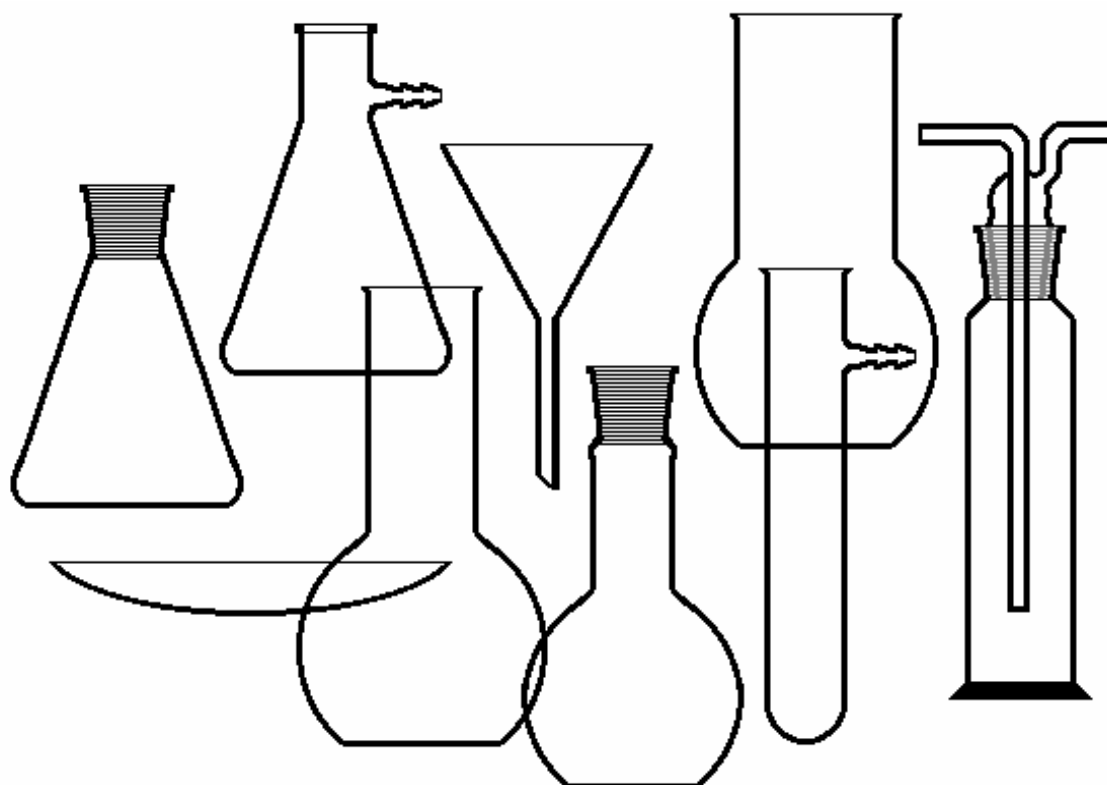


# Návody

pro chemická laboratorní cvičení

## II.



# OBSAH

Laboratorní řád.....	3
Vybavení pro laboratoř organické chemie.....	7
Základní zábrusové sklo v organické laboratoři.....	8
Základní izolační techniky v organické laboratoři .....	10
Úloha č. 1: Příprava některých uhlovodíků v malém množství.....	11
Úloha č. 2: Příprava cyklohexenu z cyklohexanolu .....	14
Úloha č. 3: Extrakce tuků v Soxhletově extraktoru .....	15
Úloha č. 4: Destilace dvousložkové směsi .....	16
Úloha č. 5: Příprava butylbromidu z butylalkoholu.....	18
Úloha č. 6: Příprava jodoformu .....	19
Úloha č. 7: Příprava o a p nitrofenolu nitrací fenolu.....	20
Destilace s vodní parou .....	21
Úloha č. 8: Obecné vlastnosti a důkazové reakce alkoholů .....	22
Úloha č. 9: Obecné vlastnosti a důkazové reakce fenolů.....	25
Úloha č. 10: Příprava butanalů oxidací 1-butanolu.....	27
Úloha č. 11: Důkazové reakce karbonylových sloučenin.....	28
Úloha č. 12: Příprava kyseliny hexandiové (adipové) oxidací cyklohexanolu .....	30
Úloha č. 13: Příprava ethylacetátu z ethanolu a acetanhydridu.....	31
Úloha č. 14: Příprava esterů v malém množství.....	33
Úloha č. 15 : Příprava kyseliny acetylsalicylové.....	34
Standardní věty označující specifickou rizikovost (R-věty) .....	36
Standardní pokyny pro bezpečné nakládání (S-věty) .....	39

## **Laboratorní řád**

Laboratorní řád je vydáván k zajištění bezpečného a plynulého chodu laboratorních cvičení.

Všichni žáci jsou povinni řídit se jeho ustanoveními shrnutými v jeho odstavcích:

- 1) Povinnosti laboratorní služby
- 2) Povinnosti zdravotníka
- 3) Povinnosti váhové služby
- 4) Povinnosti ostatních žáků

### **1. Povinnosti laboratorní služby**

Službu konají žáci určení vyučujícím profesorem.

- 1.1 Kontroluje stav laboratoře před zahájením cvičení:
  - 1.1.1 Stav úklidu po předcházející třídě (podlaha, tabule atd.).
  - 1.1.2 Pořádek na laboratorním stole včetně pomůcek na pracovním místě žáka (stojan, kruhy, držáky, kahany, hadice).
  - 1.1.3 Čistotu v digestořích a výlevkách.
  - 1.1.4 Stav společných zařízení v laboratoři (sušárny, nádoby na odpad, laboratorní váhy).
  - 1.1.5 Před cvičením zkontroluje stav ochranných pomůcek a hasicích přístrojů.
  - 1.1.6 Zjištěné závady hlásí vyučujícímu.
- 1.2 Vyzvedne od vyučujícího klíče k laboratorním stolům a předá je žákům.
- 1.3 Otevírá a zavírá šatnu a klíč ukládá na určené místo.
- 1.4 Povinnosti při ukončení cvičení:
  - 1.4.1 Kontroluje úklid laboratoře a konec úklidu oznámí vyučujícímu.
  - 1.4.2 Kontroluje uzamčení laboratorních stolů a vynáší odpad do příslušných kontejnerů.
  - 1.4.3 Ukládá klíč od šatny na určené místo.

## **2. Povinnosti zdravotníka**

- 2.1 Během cvičení ošetřuje drobná poranění žáků, důsledně při tom používá ochranné rukavice, provádí zápis o každém poranění do příslušného sešitu. Veškeré úrazy hlásí vyučujícímu.
- 2.2 Po cvičení upozorní na spotřebované prostředky z lékárníčky.

## **3. Povinnosti váhové služby**

- 3.1 Před cvičením připraví analytické váhy k vážení, zkontroluje čistotu okolo a uvnitř vah, přezkouší nulovou polohu, zkontroluje čistotu a úplnost sady analytického závaží u všech vah a další pomůcky pro vážení ( lodičky, lžičky, štětce).
- 3.2 Při ukončení cvičení uklidí a zkontroluje stav váhovny dle bodů v odst. 3.1 a hlásí jej vyučujícímu.

## **4. Povinnosti ostatních žáků**

- 4.1 Při zahájení cvičení jsou žáci na svých pracovních místech v zapnutých pracovních pláštích s předepsanými pomůckami, pozorně vyslechnou pokyny pro práci a po zapsání tématu cvičení na tabuli začnou pracovat.
- 4.2 Na pracovních stolech, na podlaze, v digestoři a váhově je třeba udržovat naprostou čistotu a pořádek. Každé znečištění je nutné okamžitě odstranit.
- 4.3 Svévolná a neodpovědná manipulace s plynem, vodou, vakuem a elektrickým proudem není dovolena.
- 4.4 Škody způsobené v laboratoři hradí žák, který je zavinil. Nevyšetří-li se pachatel, hradí škodu celá skupina žáků.
- 4.5 Jíst a pít v laboratoři, přechovávat jídlo v laboratorních stolech, žvýkat a kouřit není dovoleno.
- 4.6 Každý žák se věnuje zadanému úkolu. Hlasité mluvení, pokřikování, zpívání, pískání, pobíhání po laboratoři nebo obtěžování spolužáků zbytečnými dotazy není dovoleno.
- 4.7 Každý žák má svůj pracovní plášť (viditelně označený jménem), ochranné brýle, utěrku, hadr, ručník, mýdlo, kapesní nůž, nůžky, zápalky, papírové štítky, lihový fix, kovovou laboratorní lžičku, kopistku, chemické tabulky, kalkulačku, laboratorní zápisník. Nedodržování pořádku má vliv na známku z laboratorního cvičení.
- 4.8 Opustit pracoviště smí žák jen se souhlasem vyučujícího. Přecházení k jiným pracovním stolům není dovoleno. Dále je zakázáno ponechávat aparatury bez dozoru.
- 4.9 Dělat pokusy, které nejsou předepsány, je PŘÍSNĚ ZAKÁZÁNO!
- 4.10 Pomůcky musí být na pracovním stole účelně rozloženy. Hromadit na stole nepotřebné

věci není dovoleno. Volné chvíle využívá žák k umytí použitého nádobí a zlepšení pořádku na pracovním stole. Kromě pomůcek smí mít žák na stole pracovní sešit a psací potřeby. Učebnici, tabulky, kalkulačku má uloženy na bočních stolech pod okny, kde provádí i potřebné výpočty. Jiné věci, než jsou v tomto odstavci uvedeny, nesmí žák do laboratoře nosit (aktovky, kabelky apod.). Při práci u laboratorního stolu žák zásadně nesedí (ani na laboratorních stolech, ani na podlaze).

- 4.11 Odpadní koncentrované kyseliny je třeba nejprve zředit v kádince a pak teprve vylít do výlevky a řádně spláchnout vodou. Horké roztoky se nejprve ochladí nebo se zředí studenou vodou, jinak by se mohlo poškodit odpadní potrubí.
- 4.12 Zaměňovat zátky u reagenčních roztoků a znečišťovat tak obsah lahvíček není dovoleno. Reagenční lahvičky s pomocnými roztoky, umístěné mimo pracovní stůl, není dovoleno brát na pracovní stoly. Všechny láhve s chemikáliemi musí být řádně označeny a uzavřeny. U nebezpečných látek musí být dále označení jed, hořlavina apod. (v souladu se zákonem č. 356).
- 4.13 Při práci musí žák dbát na svou vlastní bezpečnost, ale i na bezpečnost svých spolužáků. Při zahřívání látek ve zkumavce drží zkumavku tak, aby při případném vystříknutí jejího obsahu nebyl nikdo zasažen. Zvýšenou pozornost je nutné věnovat také odvodušňování dělicí nálevky při extrakci. Při nalévání žíraviny ze zásobních láhví se musí používat ochranného štítu a gumových rukavic. Také při práci s vakuem se musí používat ochranné brýle nebo štít.
- 4.14 Do cvičení přichází žák řádně teoreticky připraven. Přípravu provede doma do laboratorního zápisníku. Pracovní úkol vykonává svědomitě a veškeré záznamy a výpočty si píše do svého laboratorního zápisníku. Není dovoleno používat volných listů papíru, které se snadno ztratí.
- 4.15 Hořlaviny je třeba uchovávat v uzavřených nádobách, v dostatečné vzdálenosti od všech zdrojů tepla. Při manipulaci s hořlavinami se zásadně používají úzkohrdlé nádoby. K likvidaci požárů se zásadně používá hasicího přístroje, nejlépe s obsahem CO<sub>2</sub> nebo hasicí roušky.
- 4.16 Každý úraz, zejména poranění očí, je nutno okamžitě hlásit vyučujícímu. Při případném potřísnění oka žíravinou, je nutné oko rychle vypláchnout proudem vody a poté vyhledat lékařské ošetření. Při potřísnění pokožky se žíravina rychle otře čistým hadrem a řádně opláchně vodou. Potřísněný oděv se neutralizuje příslušným neutralizačním roztokem a vypere se důkladně ve vodě. Po požití žíraviny zásadně nevyvoláváme zvracení.
- 4.17 Na stolech je dovoleno zahřívát roztoky, které nevyvíjejí kyselé, dráždivé a dusivé páry. Všechny reakce, při nichž vznikají tyto páry se musí provádět v zapnuté digestoři. Platí to zejména o odpařování těkavých kyselin, amoniaku, amonných solí a tavení s hydrogensíranem draselným, práci se sulfanem, oxidem siřičitým, chlorem, bromem apod.
- 4.18 Praskne-li nádoba s kapalinou, je třeba všechny stopy nehody dokonale odstranit.
- 4.19 Odstavené hořící kahaný musí být vyregulovány na minimální plamen. Zapalování kahanu od kahanu nebo hořícími papírky není dovoleno.

- 4.20 Znečišťování výlevky (filtrační papíry, sraženiny, střepiny skla, varné kamínky apod.) není dovoleno a bude přísně potrestáno.
- 4.21 Skleněné nádoby je před použitím nutno řádně prohlédnout. Je nebezpečné používat poškozené nádoby, zejména při práci s vakuem.
- 4.22 Odpady obsahující nebezpečné chemické látky se vylévají do příslušných označených láhví.
- 4.23 Veškeré tuhé odpady v laboratoři je nutné třídit na sklo (řádně vymyté), čistý papír (ne použitý filtrační), plasty a ostatní odpad do příslušných označených nádob.
- 4.24 Minimálně čtvrt hodiny před ukončením laboratorního cvičení se začíná s úklidem. Žáci, kteří mají službu, podají ke konci cvičení vyučujícímu hlášení o uvedení pracoviště do pořádku a o zjištěných závadách.
- 4.25 Na konci cvičení stojí žáci na svých místech, vyslechnou pozorně zhodnocení průběhu cvičení a pokyny pro přípravu na příští cvičení.
- 4.26 Odnášet z laboratoře pomůcky a chemikálie je přísně zakázáno.
- 4.27 Vstupem do chemické laboratoře zavazuje se každý žák, že je mu znám obsah laboratorního řádu a že jej bude dodržovat.

## Vybavení pro laboratoř organické chemie

Většina laboratorních prací se provádí ve skleněném nebo porcelánovém nádobí. Důvodem jsou výhodné chemické a fyzikální vlastnosti těchto materiálů.

Laboratorní sklo musí mít především vysokou chemickou a tepelnou odolnost. Z hlediska tepelné odolnosti dělíme skla na měkká (lehce tavitelná) a tvrdá (těžce tavitelná). Podle chemické odolnosti dělíme skla do pěti tříd označovaných římskou číslicí I až IV.

Tepelná odolnost jednotlivých druhů skel závisí na koeficientu tepelné roztažnosti, pevnosti v lomu, modulu pružnosti, homogenitě materiálu, tloušťce stěny, na tvaru a velikosti nádoby atd.. Tepelnou odolností v laboratoři rozumíme především schopnost materiálu odolávat teplotním změnám. Proto se často udává tepelná odolnost skla počtem stupňů (např. 150 °C) o kolik lze nádobu prudce ochladit bez poškození. Tepelnou a mechanickou odolnost skla velice výrazně snižuje poškrábání povrchu. Tenkostěnné nádoby s plochým dnem se nesmí v žádném případě evakuovat (nebezpečí imploze).

Vybavení organické laboratoře bylo z počátku shodné s anorganickou laboratoří (kádinky, odměrné válce atd.). Tyto nádoby nejsou vhodné pro nízkovroucí hořlavé organické látky, které snadno těkají z většího povrchu. Mnohem vhodnější jsou kónické baňky a zábrusové nádoby. Jako varné nádoby při provádění reakcí a destilacích se používají hlavně kulaté, hruškovité a srdcovité baňky. Podle potřeby mohou být jedno nebo vícehrdlé.

Při zahřívání látky v jakékoli aparatuře nesmí dojít z důvodu vyrovnávání tlaku k úplnému uzavření aparatury. S ohledem na uvolňující se páry musí být taková nádoba opatřena vhodným uzávěrem, nejčastěji zpětným chladičem, tj. chladičem který je nasazen ve vertikální poloze na hrdlo baňky a kondenzující kapalina stéká zpět do zahřívávaného prostoru. Pro tento účel je z důvodu velké teplosměnné plochy nejvhodnější spirálový nebo kuličkový chladič.

Při destilaci se používá chladič sestupný, tj. chladič připojený k baňce a otočený šikmo dolů. Kondenzující páry jsou tímto chladičem odváděny z aparatury přes alonž do jímadla. Pro tento účel je nejvhodnější chladič Liebigův.

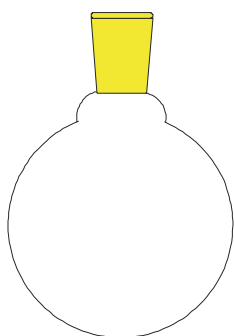
Při práci se zábrusy je třeba dbát na to, aby plocha zábrusu byla rovnoměrně namazána tenkou vrstvou tuku. Po skončení práce je třeba zábrus ořízt a odmastit ethanolem. Při skladování je vhodné do zábrusového spoje vložit kousek papíru tak, aby bylo možno zábrus i po delší době rozebrat. Při sestavování zábrusových aparatur nesmí docházet v zábrusových spojích ke vzniku pnutí. Tvar sestavované aparatury musí pochopitelně odpovídat použitím skleněným dílům. Zábrus nelze ani částečně deformovat !

Postup při sestavování aparatury: Začínáme zdola nahoru. Každý díl musí být upevněn. Klema by měla být pouze zlehka dotažená. Pokud je aparatura postavena na více stojanech, je třeba dát pozor při manipulaci na její rozlomení v zábrusovém spoji. Hadice na vodu připojujeme k chladiči zásadně před připojením chladiče k aparatuře.

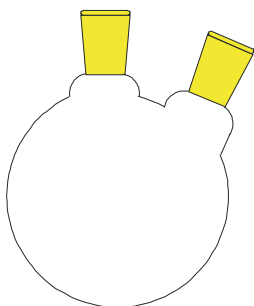
Po skončení práce aparaturu okamžitě rozebereme a umyjeme. Při delším stání hrozí nebezpečí „zapečení zábrusu“. K tomu může dojít také vlivem špatného namazání zábrusu či vymytím tuku organickými rozpouštědly.

Pokud dojde k zapečení zábrusového spoje, pokusíme se jej uvolnit poklepáváním dřevěným předmětem na zábrus, případně opatrným zahřátím pláště zábrusu teplou vodou nebo kahanem. Pokud nepomůže žádný z těchto způsobů, necháme zábrus odvlhčit. Univerzální způsob otevření zapečeného spoje neexistuje. Vždy je třeba volit některý z uvedených postupů.

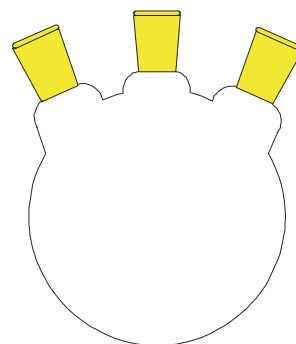
## Základní zábrusové sklo v organické laboratoři



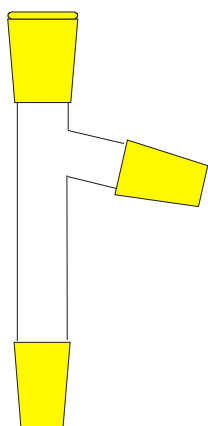
Kulatá baňka



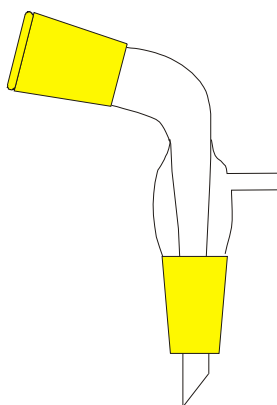
Dvojhrdlá baňka



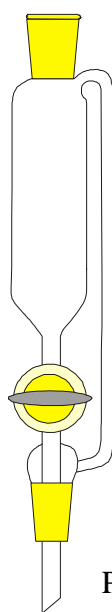
Trojhrdlá baňka



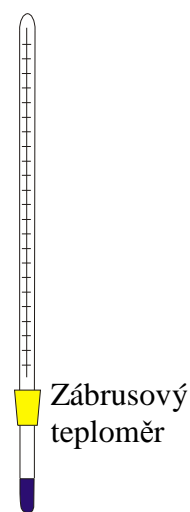
Destilační nástavec



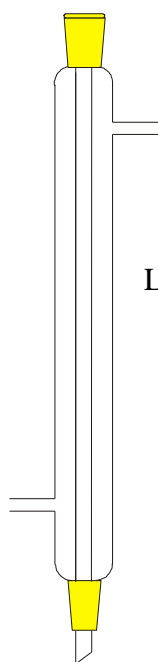
Alonž



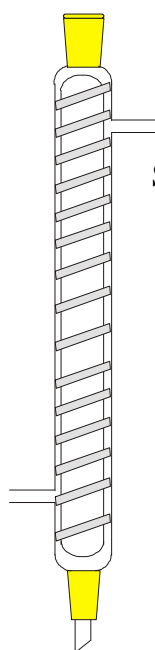
Přikapávací baňka  
s vyrovnávačem tlaku



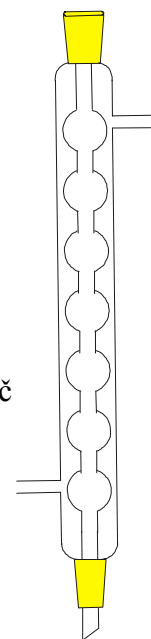
Zábrusový  
teploměr



Liebigův chladič



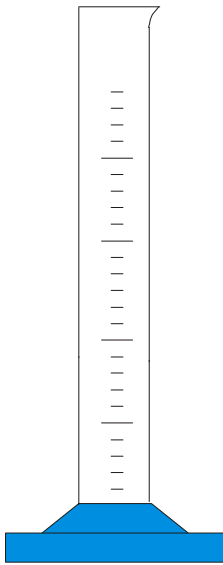
Spirálový chladič



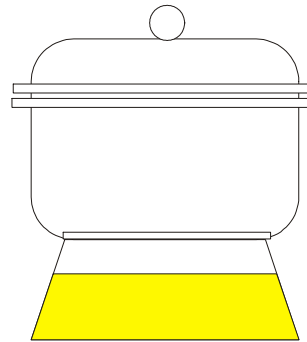
Kuličkový chladič



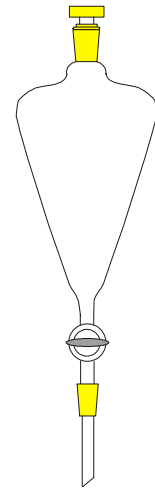
## Další vybavení



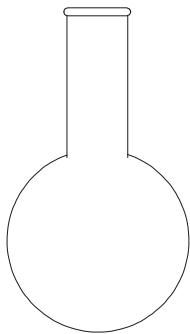
Odměrný válec



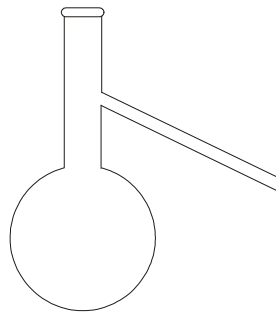
Exsikátor



Dělicí baňka



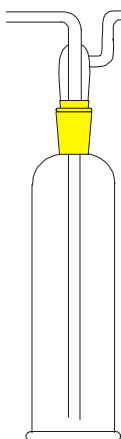
Varná baňka  
s kulatým dnem



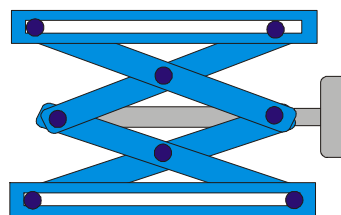
Frakční baňka



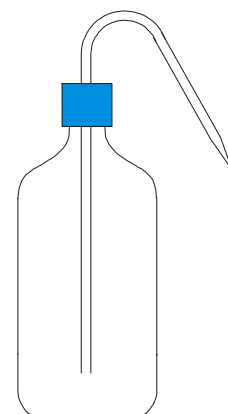
Filtrační nálevka  
s fritou



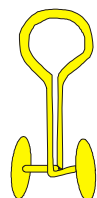
Promývačka



Výsuvná  
plošina



Stříčka



Pérová tlačka

## Základní izolační techniky v organické laboratoři

- I. **Filtrace** - používá se pro oddělení tuhé látky a kapaliny. V jednodušších případech lze tuhoun látku oddělit dekantací. Filtraci lze provádět s použitím filtrační, rychlofiltrační resp. Büchnerovy nálevky. Jako filtrační materiál lze použít filtrační papír, vatu nebo skelnou vatu podle charakteru a množství filtrované látky. V některých případech se k filtraci používá filtrační nuč se skleněnou filtrační vložkou (fritou).
- II. **Krystalizace** - používá se pro čištění tuhých látek. Vhodné rozpouštědlo za varu nasytíme surovým produktem. Pro zachycení a odstranění nečistot můžeme přidat aktivní uhlí. Roztok za horka filtrujeme, čímž odstraníme nerozpuštěné podíly a necháme roztok ochladit. Látka většinou v čisté formě vykrysalizuje.
- III. **Destilace** resp. rektifikace - jsou nejdůležitější metody čištění kapalných látek. V nejjednodušším případě uvedeme kapalinu zahřátím do varu a vzniklé páry z kondenzujeme pomocí chladiče na destilát. Provádíme-li destilaci v zařízení, které umožňuje kontinuální návrat části kondenzovaných par do vařáku, hovoříme o rektifikaci (tj. opakované destilaci). Používáme ji v případě, kdy prostá destilace nestačí k oddělení jednotlivých kapalných složek dělené směsi.
- IV. **Extrakce** - je dělicí technika, při které využíváme rozdílné rozpustnosti látky v různých rozpouštědlech. Extrakci lze provádět v soustavě :
  - A. kapalina - kapalina  
jedná se o převedení rozpuštěné látky z původního do nového rozpouštědla na základě rozdílné rozpustnosti látky. Toto převedení je možné, neboť látka se v určitém poměru rozdělí mezi obě rozpouštědla. Převedení je tím dokonalejší, čím je rozpustnost v novém rozpouštědle vyšší.
  - B. kapalina - pevná látka  
jedná se o převedení jedné složky pevného vzorku do roztoku na základě její rozpustnosti ve vhodném rozpouštědle.

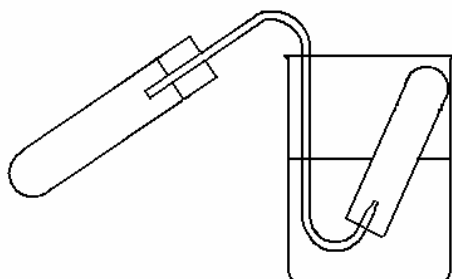
## Úloha č. 1: Příprava některých uhlovodíků v malém množství

### Příprava methanu z octanu sodného

**Princip:** Methan vzniká z octanu sodného jeho dekarboxylací podle rovnice:



**Postup:** V třecí misce pečlivě rozetřete jeden hmotnostní díl bezvodého (taveného) octanu sodného s jedním hmotnostním dílem hydroxidu sodného. Směsí naplníte malou zkumavku z těžkotavitelného skla asi do jedné třetiny a rozvrstvěte směs tak, aby vznikl po celé délce zkumavky prostor pro unikání plynu. Zkumavku uzavřete zátkou s odváděcí trubicí. Pokud



budete methan jímat do zkumavek, je nutno odváděcí trubicí upravit podle nákresu a methan jímat v pneumatické vaničce. Směs ve zkumavce opatrně zahřívejte přímým plamenem. Kahan držte pro lepší manipulaci v ruce a směs zahřívejte od hrdla zkumavky směrem k jejímu konci. Zachycený methan můžete přiblížením hrdla zkumavky k plameni zapálit. Další podíl methanu použijte k analytickým důkazům. Zavádějte jej vhodně upravenou odváděcí trubicí přímo do příslušných roztoků.

### Příprava acetyleny z karbidu vápenatého

**Princip:** Karbid vápenatý se rozkládá vodou za vzniku acetyleny podle rovnice:



**Postup:** K přípravě acetyleny použijte stejné aparatury jako k přípravě methanu. Do suché zkumavky vsuňte několik kousků karbidu vápenatého, přilijte asi 2 ml vody a zkumavku okamžitě uzavřete vrtanou zátkou s odváděcí trubičkou. Část acetyleny jímejte do zkumavky v pneumatické vaničce. Acetylen tvoří výbušné směsi se vzduchem v širokém rozmezí od 2,5 do 80 obj.% acetyleny ve směsi.

Při tomto pokusu musí být všechny kahany v laboratoři zhasnuty. Pokus provádějte v digestoři.

Další podíl acetyleny použijte k analytickým důkazům. Zavádějte jej vhodně upravenou trubicí přímo do příslušných roztoků. Aparaturu si můžete upravit také tak, že odváděcí trubicí se zahnutým koncem vytáhnete v kapiláru a unikající acetylen zapálíte. Hoří silně svítivým, čadivým plamenem. Zapalte jej teprve tehdy, až si budete jisti, že vznikající acetylen vypudil z aparatury všechny vzduch.

## Důkazové reakce jednotlivých uhlovodíků

1. **Nasyčené uhlovodíky** jsou málo reaktivní, a proto nedávají žádné charakteristické reakce. K jejich důkazu se používá kvantitativní elementární analýza a dokáže se nepřítomnost násobných vazeb a aromatických cyklů.

2. **Uhlovodíky s násobnou vazbou** – násobné vazby v molekule se dokazují adičními reakcemi.

a) Adice bromu na násobnou vazbu

Do pěti zkumavek si připravte po 1 ml bromové vody. Do první zkumavky zavádějte methan, do druhé acetylen, do dalších přikapávejte cyklohexen a benzín .

b) Baeyerův test

Připravte si pět zkumavek, do nichž napipetujte po 1 ml 1%ního roztoku manganistanu draselného mírně zalkalizovaného přidávkem několika krystalů uhličitanu sodného. Nechte tyto roztoky reagovat s týmiž uhlovodíky jako v předešlém pokusu. Výsledky pozorování z obou pokusů zapište do společné tabulky.

c) Reakce s Ilosvayovým činidlem

Přítomnost trojné vazby na konci řetězce dokazuje barevná sraženina acetylidu měďného, která vznikne reakcí acetylenu s Ilosvayovým činidlem (hydroxylaminového roztoku chloridu měďného).

3. **Aromatické uhlovodíky** – k důkazům těchto uhlovodíků lze využít řady reakcí vzhledem ke zvláštnostem aromatického charakteru těchto látek. Jsou to reakce substituční, adiční, oxidační nebo barevné reakce.

Důkaz přítomnosti aromatického kruhu (reakce Friedelova-Craftsova)

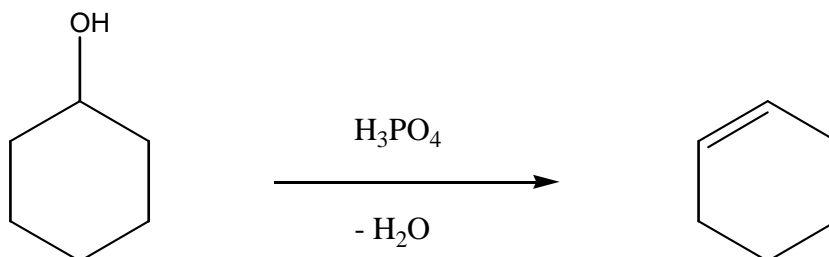
V suché zkumavce rozpustěte v 1 ml vysušeného chloroformu 3 až 4 kapky nebo několik krystalků úplně suchého vzorku. Po stěně zkumavky přisypte špachtličkou malé množství bezvodého chloridu hlinitého. Po čase se v místech styku roztoku s chloridem hlinitým objeví charakteristické zbarvení. Doba, za kterou k tomu dojde závisí na typu vzorku a na čistotě chemikálií. Použijte tyto vzorky: benzen, toluen, naftalen, anthracen, fenanthren. Látky s jedním aromatickým kruhem se barví oranžově, se dvěma kondenzovanými kruhy fialově až modře, s větším počtem kondenzovaných kruhů zeleně (anthracen) nebo purpurově (fenanthren).

**Všechny reakce zapište chemickými rovnicemi a vysvětlete.**

**Bezpečnost práce :** Pozor při práci s hydroxidem sodným – žíravina. Při zahřívání zkumavek pracujte s ochranným štítem. Benzen patří mezi karcinogenní látky, brom mezi vysoce toxické látky. Acetylid měďný je látka výbušná. Celou úlohu provádějte se zvýšenou opatrností.

## Úloha č. 2: Příprava cyklohexenu z cyklohexanolu

**Princip:** Alkeny lze připravit dehydratací z alkoholů. Jako dehydratační činidlo lze použít kyselinu sírovou nebo kyselinu fosforečnou podle rovnice :



Při použití kyseliny sírové reakční směs velice silně pění. Proto je vhodnější použít kyselinu fosforečnou.

**Úkol:** Připravte cyklohexen dehydratací cyklohexanolu kyselinou fosforečnou.

**Postup:** Sestavte destilační aparaturu z 250 ml frakční baňky, přikapávací baňky, sestupného chladiče, alonže a jímadla. Stonek přikapávací baňky musí dosahovat až pod postranní rameno frakční baňky. Do frakční baňky předložte 15 g 85%ní kyseliny fosforečné. Reakční směs zahřejte na vzdušné lázni k varu. Směs nesmí destilovat. V průběhu 1 až 2 hodin přidejte z přikapávací baňky 75 g cyklohexanolu. Po přidání veškerého množství oddestilujte téměř celý obsah baňky.

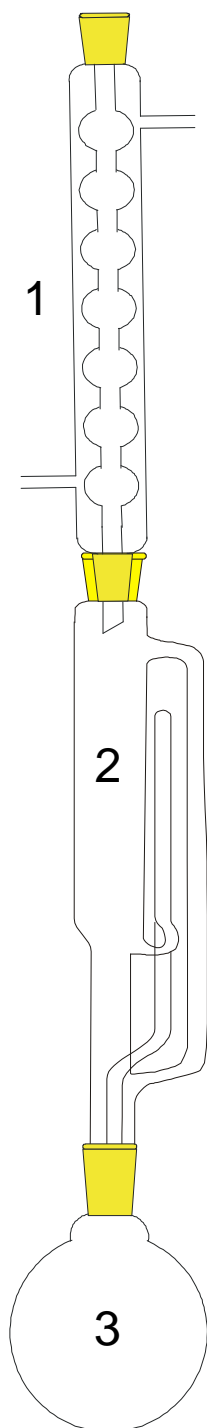
Oddělte organickou a vodnou vrstvu destilátu. Organická vrstva obsahuje cyklohexen a nereagovaný cyklohexanol. Vysušte bezvodým chloridem vápenatým. Sušidlo odfiltrujte a surový produkt znovu předestilujte. Jímejte frakci v rozmezí teplot varu 81 - 83 °C.

Čistý produkt zvažte a změřte jeho index lomu.

### Výpočty:

Stanovte základní látku, na niž vypočítáte teoretický výtěžek Praktický výtěžek udejte v %hm. (obvykle se u reakce dosáhne výtěžku 80%).

**Bezpečnost práce:** Při manipulaci s kyselinou fosforečnou pracujte s ochranným štítem. Před začátkem zahřívání nezapomeňte přidat varné kamínky.



### Úloha č. 3: Extrakce tuků v Soxhletově ekstraktoru

**Princip:** V baňce se zahřívá organické rozpouštědlo, které pak postupuje až do chladiče, kde kondenzuje a stéká do extrakčního prostoru, v němž je uložena patrona z filtračního papíru s hrubě práškovanou látkou. Jakmile se prostor naplní extrahovadlem, vyteče roztok do baňky. Stálým opakováním tohoto pochodu se látka extrahuje velmi dokonale, přičemž je v provozu malé množství rozpouštědla.

**Postup:** Asi 25 g suchých semen olejnatých rostlin (len, řepka, mák, slunečnice) nahrubo rozdrťte, vložte do patrony z filtračního papíru (předem zvažené) a zvažte. Patronu vložte do Soxhletova extraktoru a extrahujte benzínem. Asi po hodině extrakci přerušte a extrakční činidlo oddestilujte. Olej přelijte do předem zvažené suché kádinky. Varnou baňku vypláchněte několika kapkami extrahovadla, abyste do kádinky převedli veškerý vyextrahovaný olej. Zbytky extrakčního činidla odstraňte odpařením v sušárně. Po odpaření a zchladnutí v exsikátoru kádinky zvažte. Vypočtete obsah tuku v semenech, výsledek uveďte hmotnostním zlomkem.

#### Soxhletův extraktor

- 1 - zpětný chladič
- 2 - extrakční nástavec
- 3 - varná baňka

**Bezpečnost práce:** Extrakční benzín je hořlavina, předestilovaný benzín se vrací zpět do zásobní lahve, zbytky po vymývání do určených lahví.

## Úloha č. 4: Destilace dvousložkové směsi

**Princip:** Destilace je nejpoužívanější metoda při čištění kapalných látek a dělení kapalných směsí. Při ní se obohacují páry destilátu o těkavější složku, takže teplota varu v destilační baňce úbytkem níževroucí složky pozvolna stoupá. Kondenzát se jímá po částech (frakcích) buď podle teplotních intervalů, nebo po určitých objemech. Složení jednotlivých frakcí lze stanovit refraktometricky pomocí kalibračního grafu (viz dále). Stejným způsobem se zjistí složení výchozí binární směsi. Výsledkem práce je tabulka (příp. grafy) závislosti složení frakcí na teplotě varu směsi a složení frakcí na jejich hmotnosti.

**Postup:** Sestavte destilační aparaturu složenou z varné baňky, teploměru, sestupného chladiče, alonže a předlohy. Varnou baňku 250 ml zvažte a naplňte asi ze 2/3 směsí aceton + toluen a opět zvažte a změřte její index lomu. (Pokud nebude směs dodána, připravte ji podle pokynu vyučujícího – objem asi 150 ml.) Po vhození varného kamínku směs destilujte. Během destilace odebírejte frakce do pěti 50 ml baněk (zvážených se zátkami) asi do poloviny jejich obsahu. Baňky s frakcemi zvažte, promíchejte, asi 10 minut temperujte na teplotu laboratoře a změřte index lomu frakcí. Během destilace zapisujte teplotní rozmezí odběrů frakcí (teploty na začátku a konci jejich odběru). Při měření indexu lomu pracujte rychle s ohledem na těkavost složek. Při odběru 5. frakce destilaci zastavte, frakci odeberte až ustane odkapávání destilátu. Pak destilační aparaturu rozeberte, destilační baňku vychlaďte ve vodě na laboratorní teplotu, osušte ji utěrkou, zvažte s destilačním zbytkem a změřte index lomu destilačního zbytku.

Výpočet složení nástřiku (výchozí binární směsi), frakcí a destilačního zbytku:

- graficky z kalibračního grafu
- lineární interpolací

Obě metody využívají lineární závislosti indexu lomu této binární směsi na hmotnostním zlomku acetonu jako těkavější složky.

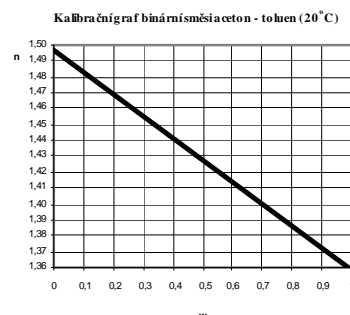
Změříme indexy lomu obou složek při laboratorní teplotě (index lomu závisí též na teplotě!), kterou zapíšeme např.  $n_D^{20} \text{acetonu} = 1,3587$  a  $n_D^{20} \text{toluenu} = 1,4969$ .

- Na mm papír vyneseme na osu x hodnoty  $w_{\text{acetonu}}$  od 0 do 1, na osu y hodnoty indexu lomu pro  $w_{\text{acetonu}} = 0$  (čistý toluen) a  $w_{\text{acetonu}} = 1$  (čistý aceton) a oba body spojíme úsečkou nebo můžeme použít program Excel – včetně regrese. Na ose y vyznačíme změřené indexy lomů a na ose x příslušná složení vyjádřená hmotnostním zlomkem acetonu.
- Pro indexy lomu použité binární směsi platí:

$n_D^{t^{\circ}C} = n_{D_{ac}}^{t^{\circ}C} \cdot w_{ac} + n_{D_{tol}}^{t^{\circ}C} \cdot (1 - w_{ac})$  a po dosazení pro 20°C a úpravě

$$w_{ac} = \frac{1,4969 - n_D^{20}}{0,1382}$$

(Vzorec je shodný s regresní rovnicí programu Excel.)





Výpočty:

- 1) Podle změřených indexů lomu vypočteme hodnoty hmotnostních zlomků výchozí směsi (nástříku), jednotlivých frakcí a destilačního zbytku a zapíšeme je do bilanční tabulky, kterou rozdělíme na „vstup a výstup“.
- 2) Vypočteme hmotnosti acetonu a toluenu u všech položek uvedených v bodě 1) a rovněž zapíšeme do tabulky.
- 3) Sečteme hmotnosti složek a celkové hmotnosti výstupních položek (frakcí a destilačního zbytku) a odečteme od vstupních hmotností. Tím vypočteme destilační ztráty (vypařením, zádrží v chladiči).
- 4) Sestrojíme sloupcový graf výstupních položek s šířkou sloupců odpovídajících hmotnosti frakcí, destilačního zbytku a destilační ztráty.
- 5) Horní strany sloupců rozpůlíme a půlící body spojíme – získáme tak destilační křivku.

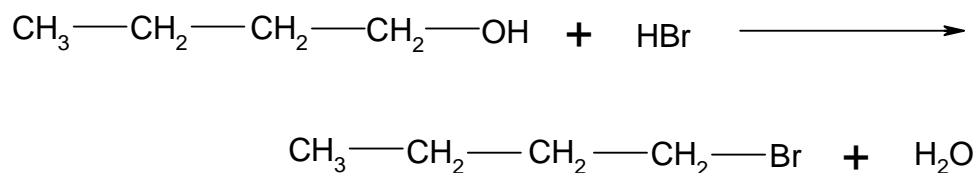
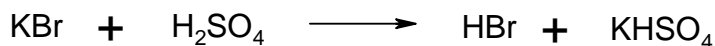
Diskuse výsledků: Slovně vyjádříme získané poznatky o chování binární směsi v průběhu destilace.

**Bezpečnost práce:** Aceton, toluen jsou hořlaviny, veškeré směsi vraťte do určené lahve.

Bilanční tabulka frakční destilace binární směsi aceton + toluen					
	$n_D^{t^{\circ}C}$	$w_{ac}$	$m_{ac}$	$m_{tol}$	$\Sigma$
vstup:					
nástřík					
výstup:					
frakce č. 1					
frakce č. 2					
frakce č. 3					
frakce č. 4					
frakce č. 5					
destilační zbytek					
$\Sigma$					
ztráta					

## Úloha č. 5: Příprava butylbromidu z butylalkoholu

**Princip:** Halogenderiváty lze připravit substituční reakcí z alkoholů. Vlastní halogenační činidlo se obvykle připravuje přímo v reakční směsi reakcí halogenidu sodného nebo draselného se silnou minerální kyselinou. Přípravu butylbromidu lze provést podle následujícího schématu :



Vzhledem k možným vedlejším reakcím vedoucím ke vzniku příslušných éterů a alkenů je výtěžek reakce nižší.

**Úkol:** Připravte 55 g butylbromidu dle uvedené reakce. Butylalkohol se dávkuje ve 20 %ním (molárním) přebytku.

**Postup práce:** V 500 ml baňce smíchejte potřebné množství bromidu draselného, butylalkoholu a 60 ml vody. Na baňku nasadte zpětný chladič a po malých dávkách za míchání přidejte koncentrovanou kyselinu sírovou (dvojnásobek stechiometrického množství). Směs zahřívejte na síťce k varu asi 60 minut. Zpětný chladič nahradte destilačním nástavcem a butylbromid oddestilujte do 250 ml baňky. K indikaci konce destilace využijte mísitelnosti produktu s vodou.

Destilát protřepte ve 250 ml dělicí nálevce s 50 ml vody, oddělte a protřepte s 25 ml kyseliny sírové. Poté postupně protřepte 50 ml vody, 30 ml nasyceného roztoku uhličitanu sodného obarveného kapkou fenolftaleinu (přidávejte po malých dávkách až do odbarvení, které indikuje neutralizaci) a nakonec opět 50 ml vody. Po oddělení vysušte chloridem vápenatým, sušidlo odfiltrujte a predestilujte v rozmezí teplot varu 99 až 103 °C.

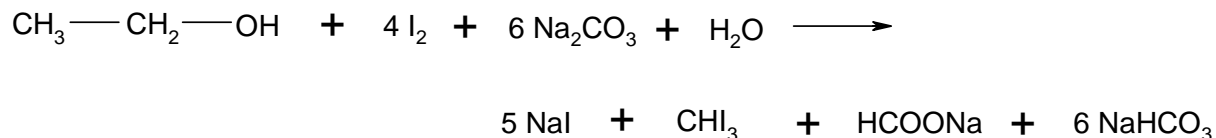
Čistý produkt zvažte.

**Výpočty:** Vypočítejte skutečný výtěžek v %hm..

**Bezpečnost práce:** Při manipulaci s kyselinou sírovou používejte ochranný štít. Při protřepávání v dělicí baňce nezapomeňte několikrát odvzdušnit baňku.

## Úloha č. 6: Příprava jodoformu

**Princip:** Jodoform lze připravit stejně jako ostatní haloformy reakcí halogenu s látkou, která má koncovou  $\text{CH}_3\text{CO}$ - nebo  $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})$ - skupinu v alkalickém prostředí. Reakce probíhá podle rovnice :



**Úkol:** Připravte jodoform reakcí ethanolu s jodem v prostředí uhličitanu sodného.

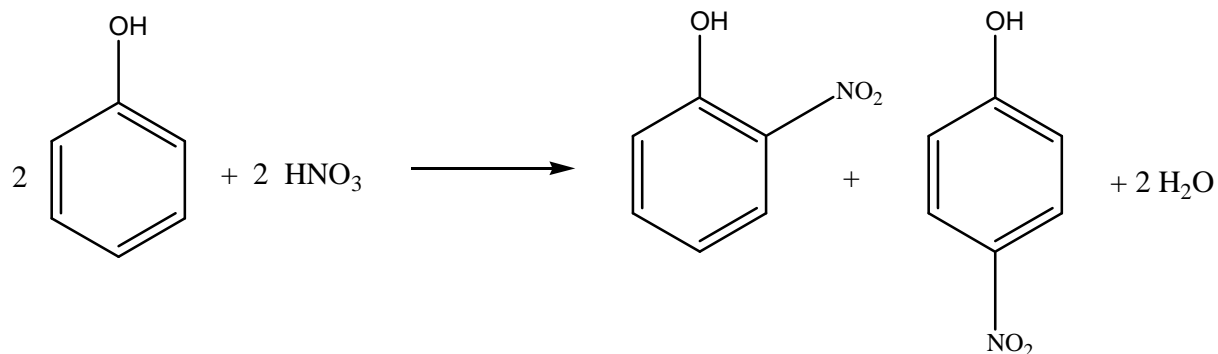
**Postup:** Do 250 ml kuželové baňky předložte 10 g uhličitanu sodného v 50 ml vody. Přidejte 10 ml ethanolu a zahřejte na vodní lázni na teplotu 70 - 80 °C. Za stálého míchání přidejte postupně 5 g jódu. Po vymizení hnědé barvy baňku ochlaďte. Vykrytalizovaný jodoform odsajte na Büchnerově nálevce.

Čistý suchý produkt zvažte.

**Výpočty:** Zjistěte základní látku a vypočtěte výtěžek preparace v % hm.

## Úloha č. 7: Příprava o a p nitrofenolu nitrací fenolu

**Princip:** Aromatické nitroslooučeniny lze připravit nitrací aromátů nitrační směsí. V případě fenolu probíhá nitrace poměrně dobře vzhledem k přítomnosti HO- skupiny, která zvyšuje reaktivitu aromatického jádra.



Vzniká směs dvou produktů o- a p-nitrofenol. Směs těchto izomerů lze dělit destilací s vodní parou. Díky intermolekulární interakci HO- skupiny p-nitrofenolu destiluje pouze o-nitrofenol.

**Úkol:** Připravte o-nitrofenol a p-nitrofenol dle uvedené reakce.

**Postup práce:** Do 250 ml kónické baňky předložte 80 ml vody a opatrně za stálého míchání přidejte 50 g koncentrované kyseliny sírové. V takto připravené kyselině rozpustíte 0,35 mol dusičnanu sodného. Směs ochlaďte na cca 20 °C studenou vodou nebo ledem. K této směsi přikapejte směs 0,2 mol fenolu a 4 ml vody (směs připravte v předehřátém odměrném válci). Během přidávání fenolu nesmí teplota překročit 20 °C. Směs ponechte asi 60 minut reagovat za občasného promíchání. Matečný louh odlijte a pryskyřičnou směs nitrofenolů 3 krát promyjte a dekantujte 100 ml vody tak, abyste odstranili veškerou zbytkovou kyselinu. Potom destilujte s vodní parou. Destilaci ukončíte ve chvíli, kdy v chladiči nekondenzuje již žádný o-nitrofenol (pokud kondenzující o-nitrofenol krystalizuje v chladiči vypněte na okamžik chladičí vodu). Destilát ochlaďte a produkt odfiltrujte.

Destilační zbytek ochlaďte v ledové lázni asi 20 minut. Pokud vznikly krystaly, odsajte je na Büchnerově nálevce. Pokud krystaly nevznikly, přidejte 200 ml 2%ní HCl s aktivním uhlím (na špičku lžičky), povařte 5 až 10 minut, za horka zfiltrujte, filtrát zahustěte a ochlaďte a krystaly odsajte na Büchnerově nálevce a vysušte filtračním papírem. (Rozpustnost p-nitrofenolu je při 25°C 1,6 g/100g vody a při 90°C 26,9°C/100 g vody, pozor na použití většího množství vody!).

Oba produkty vysušte a zvažte.

**Výpočty:** Zjistěte základní látku a vypočítejte teoretický a praktický výtěžek obou produktů.

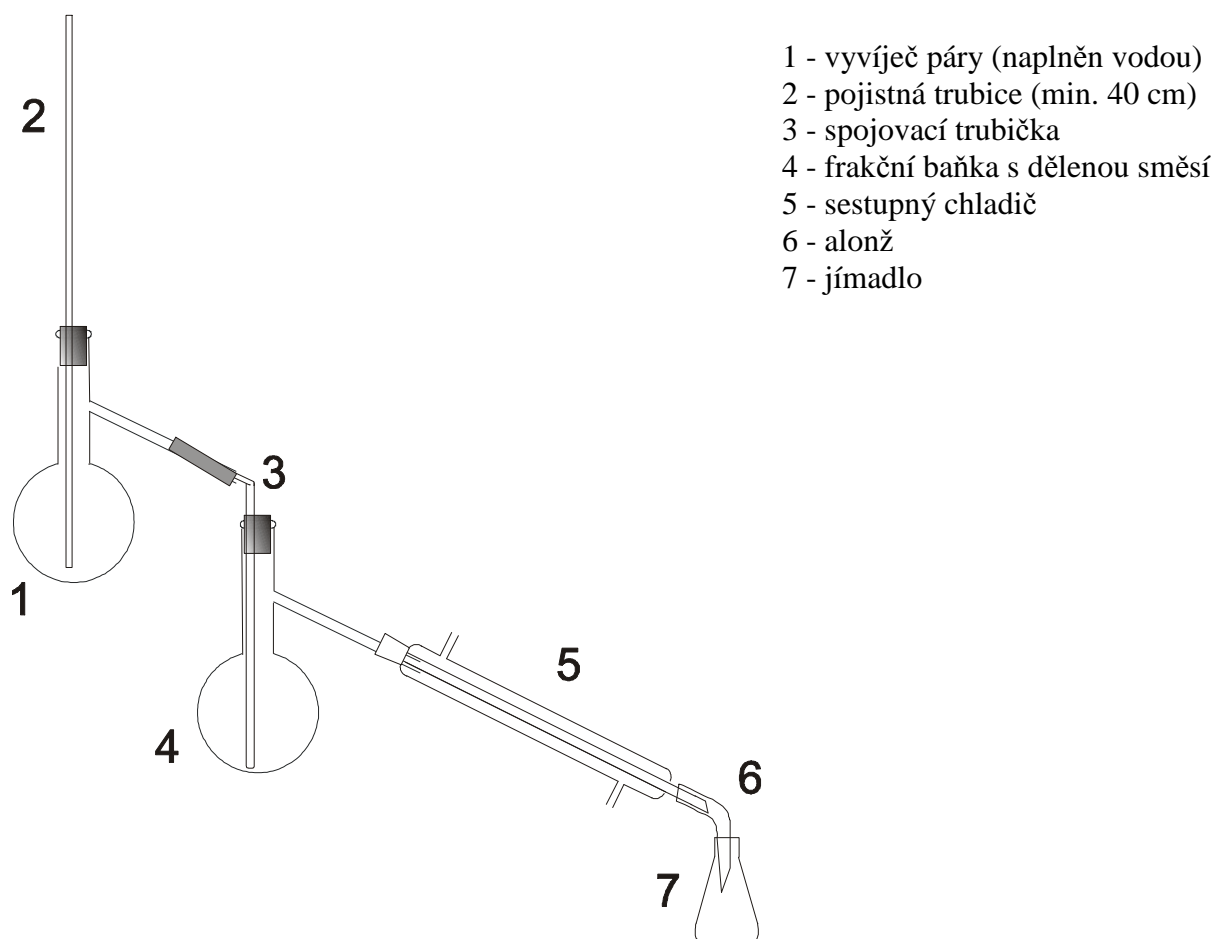
**Bezpečnost práce:** Během přípravy reakční směsi i během celé reakce pracujte s ochranným štítem. Fenol velice silně leptá pokožku. Při případném potřísnění pokožky okamžitě opláchněte proudem vody a potřete glycerolem.

## Destilace s vodní parou

Při destilaci s vodní parou dochází k poklesu teploty varu pod teplotu varu vody. Díky tomu lze destilovat organické látky nemísitelné s vodou při poměrně nízké teplotě.

Aparatura pro destilaci s vodní parou je uvedena na obrázku. Vyvíječ páry je tvořen frakční baňkou naplněnou vodou s pojistnou trubicí. Ta má zabránit nasátí destilačního zbytku do vyvíječe páry při poklesu teploty. Pojistná trubice musí být dostatečně dlouhá (cca 40 cm). Pára se vede do druhé frakční baňky, ve které je destilovaná látka, ke které se přidává cca 50 ml vody. Spojovací trubička musí končit u dna druhé frakční baňky, tak aby procházející pára byla vedena pod hladinu destilované látky. Směs destilované látky a vodní páry je dále vedena do sestupného chladiče a jímadla.

Na začátku destilace je vhodné přehřát i destilovanou látku na teplotu varu tak, aby kondenzující vodní pára ve vařáku byla využita pouze pro dodání výparného tepla. V průběhu destilace se zahřívá pouze vyvíječ páry.



## Úloha č. 8: Obecné vlastnosti a důkazové reakce alkoholů

### 1. Rozpustnost alkoholů ve vodě

**Princip:** Jednotlivé alkoholy se liší rozpustností v rozpouštědlech různé polariry podle toho, jaký je vzájemný poměr polární části s hydroxylovými skupinami a nepolárního uhlovodíkového zbytku v molekule.

**Postup:** Srovnajte rozpustnost ethanolu, propanolu, butylalkoholu, pentanolu a glycerolu ve vodě. Do zkumavek odměřte po 2 ml vody a přidejte vždy po 1 ml zkoumaného alkoholu. Řádně protřepejte a výsledky pozorování zapište ve formě tabulky. Do zkumavky s butylalkoholem přidávejte vodu do úplného rozpuštění alkoholu. K roztoku pak přidávejte malé dávky uhličitanu draselného a pokaždé obsah zkumavky řádně protřepejte. Uhličitan draselný se rozpustí ve vodě, butylalkohol se opět oddělí a vytvoří samostatnou vrstvu (dojde k vysolení alkoholu).

### 2. Důkaz vody v ethanolu

**Postup:** V laboratoři užívaný ethanol obsahuje přibližně 4% vody. Do zkumavky s několika mililitry ethanolu přidejte malou lžičku vyžíhaného síranu měďnatého a obsah zkumavky protřepejte. Po chvíli začne síran měďnatý modrat, vzniká pentahydrát síranu měďnatého.

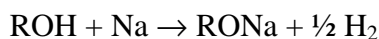
### 3. Tvorba komplexních alkoholátů

**Princip:** Některé soli, které tvoří krystalické aquakomplexy, tvoří obdobné komplexy i s alkoholy. Je to např. chlorid vápenatý, který se proto nehodí k sušení alkoholů.

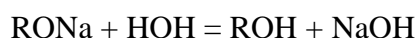
**Postup:** Ke 3 ml ethanolu přidejte plnou lžičku vyžíhaného chloridu vápenatého. Nechte stát do příštího cvičení. Ve zkumavce narostou velké krystaly adičního komplexu  $\text{CaCl}_2 \cdot 3 \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ .

### 4. Příprava ethanolátu sodného

**Princip:** Alkoholáty vyšších alkoholů lze připravit reakcí alkoholu s hydroxidem, pokud se odstraňuje jeden z produktů, nejčastěji voda, z reakční směsi. Všechny alkoholáty lze připravit reakcí alkoholů s alkalickými kovy za vzniku alkoholátu a vodíku.



Vzniklé alkoholáty se vodou hydrolyzují.

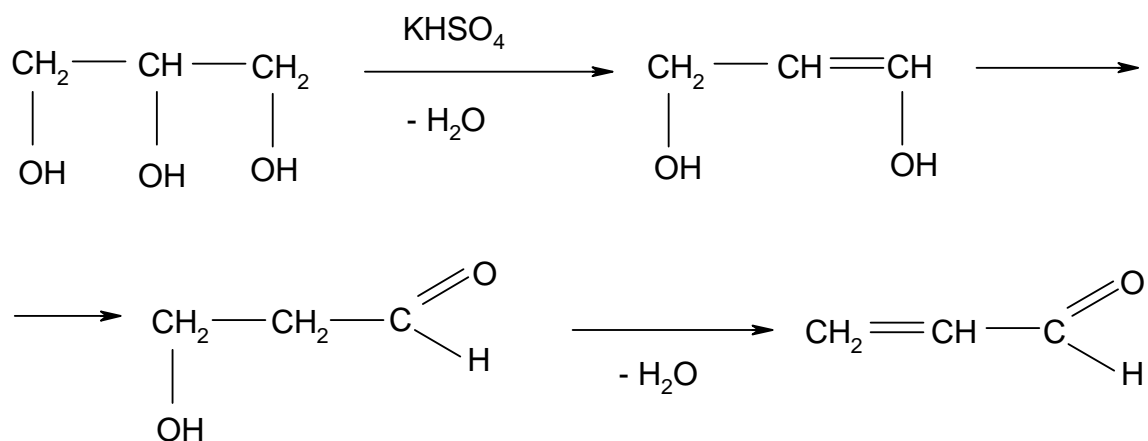


**Postup:** Do zkumavky z těžkotavitelného skla se 3 ml bezvodého ethanolu vhodte malý kousek kovového sodíku. Zkumavku uzavřete zátkou, jíž prochází trubička se zúženým koncem. Po chvíli, až budete mít jistotu, že je vzduch ze zkumavky již vytlačen vznikajícím

vodíkem, unikající plyn zapalte – důkaz vodíku. Po odeznění reakce vlijte roztok ze zkumavky na porcelánovou misku a odpařte na vodní lázni. Na misce zbude bílý amorfni ethanolát sodný. Rozpusťte jej ve vodě a zjistěte reakci roztoku indikátorovým papírkem. Zásaditá reakce je způsobena hydroxidem sodným, který vznikl hydrolyzou ethanolátu.

## 5. Dehydratace alkoholů

**Princip:** Dehydratací alkoholů se získají nenasycené uhlovodíky. Průběh dehydratace alkoholů s větším počtem hydroxylových skupin v molekule je složitější. Např. glycerol dehydratuje až na nepříjemně páchnoucí akrolein (2-propen-1-al):



**Postup:** Do zkumavky dejte lžičku hydrogensíranu draselného a 1 ml glycerolu a směs prudce zahřívajte. Po chvíli ucítíte zápach akroleinu.

## 6. Oxidace alkoholů

**Princip:** Vhodnými oxidačními činidly se oxidují alkoholy primární na aldehydy a dále na kyseliny, sekundární na ketony, terciární se bez porušení uhlíkaté kostry neoxidují. Oxidací alkoholů se v preparativní organické chemii připravují látky všech uvedených skupin.

### a) Oxidace ethanolu manganistanem draselným

**Postup:** Do zkumavky se 2 ml ethanolu přikapávejte 1%ní roztok manganistanu draselného tak dlouho, až roztok zůstane i při mírném zahřívání trvale růžově zbarven. Potom směs opatrně okyselte několika kapkami zředěné kyseliny sírové a znovu zahřejte. Ucítíte zápach acetaldehydu a kyseliny octové.

### b) Oxidace alkoholů chromsírovou směsí

**Příprava chromsírové směsi:** Ke 25 ml 10%ního roztoku dichromanu sodného přidejte 1 ml koncentrované kyseliny sírové.

**Postup:** Do tří zkumavek si připravte po 1 ml primárního, sekundárního a terciárního butylalkoholu. Ke každému vzorku alkoholu přidejte 5 ml chromsírové směsi, promíchejte a zahřívajte ve vodní lázni. V první a druhé zkumavce se dichromanové ionty redukují na

ionty chromité, žlutý roztok zezelená. Ve třetí zkumavce k reakci nedojde. Vznikající butanal v první zkumavce a butanon ve druhé zkumavce lze zjistit čichem nebo po oddestilování několika kapek produktu některou důkazovou reakcí na aldehydy, popř. na ketony.

## 7. Náhrada hydroxylové skupiny halogenem

**Princip:** Halogenderiváty uhlovodíků se často připravují z alkoholů. V důsledku různé reaktivity hydroxylové skupiny primárních, sekundárních a terciárních alkoholů lze převedení na chlórderiváty využít k jejich rozlišení. Tato reakce je známa jako Lucasova zkouška.

Příprava Lucasova činidla: 13 g bezvodého chloridu zinečnatého rozpustíte ve 100 g koncentrované kyseliny chlorovodíkové. (Chlorid zinečnatý totiž částečně váže vodu, která při reakci vzniká.)

**Postup:** Do tří zkumavek dejte po 1 ml primárního, sekundárního a terciárního butylalkoholu. Do každé zkumavky přidejte 5 ml Lucasova činidla, směs protřepejte a pozorujte změny, ke kterým dojde. Terciární alkohol je nejreaktivnější a reaguje ihned.



Na povrchu reakční směsi se vytvoří lehčí, v reakční směsi nerozpustná vrstva chloridu. Sekundární butylalkohol je méně reaktivní, reakční směs se postupně kalí vznikajícím chloridem a teprve po několika minutách vytvoří chlorid souvislou horní vrstvu. Primární butylalkohol za těchto podmínek nereaguje.

**Výsledky pokusů i reakční rovnice запиšte.**

**Bezpečnost práce:** Pozor při práci se sodíkem a při pokusech s Lucasovým činidlem (obsahuje koncentrovanou HCl). Zbytky chromsírové směsi vylévejte pouze do určených lahví.



## Úloha č. 9: Obecné vlastnosti a důkazové reakce fenolů

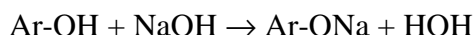
### 1. Rozpustnost fenolů ve vodě

**Postup:** Do jednotlivých zkumavek dejte asi po 1 g vzorku – např. fenolu, resorcinolu, hydrochinonu, pyrogallolu, pyrokatecholu, 1-naftolu, 2-naftolu – přidejte 2 ml vody a protřepejte. Pozorujte různou rozpustnost jednotlivých fenolů. Zkuste podpořit rozpouštění mírným zahřátím. Potom přidejte další 2 ml vody, směs protřepejte a pozorujte rozpouštění, pak zahřejte a opět pozorujte. Výsledky pozorování запиšte ve formě tabulky. Do zkumavky s fenolem přidávejte postupně tolik vody, aby se fenol za tepla rozpustil. Ochlazením se obsah zkumavky nejdříve zakalí, pak fenol opět vypadne z roztoku.

### 2. Reakce hydroxylové skupiny

#### a) Příprava fenolátů

**Princip:** Vlivem aromatického jádra má hydroxylová skupina fenolů kyselější charakter než hydroxylová skupina alkoholů. Fenoly proto reagují s alkalickými hydroxidy za vzniku ve vodě rozpustných fenolátů, které na rozdíl od alkoholátů nepodléhají hydrolýze:



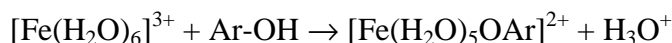
Z fenolátů lze volný fenol vytěsnit i velmi slabými kyselinami, např. oxidem uhličitým. Této reakce se využívá k oddělení fenolů od rozpustných solí málo rozpustných karboxylových kyselin:



**Postup:** Do zkumavek s neúplně rozpuštěnými fenoly z minulého pokusu přikapávejte 10%ní roztok hydroxidu sodného až do úplného rozpuštění fenolů. Potom přidávejte po kapkách zředěný roztok kyseliny chlorovodíkové. Fenoly z roztoku opět vypadnou.

#### b) Reakce s chloridem železitým

**Princip:** Fenoly rozpuštěné v polárních rozpouštědlech dávají barevné roztoky s železitými ionty. Reakce není pro fenoly specifická, barevné roztoky s železitými ionty poskytují i mnohé jiné organické látky – aldehydy, karboxylové kyseliny a jejich deriváty. Barevný komplex fenolů s železitými ionty je chelátem a vzniká částečným vytěsněním molekul rozpouštědla ze solvatovaného železitého iontu fenolem:



**Postup:** Do zkumavky se 2 ml vodného roztoku zkoumaného fenolu kápněte několik kapek 1%ního roztoku chloridu železitého. Vyzkoušejte s různými fenoly a do tabulky запиšte výsledné zbarvení jednotlivých roztoků.

### 3. Reakce na aromatickém jádře

#### a) Halogenace fenolů

**Princip:** Přítomnost hydroxylové skupiny neobyčejně usnadňuje substituci vodíkových atomů na jádře halogenem. Halogenací vznikají sraženiny halogenovaných fenolů.

**Postup:** Do zkumavky připravte 3 ml nasyceného vodného roztoku fenolu a přikapávejte bromovou vodu tak dlouho, dokud se směs odbarvuje. Vznik bílé sraženiny tribromfenolbromu podpořte chlazením roztoku.

#### b) Nitrace fenolů

Přítomnost hydroxylové skupiny usnadňuje také nitraci fenolů – viz příprava o- a p-nitro-fenolu (úloha č.7).

### 4. Oxidační reakce

**Princip:** Fenoly se v alkalickém prostředí oxidují vzdušným kyslíkem na barevné sloučeniny.

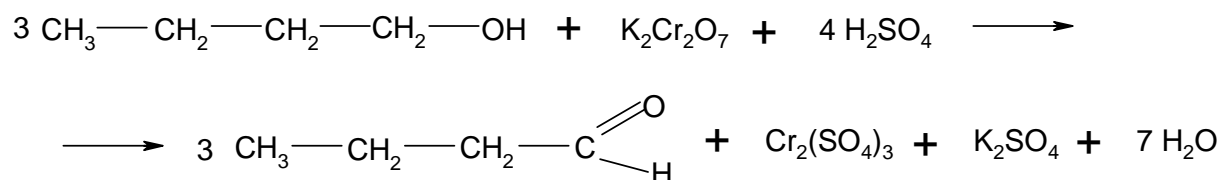
**Postup:** Několik miligramů zkoumaného fenolu rozpustíte ve 2 ml 10%ního roztoku hydroxidu sodného a zkumavkou s reakční směsí důkladně třepete. Po chvíli se roztok zbarví. Pokus proveďte s různými fenoly – některé fenoly zbarvení nedávají.

**Veškerá pozorování запиšte do přehledných tabulek.**

**Bezpečnost práce:** Fenol velice silně leptá pokožku. Při případném potřísnění pokožky okamžitě opláchněte proudem vody a potřete glycerolem. Všechny reakční zbytky slévejte do určených lahví.

## Úloha č. 10: Příprava butanalů oxidací 1-butanolu

**Princip:** 1-butanol lze oxidovat v kapalně fázi chromsírovou směsí na butanal. Aby se zabránilo další oxidaci butanalů na kyselinu butanovou, musí se aldehyd z reakční směsi oddestilovávat. V reakční směsi probíhají následující reakce :



**Úkol:** Připravte 30 g 1-butanalů z 1-butanolů.

**Postup:** Vypočtené množství dichromanu draselného rozpustíte ve 250 ml vody. K roztoku přidejte za stálého míchání příslušný vypočtený objem koncentrované kyseliny sírové. Butanol předložte do 500 ml frakční baňky opatřené přikapávací nálevkou s chromsírovou směsí a sestupným vodním chladičem a zahřejte na síťce, až páry dosáhnou boční trubice frakční baňky.

Potom postupně přidávejte chromsírovou směs tak, aby kapalina stále mírně destilovala. Pokud poklesne teplota, přihřejte baňku. Po přidání chromsírové směsi oddestilujte asi polovinu obsahu frakční baňky.

Destilát přelijte do dělicí baňky, vrstvy oddělte a surový butanal vysušte bezvodým síranem hořečnatým . Sušidlo odfiltrujte a surový produkt predestilujte za teploty 72 - 76 °C

Získaný produkt zvažte a změřte jeho index lomu.

**Výpočty:** Při výpočtu dávkování reaktantů předpokládejte průběh reakce podle uvedené stechiometrie. Praktický výtěžek udejte v %hm. Předpokládaný výtěžek reakce je asi 45 %.

**Bezpečnost práce:** Při manipulaci s chromsírovou směsí a kyselinou sírovou používejte ochranný štít.

## Úloha č. 11: Důkazové reakce karbonylových sloučenin

Pro důkazy a identifikaci aldehydů a ketonů se nejčastěji používá

- oxidačně-redukčních reakcí,
- kondenzačních reakcí,
- některých jiných reakcí barevných.

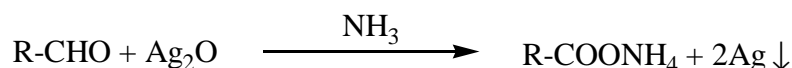
Polární povaha karbonylové skupiny kladně ovlivňuje reaktivitu aldehydů a ketonů. Obecně jsou aldehydy reaktivnější než ketony.

### 1. Reakce oxidačně-redukční

K důkazům se užívá oxidačních činidel, která redukcí poskytují barevné sraženiny. Ketony většinou nereagují, takže lze těchto reakcí využít k rozlišení ketonů od aldehydů, které se při reakci oxidují na příslušné karboxylové kyseliny. Tyto důkazy nejsou však pro aldehydy specifické. S Tollensovým činidlem reagují vedle aldehydů i cukry, aromatické aminy, kyselina mravenčí a jiné snadno oxidovatelné látky. Aromatické aldehydy s Fehlingovým činidlem nereagují, protože v jeho silně alkalickém prostředí probíhá přednostně Cannizzarova reakce.

#### a) Reakce aldehydů s Tollensovým činidlem

**Princip:** Aldehydy se v prostředí amoniakálního roztoku oxidu stříbrného oxidují na amonnou sůl karboxylové kyseliny za současné redukce stříbrných iontů na kovové stříbro, které se objeví ve formě kovového zrcátka na stěnách zkumavky nebo ve formě šedočerné sraženiny.



Příprava Tollensova činidla:

Roztok I: 10%ní vodný roztok dusičnanu stříbrného.

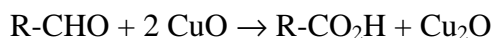
Roztok II: 10%ní vodný roztok hydroxidu sodného.

Před pokusem smíchejte stejné objemy obou roztoků a po kapkách přidávejte zředěný roztok amoniaku právě jen do rozpuštění sraženiny oxidu stříbrného. Připravené činidlo je nutno ihned použít k reakci. Ani reakční směs nesmí dlouho stát pro nebezpečí vzniku třaskavého stříbra.

**Postup:** Do dobře odmaštěné zkumavky dejte několik miligramů nebo kapek zkoumaného aldehydu, přidejte 1 ml vody a 2 ml Tollensova činidla. Obsah zkumavky nechte stát několik minut v klidu. Je-li tvorba stříbrného zrcátka příliš pomalá, zahřejte reakční směs opatrně na vodní lázni. Po ukončení pokusu reakční směs ihned vylijte do určené lahve a výsledky zapište.

## b) Reakce alifatických aldehydů s Fehlingovým činidlem

**Princip:** Alifatické aldehydy redukují za varu komplexně vázané ionty měďnaté z modrého roztoku Fehlingova činidla na červený oxid měďný:



Příprava Fehlingova činidla:

Roztok I: 34,63 g pentahydrátu síranu měďnatého rozpustíte v 500 ml destilované vody.

Roztok II: 173 g vinanu sodno-draselného (Seignettova sůl) rozpustíte ve 400 ml destilované vody a přidejte roztok 51,6 g hydroxidu sodného ve 100 ml destilované vody.

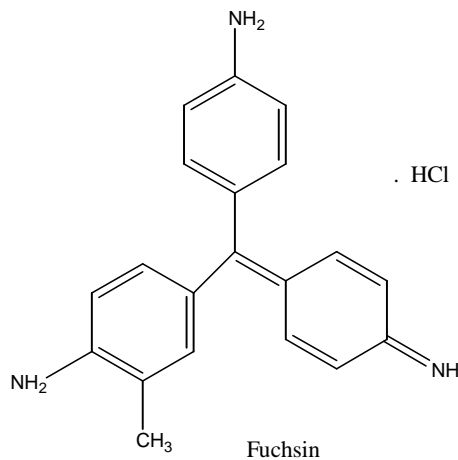
Oba roztoky se smíchají až před pokusem, protože měďnatý komplex není dostatečně stálý.

**Postup:** Do zkumavky nalijte 1 ml roztoku I a 1 ml roztoku II a protřepejte. Vznikne čirý, sytě modrý roztok. Přidejte několik kapek vzorku nebo roztoku vzorku alifatického aldehydu, opatrně zahřejte k varu na vodní lázni a pozorujte vznik červené sraženiny oxidu měďného. Pokus opakujte s benzaldehydem, sraženina se neobjeví. Výsledky pokusů zapište.

## 2. Reakce kondenzační

Reakce se Schiffovým činidlem

**Princip:** Reakce aldehydů se Schiffovým činidlem je patrně reakcí kondenzační. Výsledné zbarvení není způsobeno pouze zpětnou oxidací fuchsínu ( $\text{C}_{20}\text{H}_{21}\text{N}_3\text{Cl}$ ), předem odbarveného oxidem siřičitým, nýbrž vzniká zde poměrně složitý kondenzační produkt. Reakce je možno použít k rozlišení aldehydů od ketonů, které s Schiffovým činidlem nereagují.



Příprava Schiffova činidla:

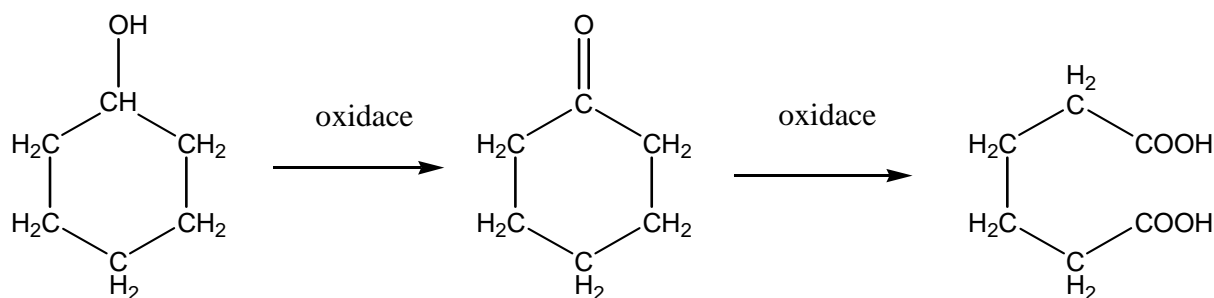
0,2 g fuchsínu rozpustíte za tepla ve 120 ml vody, po ochlazení přidejte roztok 2 g bezvodého hydrogensířičitanu sodného ve 200 ml vody, 2 ml koncentrované kyseliny chlorovodíkové.

Činidlo časem ztrácí na citlivosti.

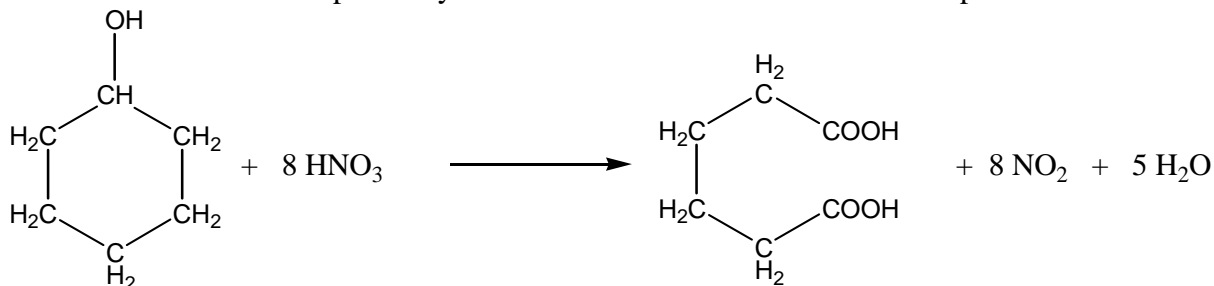
**Postup:** K několika kapkám vzorku nebo roztoku vzorku ve zkumavce přidejte 2 ml Schiffova činidla. Objeví se červené, červenofialové až modré zbarvení. Výsledky pokusů zapište.

## Úloha č. 12: Příprava kyseliny hexandiové (adipové) oxidací cyklohexanolu

**Princip:** Reakce je příkladem přípravy alifatické dikarboxylové kyseliny oxidačním štěpením cyklických karbonylových sloučenin. Jako výchozí látku lze použít cyklohexanol nebo cyklohexanon. Cyklohexanol lze oxidačně převést nejprve na cyklohexanon a ten potom energetickou oxidací štěpit na kyselinu hexandiovou :



Jako oxidační činidlo lze použít kyselinu dusičnou. Celkově lze oxidaci zapsat rovnicí :



**Úkol:** Připravte kyselinu adipovou oxidací cyklohexanolu.

**Postup:** Do 250 ml varné baňky opatřené zpětným chladičem předložte směs 25 ml koncentrované kyseliny dusičné a 25 ml vody. Směs přiveďte k varu na vzdušné lázni. Potom zastavte zahřívání a postupně přidejte 6,5 g cyklohexanolu. Přikapávání musí být velice pomalé za stálého míchání ! Každá kapka musí zreagovat dříve než se další kapka dostane do reakční směsi. Navrstvení cyklohexanolu nad reakční směsí může vést k explozivnímu průběhu reakce.

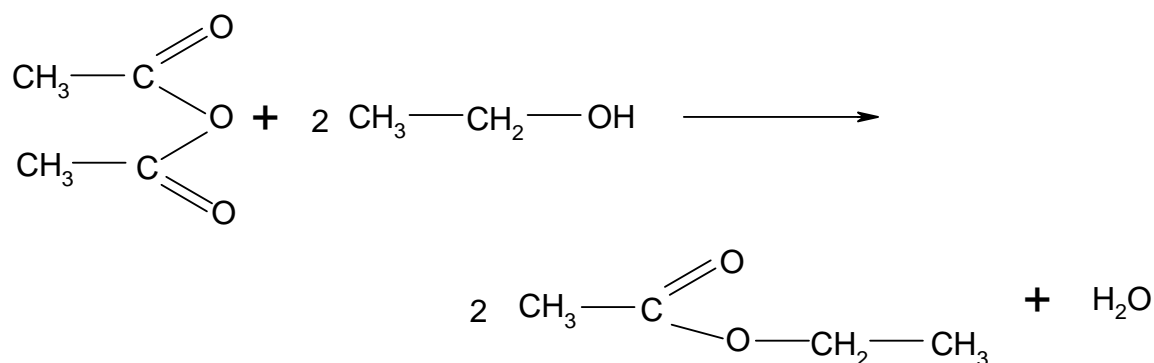
Po přidání veškerého cyklohexanolu vařte směs asi 30 minut. Potom nalijte obsah baňky na porcelánovou misku a v digestoři odpařte asi polovinu objemu. Krystaly kyseliny adipové odsajte na Büchnerově nálevce.

**Výpočty:** Vypočítejte teoretický výtěžek a skutečný výtěžek v %hm.. Jako základní látku vezměte cyklohexanol. Výtěžek reakce je asi 65 %.

**Bezpečnost práce:** Při práci s kyselinou dusičnou a během přidávání cyklohexanolu pracujte s ochranným štítem ! Úlohu provádějte v digestoři.

### Úloha č. 13: Příprava ethylacetátu z ethanolu a acetanhydridu

**Princip:** Estery karboxylových kyselin lze připravit přímou esterifikací, tj. reakcí karboxylové kyseliny a alkoholu. Pro některé esterifikace je z důvodu reaktivity vhodnější použít reaktivnější deriváty karboxylových kyselin tj. acylhalogenidy resp. anhydridy. Ethylacetát lze připravit podle rovnice:



**Úkol:** Připravte 1 mol ethylacetátu.

**Postup:** Do 250 ml baňky s kulatým dnem opatřené zpětným chladičem odměřte potřebné množství ethanolu a katalytické množství koncentrované kyseliny sírové (cca 0,5 ml). Reakční směs zahřejte na vzdušné lázni k varu. Postupně přidejte po malých kapkách potřebné množství acetanhydridu. Rychlost přidávání regulujte podle průběhu reakce tak, aby směs stále mírně vřela.

Po přidání veškerého anhydridu zahřívejte směs ještě 45 min. k varu. Na baňku nasad'te destilační nástavec a vše (až na malý zbytek cca 5 ml) předestilujte. Destilát převed'te do dělicí nálevky a protřepávejte 50 ml 15% roztoku uhličitanu sodného. Protřepáváme tolikrát, až spodní vrstva, kterou odpouštíme, reaguje alkalicky na indikátorový papírek. Pak zkusíme, zda esterová vrstva nereaguje již kyselé (indikátorovým papírkem, ovlhčeným ve zředěném alkoholu).

Pozor na bouřlivý průběh neutralizace.

Po oddělení esteru protřepejte surový produkt roztokem chloridu vápenatého (10 g bezv. chloridu vápenatého ve 10 ml vody, roztok je třeba zfiltrvat), aby se odstranil nezreagovaný ethanol a vrstvy oddělte.

Nakonec ester vysušte bezvodým chloridem vápenatým. Konec sušení poznáte podle toho, že vzniká krystalická sloučenina ethylesteru a chloridu vápenatého. S posledním podílem chloridu vápenatého nechte ester ve styku alespoň 2 hodiny. Ester odlijte, (nefiltrujte) a produkt předestilujte z vodní lázně v rozmezí teploty varu 74 až 79 °C. Čistý produkt zvažte, změřte jeho index lomu. Vypoč'tete skutečný výtěžek.

**Výpočty:** Při výpočtu dávkování reaktantů uvažujte průběh reakce podle uvedené stechiometrie. Praktický výtěžek udejte v %hm..

**Bezpečnost práce:** Acetanhydrid je silně hygroskopická kapalina, která se reakcí s vodou rozkládá na kyselinu octovou. Při manipulaci s touto látkou používejte ochranný štít.



## Úloha č. 14: Příprava esterů v malém množství

### Příprava 3-methylbutylacetátu

Do Erlenmayerovy baňky se 4 ml koncentrované kyseliny sírové přidávejte opatrně po dávkách 4 ml izopentanolu. Pak přidejte 5 ml ledové kyseliny octové a slabě zahřejte, až cítíte vůni esteru po zralých hruškách nebo banánech. Po vlití obsahu baňky do kádinky s vodou olejové kapky esteru zůstávají na povrchu.

### Příprava ethylesteru kyseliny benzoové z kyseliny benzoové a ethanolu

Ve zkumavce zahřívejte 0,5 g kyseliny benzoové se 2 ml ethanolu a 2 kapkami konc. kyseliny sírové. Ucítíte charakteristickou vůni ethylesteru kyseliny benzoové.

Ethylester kyseliny mravenčí – z ethylalkoholu a kyseliny mravenčí – rumová vůně – užívá se jako umělé rumové aroma.

Butylacetát a izobutylacetát – z butanolu a z kyseliny octové, voní silně po ovoci .

Pentylacetát a izopentylacetát – z pentanolu a z kyseliny octové – zředěné estery voní po hruškách a ovoci.

Methylester kyseliny máselné – z methylalkoholu a kyseliny máselné, připomíná vůni renety.

Ethylester kyseliny máselné – z ethylalkoholu a kyseliny máselné, má charakteristickou vůni ananasů.

Pentylester a izopentylester kyseliny máselné – z pentanolu a kyseliny máselné, voní po hruškách.

Methylester a ethylester kyseliny benzoové – z ethanolu a kyseliny benzoové, voní po balzámu.

Pentylester a izopentylester kyseliny benzoové – voní po jeteli a ambře.

Ethylester kyseliny salicylové – připomíná vůni silici libavkovou.

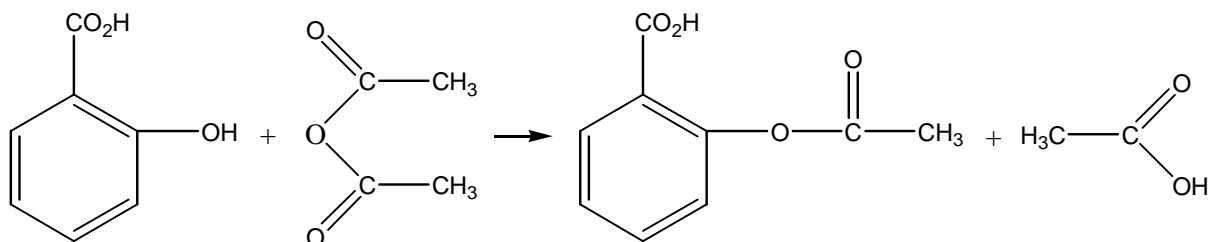
Pentylester kyseliny salicylové voní silně až nepříjemně po orchidejích.

### Zmýdelnění esterů

Ve zkumavce rozmíchejte několik kapek ethylacetátu s vodou a rozdělte připravenou směs do dvou zkumavek. Do první zkumavky dejte několik kapek nasyceného roztoku hydroxidu sodného a do druhé zkumavky dejte stejné množství konc. kyseliny sírové. Zkumavky zazátkujte a třepejte. Podle vymizení vůně určete, ve které zkumavce proběhne zmýdelnění rychleji. Zkoušejte zmýdelnit i jiné estery.

## Úloha č. 15 : Příprava kyseliny acetylsalicylové

**Princip:** Kyselina acetylsalicylová je známa jako farmaceutický přípravek Acylpyrin. Její vznik vystihuje rovnice:



**Úkol:** Připravte kyselinu acetylsalicylovou z kyseliny salicylové a acetanhydridu.

**Postup:** V baňce na 50 ml s kulatým dnem smíchejte 2 g kyseliny salicylové a 5 ml acetanhydridu a přidejte 5 kapek sirupovité kyseliny fosforečné (85%ní). Směs zahřívejte 90 minut pod zpětným chladičem ve vodní lázni na teplotu  $85 - 90^\circ\text{C}$ .

Pak baňku vyjměte z lázně a chladičem přidejte do reakční směsi 2 ml vody. Nadbytek acetanhydridu se rozloží a uvolněným teplem se směs zahřeje k varu. Po odeznění bouřlivě probíhajícího rozkladu přidejte 20 ml vody a nechte zvolna chladnout, až začne krystalovat kyselina acetylsalicylová. Krystalizaci můžete podpořit třením stěny baňky tyčinkou.

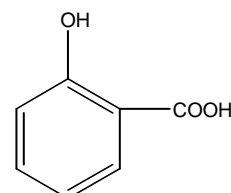
Pak baňku ochlaďte ledem a přidejte ještě 10 až 15 ml vody. Vykrytalovaný produkt odsajte, promyjte vodou a vysušte na vzduchu.

**Bezpečnost práce:** Acetanhydrid je silně hygroskopická kapalina, která se reakcí s vodou rozkládá na kyselinu octovou. Při manipulaci s touto látkou používejte ochranný štít.

## Acylpyrin

Každý z nás měl již někdy horečku. Za krátkou dobu po požití tablety acylpyrinu, která je lehce nahořklá a působí svíravě, klesne znatelně teplota těla, a jako doprovodný jev se dostaví silné pocení. Podíváme-li se na lékovku, najdeme pod označením léku jeho přesné chemické složení : kyselina acetylsalicylová. Svým chemickým složením je derivátem kyseliny salicylové, kterou bychom se měli zabývat nejdříve.

Chemická povaha kyseliny salicylové vyplývá z jejího strukturního vzorce.



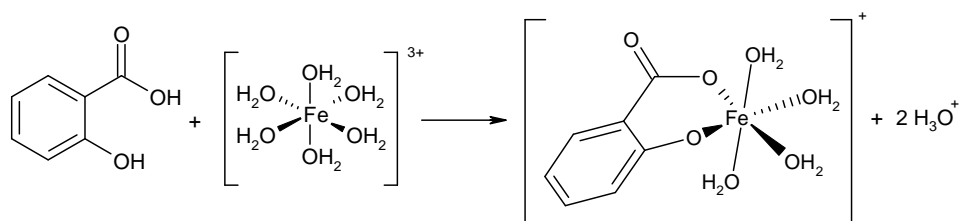
### Experimentujeme s kyselinou salicylovou

K pokusům použijeme kyselinu salicylovou, krystalický prášek, jenž je ve studené vodě obtížně rozpustný, ale v horké vodě i v alkoholu nebo acetonu se rozpouští snadno. Při opatrném zahřívání ve zkumavce sublimuje, kdežto při prudkém ohřátí se štěpí na fenol a oxid uhličitý.

Kyselina salicylová a četné její deriváty dávají s železitémi solemi intenzivní fialové zbarvení. Ovšem i jiné organické sloučeniny dávají podobné reakce s chloridem železitým. Např. fenol. Barevný komplex vzniká vytěšňováním molekul vody z hexaaquaželezitého iontu molekulami fenolu.

### Provedení:

Odvážíme 0,5 g kyseliny salicylové a rozpustíme ji ve 250 ml mírně ohřáté vody. Pipetou odebereme 1 ml roztoku a zředíme ho ve zkumavce s 9 ml vody. Z této zkumavky odebereme 1 ml a zředíme ho v další zkumavce v poměru 1 : 10. Ve třetí a čtvrté zkumavce ředíme stejným způsobem. Nyní obsah všech čtyř zkumavek mírně ohřejeme a přidáme roztok chloridu železitého. Pozorujeme, při kterém zředění se ještě objeví znatelné fialové zbarvení.

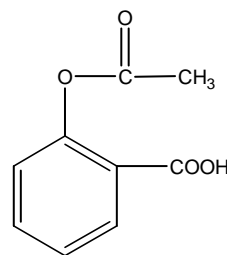


K malému množství dříve připraveného roztoku kyseliny salicylové přidáme několik kapek zředěného roztoku síranu měďnatého a zahřejeme. Objeví se syté smaragdově zelené zbarvení. Kyselina vinná vytváří intenzivně modrý komplex s ionty měďnatými v alkalickém prostředí.

### Kyselina acetylsalicylová

Tabletu acylpyrinu rozpustíme ve 200 ml vody za mírného zahřívání a míchání. Indikátorovým papírkem vyzkoušíme reakci. Protože v molekule je volná skupina -COOH, reaguje roztok kyselce.

Zkusíme, zda probíhají s chloridem železitým nebo se síranem měďnatým podobné reakce jako u kyseliny salicylové.



## Standardní věty označující specifickou rizikovost (R-věty)

### 1.1 Jednoduché R-věty

R 1	Výbušný v suchém stavu
R 2	Nebezpečí výbuchu při úderu, tření, ohni nebo působením jiných zdrojů zapálení
R 3	Velké nebezpečí výbuchu při úderu, tření, ohni nebo působením jiných zdrojů zapálení
R 4	Vytváří vysoce výbušné kovové sloučeniny
R 5	Zahřívání může způsobit výbuch
R 6	Výbušný za přístupu i bez přístupu vzduchu
R 7	Může způsobit požár
R 8	Dotek s hořlavým materiálem může způsobit požár
R 9	Výbušný při smíchání s hořlavým materiálem.
R 10	Hořlavý
R 11	Vysoce hořlavý
R 12	Extrémně hořlavý
R 14	Prudce reaguje s vodou
R 15	Při styku s vodou uvolňuje extrémně hořlavé plyny
R 16	Výbušný při smíchání s oxidačními látkami
R 17	Samovznětlivý na vzduchu
R 18	Při používání může vytvářet hořlavé nebo výbušné směsi par se vzduchem
R 19	Může vytvářet výbušné peroxidy
R 20	Zdraví škodlivý při vdechování
R 21	Zdraví škodlivý při styku s kůží
R 22	Zdraví škodlivý při požití
R 23	Toxický při vdechování
R 24	Toxický při styku s kůží
R 25	Toxický při požití
R 26	Vysoce toxický při vdechování
R 27	Vysoce toxický při styku s kůží
R 28	Vysoce toxický při požití
R 29	Uvolňuje toxický plyn při styku s vodou
R 30	Při používání se může stát vysoce hořlavým
R 31	Uvolňuje toxický plyn při styku s kyselinami
R 32	Uvolňuje vysoce toxický plyn při styku s kyselinami
R 33	Nebezpečí kumulativních účinků
R 34	Způsobuje poleptání
R 35	Způsobuje těžké poleptání
R 36	Dráždí oči
R 37	Dráždí dýchací orgány
R 38	Dráždí kůži
R 39	Nebezpečí velmi vážných nevratných účinků
R 40	Podezření na karcinogenní účinky
R 41	Nebezpečí vážného poškození očí
R 42	Může vyvolat senzibilizaci při vdechování
R 43	Může vyvolat senzibilizaci při styku s kůží
R 44	Nebezpečí výbuchu při zahřátí v uzavřeném obalu

R 45	Může vyvolat rakovinu
R 46	Může vyvolat poškození dědičných vlastností
R 48	Při dlouhodobé expozici nebezpečí vážného poškození zdraví
R 49	Může vyvolat rakovinu při vdechování
R 50	Vysoce toxický pro vodní organismy
R 51	Toxický pro vodní organismy
R 52	Škodlivý pro vodní organismy
R 53	Může vyvolat dlouhodobé nepříznivé účinky ve vodním prostředí
R 54	Toxický pro rostliny
R 55	Toxický pro živočichy
R 56	Toxický pro půdní organismy
R 57	Toxický pro včely
R 58	Může vyvolat dlouhodobé nepříznivé účinky v životním prostředí
R 59	Nebezpečný pro ozonovou vrstvu
R 60	Může poškodit reprodukční schopnost
R 61	Může poškodit plod v těle matky
R 62	Možné nebezpečí poškození reprodukční schopnosti
R 63	Možné nebezpečí poškození plodu v těle matky
R 64	Může poškodit kojené dítě
R 65	Zdraví škodlivý: při požití může vyvolat poškození plic
R 66	Opakovaná expozice může způsobit vysušení nebo popraskání kůže
R 67	Vdechování par může způsobit ospalost a závratě
R 68	Možné nebezpečí nevratných účinků

## 1.2 Kombinované R -věty

R 14/15	Prudce reaguje s vodou za uvolňování extrémně hořlavých plynů
R 15/29	Při styku s vodou uvolňuje toxický, extrémně hořlavý plyn
R 20/21	Zdraví škodlivý při vdechování a při styku s kůží
R 20/22	Zdraví škodlivý při vdechování a při požití
R 20/21/22	Zdraví škodlivý při vdechování, styku s kůží a při požití
R 21/22	Zdraví škodlivý při styku s kůží a při požití
R 23/24	Toxický při vdechování a při styku s kůží
R 23/25	Toxický při vdechování a při požití
R 23/24/25	Toxický při vdechování, styku s kůží a při požití
R 24/25	Toxický při styku s kůží a při požití
R 26/27	Vysoce toxický při vdechování a při styku s kůží
R 26/28	Vysoce toxický při vdechování a při požití
R 26/27/28	Vysoce toxický při vdechování, styku s kůží a při požití
R 27/28	Vysoce toxický při styku s kůží a při požití
R 36/37	Dráždí oči a dýchací orgány
R 36/38	Dráždí oči a kůži
R 36/37/38	Dráždí oči, dýchací orgány a kůži
R 37/38	Dráždí dýchací orgány a kůži
R 39/23	Toxický: nebezpečí velmi vážných nevratných účinků při vdechování
R 39/24	Toxický: nebezpečí velmi vážných nevratných účinků při styku s kůží
R 39/25	Toxický: nebezpečí velmi vážných nevratných účinků při požití
R 39/23/24	Toxický: nebezpečí velmi vážných nevratných účinků při vdechování a při styku s kůží

- R 39/23/25 Toxický: nebezpečí velmi vážných nevratných účinků při vdechování a při požití
- R 39/24/25 Toxický: nebezpečí velmi vážných nevratných účinků při styku s kůží a při požití
- R 39/23/24/25 Toxický: nebezpečí velmi vážných nevratných účinků při vdechování, styku s kůží a při požití
- R 39/26 Vysoce toxický: nebezpečí velmi vážných nevratných účinků při vdechování
- R 39/27 Vysoce toxický: nebezpečí velmi vážných nevratných účinků při styku s kůží
- R 39/28 Vysoce toxický: nebezpečí velmi vážných nevratných účinků při požití
- R 39/26/27 Vysoce toxický: nebezpečí velmi vážných nevratných účinků při vdechování a při styku s kůží
- R 39/26/28 Vysoce toxický: nebezpečí velmi vážných nevratných účinků při vdechování a při požití
- R 39/27/28 Vysoce toxický: nebezpečí velmi vážných nevratných účinků při styku s kůží a při požití
- R 39/26/27/28 Vysoce toxický: nebezpečí velmi vážných návratných účinků při vdechování, styku s kůží a při požití
- R 42/43 Může vyvolat senzibilizaci při vdechování a při styku s kůží
- R 48/20 Zdraví škodlivý: nebezpečí vážného poškození zdraví při dlouhodobé expozici vdechováním
- R 48/21 Zdraví škodlivý: nebezpečí vážného poškození zdraví při dlouhodobé expozici stykem s kůží
- R 48/22 Zdraví škodlivý: nebezpečí vážného poškození zdraví při dlouhodobé expozici požíváním
- R 48/20/21 Zdraví škodlivý: nebezpečí vážného poškození zdraví při dlouhodobé expozici vdechováním a stykem s kůží
- R 48/20/22 Zdraví škodlivý: nebezpečí vážného poškození zdraví při dlouhodobé expozici vdechováním a požíváním
- R 48/21/22 Zdraví škodlivý: nebezpečí vážného poškození zdraví při dlouhodobé expozici stykem s kůží a požíváním
- R 48/20/21/22 Zdraví škodlivý: nebezpečí vážného poškození zdraví při dlouhodobé expozici vdechováním, stykem s kůží a požíváním
- R 48/23 Toxický: nebezpečí vážného poškození zdraví při dlouhodobé expozici vdechováním
- R 48/24 Toxický: nebezpečí vážného poškození zdraví při dlouhodobé expozici stykem s kůží
- R 48/25 Toxický: nebezpečí vážného poškození zdraví při dlouhodobé expozici požíváním
- R 48/23/24 Toxický: nebezpečí vážného poškození zdraví při dlouhodobé expozici vdechováním a stykem s kůží
- R 48/23/25 Toxický: nebezpečí vážného poškození zdraví při dlouhodobé expozici vdechováním a požíváním
- R 48/24/25 Toxický: nebezpečí vážného poškození zdraví při dlouhodobé expozici stykem s kůží a požíváním
- R 48/23/24/25 Toxický: nebezpečí vážného poškození zdraví při dlouhodobé expozici vdechováním, stykem s kůží a požíváním
- R 50/53 Vysoce toxický pro vodní organismy, může vyvolat dlouhodobé nepříznivé účinky ve vodním prostředí
- R 51/53 Toxický pro vodní organismy, může vyvolat dlouhodobé nepříznivé účinky ve vodním prostředí

- R 52/53 Škodlivý pro vodní organismy, může vyvolat dlouhodobé nepříznivé účinky ve vodním prostředí
- R 68/20 Zdraví škodlivý: možné nebezpečí nevratných účinků při vdechování
- R 68/21 Zdraví škodlivý: možné nebezpečí nevratných účinků při styku s kůží
- R 68/22 Zdraví škodlivý: možné nebezpečí nevratných účinků při požití
- R 68/20/21 Zdraví škodlivý: možné nebezpečí nevratných účinků při vdechování a při styku s kůží
- R 68/20/22 Zdraví škodlivý: možné nebezpečí nevratných účinků při vdechování a při požití
- R 68/21/22 Zdraví škodlivý: možné nebezpečí nevratných účinků při styku s kůží a při požití
- R 68/20/21/22 Zdraví škodlivý: možné nebezpečí nevratných účinků při vdechování, styku s kůží a při požití

## Standardní pokyny pro bezpečné nakládání (S-věty)

### 2.1 Jednoduché S – věty

- S 1 Uchovávejte uzamčené
- S 2 Uchovávejte mimo dosah dětí
- S 3 Uchovávejte na chladném místě
- S 4 Uchovávejte mimo obytné objekty
- S 5 Uchovávejte pod .... (příslušnou kapalinu specifikuje výrobce)
- S 6 Uchovávejte pod .....(inertní plyn specifikuje výrobce)
- S 7 Uchovávejte obal těsně uzavřený
- S 8 Uchovávejte obal suchý
- S 9 Uchovávejte obal na dobře větraném místě
- S 12 Neuchovávejte obal těsně uzavřený
- S 13 Uchovávejte odděleně od potravin, nápojů a krmiv
- S 14 Uchovávejte odděleně od ...(vzájemně se vylučující látky uvede výrobce)
- S 15 Chraňte před teplem
- S 16 Uchovávejte mimo dosah zdrojů zapálení - Zákaz kouření
- S 17 Uchovávejte mimo dosah hořlavých materiálů
- S 18 Zacházejte s obalem opatrně a opatrně jej otevírejte
- S 20 Nejezte a nepijte při používání
- S 21 Nekuřte při používání
- S 22 Nevdechujte prach
- S 23 Nevdechujte plyny/dýmy/páry/aerosoly (příslušný výraz specifikuje výrobce)
- S 24 Zamezte styku s kůží
- S 25 Zamezte styku s očima
- S 26 Při zasažení očí okamžitě důkladně vypláchněte vodou a vyhledejte lékařskou pomoc
- S 27 Okamžitě odložte veškeré kontaminované oblečení
- S 28 Při styku s kůží okamžitě omyjte velkým množstvím .....(vhodnou kapalinu specifikuje výrobce)
- S 29 Nevylévejte do kanalizace
- S 30 K tomuto výrobku nikdy nepřidávejte vodu
- S 33 Proveďte preventivní opatření proti výbojům statické elektřiny
- S 35 Tento materiál a jeho obal musí být zneškodněny bezpečným způsobem

- S 36 Používejte vhodný ochranný oděv
- S 37 Používejte vhodné ochranné rukavice
- S 38 V případě nedostatečného větrání používejte vhodné vybavení pro ochranu dýchacích orgánů
- S 39 Používejte osobní ochranné prostředky pro oči a obličej
- S 40 Podlahy a předměty znečištěné tímto materiálem čistěte .... (specifikuje výrobce)
- S 41 V případě požáru nebo výbuchu nevdechujte dýmy
- S 42 Při fumigaci nebo rozprašování používejte vhodný ochranný prostředek k ochraně dýchacích orgánů (specifikaci uvede výrobce)
- S 43 V případě požáru použijte ... (uved'te zde konkrétní typ hasicího zařízení. Pokud zvyšuje riziko voda, připojte „Nikdy nepoužívat vodu“)
- S 45 V případě nehody, nebo necítíte-li se dobře, okamžitě vyhledejte lékařskou pomoc (je-li možno, ukažte toto označení)
- S 46 Při požití okamžitě vyhledejte lékařskou pomoc a ukažte tento obal nebo označení
- S 47 Uchovávejte při teplotě nepřesahující ...°C (specifikuje výrobce)
- S 48 Uchovávejte ve zvlhčeném stavu ..... (vhodnou látku specifikuje výrobce)
- S 49 Uchovávejte pouze v původním obalu
- S 50 Nesměšujte s ..... (specifikuje výrobce)
- S 51 Používejte pouze v dobře větraných prostorách
- S 52 Nedoporučuje se pro použití v interiéru na velké plochy
- S 53 Zamezte expozici - před použitím si obstarajte speciální instrukce
- S 56 Zneškodněte tento materiál a jeho obal ve sběrném místě pro zvláštní nebo nebezpečné odpady
- S 57 Použijte vhodný obal k zamezení kontaminace životního prostředí
- S 59 Informujte se u výrobce nebo dodavatele o regeneraci nebo recyklaci
- S 60 Tento materiál a jeho obal musí být zneškodněny jako nebezpečný odpad
- S 61 Zabraňte uvolnění do životního prostředí. Viz speciální pokyny nebo bezpečnostní listy
- S 62 Při požití nevyvolávejte zvracení: okamžitě vyhledejte lékařskou pomoc a ukažte tento obal nebo označení
- S 63 V případě nehody při vdechnutí přeneste postiženého na čerstvý vzduch a ponechte jej v klidu
- S 64 Při požití vypláchněte ústa velkým množstvím vody (pouze je-li postižený při vědomí)

## 2.2 Kombinované S -věty

- S 1/2 Uchovávejte uzamčené a mimo dosah dětí
- S 3/7 Uchovávejte obal těsně uzavřený na chladném místě
- S 3/9/14 Uchovávejte na chladném, dobře větraném místě odděleně od .... (vzájemně se vylučující látky uvede výrobce)
- S 3/9/14/49 Uchovávejte pouze v původním obalu na chladném dobře větraném místě, odděleně od ....(vzájemně se vylučující látky uvede výrobce)
- S 3/9/49 Uchovávejte pouze v původním obalu na chladném, dobře větraném místě
- S 3/14 Uchovávejte na chladném místě, odděleně od (vzájemně se vylučující látky uvede výrobce)
- S 7/8 Uchovávejte obal těsně uzavřený a suchý
- S 7/9 Uchovávejte obal těsně uzavřený, na dobře větraném místě



- S 7/47 Uchovávejte obal těsně uzavřený, při teplotě nepřesahující .... °C (specifikuje výrobce)
- S 20/21 Nejezte, nepijte a nekuřte při používání
- S 24/25 Zamezte styku s kůží a očima
- S 27/28 Po styku s kůží okamžitě odložte veškeré kontaminované oblečení a kůži okamžitě omyjte velkým množstvím . . .  
(vhodnou kapalinu specifikuje výrobce)
- S 29/35 Nevylévejte do kanalizace, tento materiál a jeho obal musí být zneškodněny bezpečným způsobem
- S 29/56 Nevylévejte do kanalizace, zneškodněte tento materiál a jeho obal ve sběrném místě pro zvláštní nebo nebezpečné odpady
- S 36/37 Používejte vhodný ochranný oděv a ochranné rukavice
- S 36/37/39 Používejte vhodný ochranný oděv, ochranné rukavice a ochranné brýle nebo obličejový štít
- S 36/39 Používejte vhodný ochranný oděv a ochranné brýle nebo obličejový štít
- S 37/39 Používejte vhodné ochranné rukavice a ochranné brýle nebo obličejový štít
- S 47/49 Uchovávejte pouze v původním obalu při teplotě nepřesahující .... °C (specifikuje výrobce)