

MASARYKOVA UNIVERZITA

Přírodovědecká fakulta



DUSÍKATÉ DERIVÁTY UHLOVODÍKŮ

Bakalářská práce

Brno 2014

Autor: Jana Hrubá

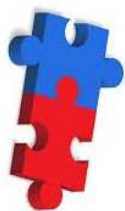
Vedoucí práce: Mgr. Jaromír Literák, Ph.D.

Obsah

1. AMINY	4
1.1 Úvod a charakteristika	4
1.2 Názvosloví	5
1.2.1 Řešené úkoly k procvičování	7
1.2.2 Úkoly k samostatnému procvičování	8
1.3 Vlastnosti aminů	9
1.3.1 Bazicita	10
1.3.2 Nukleofilita	12
1.3.3 Úkoly k samostatnému procvičování	12
1.4 Příprava a výroba aminů	13
1.4.1 S _N 2-alkylace alkylhalogenidy	13
1.4.2 Redukce nitrosloučenin	14
1.4.3 Redukce nitrilů a amidů	15
1.4.4 Reakce amoniaku s alkoholy	16
1.4.5 Reduktivní aminace aldehydů a ketonů	16
1.4.6 Řešené úkoly k procvičování	17
1.4.7 Úkoly k samostatnému procvičování	18
1.5 Reaktivita	19
1.5.1 Vznik amoniových solí	19
1.5.2 Diazotace a azokopulace	20
1.5.3 Sandmayerova reakce	21
1.5.4 Další reakce diazoniových solí	22
1.5.5 Úkoly k samostatnému procvičování	22
1.6 Zástupci	23
1.6.1 Anilin	23

1.6.2	Ethan-1,2-diamin (ethylendiamin)	24
1.6.3	Benzen-1,4-diamin	25
1.6.4	Hexan-1,6-diamin (Hexamethylendiamin)	25
1.6.5	Amantadin	26
1.6.6	Histamin	26
1.6.7	Dopamin	26
1.6.8	Dimethylamin	26
1.6.9	Heterocyklické aminy	27
1.7	Shrnutí	29
1.8	Cvičím, cvičíš, cvičíme – aminy už umíme	30
1.9	Odpovědi na otázky k zamyšlení	33
2.	NITROSLOUČENINY	35
2.1	Úvod a charakteristika	35
2.2	Názvosloví	36
2.2.1	Řešené úkoly k procvičování	36
2.2.2	Úkoly k samostatnému procvičování	37
2.3	Vlastnosti nitrosloučenin	38
2.4	Příprava a výroba nitrosloučenin	39
2.5	Reaktivita	39
2.6	Zástupci	40
2.6.1	Nitromethan	40
2.6.2	Nitrobenzen	40
2.6.3	2,4,6-Trinitrotoluen	40
2.6.4	2,4,6-Trinitrofenol	41
2.7	Shrnutí	41
2.8	Cvičím, cvičíš, cvičíme – nitrosloučeniny už umíme	42
2.9	Odpovědi na otázky k zamyšlení	43

Vysvětlivky:



Řešené úkoly.

Obsahují postup i správné řešení.



Úkoly k samostatnému řešení.

Výsledky jsou zobrazeny na konci cvičení.



Otázky k zamyšlení.

Znalost odpovědí není nutná pro zvládnutí dané látky. Odpovědi najdete za probranou kapitolou.



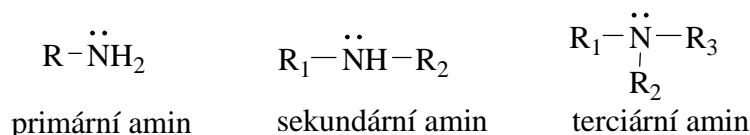
Cvičím, cvičíš, cvičíme.

Úkoly na konci kapitoly, na zopakování celé probírané látky. Správné odpovědi lze dohledat v učebním textu.

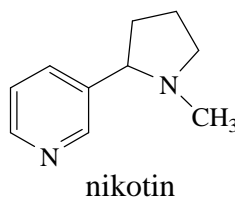
1. AMINY

1.1 Úvod a charakteristika

Aminy jsou jedním druhem **dusíkatých derivátů uhlovodíků**, v jejichž molekulách najdeme atom dusíku, který nese tři substituenty, z nichž minimálně jeden je uhlovodíkový zbytek a zbývajícími substituenty mohou být jen atomy vodíku. Atom dusíku nese jeden volný elektronový pár. Proto můžeme aminy považovat za organické deriváty **amoniaku**, které od něj odvozujeme náhradou jednoho nebo více atomů vodíku uhlovodíkovým zbytkem. Podle počtu nahrazených atomů vodíku rozlišujeme aminy **primární, sekundární a terciární**.

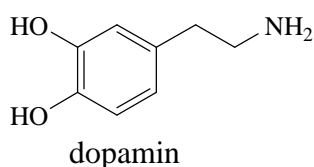


Pokud se vám zdá, že s něčím takovým, jako jsou aminy, nemůžete nikdy přijít do styku, jste na omylu. Aminovou skupinu najdeme v celé řadě látek, se kterými se setkáváte denně. Jistě často potkáváte někoho s cigaretou v ruce. Jak to souvisí? Jedna z nejnávykovějších látek vůbec se nazývá **nikotin** a obsahuje ji každá cigareta. Z chemického hlediska se jedná o diamin. *Cigareta obsahuje přibližně 10 mg nikotinu (samozřejmě je množství různé, ale řídíme se průměrem lehkých cigaret), přičemž kuřákovo tělo jej přijme 1–3 mg. Smrtelná dávka nikotinu je 50–60 mg. To odpovídá asi 15–20 cigaretám. Ale proč tato dávka cigaret nezabíjí okamžitě? Náš organismus je totiž velmi přizpůsobivý, a tak se i s takovou dávkou dokáže poprat. A navíc, nikdo přece nekouří 20 cigaret najednou nebo ano? ☺*



Kouření je spojeno s mnoha nemocemi. Způsobuje rakovinu plic nebo močového měchýře. Nikotin je odpovědný především za kardiovaskulární choroby. Problém je v návykovosti této látky. Dlouhodobé užívání totiž uvolňuje endorfiny. Odvykání je tak ztíženo především depresi.

Látka, se kterou jste se určitě setkali naprosto všichni, aniž byste o ní věděli, se nazývá **dopamin**. Jedná se o neurotransmitter, který zprostředkovává přenos signálů mezi neurony, např. v mozku. Když jste z minulé písemky z chemie dostali jedničku, zaplavil vás jistě příjemný pocit, jeho původcem byl právě dopamin, který byl uvolňován nervovými buňkami na synapsích v mozku. Falešný signál pro uvolňování tohoto aminu mohou dát i některé drogy nebo alkohol.

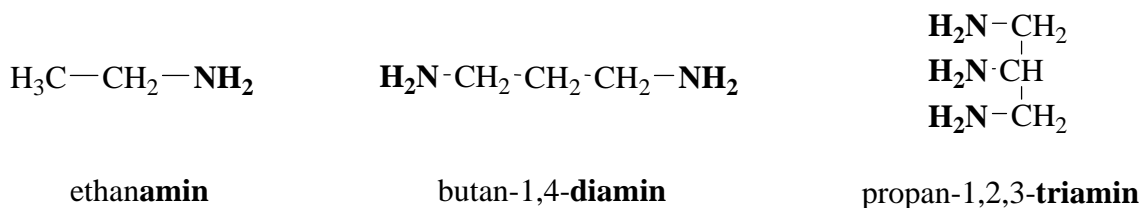


Porucha tvorby dopaminu je úzce spojena se vznikem Parkinsonovy choroby, jiné poruchy dopaminového systému se dávají do souvislosti se vznikem například schizofrenie.

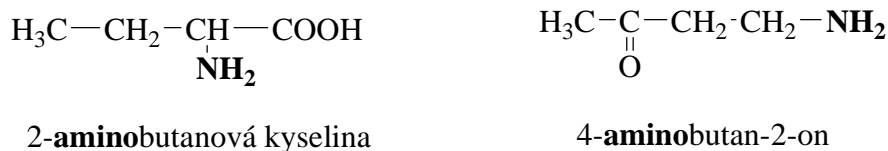
Mezi aminy tedy patří celá řada velmi zajímavých látek, o kterých si v této kapitole ještě něco povíme. Ale nejprve se na ně pojďme podívat pěkně od začátku, ať je umíme také pojmenovat.

1.2 Názvosloví

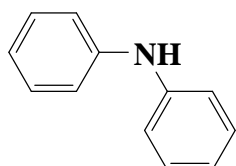
Jednoduché, **primární** aminy se pojmenovávají substitučním názvoslovím tak, že se k názvu kmenu základního uhlovodíku připojí přípona **-amin**. Pokud je v molekule přítomných více aminoskupin, je třeba před koncovku uvést jejich počet (násobící předponu) s příslušnými lokanty. Pro dvě aminoskupiny pak bude přípona **-diamin**, tři **-triamin**, čtyři skupiny vyjádříme koncovkou **-tetraamin** atd.



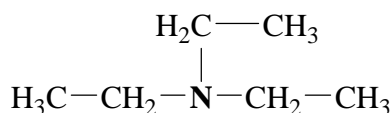
Pokud je v molekule více funkčních skupin a aminoskupina nemá nejvyšší názvoslovnou prioritu, vyjádříme její přítomnost předponou **amino-** umístěnou před kmenem názvu dané sloučeniny.



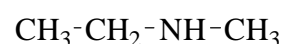
Pomocí substitučního názvosloví snadno pojmenujeme primární aminy, tedy sloučeniny obsahující -NH_2 skupinu. Pro pojmenování **sekundárních a terciárních aminu** je praktičtější využít radikálově-funkčního názvosloví. Základem názvu sloučeniny je název **amin**, před který uvedeme v abecedním pořadí názvy přítomných uhlovodíkových zbytků, pokud je některý ze substituentů přítomen víckrát, nezapomeneme na příslušnou násobící předponu. Pokud je uhlovodíkových zbytků více druhů, v pořadí druhý se uzavírá do závorky.



difenylamin

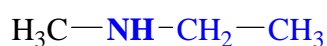


triethylamin

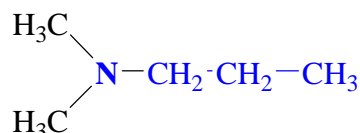


ethyl(methyl)amin

Další možností, jak pojmenovat **sekundární a terciární** aminy je, že se pojmenují jako **N-substituované deriváty** primárního nebo sekundárního aminu. Název tohoto primárního nebo sekundárního aminu můžeme vytvořit užitím substitučního nebo radikálově-funkčního názvosloví. Základní sekundární nebo primární amin zpravidla volíme tak, aby obsahoval nejdelší uhlovodíkové zbytky. Tomuto názvu předcházejí názvy ostatních uhlovodíkových zbytků, **lokantem N** vyjádříme jejich připojení k atomu dusíku.

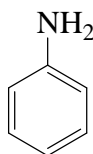


N-methylethanamin

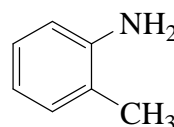


N,N-dimethylpropanamin

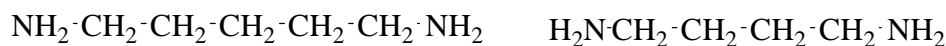
Některé jednoduché aminosloučeniny mají také triviální názvy.



anilin



o-toluidin



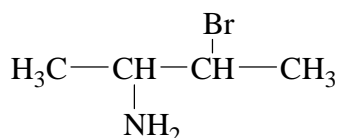
kadaverin

putrescin

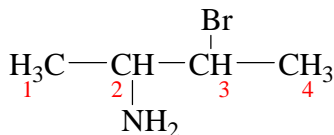


1.2.1 Řešené úkoly k procvičování

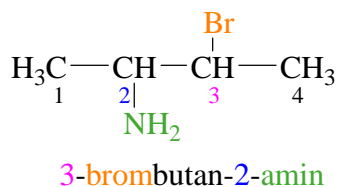
1. Pojmenujte následující sloučeninu.



- a) Identifikujeme funkční skupiny v molekule: aminoskupina a halogenderivát. Vyšší prioritu má aminoskupina, proto bude vyjádřena v názvu příponou -amin. Skupina s nižší prioritou (brom) bude v názvu jako předpona. Základem názvu bude nejdelší uhlovodíkový řetězec, který obsahuje v tomto případě 4 uhlíky, jedná se tedy o butan.
- b) Očíslujeme základní uhlovodíkový řetězec tak, aby funkční skupina s nejvyšší prioritou, tedy v tomto případě amin, měla co nejmenší lokant, který napíšeme před příponu -amin. Stejným způsobem uvedeme pozici bromu.



- c) Sestavíme název.



2. Pojmenujte následující sloučeninu.



- a) Identifikujeme funkční skupiny v molekule. Nachází se zde pouze aminoskupina. Situace je však komplikovanější, protože se jedná o sekundární nesymetrický amin.
- b) Podíváme se, jaké uhlovodíkové zbytky vzorec obsahuje. Na jedné straně aminoskupiny je methyl, strana druhá je tvořená propylovým zbytkem. Základem názvu bude proto amin obsahující propan (propyl), methyl vyjádříme jako substituent na atomu dusíku.

c) Sestavíme název.



N-methylpropanamin

Druhou možností, jak pojmenovat tuto sloučeninu je pomocí radikálově funkčního názvosloví. Identifikujeme funkční skupiny a uhlovodíkové zbytky. Víme, že uhlovodíkové zbytky jsou tu dva. Proto musíme jeden uzavřít do závorky. Přičemž je zapisuje v abecedním pořadí a přidáme koncovku –amin.



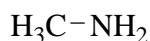
methyl(propyl)amin



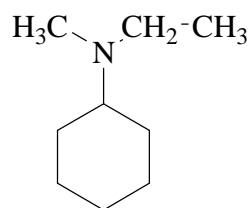
1.2.2 Úkoly k samostatnému procvičování

1. Pojmenujte následující sloučeniny:

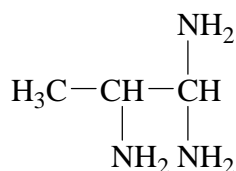
a)



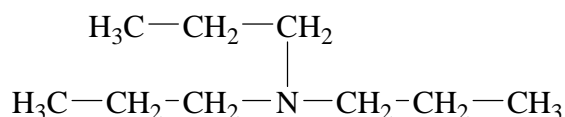
b)



c)



d)



2. Napište vzorce následujících sloučenin:

- butan-2,2-diamin
- cyklopentanamin
- N*-methylethanamin
- methyl(propyl)amin

Řešení

1. cvičení:

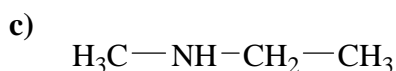
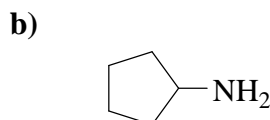
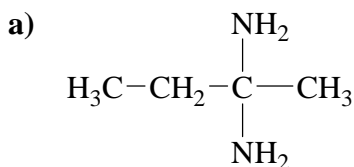
- methanamin nebo methylamin
- N*-ethyl-*N*-methylcyklohexanamin nebo cyklohexyl(ethyl)methylamin nebo *N*-ethyl-

N-methylcyklohexylamin

c) propan-1,1,2-triamin

d) tripropylamin

2. cvičení:



1.3 Vlastnosti aminů

Primární a sekundární aminy tvoří mezimolekulové (intermolekulární) **vodíkové můstky**, do této vazby poskytují vodík N–H vazby. Příjemcem je atom dusíku s volným elektronovým párem. Díky tomu mají primární a sekundární aminy vyšší teplotu varu než aminy **terciární**, jejichž molekuly mezi sebou vodíkové můstky netvoří. Terciární aminy mohou být jen akceptorem vodíkové vazby, ale nemají žádnou N–H vazbu k poskytnutí.

Tabulka č.1: Srovnání bodu varu

Sloučenina	Vzorec	Bod Varu
Propylamin	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2$	47–51 °C
Ethyl(methyl)amin	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{NH}-\text{CH}_3$	36–37 °C
Trimethylamin	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{N} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	3–7 °C

Všimněte si také, že látky, které jsou uvedeny v tabulce, jsou konstitučními izomery. Mají stejné sumární vzorce, liší se však strukturou.

Aminy s méně než pěti atomy uhlíku jsou obvykle **rozpuštěné ve vodě**. Důvodem je přítomnost volného elektronového páru, který tvoří vodíkové vazby s molekulami vody. S rostoucí molekulovou hmotností rozpustnost ve vodě klesá.



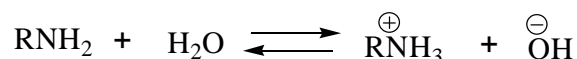
Otázka k zamyšlení:

Proč se rozpustnost aminů ve vodě snižuje s rostoucí molekulovou hmotností?

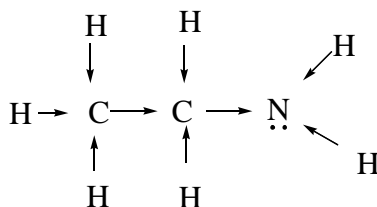
Nižší aminy jsou **plyny**, pro které je charakteristický často nepříjemný **zápach**. Především připomíná amoniak nebo rybinu. Například látka zvaná kadaverin (pentan-1,5-diamin) má název, který mnohé vysvětluje. Je totiž odvozen od latinského *cadaver*, což znamená mrtvola. Vyšší alifatické a aromatické aminy se obvykle vyskytují v **kapalném nebo pevném stavu**.

1.3.1 Bazicita

Nejdůležitější chemická vlastnost aminů je jejich **bazicita**, které je způsobena přítomností **nevazebného elektronového páru** na dusíkovém atomu, který je schopen **poutat proton**. Jejich vodné roztoky tedy reagují alkalicky. Bazicita se projevuje také reakcí s kyselinami, kdy vznikají **amoniové soli**.

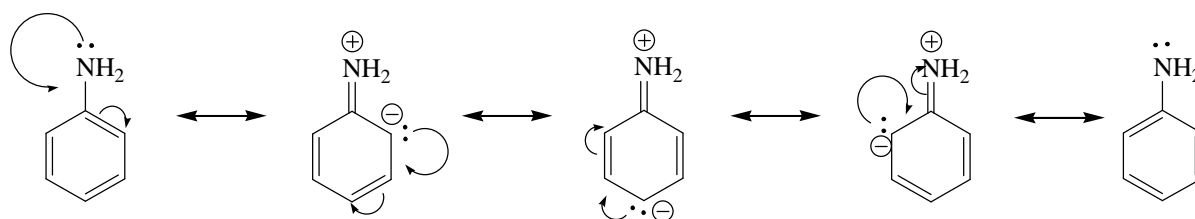


Alifatické (nearomatické) aminy jsou **silnější báze** než amoniak. Příčinou je **kladný indukční efekt** uhlovodíkového zbytku, který způsobuje zvýšení elektronové hustoty na atomu dusíku, který má pak vyšší schopnost poutat protony.

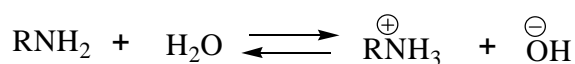


U **aromatických aminů** je elektronový pár na dusíku zapojen do konjugace s elektronovým π -systémem, a proto je zásaditý charakter výrazně **snížený**. Elektronová hustota z dusíku je vtahována do benzenového jádra, a tím je snižována

schopnost dusíku přijímat proton. Tento posun elektronové hustoty vyplývá z rezonančních struktur například anilinu. Struktury také říkají, že elektronová hustota dodaná dusíkem má tendenci se koncentrovat v pozicích 2, 4 a 5 aromatického kruhu.



Míru zásaditosti můžeme kvantitativně vyjádřit **konstantou bazicity K_b** . Čím vyšší je její hodnota, tím je báze silnější. Většinou se síla báze vyjadřuje jako její **záporný dekadický logaritmus**, tedy **pK_b** . Čím je pK_b nižší, tím je báze silnější.



$$K_b = \frac{[\text{RNH}_3^+][\text{OH}^-]}{[\text{RNH}_2]}$$

$$pK_b = -\log K_b$$

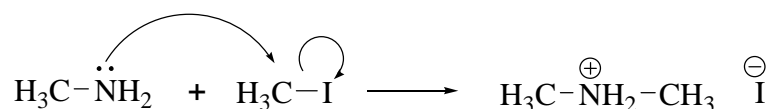
Tabulka č. 2: Srovnání bazicity aminů a amoniaku

R	Primární amin RNH_2	Sekundární amin R_2NH	Terciární amin R_3N
-H (amoniak)	4,74	–	–
- CH_3	3,34	3,27	4,19
- CH_2CH_3	3,19	2,91	2,99
- C_6H_5	9,37	13,31	–

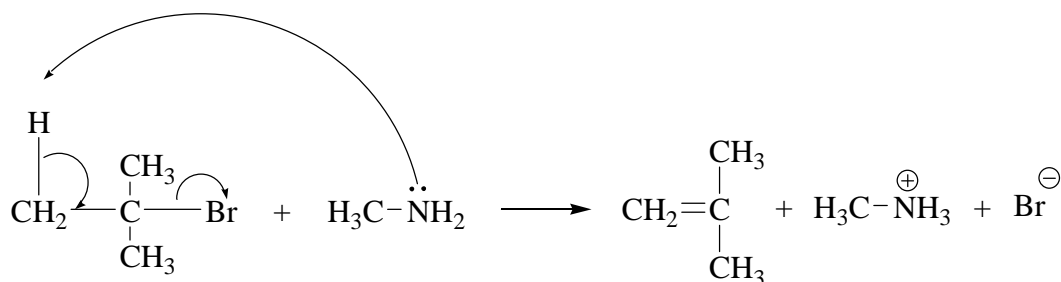
Alifatické aminy se stávají bazičtějšími s rostoucím počtem uhlovodíkových zbytků. Ale terciární aminy jsou méně bazické než sekundární. K pozici acidobazické rovnováhy nepřispívá jen vnitřní stabilita konjugované kyseliny, ale také účinnost solvatace iontů molekulami vody. Díky vyššímu počtu hydrofobních alkylových skupin výrazně klesá účinnost solvatace trialkylamoniuma a klesá tím i bazicita.

1.3.2 Nukleofilita

Další důležitou vlastností aminosloučenin je jejich **nukleofilita**, jejímž zdrojem je opět volný elektronový pár na atomu dusíku. Je totiž schopen napadat atomy s parciálním kladným nábojem a nedostatkem elektronové hustoty a reagovat tak například jako nukleofily v **substitučních reakcích**.



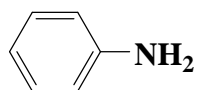
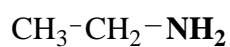
Při reakcích s alkyhalogenidy se také může uplatnit bazicita aminů a vedle substitučních reakcí, mohou vyvolat **eliminaci**, kdy báze (amin) odštěpuje proton z atomu sousedícího s atomem nesoucím halogen. Dojde k odštěpení halogenvodíku a vzniku dvojné vazby.



1.3.3 Úkoly k samostatnému procvičování

1. Seřad'te následující sloučeniny podle bazicity.

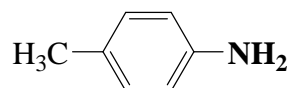
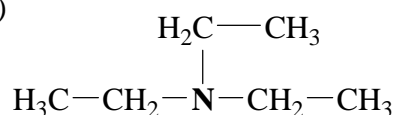
a)



b)



c)

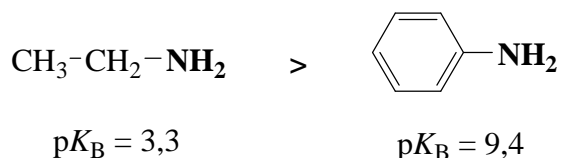


2. Napište aspoň jednu rezonanční strukturu 4-methoxyanilinu a vysvětlete sníženou bazicitu aromatických aminů.

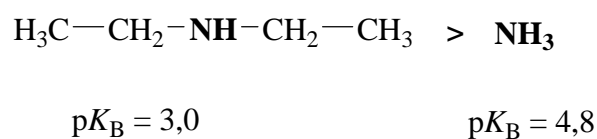
Řešení:

1. cvičení:

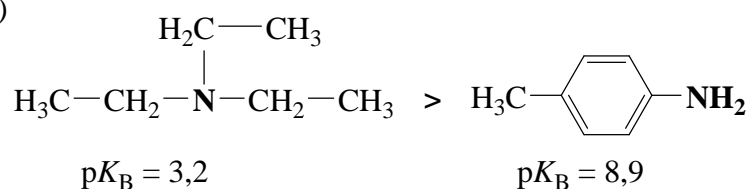
a)



b)

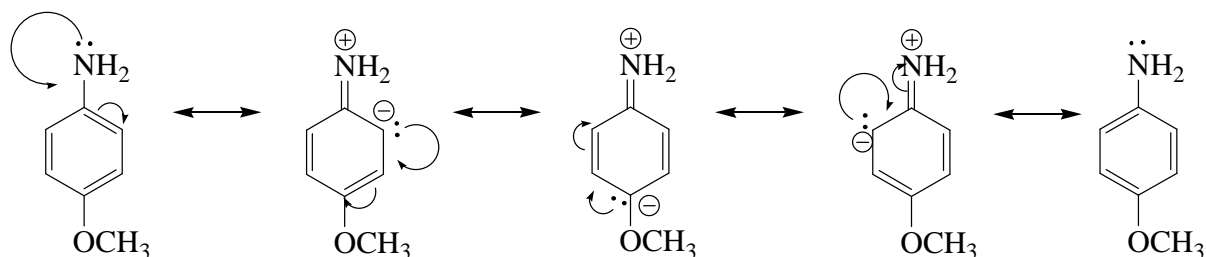


c)



2. cvičení:

Elektronový pár je pak vtahován do benzenového jádra, a tím je snižována schopnost přijímat proton.

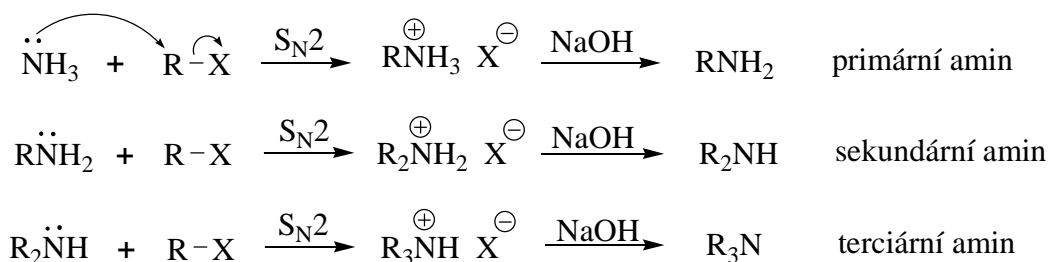


1.4 Příprava a výroba aminů

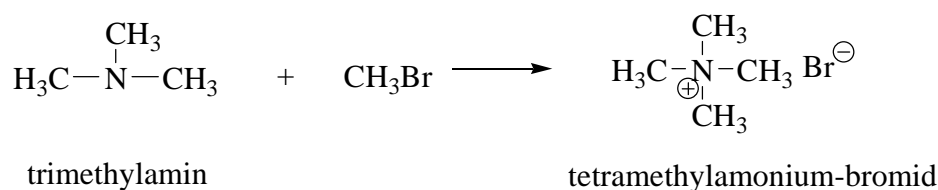
1.4.1 S_N2 -alkylace alkylhalogenidy

Jak už bylo uvedeno, aminy patří mezi výborné nukleofily, stejně jako amoniak. Mohou tedy vystupovat jako **nukleofily**, například v nukleofilních **substitucích**, reakcích amoniaku nebo aminů s alifatickými halogenidy. Touto metodou lze připravit primární, sekundární i terciární

aminy, záleží na zvolené výchozí látce. Amin musí být z amoniové soli uvolněn působením zásady.



Reakcí terciárních aminů s alkyhalogenidy pak vznikají kvarterní amoniové soli.



I když metoda působí jako jednoduchá a rychlá, zdání klame. Problém je v tom, že tyto reakce většinou nelze zastavit po prvním reakčním kroku, protože produkt může dále reagovat s R-X, a tak vzniká obtížně dělitelná směs produktů. Příčinou je to, že primární, sekundární i terciární aminy mají podobnou reaktivitu.

Otázka k zamyšlení:



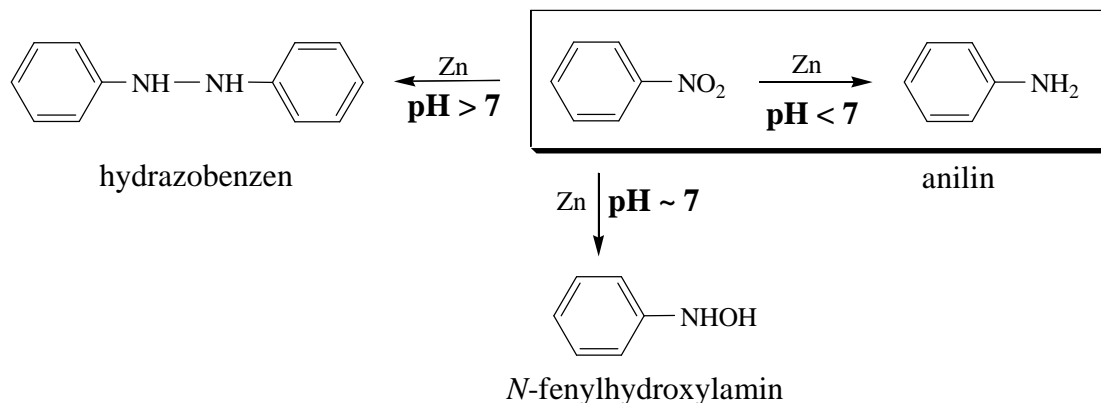
Jak by šlo například při alkylosti amoniaku zvýšit výtěžek primárního aminu na úkor výše alkylovaných produktů?

1.4.2 Redukce nitrosloučenin

Redukcí nitrosloučenin se připravují především **aromatické aminy**, které nelze na rozdíl od alifatických aminů snadno připravit přímou alkylační reakcí, proto je to zvláště užitečná metoda. Výhodou je také relativně snadná příprava aromatických nitrosloučenin. Příprava spočívá v nitraci výchozí látky (benzenu) směsí kyseliny dusičné a sírové a následné redukci nitroskupiny. Průmyslově se nitroskupina redukuje katalytickou hydrogenací.

Laboratorně lze redukci -NO₂ skupiny provést několika způsoby. Mezi účinná redukční činidla patří železo, zinek, cín nebo chlorid cínatý. Redukci nitroskupiny velmi

zásadně ovlivňuje také pH v průběhu reakce. Pro přípravu aminů je důležitá přítomnost kyseliny, tedy pH menší než 7. Při vyšším pH vznikají jiné dusíkaté deriváty, například hydrazobenzen a *N*-fenyhydroxylamin.

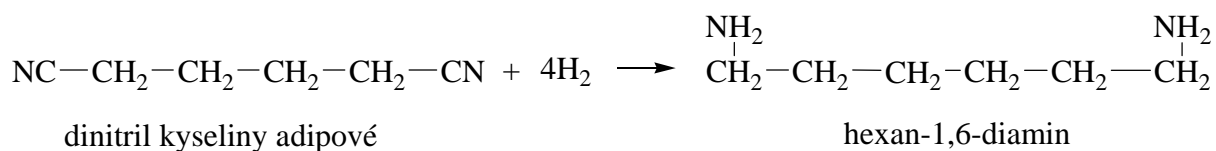


Otázka k zamyšlení:

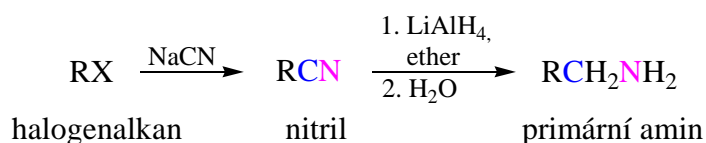
Jaké je oxidační číslo dusíku v nitrobenzenu a v anilinu. Kolika elektronů je potřeba k redukci?

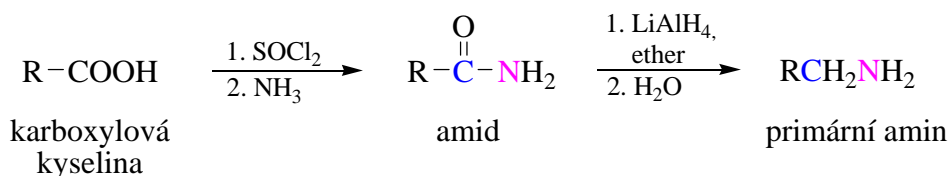
1.4.3 Redukce nitrilů a amidů

Další velmi užitečnou metodou, jak připravit aminy je **redukce nitrilů**. Průmyslově se nitrily redukují hydrogenací. V laboratoři pak pomocí redukčního činidla LiAlH_4 .



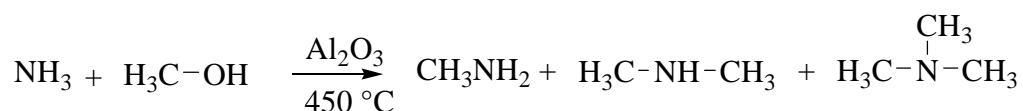
Stejným způsobem lze redukovat i jiné funkční deriváty karboxylových kyselin, **amidy**. Redukce amidů je výhodná metoda přeměny karboxylových kyselin na aminy se stejným počtem atomů uhlíku.





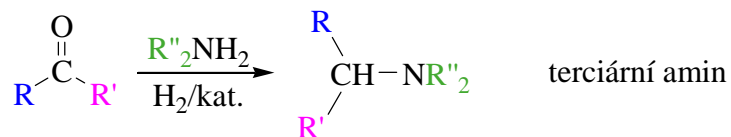
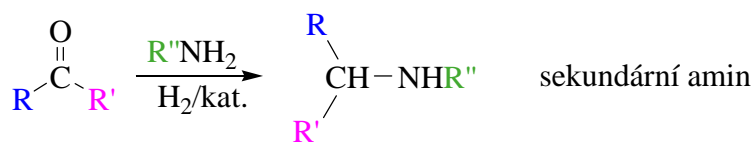
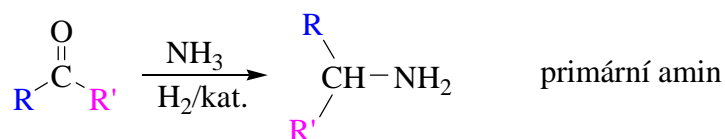
1.4.4 Reakce amoniaku s alkoholy

K průmyslové výrobě metylaminu se využívá nejčastěji reakce **methanolu s amoniakem** za katalýzy oxidem hlinitým. Při reakci vzniká směs aminů, které jsou ale oddělitelné destilací.

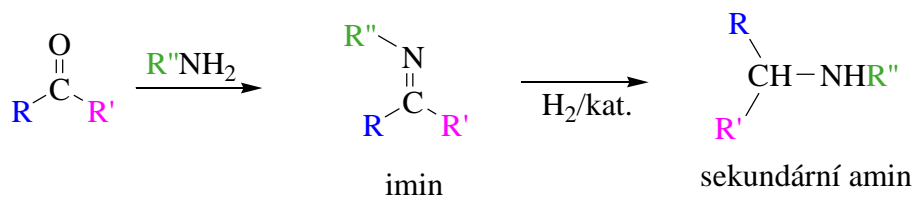


1.4.5 Reduktivní aminace aldehydů a ketonů

Reakce nazývaná **reduktivní aminace** spočívá v reakci amoniaku, primárního nebo sekundárního aminu s aldehydem nebo ketonem v přítomnosti vodíku jako redukčního činidla. Reakcí s amoniakem pak vzniká amin primární, s primárním aminem je pak produktem amin sekundární, a pokud do reakce vstupuje amin sekundární, výsledkem bude amin terciární.



V prvním kroku reakce vzniká imin, který se v druhém kroku redukuje vodíkem, dochází ke katalytické hydrogenaci dvojné vazby.



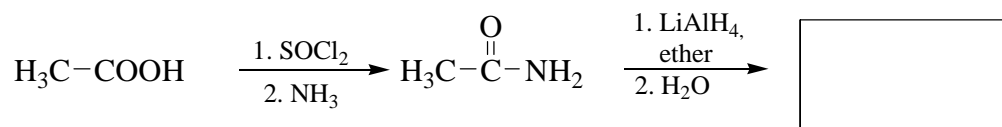
Mezi další metody přípravy aminů patří **Gabrielova syntéza**, **Hoffmanovo odbourávání amidů** a **Curtiovo odbourávání acylazidů**. Detailní rozbor těchto reakcí je předmětem studia na vysoké škole, proto se jim zabývat nebudeme.



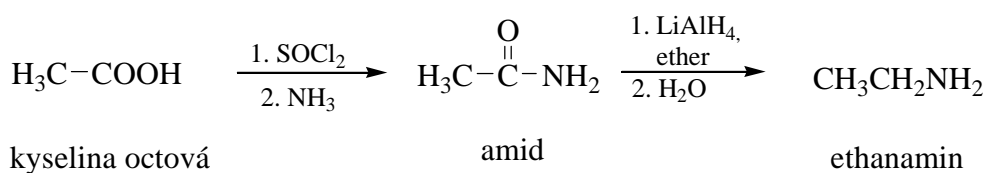
1.4.6 Řešené úkoly k procvičování

1. Doplňte následující reakce:

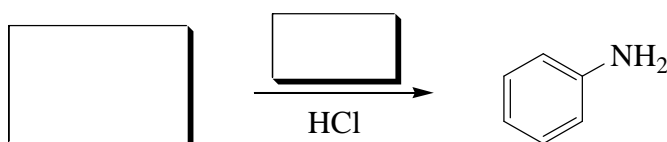
a)



Identifikujeme, z jakých sloučenin reakce vychází. Na začátku reakce je karboxylová kyselina. V tomto případě konkrétně kyselina octová, která je převedena na amid kyseliny octové. Víme, že amidy karboxylových kyselin lze reakcí s redukčním činidlem LiAlH_4 v přítomnosti etheru redukovat na aminy se stejným počtem uhlíků. V tomto případě vznikne primární amin.

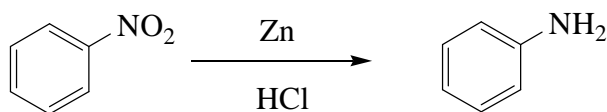


b)



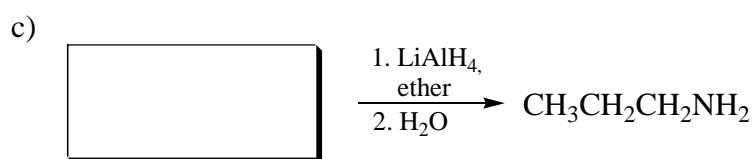
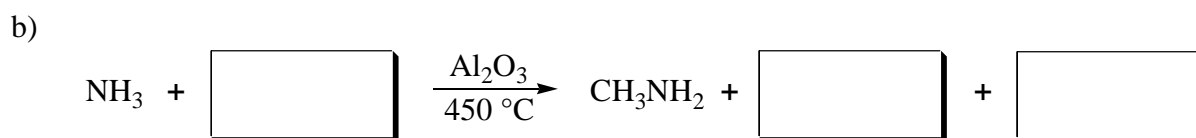
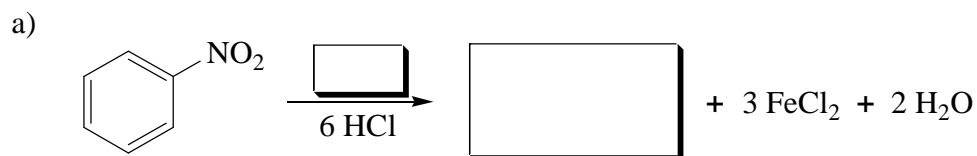
V tomto případě nejsou známy sloučeniny, ze kterých reakce vychází, ale pouze konečný produkt, kterým je anilin. Víme, že reakce poběží v kyselém prostředí, v přítomnosti HCl . Nejvhodnější přípravou anilinu bude redukce nitrosloúčenin pomocí vhodného redukčního

činidla, jakým je např. zinek.



1.4.7 Úkoly k samostatnému procvičování

1. Doplňte následující reakce:

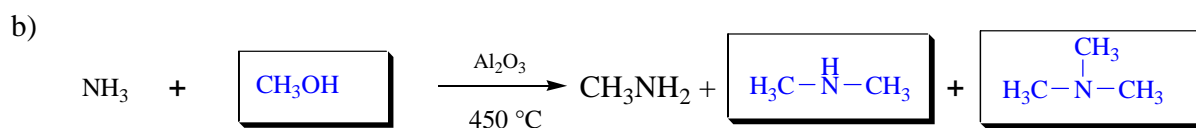
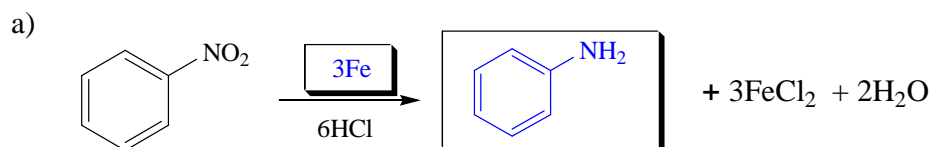


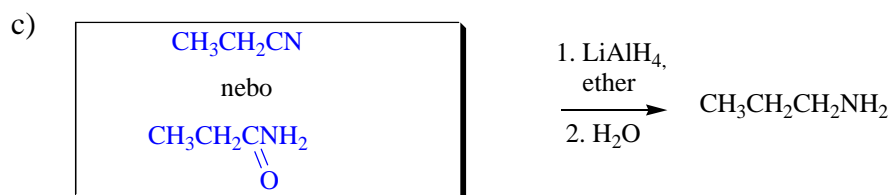
2. Jak byste z fenolu připravili 4-aminofenol?

3. Jakým mechanismem probíhá alkylace aminů nebo amoniaku alkylhalogenidy? Napište rovnici. V čem spočívá problém těchto reakcí?

Řešení:

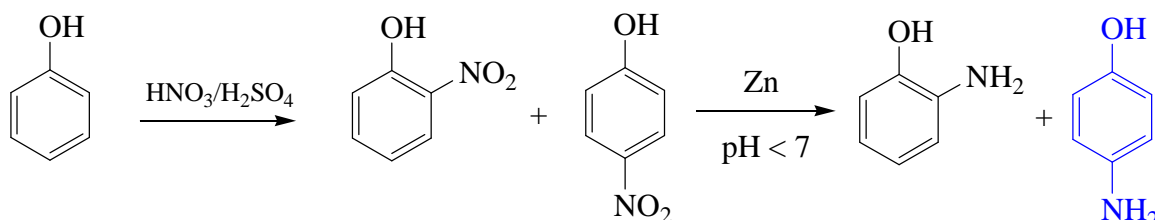
1. cvičení:





2. cvičení:

Jednou z možností, jak připravit 4-aminofenol, výchozí látku pro výrobu paracetamolu, který je součástí mnoha léčiv, je nitrace fenolu nitrační směsí kyseliny dusičné a sírové. Tím vznikne 4-nitrofenol, který se následnou redukcí vhodným redukčním činidlem (např. Zn) v kyselém prostředí převede na 4-aminofenol. Při reakci fenolu s kyselinou dusičnou a sírovou vzniká také 2-nitrofenol, který je následně redukován na 2-aminofenol. Tyto látky lze oddělit.



3. cvičení:

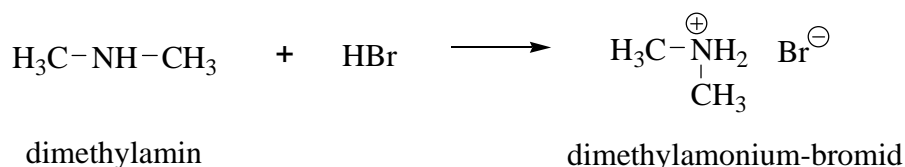
Reakce probíhají mechanismem bimolekulární nukleofilní substituce S_N2. Jejich problém spočívá v tom, že není možné je zastavit po prvním kroku, a tak vzniká obtížně dělitelná směs primárního sekundárního a terciárního aminu a také kvarterní amoniové soli.



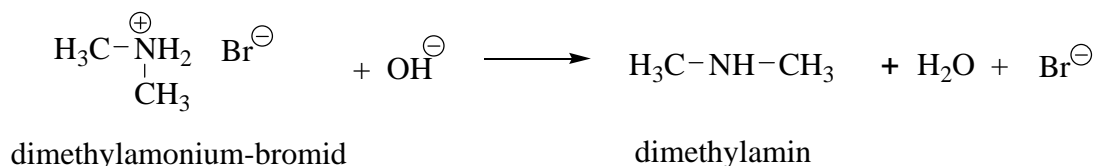
1.5 Reaktivita

1.5.1 Vznik amoniových solí

Reakcí aminů s kyselinami vznikají **amoniové soli**. Jde o obdobu amonných solí, v nichž jsou vodíkové atomy nahrazeny uhlovodíkovými zbytky. Např. reakcí dimethylaminu s bromovodíkem se na nevázebný elektronový pár dusíku váže proton za vzniku amoniového kationtu a bromidového aniontu.



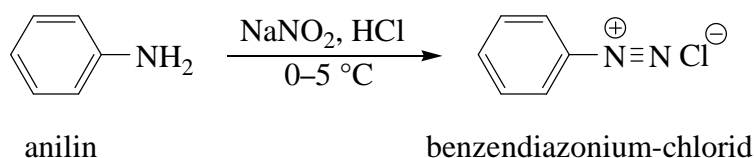
Z těchto solí lze účinkem silných bází, např. hydroxidů alkalických kovů, uvolnit amin, a to tak, že hydroxidový anion odštěpí z kationtu proton.



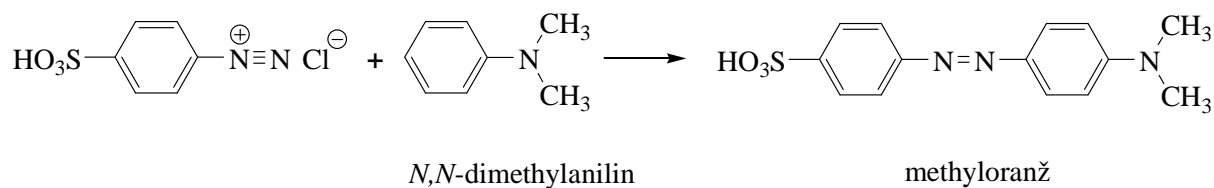
1.5.2 Diazotace a azokopulace

Mezi nejdůležitější reakce aromatických aminů patří diazotace a následná azokopulace. **Diazotace** je reakce, ve které na primární amin působíme nejčastěji kyselinou dusitou, tedy roztokem dusitanu alkalického kovu (NaNO_2) v přítomnosti silné anorganické kyseliny např. chlorovodíkové nebo sírové a vznikají diazoniové soli. Ty už mohou vstupovat do reakce zvané **azokopulace**, kdy reagují s fenoly nebo aromatickými aminy za vzniku derivátů azobenzenu. Azokopulace je příkladem elektrofilní aromatické substituce. Diazoniový kation je málo reaktivní elektrofil, vyžaduje proto aromáty bohaté na elektronovou hustotu (s elektrondonorními, aktivujícími substituenty). Kopulační reakcí je možno připravit barevné látky, azobarviva, která se užívají jako nejrůznější barviva v potravinářství nebo textilním průmyslu. Azobarviva se využívají také jako indikátory. Mezi nejznámější patří methyloranž a methylčerveně.

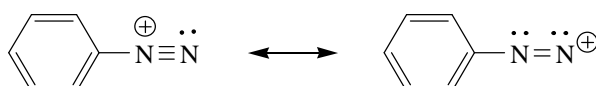
Diazotace



Azokopulace



Rezonanční struktura kationtu diazoniové soli:



Alifatické diazoniové soli jsou nestálé látky a snadno se rozpadají na molekulární dusík a reaktivní karbokation. Oproti tomu aromatické diazoniové soli jsou látky poměrně stabilní ve vodných roztocích při teplotách blízkých 0 °C.

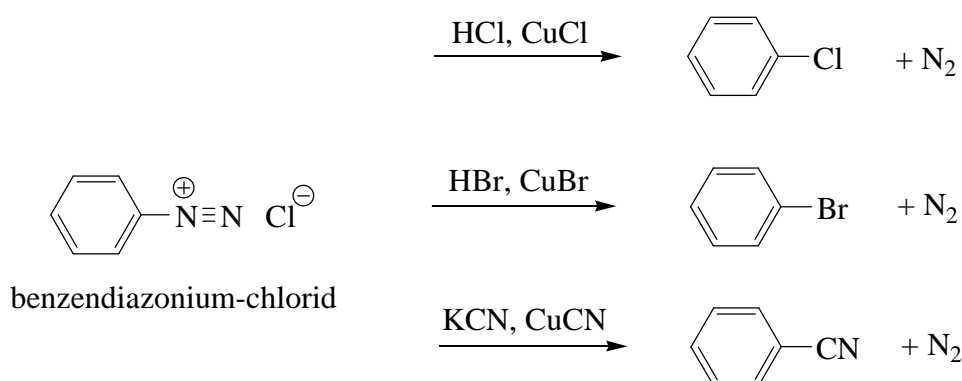
 **Otázka k zamyšlení:**

Čím je způsobena relativní stálost aromatických diazoniových solí ve srovnání s alifatickými solemi?

1.5.3 Sandmayerova reakce

Je reakce diazoniových solí s řadou nukleofilů, při níž je skupina $-\text{N}_2^+$ nahrazena nukleofilem (Cl^- , Br^- , pseudohalogenidovým aniontem) za vzniku různě substituovaných aromatických derivátů. Reakce je katalyzována mědným kationtem.

Reakce jsou usnadněny také tím, že N_2^+ je velmi dobře odstupující skupina, vzhledem ke skutečnosti, že se odštěpuje stabilní molekula N_2

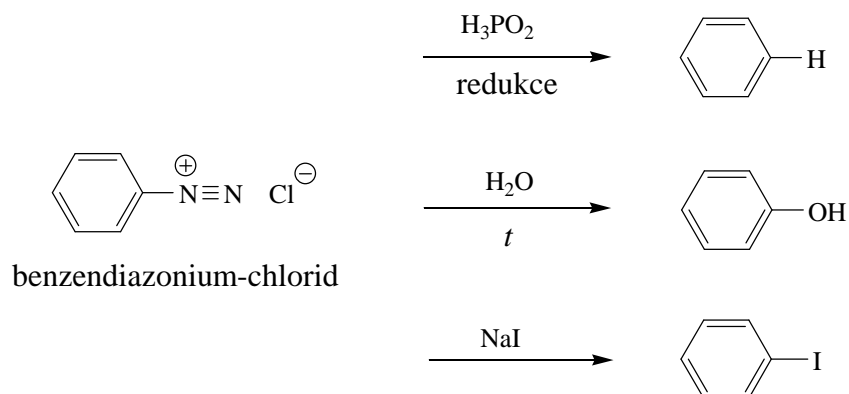


1.5.4 Další reakce diazoniových solí

Aromatické diazoniové soli lze redukovat až na aromatický uhlíkový pomocí vhodného redukčního činidla, jakým je H_3PO_2 .

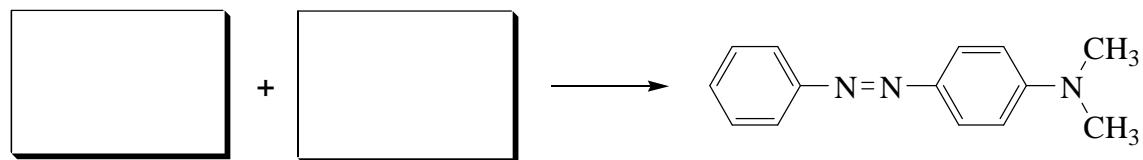
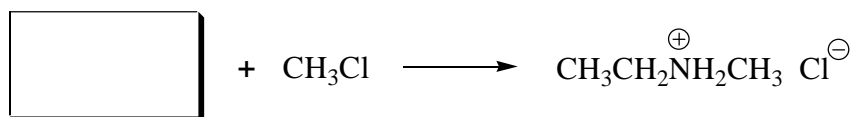
K přeměně diazoniových solí na fenoly se využívá Griessova reakce, při které se zahřívá vodný roztok diazoniové soli.

Působením jodidu sodného nebo draselného na diazoniovou sůl je také možné připravit jodderiváty aromatického uhlíku.



1.5.5 Úkoly k samostatnému procvičování

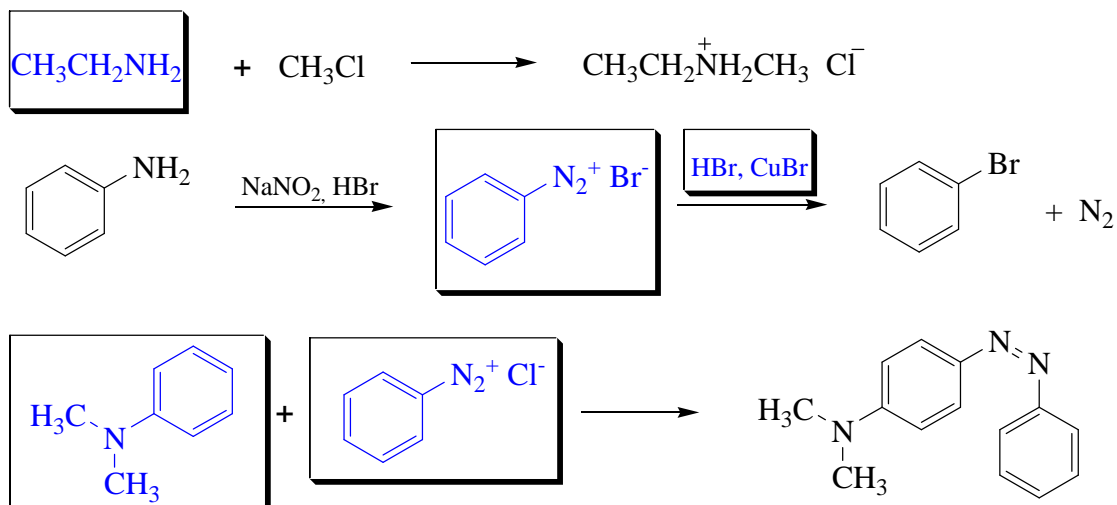
1. Doplňte následující reakce:



2. Vymenujte alespoň 3 anorganické kyseliny, v jejichž prostředí může probíhat diazotace.

Řešení:

1. cvičení:

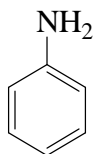


2. cvičení:

HCl, HBr, H_2SO_4 a další silné anorganické kyseliny

1.6 Zástupci

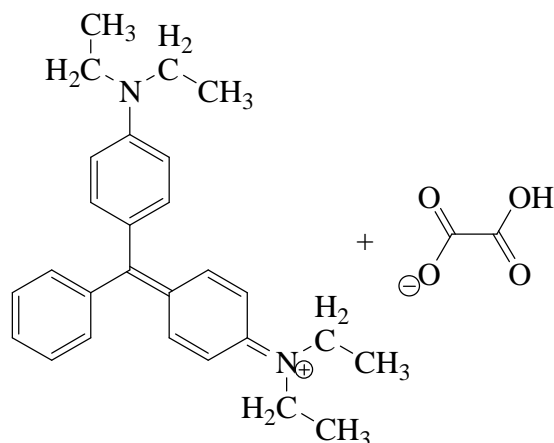
1.6.1 Anilin



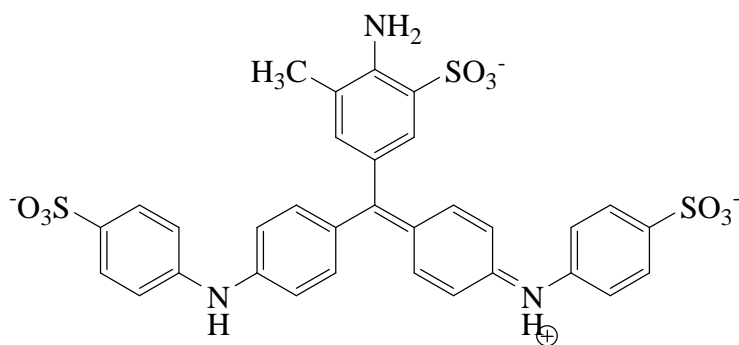
Anilin (benzenamin) je olejovitá kapalina, která se vyskytuje v černouhelném dehtu. Vedle výroby redukcí nitrobenzenu (která byla zmiňována) jej lze vyrobit také reakcí chlorbenzenu a amoniaku za vysoké teploty. Je to látka toxická.

Používá se hlavně při výrobě barviv (azobarviv a anilinových barev) a léčiv. Anilinové barvičky jsou jedovaté, nicméně jejich hlavní výhodou je sytost, oproti běžným barvám.

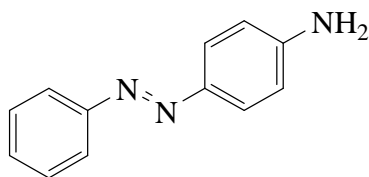
Mezi nejnámější anilínové barvy patří **briliantová zeleň**, která se využívá k barvení vlny a hedvábí.



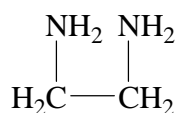
Anilínová modř, která se používá například k barvení histologických preparátů.



Rozsáhlé využití např. v pyrotechnice nebo mikroskopii má **anilínová žlutá**, která se používá také jako barvivo do inkoustových tiskáren.

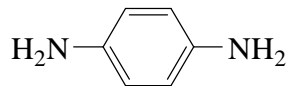


1.6.2 Ethan-1,2-diamin (ethylendiamin)

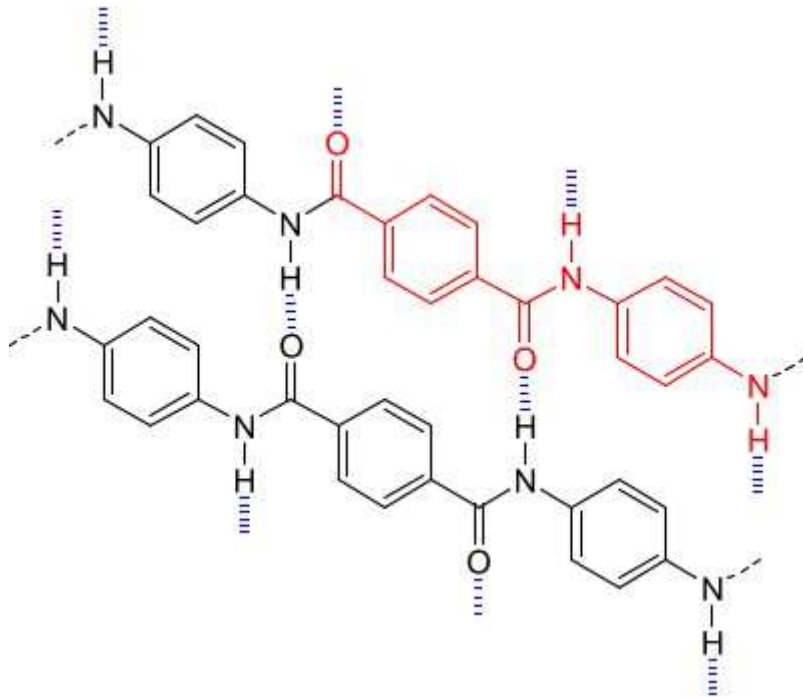


Vzniká z 1,2-dichlorethanu účinkem amoniaku. Je výchozí surovinou pro výrobu dalších chemikálií a plastů.

1.6.3 Benzen-1,4-diamin

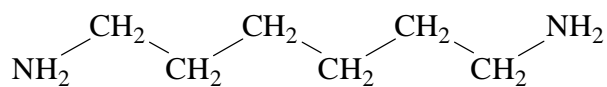


Je pevná látka, která je složkou fotografických vývojek. Je také surovinou pro výrobu polyamidů, např. **kavlaru**, který se používá ve formě vláken do neprůstřelných vest. Jedná se o polyamid, složený z fenylendiaminu a tereftalové kyseliny.

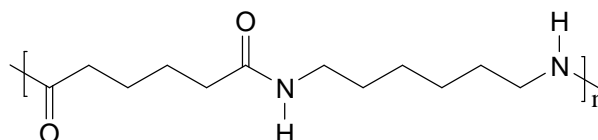


kevlar

1.6.4 Hexan-1,6-diamin (Hexamethyldiamin)

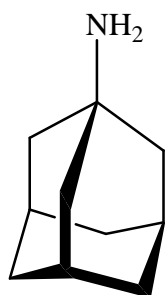


Surovina pro přípravu polyamidů, např. **nylonu 6,6**. Proto se vyrábí ve velkém množství (přibližně 1 miliarda tun ročně).



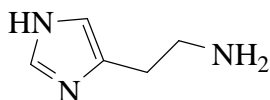
nylon 6,6

1.6.5 Amantadin



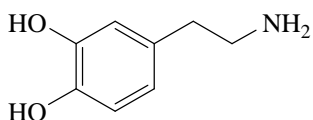
Je látka, která se používá jako **antivirotikum**, protože působí jako inhibitor enzymu potřebného při množení virů chřipky. Významná je také potlačováním některých příznaků Parkinsonovy nemoci.

1.6.6 Histamin



Biogenní látka vznikající z aminokyseliny **histidinu**, z něhož se tvoří **dekarboxylací**. Vyskytuje se v bílých krvinkách, ale také i v ostatních orgánech. Jeho nadměrné uvolnění při alergické reakci způsobuje zúžení průdušek (u astmatu), kopřivku. Potlačení jeho působení je součástí léčby alergických stavů antihistaminiky.

1.6.7 Dopamin



Patří také mezi biogenní aminy a stejně jako histamin se tvoří **dekarboxylací** aminokyseliny, tentokrát však **dihydroxyfenylalaninu**. Jedná se o neurotransmitter, který zprostředkovává přenos signálů mezi neurony, např. v mozku.

1.6.8 Dimethylamin

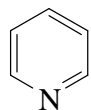


Je plyn s nepříjemným zápachem. Vyrábí se z **methanolu a amoniaku** za zvýšených teplot, přičemž zároveň vzniká i methylamin a trimethylamin (reakce výše). Dimethylamin slouží k výrobě rozpouštědel dimethylformamidu a dimethylacetamidu. Je také surovinou pro výrobu mnoha zemědělských a farmakologických produktů.

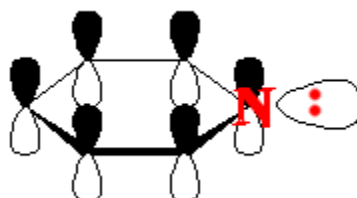
1.6.9 Heterocyklické aminy

Mimořádnou důležitost mají heterocyklické aminy, jejichž deriváty jsou běžně vyskytující se sloučeniny.

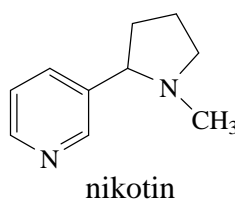
Pyridin



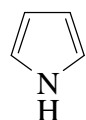
Látka, která se získává z **černouhelného dehtu** a používá se jako dobré rozpouštědlo. Má **aromatický charakter** a vzhledem k tomu, že se elektronový pár na atomu dusíku neúčastní konjugace s π -systémem, má tato látka **zásaditý** charakter.



Mezi deriváty pyridinu patří **nikotin**, návyková látka obsažená v cigaretách.



Pyrrol



Látka, jejíž deriváty se vykytují velmi běžně. 4 molekuly pyrrolu tvoří porfin, který je základná stavební jednotkou tetrapyrrolových barviv, například rostlinného barviva **chlorofylu** nebo je také základní složkou **hemoglobinu**.

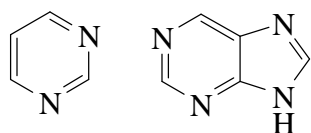
Stejně jako pyridin, má tato látka **aromatický charakter**. Oproti pyridinu má však výrazně **nižší bazicitu**.

Otázka k zamyšlení:

Proč je atomu dusíku v molekule pyrrolu velmi málo bazický?

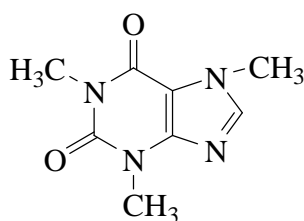


Pyrimidin a purin



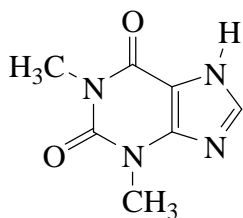
Tvoří základ dusíkatých bází, které jsou součástí nukleových kyselin. Konkrétně purin je základem **adeninu a guaninu**, pyrimidin **uracilu, thyminu a cytosinu**. Tyto látky tvoří páry, které kódují genetické informace a jsou tak klíčovými látkami pro život.

Derivátem purinu je také látka zvaná **kofein**, která je nejrozšířenějším stimulantem centrální nervové soustavy. Potlačuje únavu a ospalost, nicméně je to látka návyková a může se stát také drogou. Kofein syntetizují rostliny např. kakaovník a čajovník. Může sloužit jako ochrana před škůdci nebo také hubit konkurenční rostliny.

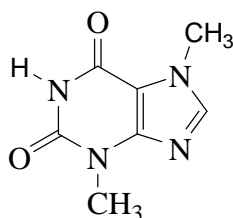


kofein

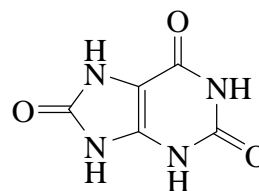
Mezi další deriváty purinu patří **theofylin**, látka využívaná jako léčivo při dýchacích onemocněních. Vzhledem k vedlejším účinkům však jen zřídka. **Theobromin** je alkaloid kakaovníku a vyskytuje se v čokoládě. **Kyselina močová**, která je produktem odbourávání bílkovin především ptáků a plazů. U člověka je obsažena jen v malém množství. Poruchy jejího metabolismu způsobují tvorbu ledvinových kamenů nebo dnu.



theofylin

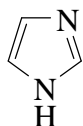


theobromin



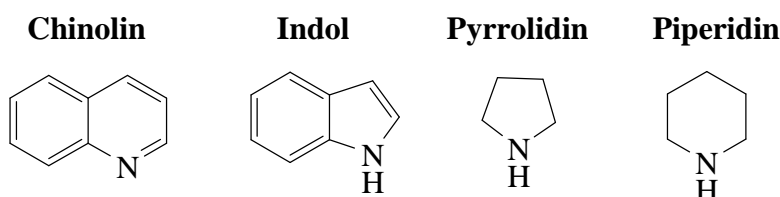
kyselina močová

Imidazol



Je součástí důležitých biologických látek, jako aminokyseliny **histidin** a příbuzného hormonu **histaminu**. Imidazol můžeme najít také v řadě léčiv.

Mezi další heterocyklické aminy patří například:



1.7 Shrnutí

Aminy jsou organické **deriváty amoniaku**. Rozlišujeme aminy **primární, sekundární a terciární**. Pojmenovávají se příponou **-amin**, která se přidá ke kmeni názvu, nebo také pomocí předpony **amino-**, pokud jsou v molekule substituenty s vyšší prioritou.

Nejdůležitější vlastností aminů určuje především **nevazebný elektronový pár** na atomu dusíku. Ten způsobuje **bazicitu** aminů, tedy schopnost poutat proton, a také jejich **nukleofilitu**, schopnost napadat elektrofilní atomy.

Aminy lze **připravit** několika způsoby. Jedním ze způsobů je **alkylace** amoniaku nebo nižších aminů **alkylhalogenidy**, jejíž hlavní nevýhodou je, že při ní vzniká obtížně dělitelná směs aminů. Výhodnější metodou, kterou se připravují především aromatické aminy, je **redukce nitrosloúčenin**, která musí probíhat v kyselém prostředí a jako redukční činidla se používají například železo, zinek, cín nebo chlorid cínatý. Redukovat NO_2 lze také katalytickou hydrogenací. Další metodou přípravy aminů je **redukce nitrilů a amidů** pomocí vhodného redukčního činidla, například LiAlH_4 . Průmyslově se aminy vyrábí reakcí **amoniaku s alkoholy** za katalýzy oxidem hlinitým. Důležitou metodou je rovněž **reduktivní aminace**, kdy se na keton nebo aldehyd působí aminem v přítomnosti redukčního činidla.

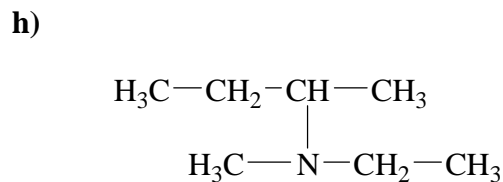
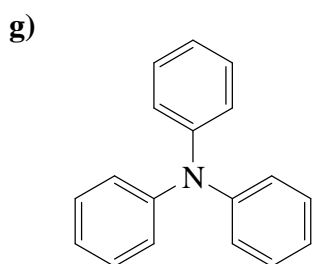
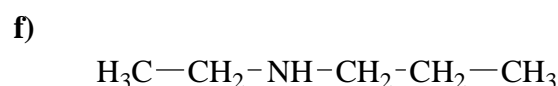
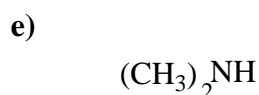
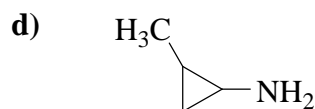
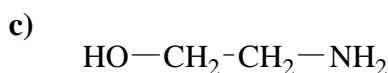
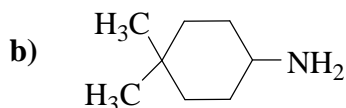
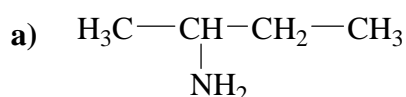
Aminy jsou velmi **reaktivní** látky a vzhledem k bazickému charakteru poskytují s kyselinami **amoniové soli**. Mezi nejdůležitější a nejužitečnější reakce patří **diazotace**, reakce primárních aminů s kyselinou dusitou, která vede ke vzniku diazoniových solí. Alifatické diazoniové soli jsou látky nestálé, ale aromatické jsou za nízkých teplot relativně

stabilní. Diazoniová skupina může být nahrazena nukleofily v Sandmayerových reakcích, které jsou katalyzovány měďnými kationty. Aromatické diazoniové soli lze **redukovat** až na aromatický uhlovdík pomocí H_3PO_2 . K přeměně diazoniových solí na fenoly se využívá reakce s vodou za vysoké teploty. Působením **jodidu sodného** nebo draselného na diazoniovou sůl je také možné připravit aryljodidy. Kromě těchto substitučních reakcí diazoniové soli podléhají **azokopulačním reakcím** s aromatickými sloučeninami bohatými na elektronovou hustotu za vzniku **azobarviv**.

Mezi nejznámější zástupce patří **anilin**, ale také celá řada velmi důležitých heterocyklických sloučenin, jako jsou **purin a pyrimidin**, které tvoří základ dusíkatých bází nukleových kyselin.

1.8 Cvičím, cvičíš, cvičíme – aminy už umíme

1. Pojmenujte následující sloučeniny:



2. Napište vzorce daných sloučenin:

- cyklohexanamin
- 4-aminobenzoová kyselina
- 2,4,6-tribromanilin
- terc*-butylamin

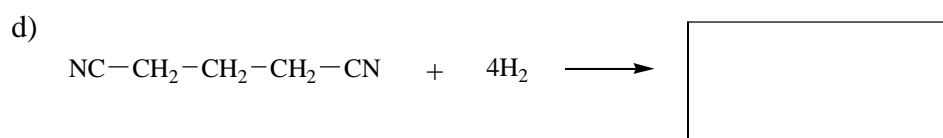
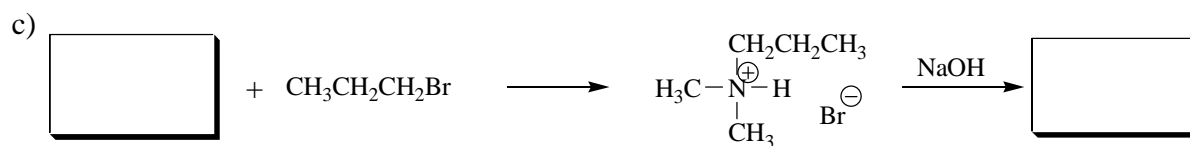
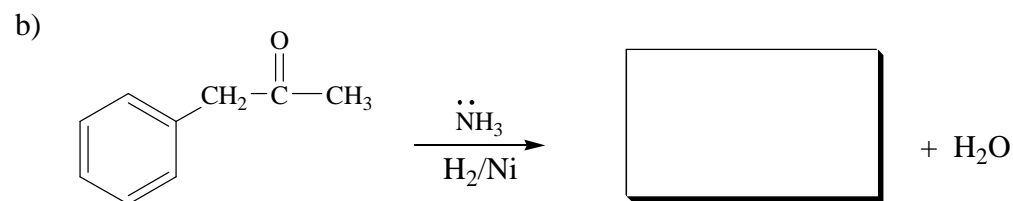
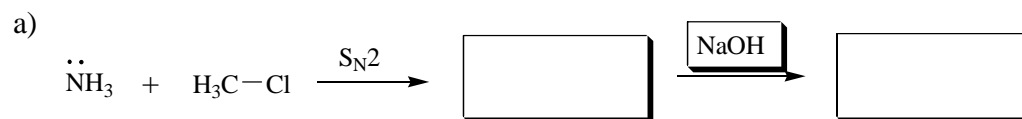
- e) trimethylamin
- f) *N*-methylethanamin
- g) methyl(propyl)amin
- h) 2,3-diaminobutan-1-ol

3. Napište vzorce a seřadte dané sloučeniny podle vzrůstající bazicity.

- a) Anilin, benzylamin, diethylamin, methylamin
- b) Amoniak, anilin, triethylamin, 4-methylanilin

4. Benzylamoniový kaion ($\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{NH}_3^+$) má $\text{p}K_a = 9,33$ a propylamoniový kaion ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_3^+$) má $\text{p}K_a = 10,71$. Který z aminů je silnější báze?

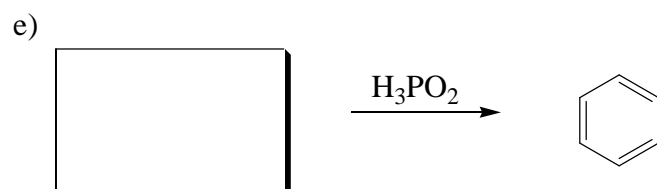
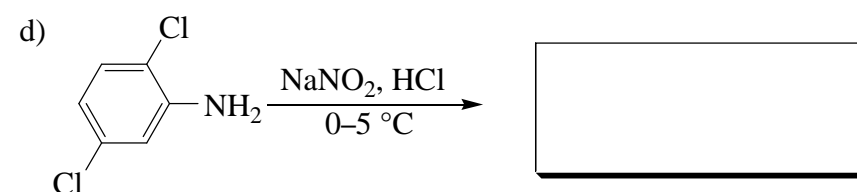
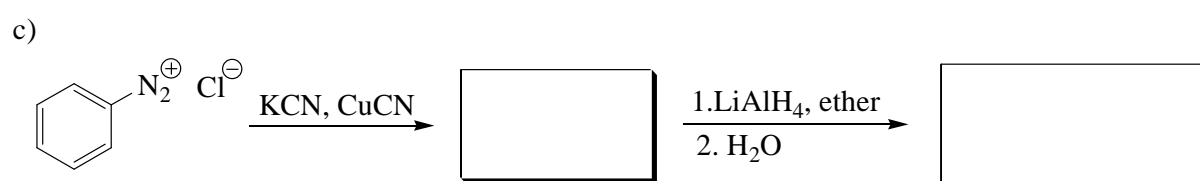
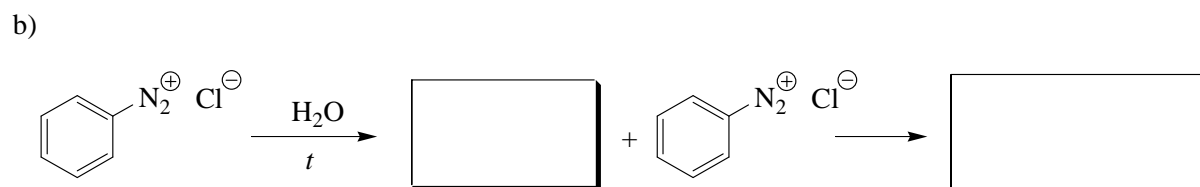
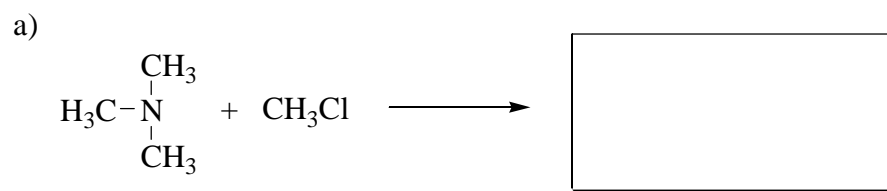
5. Doplňte následující reakce:



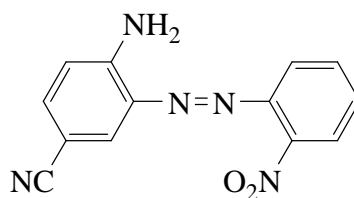
6. Navrhněte přípravu vámi zvoleného sekundárního aminu, který tady není uveden.

7. Jaká jsou vhodná redukční činidla pro redukci aromatických nitrosloúčenin na aminy? V jakém prostředí musí reakce probíhat?

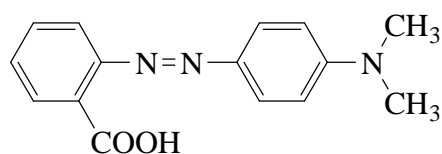
8. Doplňte následující reakce:



9. Jak byste připravili následující sloučeninu? Navrhněte vhodnou diazoniovou sůl a aromát.



10. Jak byste připravili methylčerveně? Navrhněte vhodnou diazoniovou sůl a aromát.



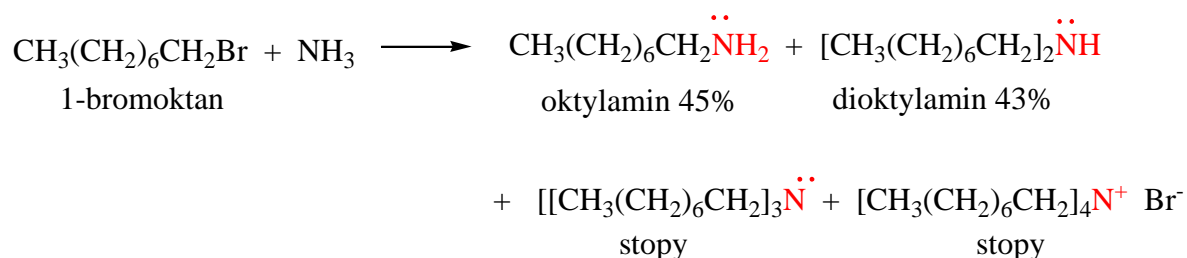
1.9 Odpovědi na otázky k zamyšlení

1. Proč se rozpustnost aminů ve vodě snižuje s rostoucí molekulovou hmotností?

U nižších aminů převládá efekt amino skupiny, která tvoří vodíkové vazby s molekulami vody. U vyšších aminů dominují hydrofobní vlastnosti uhlovodíkového řetězce, který molekuly vody spíše odpuzuje. Proto se rozpustnost aminů ve vodě se snižuje s rostoucí molekulovou hmotností.

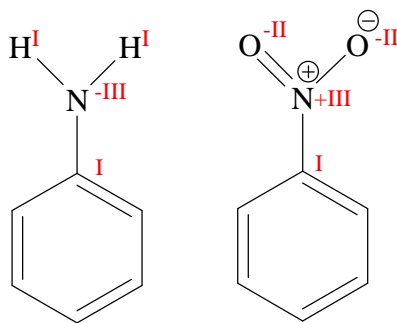
2. Jak by šlo například při alkylationi amoniaku zvýšit výtěžek primárního aminu na úkor výše alkylovaných produktů?

Působením dvojnásobného přebytku amoniaku např. na 1-bromoktan, získáme směs, která obsahuje 45 % oktylaminu, téměř stejné množství dioktylaminu a malé množství trioktylaminu a tetraoktylamonium bromidu. Vyšší výtěžky monoalkylovaných derivátů se získávají použitím velkého přebytku amoniaku.

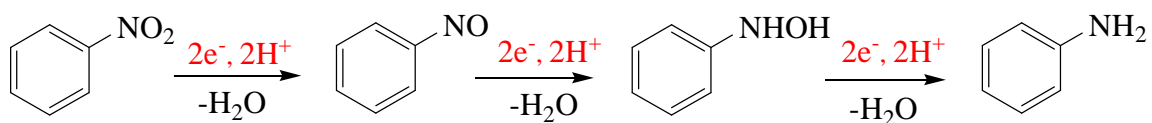


3. Jaké je oxidační číslo dusíku v nitrobenzenu a v anilinu. Kolika elektronů je potřeba k redukci?

Oxidační číslo dusíku v anilinu je $-III$, v nitrobenzenu $+III$.



K redukci nitrobenzenu na anilin je potřeba 6 elektronů.

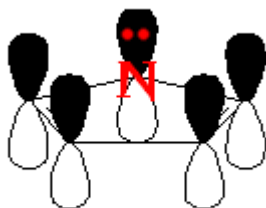


4. Čím je způsobena relativní stálost aromatických diazoniových solí?

Aromatické diazoniové soli jsou relativně stálé při nízkých teplotách ve vodných roztocích v důsledku konjugace diazoniové skupiny s aromatickým jádrem.

5. Proč je atomu dusíku v molekule pyrrolu velmi málo bazický?

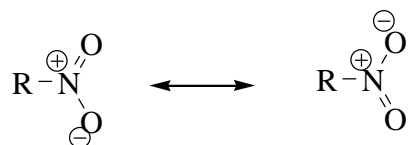
Nízká bazicita je způsobena zapojením volného elektronového páru na atomu dusíku do konjugace s dvěma pí vazbami, která vede ke vzniku aromatického jádra. Elektronů pak nejsou k dispozici pro vytvoření vazby s kyselinou bez porušení aromaticity.



2. NITROSLOUČENINY

2.1 Úvod a charakteristika

Další skupinou dusíkatých derivátů uhlovodíků jsou **nitrosloučeniny**, které obsahují nitroskupinu NO_2 . Strukturu nitroskupiny nelze popsat jedním elektronovým vzorcem, můžeme si ji však představit jako průměr dvou rezonančních struktur:



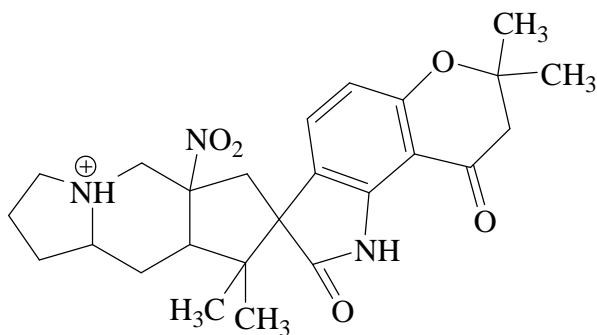
V žádném případě nelze vzorec nitrosloučenin zapisovat se dvěma dvojnými vazbami ke kyslíkovým atomům.

Otázka k zamyšlení:

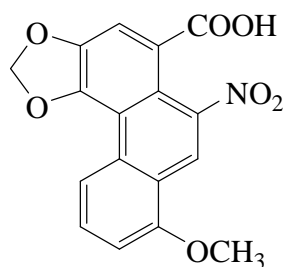


Proč nelze vzorec nitrosloučenin zapisovat se dvěma dvojnými vazbami ke kyslíkovým atomům?

Na rozdíl od aminů, se nitrosloučeniny v přírodě téměř nevyskytují a většinou jsou to látky jedovaté. Výjimkou je například přírodní látka **citrinalin A**, obsažená v štětičkovci citronovém, což je houba patřící do skupiny plísňi.



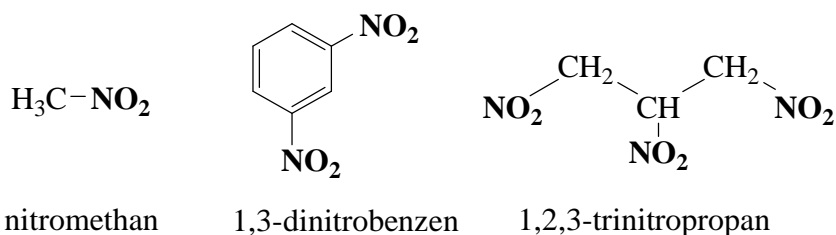
Další zajímavou přírodní látkou patřící do nitrosloučenin je **aristolochová kyselina**, což je látka přítomná v podražci. Dlouhou dobu byla využívána v medicíně např. na usnadnění porodu nebo na hubnutí. Nedávno však byly objeveny škodlivé účinky této látky a bylo zjištěno, že je silnějším karcinogenem než kouření. Proto je už ve většině zemí její používání zakázáno.



aristolochová kyselina

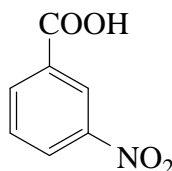
2.2 Názvosloví

Názvosloví nitrosloúčenin je poměrně jednoduché, vzhledem k nízké názvoslovné prioritě nitroskupiny se její přítomnost vyjadřuje pouze **předponou nitro-**, která se přidá před název uhlovodíku. Obsahuje-li sloučenina více NO_2 skupin, je navíc potřeba uvést jejich počet s příslušnými lokanty. Pro dvě NO_2 skupiny pak bude předpona dinitro-, pro tři trinitro- atd.

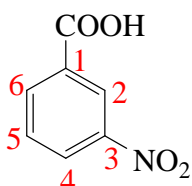


2.2.1 Řešené úkoly k procvičování

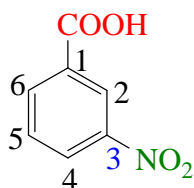
1. Pojmenujte následující sloučeninu.



- Identifikujeme funkční skupiny v molekule: nitroskupina a karboxylová skupina. Skupina s nižší prioritou (NO_2) bude v názvu jako předpona, skupinu s vyšší prioritou (COOH) vyjádříme příponou. Základem názvu bude v tomto případě benzen.
- Očíslujeme základní uhlovodíkový řetězec tak, aby funkční skupina s nejvyšší prioritou měla co nejmenší lokant.



c) Sestavíme název:



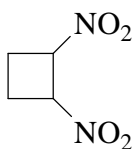
3-nitrobenzenkarboxylová kyselina



2.2.2 Úkoly k samostatnému procvičování

1. Pojmenujte následující sloučeniny:

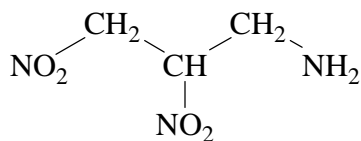
a)



b)



c)



d)



2. Napište vzorce následujících sloučenin:

- nitrobenzen
- 4-nitrofenol
- 3-nitropropan-1-amin
- 2-nitrobut-2-en

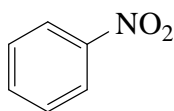
Řešení:

1. Cvičení:

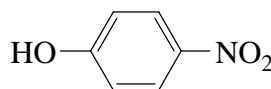
- 1,2-dinitrocyklobutan
- 3-nitropropan-1-ol
- 2,3-dinitropropan-1-amin
- nitroethan

2. Cvičení:

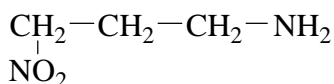
a)



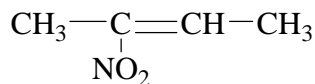
b)



c)



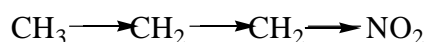
d)



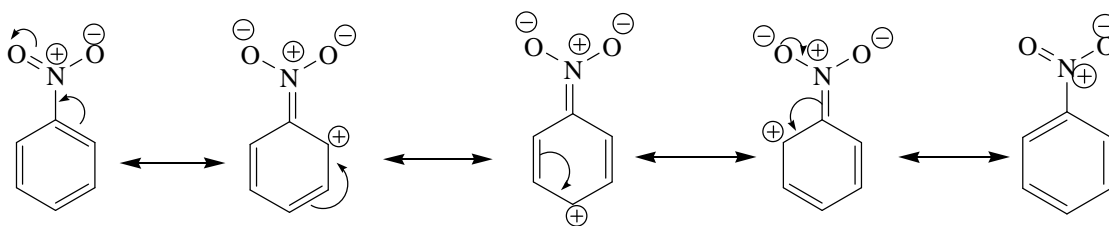
2.3 Vlastnosti nitrosloúčenin

Jedná se o kapaliny nebo pevné látky, které **jsou špatně rozpustné ve vodě**. Nitrosloúčeniny jsou většinou **velmi toxické látky**. V lidském organismu jsou přeměňovány na dusičnanové a dusitanové aniony. Ty mění afinitu hemoglobinu ke kyslíku, místo kyslíku se na hemoglobin váží ony. Mimo to také napadají nervovou soustavu.

Nitro skupina způsobuje v molekule **záporný indukční efekt**.



Záporný mezomerní efekt se uplatní v případě, kdy je nitroskupina v konjugaci s π -systémem. Vliv skupiny $-\text{NO}_2$ na π -systém benzenu vyplývá z rezonančních struktur nitrobenzenu. Celkově dochází k odčerpávání elektronové hustoty z aromatického jádra především z poloh *ortho* a *para*.



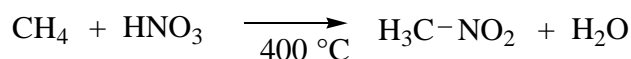
Otázka k zamyšlení:



Kam vstupuje u nitrobenzenu elektrofil a kam nukleofil při reakci s aromatickým jádrem?

2.4 Příprava a výroba nitrosloučenin

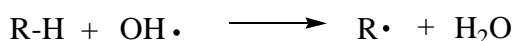
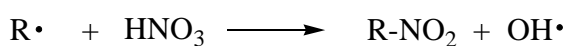
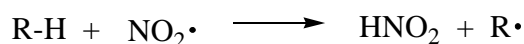
Nitrosloučeniny se většinou připravují **substitucí**. U alifatických nitrosloučenin se jedná o **substituci radikálovou**, kdy na uhlovodík působíme kyselinou dusičnou za zvýšené teploty.



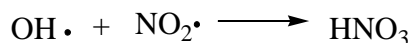
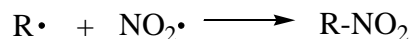
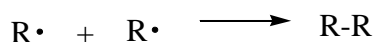
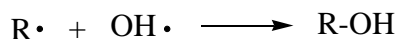
Iniciace:



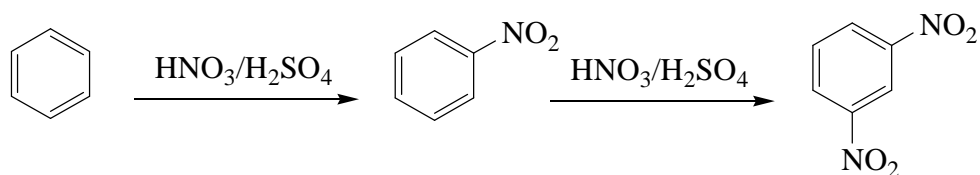
Propagace:



Terminace (zánik radikálů):

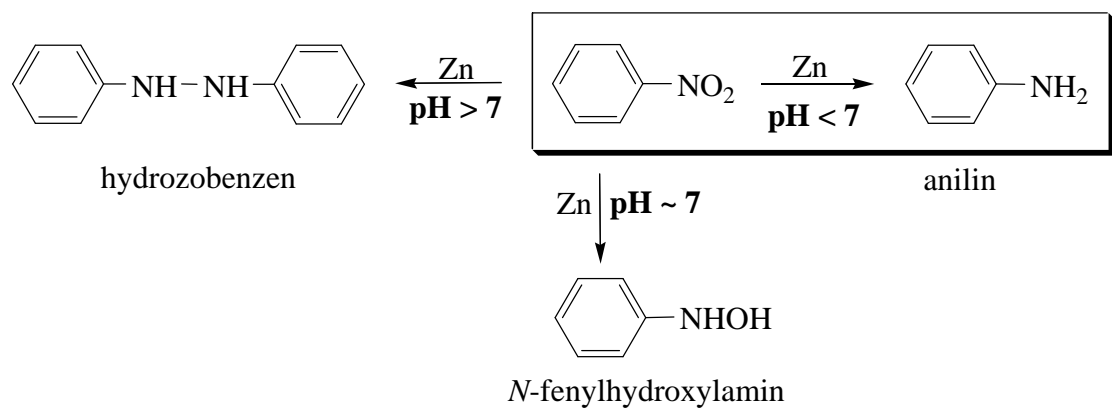


U aromatických jde pak o **substituci elektrofilní**, kterou nazýváme **nitrací**. Na areny působíme obvykle nitrační směsí, což je směs kyseliny sírové a dusičné.



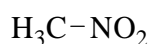
2.5 Reaktivita

Nitrosloučeniny patří mezi relativně **stabilní**. Jsou inertní k působení kyselin a elektrofilních činidel (u aromatických se mohou elektrofilny vázat na aromatický charakter). Odolávají také působení oxidačních činidel. Velmi ochotně však **reagují s redukčními činidly**, což známe z předchozí kapitoly.



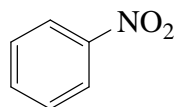
2.6 Zástupci

2.6.1 Nitromethan



Kapalina používaná jako činidlo v řadě reakcí a také jako aditivum do paliva pro spalovací motory. Při úplném spálení nitrometru lze získat 2,3× více energie než při spalování benzínu.

2.6.2 Nitrobenzen



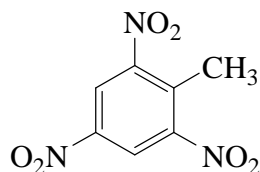
Nažloutlá, jedovatá kapalina, typická vůně, která připomíná hořké mandle. Používá se především jako výchozí látka pro výrobu anilinu, dále do krémů na boty, levných mýdel.

Zopakujte si:

Jak byste připravili nitrobenzen?

Za jakých podmínek a jakým redukčním činidlem byste připravili anilin z nitrobenzenem?

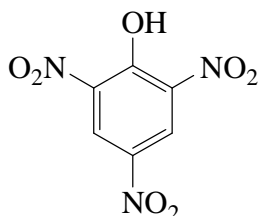
2.6.3 2,4,6-Trinitrotoluen



Nažloutlá, krystalická látka nazývaná také tritol nebo zkratkou TNT se používá jako výbušnina například v dolech nebo lomech.

Získává se nitrací toluenu.

2.6.4 2,4,6-Trinitrofenol



Známý také jako kyselina pikrová. Je to žlutá krystalická látka. Prudkým zahřátím exploduje, takže se používá jako výbušnina. V histologii se používá k barvení preparátů.

2.7 Shrnutí

Nitrosloučeniny patří mezi dusíkaté deriváty uhlovodíků obsahující funkční skupinu **NO₂**. V názvu sloučeniny se přítomnost **-NO₂** skupiny vyjadřuje pouze předponou **nitro-**. Nitrosloučeniny jsou látky **pevné nebo kapalné**, které jsou špatně rozpustné ve **vodě** a mají typický **zápach**. Charakteristickým znakem je také jejich **toxická**. Nitro skupina v molekule působí na zbytek molekuly **záporný indukční a záporný mezomerní efekt**.

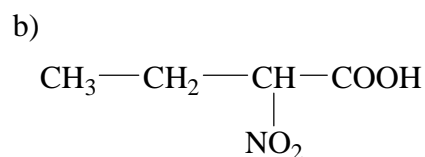
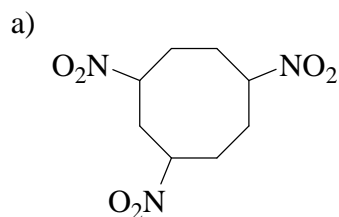
Nitrosloučeniny se připravují **substitučními reakcemi**. Substitucí **radikálovou** se připravují alifatické nitrosloučeniny. **Elektrofilními** substitucemi se připravují aromatické nitrosloučeniny, kdy se na areny působí nitrační směsí (směs kyseliny dusičné a sírové).

Z hlediska reaktivity má největší význam **redukce**, která v kyselém prostředí vede ke vzniku aminů.

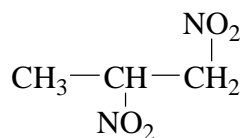
Mezi nejznámější zástupce patří nitromethan, **nitrobenzen**, používaný k průmyslové výrobě anilinu a také **2,4,6-trinitrotoluen** a **2,4,6-trinitrofenol**, látky známé a používané jako výbušniny.

2.8 Cvičím, cvičíš, cvičíme – nitrosloučeniny už umíme

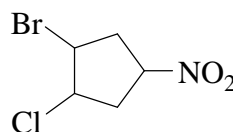
1. Pojmenujte následující sloučeniny:



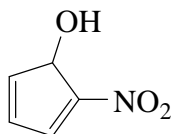
c)



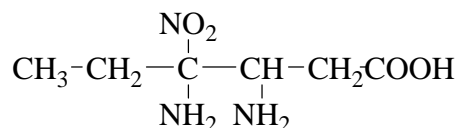
d)



e)



f)



2. Napište vzorce následujících sloučenin:

- 2,4-dinitrotoluen
- 2-nitropropan
- 1,5-dinitropentan-1-amin
- 2,3,4-trinitrobutan-1-ová kyselina
- 2,6-dinitrofenol
- 2-nitropropan-2-amin

3. Jak byste připravili z benzenu nitrobenzen?

4. Navrhněte přípravu nitromethanu z methanu. Napište mechanismus reakce.

5. Jaké sloučeniny vznikají redukcí nitrosloučenin v neutrálním prostředí?

2.9 Odpovědi na otázky k zamyšlení

Proč nelze vzorec nitrosloučenin zapisovat se dvěma dvojnými vazbami ke kyslíkovým atomům?

Došlo by k porušení elektronového oktetu atomu dusíku, což není možné.

Kam vstupuje u nitrobenzenu elektrofil a kam nukleofil?

Elektrofil se naváže do polohy *meta*, nukleofil do polohy *ortho* a/nebo *para*.