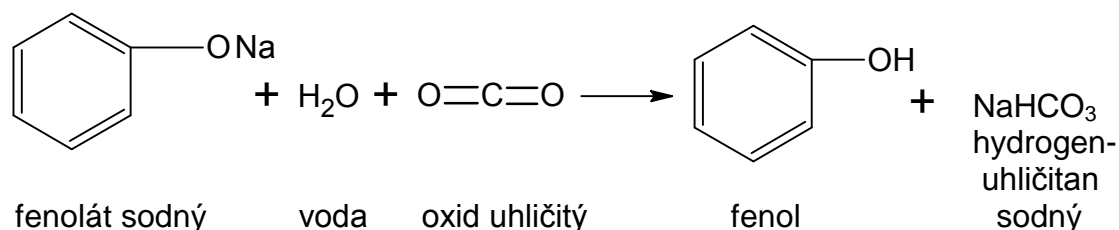


Řešení:

- a) opět se jedná o neutralizaci zásady (NaOH) a kyseliny ($\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$). Zapišeme chemickou rovnici;



- b) jako produkty jsme získali sůl fenolu (fenolát sodný) a vodu. Na rozdíl od řešené úlohy 5 je voda slabší kyselinou než fenol a nemá „sílu“ vytěsnit fenol z jeho soli;
- c) abychom z fenolátu sodného získali opět výchozí látku, musíme použít silnější kyselinu než je fenol. Stačí i „kyselina uhličitá“ (oxid uhličitý rozpuštěný ve vodě), která je silnější (v laboratoři bychom nechali procházet oxid uhličitý roztokem fenolátu sodného).



Nyní se budeme věnovat další chemické reakci, která se u hydroxyderivátů uhlovodíků často vyskytuje. Jedná se o oxidaci. Z obecné chemie již víte, že oxidace je zvyšování oxidačního čísla prvku. Na základě vaši znalosti definice oxidačního čísla [3] si odvodíme posloupnost oxidačních produktů alkoholů. V molekule alkoholu je na atomu uhlíku tím vyšší oxidační číslo, čím více chemických vazeb z něj vychází k atomům kyslíku. U alkoholů je to jedna vazba, u karbonylových sloučenin (aldehydy a ketony) jsou to dvě vazby a u karboxylových kyselin dokonce tři. Nejvyšším oxidačním stupněm atomu uhlíku je +IV, např. v molekule oxidu uhličitého (čtyři vazby na kyslík). U oxidace je nutné rozlišit strukturu hydroxyderivátů. Jinak se budou oxidovat primární alkoholy, jinak sekundární, terciární či fenoly. Vše vám ukáží na příkladech v řešených úlohách. Budu používat běžná oxidační činidla.

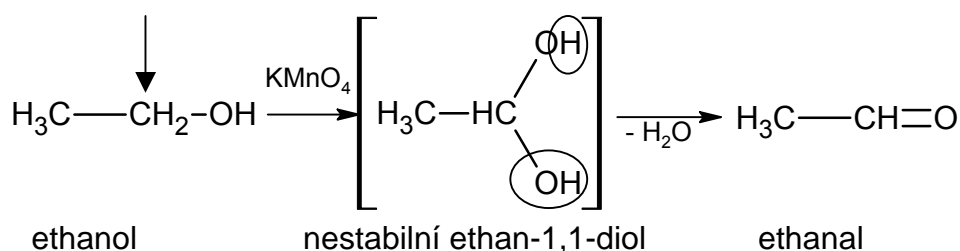
*Oxidace
alkoholů*

Řešená úloha 7

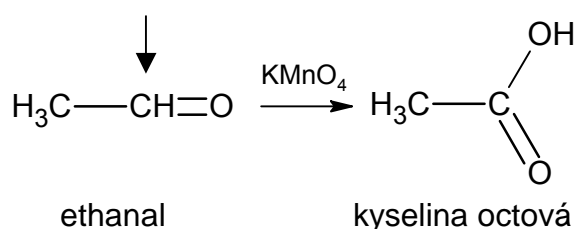
Zapište reakčním mechanismem úplnou oxidaci ethanolu a pojmenujte produkty i meziprodukty reakce.

Řešení:

- a) jako oxidační činidlo mohou použít manganistan draselný, dichroman draselný, oxid měďnatý apod. K oxidaci dojde na atomu uhlíku nesoucím hydroxyskupinu (viz. šipka ve schématu). Vznikne nestálý meziprodukt se dvěma hydroxyskupinami na jednom atomu uhlíku, který se stabilizuje dehydratací (odštěpením molekuly vody z částí vyznačených ve schématu). Vzniká aldehyd typický pro první stupeň oxidace primárních alkoholů;



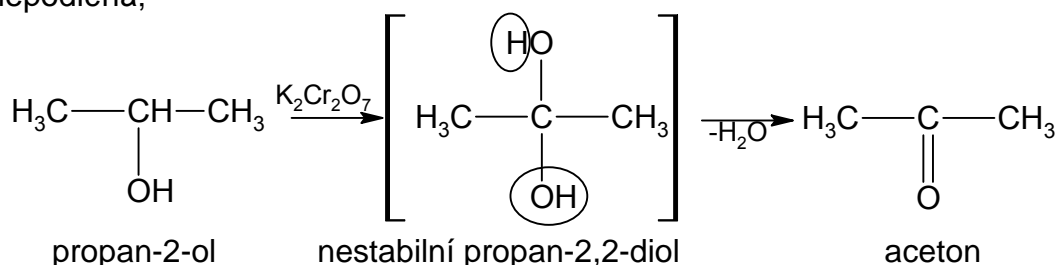
- b) pokud ethanal nebudeme průběžně ze soustavy odstraňovat, bude podléhat další oxidaci na karbonylovém uhlíku až na kyselinu octovou, která je konečným produktem oxidace ethanolu.

**Řešená úloha 8**

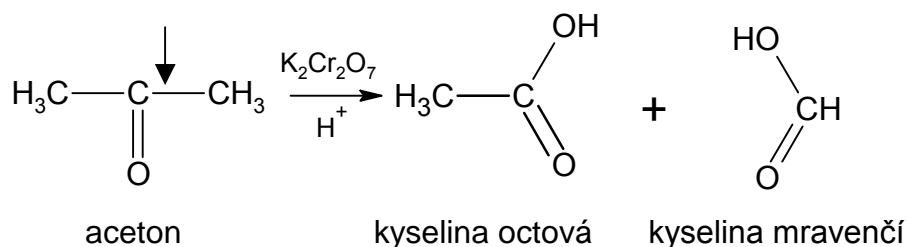
Zapište reakčním mechanismem úplnou oxidaci propan-2-olu dichromanem draselným.

Řešení:

- a) k oxidaci bude docházet stejně jako v předešlém příkladě na atomu uhlíku nesoucím hydroxyskupinu. Konečným produktem však bude keton (v tomto případě aceton), který za normálních oxidačních podmínek další oxidaci nepodléhá;



- b) pokud bychom použili silnější oxidační prostředí (okyselený dichroman draselný za horka), dojde k oxidaci ketonu, ale současně se roztrhne uhlovodíkový řetězec za vzniku dvou karboxylových kyselin. (viz schéma)



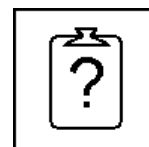
U terciárních alkoholů k oxidaci při použití mírných oxidačních činidel nedochází. Na terciárním uhlíku, kde je navázána hydroxyskupina, již není přítomen žádný atom vodíku, který by umožnil oxidaci. Oxidaci lze provést pouze v silnějším oxidačním prostředí (okyselený dichroman draselný) za současného roztržení uhlovodíkového řetězce na terciárním uhlíku. Oxidace snadno probíhá u vícesytných fenolů, které mají hydroxyskupiny navázány v polohách ortho či para. Vznikají látky označované jako chinony. Pokud jsou hydroxyskupiny navázány v poloze meta, oxidace neprobíhá [4].

Oxidace terciárních alkoholů a fenolů

Úkoly:

- Zapište chemickou rovnici reakce butan-2-olátu lithného s 1-naftolem a chemickou rovnici oxidace získaného alkoholu manganistanem draselným. Produkty i meziproducty pojmenujte (str. 73).
- Určete, které z nabídnutých sloučenin mohou vytěsnit butan-2-ol z jeho soli butan-2-olátu draselného. Svou odpověď zdůvodněte.

fenol, 2-methylpropan-2-ol, methanol, voda (str 73).



Průvodce

Poznali jste základní reakce hydroxyderivátů uhlovodíků. Své znalosti si můžete rozšířit v doporučené literatuře, kde naleznete další zajímavé typy chemických reakcí. Můžete si také náhodně vybrat dvojice hydroxyderivátů a zapsat si několik vytěšňovacích reakcí či oxidací. U oxidací alkoholů jsem zmínil oxidaci karbonylových sloučenin, kterou již v následující kapitole nebudu rozebírat. Doporučuji vám na chvíli si odpočinout, aby se mohly všechny informace vstřebat. Nyní nás již čekají deriváty uhlovodíků s násobnými vazbami. Záměrně vypouštím kapitolu o etherech, neboť jejich reakce probíhají radikálovým mechanismem, se kterým jste se setkali již při studiu alkanů.



2.3.3 Karbonylové sloučeniny

Reaktivita karbonylových sloučenin je způsobena přítomností polární dvojné vazby karbonylové skupiny [4]. Atom kyslíku s vysokou elektronegativitou posouvá π -elektrony vazby k sobě. Na atomu kyslíku vzniká záporný parciální náboj a na atomu uhlíku parciální náboj kladný. Díky kladnému parciálnímu náboji na karbonylovém uhlíku je pro karbonylové sloučeniny typickou reakcí nukleofilní adice.

Charakteristika karbonylové skupiny

Při srovnávání reaktivity jednotlivých karbonylových sloučenin (aldehydů a ketonů) budeme porovnávat polaritu vazby karbonylové skupiny. Čím bude vazba polárnější, tím větší reaktivitu můžeme očekávat. Polaritu vazby nám udává elektronegativita vázaných atomů. U organických sloučenin však nesmíme zapomínat na vliv okolních skupin. Pokud budou mít skupiny vázané na karbonylovém uhlíku kladný indukční efekt (budou do karbonylové skupiny dodávat elektrony), sníží jeho kladný parciální náboj a negativně tak ovlivní reaktivitu sloučeniny. Skupiny se záporným indukčním efektem budou mít vliv opačný. Proto budou aldehydy, u nichž se váže na karbonylový uhlík pouze jeden uhlovodíkový zbytek s kladným indukčním efektem, reaktivnější než ketony s navázanými dvěma alkyly (viz Řešená úloha 8).

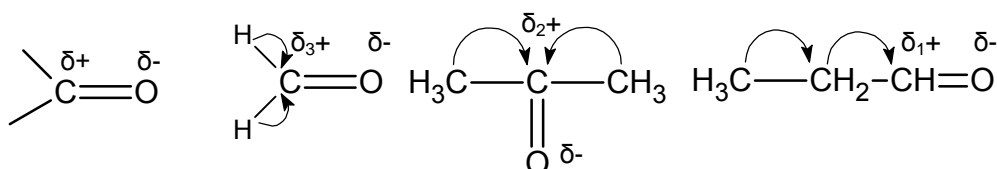
Reaktivita aldehydů a ketonů

Řešená úloha 9

Seřadte uvedené karbonylové sloučeniny od nejméně k nejvíce reaktivním. Formaldehyd, aceton, propanal.

Řešení:

- a) opět vám doporučuji napsat si vzorce porovnávaných sloučenin. Všechny potřebné informace můžete vyčíst z jejich struktury. Vyznačte si také posuny elektronů způsobené skupinami navázanými na karbonylovém uhlíku. Pro přehled vám uvedu i strukturu karbonylové skupiny;



- b) uvědomte si, že posun vazebných elektronů způsobený atomy vodíku není zdaleka tak silný jako účinek uhlovodíkových zbytků. Proto parciální náboj na karbonylovém uhlíku formaldehydu (δ₃⁺) bude snižován posunutými elektrony nejméně a formaldehyd tak bude z porovnávaných sloučenin nejreaktivnější. V případě acetonu se na karbonylový uhlík váží dva uhlovodíkové zbytky s kladným indukčním efektem a parciální náboj na atomu uhlíku (δ₂⁺) bude výrazně snížen posunutými vazebnými elektrony, což způsobí nízkou reaktivitu acetonu. Propanal se pak bude svou reaktivitou nacházet mezi formaldehydem a acetonem.

Odpověď: Nejreaktivnější sloučeninou je formaldehyd, následován propanalem. Nejméně reaktivní je aceton.



Nyní se zaměříme na reakci pro karbonylové sloučeniny typickou, tj. na nukleofilní adici. Reakci vždy zahajuje nukleofilní činidlo, které atakuje karbonylový uhlík s kladným parciálním nábojem. Ukončením děje je reakce vzniklého aniontu na atomu kyslíku karbonylové skupiny s elektrofilní částicí. Mezi nejdůležitější nukleofilní adice karbonylových sloučenin patří adice alkoholu katalyzovaná kyselinou za vzniku poloacetalu (viz Řešená úloha 9).

Nukleofilní adice

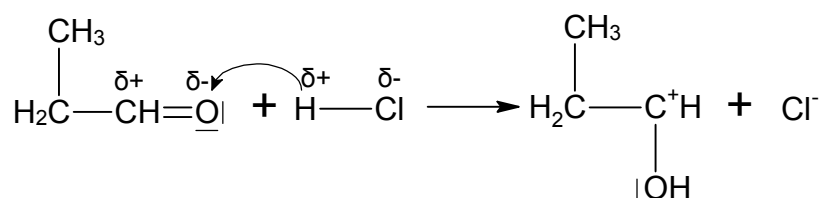
Řešená úloha 10

Zapište reakční mechanismus nukleofilní adice ethanolu na karbonylovou skupinu propanalu.



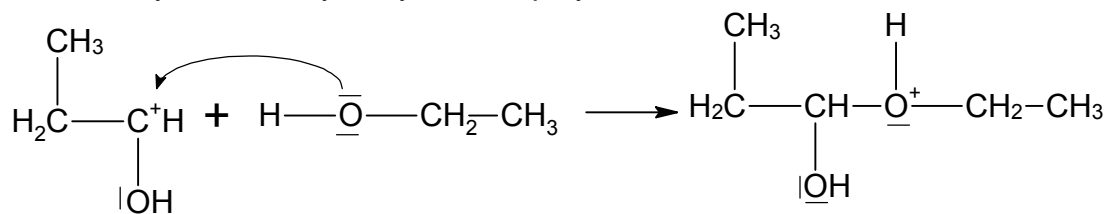
Řešení:

- a) kyselina, která při této reakci působí jako katalyzátor, ještě zvýší kladný parciální náboj na karbonylovém uhlíku. Ze struktury karbonylové skupiny (přítomnost atomu kyslíku s volnými elektronovými páry) vyplývá, že karbonylové sloučeniny se v kyselém prostředí chovají jako zásady. Dochází k protonaci karbonylového kyslíku;

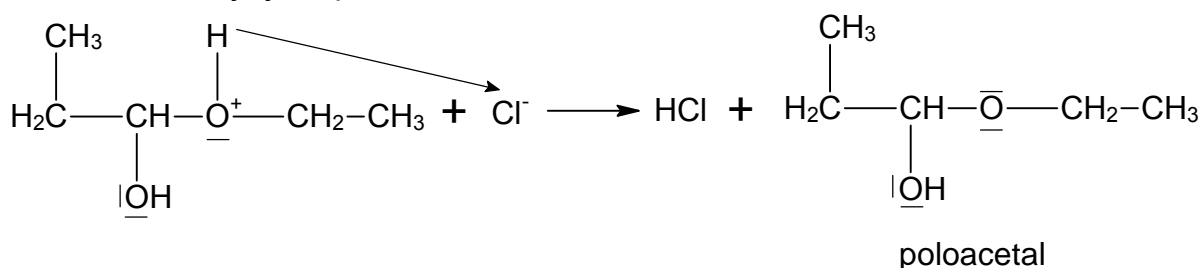


Zásadité vlastnosti

- b) na takto připravené karbonylové skupině dochází k nukleofilní adici. Ethanol se naváže na kation uhlíku prostřednictvím volného elektronového páru na atomu kyslíku své hydroxylové skupiny;

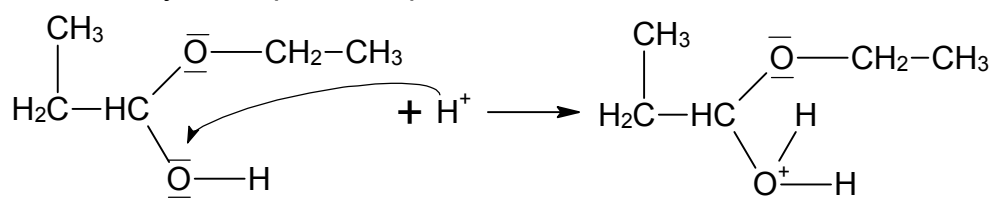


- c) vzniklý kation se stabilizuje odtržením protonu, za vzniku sloučeniny, která se označuje jako poloacetal;

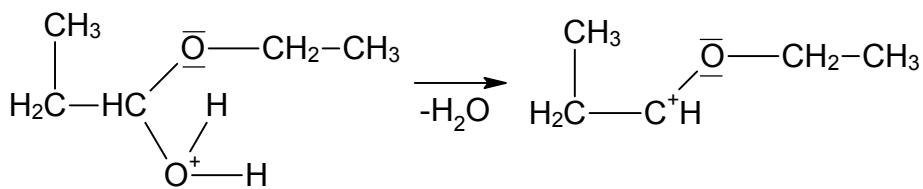


Poloacetal

- d) v molekule poloacetalu se nachází ještě jedna hydroxylová skupina, kterou je možno v kyselém prostředí protonizovat;

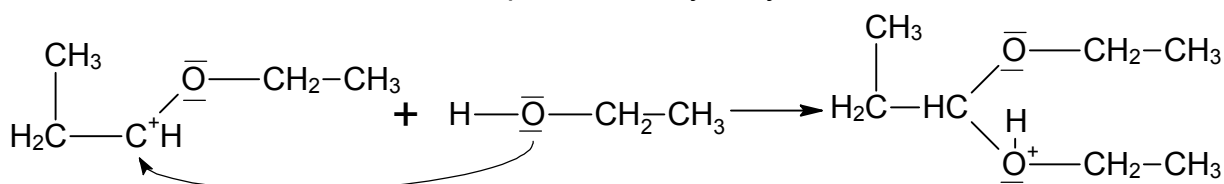


- e) poté probíhá odštěpení vody a na vzniklý kation (kladný náboj se opět objevuje na původním karbonylovém uhlíku) se váže další molekula ethanolu za vzniku sloučeniny, která se označuje jako acetal (viz další tři schémata). Všimněte si, že kroky d) a e) již nepředstavují nukleofilní adici, ale substituci.

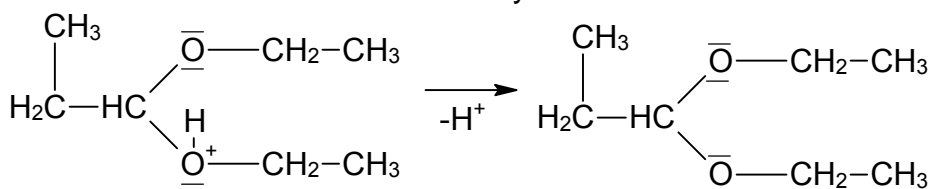


Acetal

odštěpení molekuly vody



navázání další molekuly ethanolu



acetal

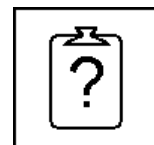
Průvodce

V této podkapitole jste se opět přesvědčili, že znalost struktury organických sloučenin vám umožní poznat jejich chemické vlastnosti. Upozorňuji, že uvedené chemické reakce jsou jen zlomkem dějů, kterým karbonylové sloučeniny podléhají. Tvorba poloacetalu, resp. acetalu, se u ketonů a aromatických aldehydů provádí odlišným způsobem. Obecně platí, že acetal převedeme zpět na karbonylovou sloučeninu účinkem zředěné anorganické kyseliny. Reakce „běží“ obráceným pořadím uvedených kroků. Opět vše pečlivě nastudujte. Můžete si sami vymyslet hypotetickou reakci a zapsat její reakční mechanismus (bez ohledu na proveditelnost dané reakce).



Úkoly:

- Porovnejte reaktivitu acetaldehydu, butanonu, 1,1,1-trichlorethanal. Vysvětlete reaktivitu poslední uvedené sloučeniny (str 73).
- Zapište vzorec konečného produktu reakce ethanal s methanolem za přítomnosti stopového množství kyseliny chlorovodíkové (str 73).



2.3.4 Karboxylové kyseliny

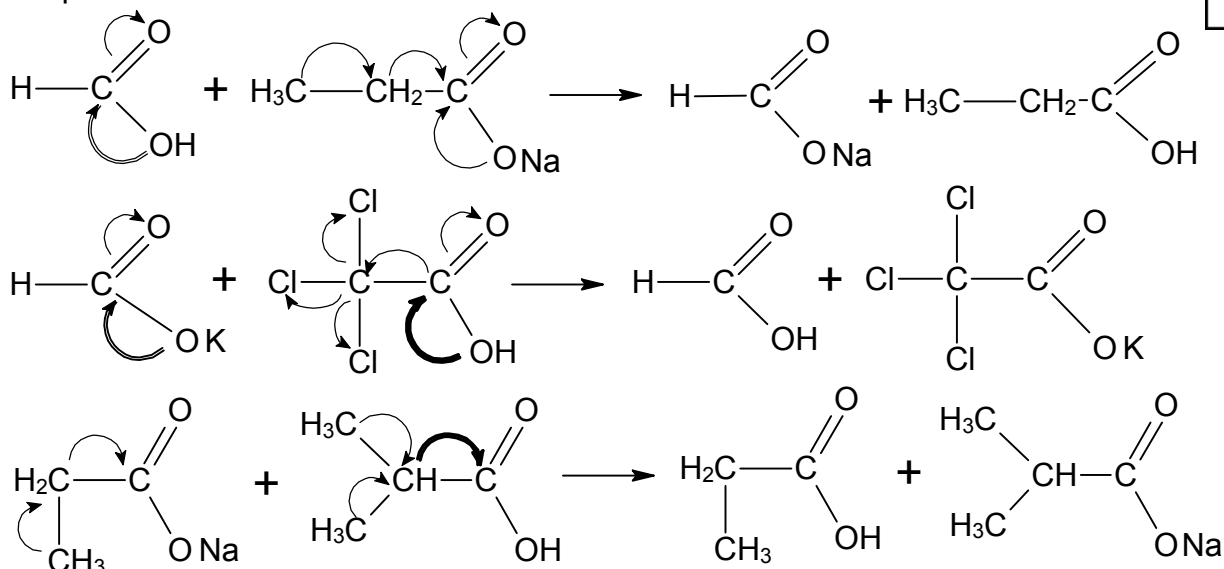
Karboxylové kyseliny jsou slabší než kyseliny anorganické, protože méně ochotně odštěpují kation vodíku. Přesto je jejich síla větší než síla kyseliny uhličitě. Pro kyselost atomu vodíku navázaného v karboxylové skupině platí pravidlo zmíněné u hydroxyderivátů uhlovodíků: **Atom vodíku navázaný na atomu kyslíku je tím kyselejší, čím menší je elektronová hustota na atomu kyslíku.** Budeme-li porovnávat sílu jednotlivých karboxylových kyselin, budeme vždy vycházet z jejich struktury. Všimát si budeme především tvaru uhlovodíkového řetězce, který se vyznačuje kladným indukčním efektem (zvyšuje hustotu elektronů na hydroxylovém atomu kyslíku a tím snižuje kyselost atomu vodíku). Důležité budou také substituenty navázané v blízkosti karboxylové skupiny (substituční deriváty karboxylových kyselin [3]). Substituenty s kladným indukčním efektem snižují kyselost atomu vodíku, substituenty se záporným indukčním efektem kyselost zvyšují (viz kapitola Hydroxyderiváty uhlovodíků).

Síla karboxylových kyselin

Základními reakcemi karboxylových kyselin budou **vytěšňovací reakce** (vytěsnění slabé kyseliny z její soli účinkem kyseliny silnější), **neutralizace** (reakce karboxylové kyseliny se zásadou za vzniku soli a vody) a **esterifikace** (reakce karboxylové kyseliny s alkoholem za vzniku esteru a vody). Všechny uvedené typy chemických reakcí vám přiblížím v řešených úlohách.

Řešená úloha 11

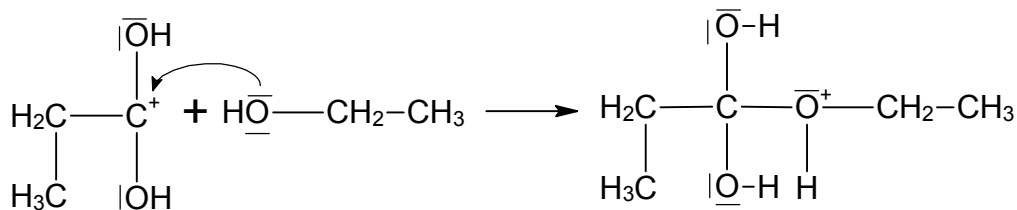
Z následujících chemických rovnic vyberte ty, které mohou probíhat. Svě odpovědi zdůvodněte.



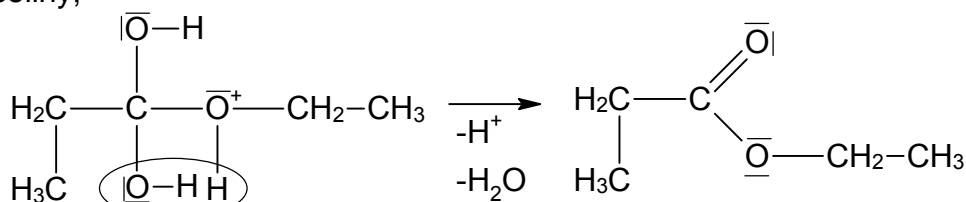
Řešení:

- z uvedených chemických rovnic vidíte, že se jedná o reakce soli a karboxylových kyselin. Pro vaše rozhodování je nutné umět odvodit ze struktury sílu jednotlivých kyselin;
- v prvním případě reakce bude probíhat, protože je kyselina mravenčí silnější než kyselina propionová a může ji vytěsnit z její soli. V molekule kyseliny mravenčí nenajdete žádný uhlovodíkový zbytek, který by svým kladným indukčním efektem zvyšoval elektronovou hustotu na atomu

- b) zmíněným krokem vznikne na karboxylovém atomu uhlíku kladný náboj, na který se naváže hydroxylová skupina alkoholu;

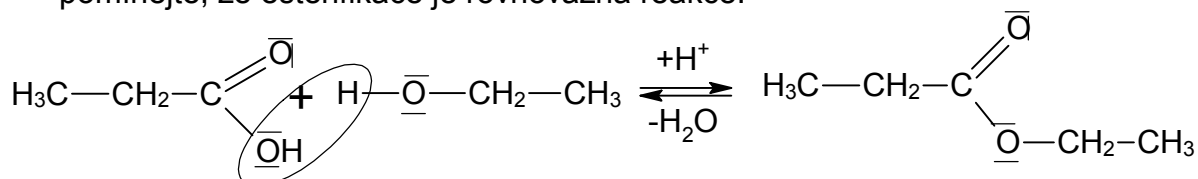


- c) vzniklý meziprodukt se stabilizuje odštěpením molekuly vody a vodíkového kationtu. Voda přitom vzniká sloučením kationtu vodíku odtrženého z alkoholu a hydroxylové skupiny pocházející z karboxylové skupiny kyseliny;



ethyl-propanoát

- d) celou esterifikaci lze zapsat zjednodušeně chemickou rovnicí. Pro přehled v ní opět znázorním „původ“ atomů odštěpené molekuly vody. Nezapomínejte, že esterifikace je rovnovážná reakce.

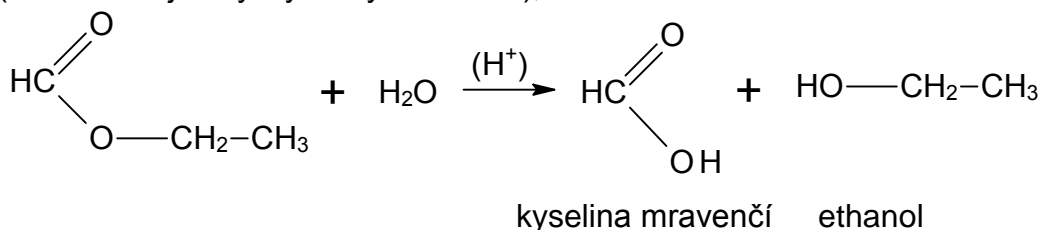


Významnou reakcí esterů je jejich hydrolýza, kterou je možno provádět v kyselém či alkalickém prostředí. Kyselá hydrolýza esterů dává vznik karboxylové kyselině a alkoholu, ze kterých daný ester vznikl. Při alkalické hydrolýze vznikají opět původní alkohol a sůl původní karboxylové kyseliny (viz Řešená úloha 14).

Řešená úloha 14

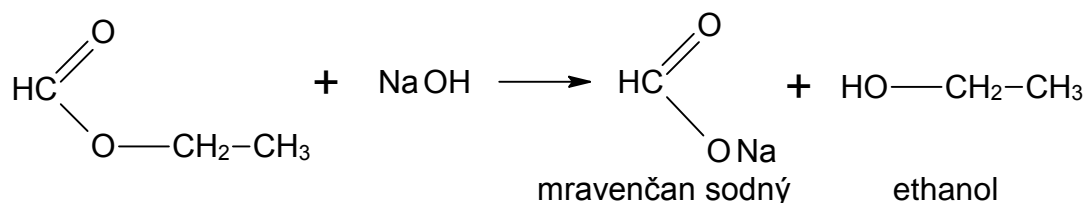
Zapište chemickou rovnicí alkalickou a kyselou hydrolýzu ethyl-methanoátu. Produkty obou reakcí pojmenujte:

- a) z teorie hydrolýzy již víte, že při kyselé hydrolýze esteru má vzniknout příslušná kyselina a alkohol. Uvědomte si, že část esteru náležící kyselině nese karboxylovou skupinu. Název kyseliny je obsažen i v názvu esteru (methanoát je acyl kyseliny mravenčí);



Hydrolýza esterů

- b) pro alkalickou hydrolýzu použijí hydroxid sodný. Reakcí vznikne alkohol a sodná sůl příslušné kyseliny.



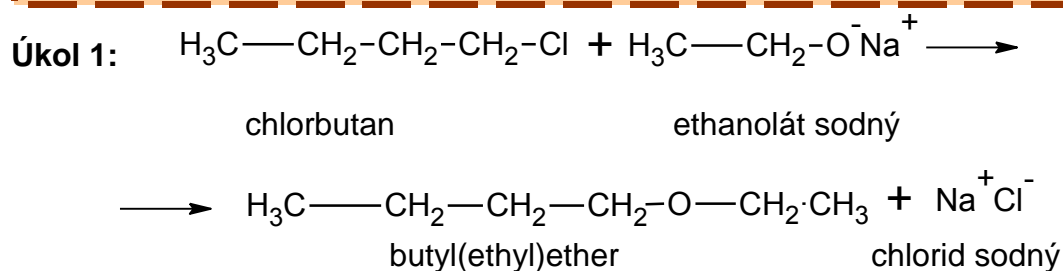
Úkoly:

- Zapište chemickými rovnicemi reakci kyseliny octové s hydroxidem draselným a reakci téže kyseliny s propan-1-olem katalyzovanou anorganickou kyselinou. Vyznačte, z kterých částí výchozích látek vzniká molekula vody (str. 73).
- Seřadte uvedené sloučeniny podle kyselosti atomu vodíku navázaného na atomu kyslíku od nejkyselějších po nejméně kyselé. *kyselina uhličitá, methanol, 2-methylpropan-1-ol, fenol, kyselina octová, kyselina chloroctová, kyselina mravenčí* (str. 73).

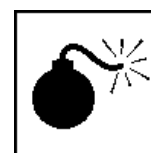
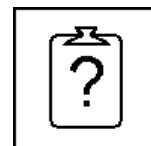
Pro stanovení míry reaktivity je nutné znát strukturu organické sloučeniny. Na základě znalosti reaktivity můžete volit správný reakční mechanismus dané chemické reakce. Pamatujte, že elektrofilní částice i radikály napadají vždy místo s největší hustotou elektronů. Oxidaci provádějte za použití běžných oxidačních činidel pouze u primárních a sekundárních alkoholů, resp. aldehydů. Při zápisu esterifikace a tvorbě poloacetalů či acetalů používejte oboustrannou šipku (jedná se o reakce vratné).

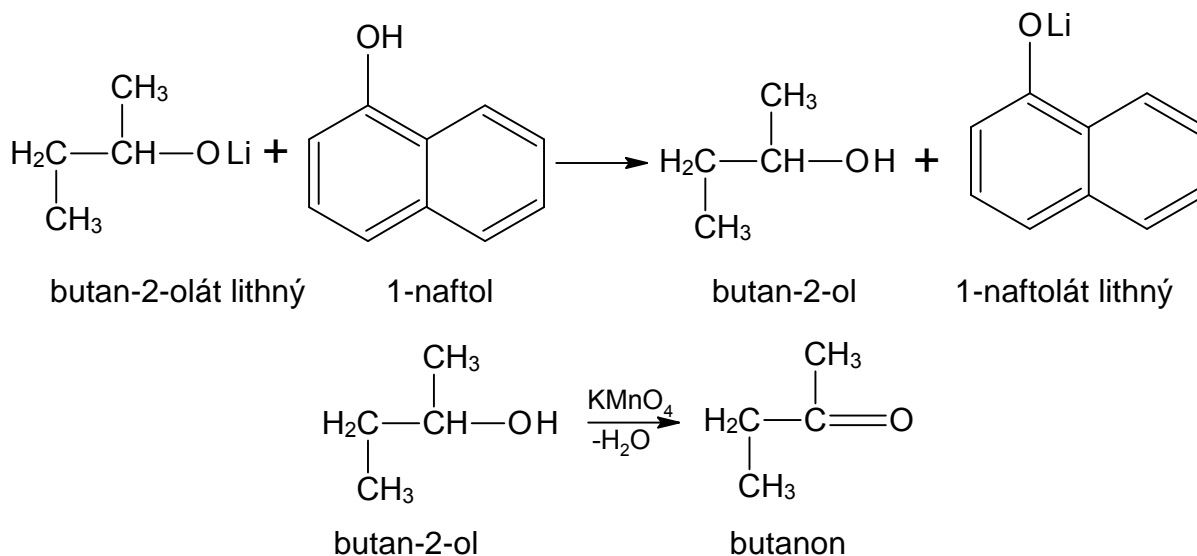
Průvodce

Seznámili jsme vás se základními reakcemi karboxylových kyselin. V případě esterifikace a neutralizace si uvědomte, že odštěpovaná molekula vody má u těchto typů reakcí rozdílný původ. Esterifikace a hydrolýza esterů jsou jedny ze základních reakcí probíhajících v živých organismech. Učivo karboxylových kyselin obsahuje ještě další chemické reakce, které není možné v tomto textu rozebírat.



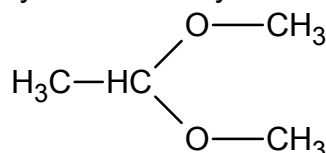
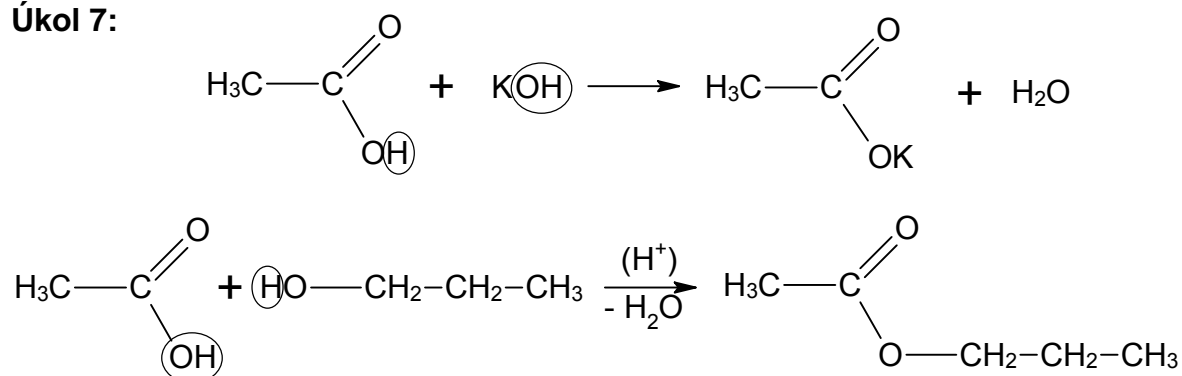
Úkol 2: bromcyklohexan



Úkol 3:

Úkol 4: Pro zmíněnou reakci lze použít fenol, methanol a vodu. Butan-2-olát draselný je sůl sekundárního alkoholu. Uvedené sloučeniny jsou silnějšími kyselinami a mohou vytěsnit butan-2-ol. Pouze 2-methylpropan-2-ol je slabší kyselinou, protože patří mezi terciární alkoholy a vytěsnění nemůže provést.

Úkol 5: Seřazeno od nejreaktivnější sloučeniny: 1,1,1-trichlorethanal, acetaldehyd, butanon. V molekule 1,1,1-trichlorethanal se nacházejí na karbonylovém atomu uhlíku tři atomy chloru mající záporný indukční efekt. Výsledkem je výrazné zvýšení kladného parciálního náboje na karbonylovém uhlíku a tím i zvýšení reaktivity této sloučeniny.

Úkol 6:**Úkol 7:**

Úkol 8: kyselina chloroctová, kyselina mravenčí, kyselina octová, kyselina uhličitá, fenol, methanol, 2-methylpropan-1-ol

Závěr

Úkolem autorů této opory distančního studia bylo provést vás oblastí systematického názvosloví organických sloučenin a reakčních mechanismů jejich chemických reakcí. Opora pojednává pouze o základních kapitolách učiva organické chemie. Ostatní témata musíte nastudovat sami. Věříme, že tento studijní text vám bude vhodným doplňkem studijní literatury. Stejně jako v případě procházky krajinou s průvodcem i při studiu organické chemie objevíte při vlastních vycházkách dosud nepoznané oblasti. Známa zákoutí budete navštěvovat, aniž byste zabloudili. Někdy se stane, že se musíte na cestu pozeptat kolemjdoucích či použít mapu. Při studiu chemie budiž těmito rádci vaši lektoři v podobě konzultací a mapami doporučená literatura uvedená v závěru této opory nebo opora samotná. Mějte na paměti, že i krásná krajina neustále navštěvovaná bez objevení nových zákoutí ztrácí na půvabu a časem zevšední. Co nejmenší počet bludných chviliek při studiu organické chemie vám přejí autoři.

Literatura

[1] BLAŽEK, Jaroslav a kol. *Přehled chemického názvosloví*. SPN. Praha : 2004. ISBN 80-7235-260-1

[2] FIKR, Jaroslav,KAHOVEC, Jaroslav. *Názvosloví organické chemie*. Rubico. Olomouc : 2004. ISBN 80-7346-017-3

[3] HONZA, Jaroslav , MAREČEK, Aleš. *Chemie pro čtyřletá gymnázia 2. a 3. díl*. Nakladatelství Olomouc s. r. o.. Olomouc: 2002. ISBN 80-7182-141-1

[4] VACÍK, Jiří a kol.. *Přehled středoškolské chemie*. SPN. Praha : 1999. ISBN 80-7235-108-7

Názvosloví a základní typy reakcí v organické chemii

Mgr. Pavel Czernek

Mgr. Tomáš Krchňák

Mgr. Jaroslav Verlík

Ostrava 2006

Název	Názvosloví a základní typy reakcí v organické chemii
Editor	Mgr. Pavel Czernek, Mgr. Tomáš Krchňák, Mgr. Jaroslav Verlík
Vydavatel	Wichterlovo gymnázium, Ostrava – Poruba, příspěvková organizace
Rozsah	76 stran
Vydání	první, 2006
Tisk	Wichterlovo gymnázium, Ostrava – Poruba, příspěvková organizace
Doporučená cena	zdarma ; vytvořeno v rámci projektu SIPVZ 2006

**Publikace je majetkem Wichterlova gymnázia, Ostrava – Poruba, p. o.
Jakékoliv její šíření, kopírování a komerční využití bez souhlasu gymnázia
a autora je nezákonné.**

ISBN 80-87058-01-1