

## Ochrana zdraví na chemických pracovištích

### Obecné zásady chování na chemických pracovištích

Chemické laboratoře jsou pracovním prostředím, na němž musí být dodržována některá základní pravidla bezpečné práce, aby nebylo zvyšováno riziko ohrožení zdraví. Povinností vedoucího laboratoře je poučit studenty o bezpečných metodách práce v dané laboratoři, proto jsou studenti v jednotlivých laboratořích instruováni. To platí zejména o méně běžných náročnějších činnostech jako je práce s tlakovými trubicemi a tlakovými nádobami (autoklávy).

- *Pracovní oděv.* Pracovní oděv (alespoň pracovní plášť) je základní podmínkou bezpečné práce. Oděv a obutí nesmí překážet v práci, zvyšovat pravděpodobnost pracovních nehod a současně musí poskytovat jistou ochranu proti náhodnému rozstříknutí chemických látek. Plášť by měl být opatřen páskem, spíše než knoflíky, aby bylo možné jej co nejrychleji svléci v případě políty agresivní kapalinou nebo kapalinou hořící. Nebezpečnou součástí oděvu jsou volné vlající rukávy a jiné volné součásti oděvu, jimiž může nositel nechtěně porazit nebo shodit nádoby.

V pracovním plášti je zakázáno chodit do prostor, v nichž se prodává, podává nebo konzumuje jídlo a nápoje. Nesmí se prát s ostatním běžným prádlem.

- *Pracovní obuv.* Jako obuv jsou vhodné pracovní boty nebo boty sportovního typu z kůže nebo umělé kůže, uzavřené, aby ochránily proti rozstříknutí agresivních kapalin, např. když spadne láhev s chemikálií na zem. Zcela nevhodné jsou páskové sandály, protože nechrání před účinky agresivních kapalin. Nevhodná je i obuv z textilních a jiných savých materiálů, protože tyto materiály absorbují chemické látky i z ovzduší a tím mohou zvýšit účinek jejich působení na pokožku. Nevhodné jsou boty s vysokým podpatkem, protože zvyšují pravděpodobnost nechemického úrazu, např. uklouznutí.
- *Brýle.* Kontaktní čočky jsou pro práci v laboratoři nevhodné, protože mohou ze vzduchu adsorbovat chemické látky a tak zvyšovat dráždivý účinek na oči. Dioptrické brýle nemohou být pokládány za náhradu ochranných brýlí proti stříknutí chemických látek nebo vlétnutí střepu do oka. Jednak proto, že nejsou z netříštivého skla, jednak proto, že nechrání oči ze stran. Proto je nutné je při potenciálně nebezpečné činnosti vždy kombinovat s ochrannými brýlemi nebo obličejovým štítem.
- *Kosmetické přípravky.* Kosmetické přípravky mohou mít vliv na účinek chemických látek na pokožku, mohou adsorbovat chemické látky z ovzduší, a tím zvyšovat dráždění pokožky. Není možné ani vyloučit, že některé přípravky usnadňují průchod chemických látek pokožkou. (Pro chemická pracoviště jsou vyráběny speciální krémy s ochranným účinkem). Nebezpečí úrazu zvyšují i dlouhé vlající vlasy.
- *Cizí osoby v laboratoři.* Soukromé návštěvy v laboratořích jsou zakázány, protože jejich přítomnost v laboratoři zvyšuje riziko vzniku nehody. Jednání s návštěvníkem při práci odpoutává pozornost od pracovní činnosti. Navíc je návštěvník ohrožen i tím, že není informován o riziku laboratoře a není poučen, jak se chovat v případě havárií a jiných kritických situací. Návštěvy služební, např. opraváři přístrojů, musí být poučeny o možných nebezpečích, zpravidla se vyžaduje, aby i písemně potvrdily, že byly instruovány. Tyto návštěvy musí mít odborný doprovod, který se stará o jejich bezpečnost.

Statistiky dokazují, že externí pracovníci a návštěvy jsou vystaveny vyššímu riziku úrazu než zaměstnanci interní. Jejich poučení a vyškolení je nutné věnovat zvýšenou pozornost.

- *Jídlo a pití v laboratořích.* V chemických laboratořích je zakázáno jíst a pít. Nesmí se v nich připravovat nápoje, např. vařit čaj či polévku. Je zásadně zakázáno používat chemické sklo pro přípravu nápojů a k pití nápojů, a to i v případě, že jsou nádoby jasně označeny nápisem, že jsou určeny k pití. V laboratořích se nesmí skladovat ani potraviny ani nápoje, a to ani přechodně. To znamená, že i do chladniček určených pro chemické látky je zakázáno dávat potraviny a nápoje. Samozřejmě, je i zakázáno dávat do jakýchkoliv nádob od nápojů chemické látky, chemické směsi či vzorky (např. do láhví od limonády). Toto pravidlo by mělo být dodržováno i na nechemických pracovištích a v domácnostech, garážích, v chatách a rekreačních objektech.

Zaměstnavatel je povinen vymezit místnosti, v nichž je povoleno jíst, pít, skladovat a připravovat jídlo a nápoje.

- *Kouření.* Kouření je vážným zdrojem rizika, zejména rizika požáru. Proto je v chemických laboratořích kouření zakázáno. Zaměstnavatel může vymezit místnosti, v nichž je kouření povoleno. Ve většině chemických závodů je zakázáno i nosit při sobě zápalky nebo zapalovač.

Na VŠCHT je zakázáno kouřit ve všech prostorách. Tajné kouření někde v skrytu je vážným zdrojem rizika požáru a je proto trestné.

### **Těkavé organické látky jako zdroj rizika**

Těkavé organické látky (někdy označované jako rozpouštědla) představují dvojí zdroj rizika:

- působí na nervový systém při vdechování,
- jsou hořlavé.

Sledování zdravotního stavu chemiků ve světě vedlo k závěru, že zdravotní stav chemiků je srovnatelný se zdravotním stavem standardního vzorku obyvatel. Jisté zvýšení chorob bylo však pozorováno v poškození nervového systému. Je přisuzováno vlivu vdechování par těkavých organických sloučenin (VOC). Mnohé organické látky jsou zneužívány primitivními narkomany k čichání (toluen, trichlorethylen, čisticí prostředky na okna). Jiné látky byly používány jako anestetika, např. chloroform a ether. Účinek mnoha látek na nervový systém je tedy zcela zřejmý.

Úkolem chemiků je pracovat s těkavými organickými sloučeninami bezpečně tak, aby byli chráněni před vdechováním a aby nedošlo k požáru. Požadavky splnění těchto hledisek jsou velmi podobné.

- Těkavé kapaliny nesmí být uchovávány v širokých nezavřených nádobách, ani nesmí být do takových nádob jímány (např. při destilaci).
- Všechny operace, při kterých je volná hladina kapaliny vystavena okolnímu vzduchu, přelévání, míšení, rozpouštění látek, filtrace, je nutné provádět v digestoři.
- K ochraně před výparů je nutné omezit především všechny manipulace s horkými kapalinami, např. jejich přelévání, promíchávání, filtraci, Všechny tyto operace je nutné dělat v digestoři.

- Těkavé kapaliny nesmí být ohřívány v otevřené nádobě. (Samozřejmě nesmějí být ohřívány v nádobě uzavřené, protože by v nich rostl tlak). K ohřevu je nutné použít nádobu opatřenou zpětným chladičem, v němž páry kondenzují a stékají zpět do nádoby.
- Je-li třeba těkavou látku, např. rozpouštědlo, ze směsi odstranit, aby byla získána rozpuštěná látka, je nutné látku oddestilovat přes chladič. Je zakázáno odpařovat látku přímo do ovzduší, a to i v digestoři.
- Při rozlití je účelné rozlitou kapalinu vysát vhodným nehořlavým materiálem. Pro tyto účely se vyrábějí speciální materiály, např. porosil, chemosorb, porosikulit. V nouzi je možné použít filtrační papír a ten odnést na volné prostranství mimo laboratoř. Současně je nutné v laboratoři účinně větrat.
- Nezahřívát skleněné nádoby přímým plamenem kahanu nebo postavením na asbestovou síťku vyhřívanou kahanem či přímým stykem s ploténkou elektrického vařiče.
- K ohřevu nádob použít vodní lázeň nebo lázeň nehořlavého oleje (např. silikonového oleje), případně pro ohřev určené tzv. topné hnízdo vyhřívané elektřinou.
- Pro ohřev vodní nebo olejové lázně použít raději elektrický vařič než plynový kahan.

### Úrazy při práci se skleněnými součástkami

Běžným úrazem v laboratořích na vysokých školách je vrazení zlomené skleněné trubičky nebo zlomeného teploměru do ruky při jejich zavádění do hadic nebo provrtaných zátek. Pro snížení rizika těchto úrazů je nutno dodržovat tato pravidla:

- před nasazováním porovnat, zda je průměr otvoru v zátku nebo vnitřní průměr hadice přiměřený průměru trubičky, která do něj má být nasunuta, gumová zátka se při vrtání roztáhne a po vyjmutí korkovrtu zase smrští,
- v plamenu otavit nasazovaný konec trubičky nebo tyčinky, aby nebyl ostrý a nezařezával se do zátky nebo hadice,
- před nasazováním obléci kožené tlustostěnné pracovní rukavice nebo si obalit ruce tuhou látkou, která může ochránit před proniknutím zlomené součástky do ruky,
- držet nasazovanou trubičku nebo teploměr co nejbližší od hadice nebo zátky,
- namazat nasazovanou trubičku či teploměr glycerinem, nebo alespoň vodou,
- pronikání nasazované trubičky napomáhat otáčivými pohyby, vyloučit jak příliš silný tlak, tak silné kroucení,
- do otvoru zátky vložit nejprve trubici korkovrtu, a tu postupně nahrazovat skleněnou trubičkou.

### Žíravé látky jako zdroj rizika úrazu

Žíravé látky jsou látky, které působí při potřísnění poškození pokožky a sliznic. Popálení žíravými látkami je běžným případem úrazu v chemické laboratoři. Důsledkem jsou poškození pokožky, puchýře, přechodné skvrny či trvalé jizvy. Pokožka na ruce je vůči působení odolnější, pokožka na obličeji citlivější. Příkladem žíravých látek jsou: kyselina sírová, kyselina dusičná, kyselina chlorovodíková, koncentrovaný peroxid vodíku, roztok hydroxidu sodného, roztok hydroxidu draselného, koncentrovaný roztok amoniaku, brom.

Při práci s žíravými látkami je nutné dodržovat tyto zásady:

**NEJZRANITELNĚJŠÍM ORGÁNEM JSOU OČI - při jakékoliv manipulaci s agresivními kapalinami používat ochranný štít nebo alespoň ochranné brýle**

- použít ochranné rukavice odolné k dané látce, při manipulaci s větším množstvím i ochrannou zástěru,
- při polití rukou okamžitě omýt žíravou látku proudem vody, omývat po dobu několika minut a pak omýt mýdlem,
- při potřísnění oděvu okamžitě svléknout všechny potřísněné součásti, beze všech zábran, protože i vteřiny mohou rozhodovat. Nikdy nestíráme ani nepereme oděv přímo na sobě.
- při přenášení či přepravě nádob s agresivními kapalinami (např. ze skladu do laboratoře) vždy vkládáme nádoby ještě do dřevěné nebo plastové přenosky, aby láhve nemohly vypadnout na podlahu, a aby při poškození či převrnutí láhve netekla žíravina na podlahu, ale jen do přenosky,
- při práci s aparaturou připojené k zdroji vyššího tlaku, např. tlakové láhvi vždy chránit oči a obličej ochranným štítem, protože přetlak může uvolnit spoj, uvolnit zátku či způsobit prasknutí některé součásti, obsah aparatury pak stříká vlivem přetlaku do okolí.

### **Hořlavé látky jako zdroj ohrožení zdraví**

Povinnosti zaměstnanců a studentů

(Směrnice pro zajištění a organizaci požární ochrany VŠCHT Praha)

- Dodržovat předpisy a pokyny k zajištění požární bezpečnosti při práci, seznámit se s požárním řádem pracoviště, s obsahem požárně poplachových směrnic.
- Neprodleně oznámit nadřízenému a pracovníku pověřenému na pracovišti péčí o požární ochranu požární závady, které mohou ohrozit požární bezpečnost pracoviště a podle svých možností se podílet na jejich odstranění.
- Zúčastnit se školení a výcviku v oboru požární ochrany a podrobit se předepsaným zkouškám.
- Při zjištění požáru jej sám ihned uhasit nebo, není-li to možné, bezodkladně vyhlásit požární poplach dle platných poplachových směrnic a ohlásit vznik požáru.
- Požádat svého bezprostředního nadřízeného o poučení o uložené práci z hlediska požární nebezpečnosti používaných látek a vykonávaných činností.

Množství hořlavých látek, která smějí být skladována v laboratoři jsou omezena předpisy, aby byly omezeny možné důsledky rozšíření požáru. Při riziku požáru je nutné nádoby s hořlavými kapalinami v blízkosti zdroje rizika odnést na bezpečné místo.

Zásady chování při nebezpečí požáru nebo při vzniku požáru

Požár představuje na chemických pracovištích trvalé riziko. Pro jeho snížení je důležité správně, rychle a věcně jednat při každém zárodku možného požáru.

Při přípravě jakékoliv činnosti s účastí hořlavých látek je nutné dodržovat tyto zásady:

- z desky stolu odstranit všechny nádoby s hořlavými látkami, které by, v případě nehody, mohly přispět k šíření požáru,
- předem se seznámit s umístěním hasicích přístrojů, jejich typy a způsobem použití.

Při zjištění zárodku požáru, např. zahoření nutno rychle a věcně reagovat:

- okamžitě upozornit všechny spolupracovníky na mimořádnou situaci,
- požádat někoho, aby vyrozuměl nadřízené (asistenta),
- neprodleně započít s hašením požáru, a to metodami, které jsou přiměřené jeho rozsahu,
- požádat ostatní o pomoc, např. aby odstranili hořlavé látky z okolí požáru,
- požádat ostatní, aby, pokud je to možné a bezpečné, odstavily ostatní aparatury.

Je-li zřejmé, že rozsah požáru přesahuje možnosti rychle jej uhasit, je nutné bezpodmínečně volat požární jednotky. Oddalování jejich povolání zvyšuje rizika vážných důsledků.

**Zahoření.** Drobné požáry v laboratoři jsou označovány jako zahoření. Příkladem zahoření je vznícení par v kádince nebo baňce, kdy páry nad hladinou klidně hoří. K uhašení zpravidla postačuje přikrýt nádobu hodinovým sklem, azbestovou sítkou či dnem plechového hrnce. I drobná zahoření však mohou vyvolat vážný požár, nejsou-li včas zpozorována, nebo když jsou hašena nesprávným postupem. Např. když hasící osoba v panice obsah hořící nádoby převrhne na stůl. Baňku může být převržena i při nesprávném použití hasicího přístroje, např., je-li proud hasiva zblízka puštěn na hořící nádobu.

Drobná zahoření není možné podceňovat, protože mohou být zárodkem většího požáru. Nebezpečí většího požáru spočívá ve skutečnosti, že v laboratořích jsou přítomna větší množství hořlavých látek, na něž se může, při neúčinném postupu hašení požár rozšířit.

**Ochranné prostředky**

**Hasicí roušky.** Jsou-li při požáru zasaženy osoby, jsou postříkány hořící kapalinou nebo na nich hoří oděv, použije se k hašení hasicí rouška z nehořlavé tkaniny, která je v laboratořích umístěna v červené schránce, zpravidla vedle dveří. Roušku z ní vytáhneme tahem za vyčnívající ouško. Zasažená osoba je do ní zabalena, čímž je oheň udušen. Pokud není rouška v dosahu je možné použít plášť nebo jiný kus oděvu a oheň udušit.

**Hasicí sprchy.** Sprchy jsou v laboratořích zpravidla u východu, spouštějí se zatažením za drátěné držadlo. Osoba zasažená požárem se pod nimi může okamžitě smočit vodou.

**Hasicí přístroje.** Laboratoře a jiná chemická pracoviště jsou povinně vybavena hasicími přístroji. Přístroje musí být umístěny na viditelném, snadno přístupném místě, chráněném před sálavým teplem a deštěm. Podléhají periodickým pravidelným prohlídkám. Předpisy týkající se hasicích přístrojů jsou uvedeny ve vyhlášce MV ČR č. 21/1996 Sb.

Každé použití hasicího přístroje musí být evidováno a přístroj musí být po použití nahrazen nově naplněným. Povinností studentů je hlásit každé použití asistentovi.

Podle velikosti se rozdělují hasicí přístroje na přenosné, pojízdné a přívěsné. Na VŠCHT jsou běžně používány první dva typy, přívěsné používají požární jednotky.

*Princip funkce hasicích přístrojů*

Všechny hasicí přístroje pracují na podobném principu. Hasicí náplň přístroje je z něj vytlačována působením hnacího plynu, kterým je oxid uhličitý, dusík nebo stlačený vzduch. Oxid uhličitý je v přístroji v kapalné formě. Přístroje pracují na podobném principu, jako sifonové láhve na přípravu sodovky s využitím "bombiček" s oxidem uhličitým. Jednotlivé typy hasicích přístrojů se liší hasicí náplní a způsobem spouštění, jsou vybaveny otočným ventilem, ventilem se spouštěcí pákou nebo pistolovou spouští.

Při práci v laboratoři je povinností se seznámit s umístěním hasicích přístrojů a jejich funkcí.

**Sněhový přístroj** je tlaková nádoba naplněná kapalným oxidem uhličitým napojená na výstupní hadici s hubicí. Při otevření ventilu proudí z výstupní hubice směs plynného a tuhého oxidu uhličitého (podobná sněhu). Oxid uhličitý ochlazuje hořící látky a zpomaluje přenos vzdušného kyslíku k hořící látce a tím požár hasí. Proud oxidu uhličitého lze přerušit zavřením ventilu. Při hašení se výstup z hubice namíří mírně nad hořící objekt a spustí se proud hasiva. Délka dostřiku je 1.5 m, doba činnosti 20 až 40 s. U pojízdných přístrojů delší.

Oblast použití: Je nejvhodnějším přístrojem pro hašení menších požárů v laboratořích. Pro drobná zahoření jsou vhodné přenosné přístroje, pro požáry většího rozsahu jsou na chodbách VŠCHT k dispozici pojízdné přístroje. Hodí se i pro hašení přístrojů, léků, jemné mechaniky. Protože oxid uhličitý nevede elektrický proud, je možné jej použít i k hašení elektrických zařízení pod proudem. Méně vhodný je pro hašení dřeva, papíru a textilních materiálů.

Je nevhodný pro hašení hořících práškových materiálů, protože proud plynu může prášek rozfoukat. Nesmí se používat k hašení látek, které s oxidem uhličitým reagují, např. sodíku, draslíku a některých práškových kovů, např. hořčíku, hliníku a jejich slitin.

**Vodní přístroj** je tlaková nádoba naplněná vodným roztokem uhličitánu draselného. V horní části nádoby je uvnitř prorazitelná tlaková patrona naplněná hnacím plynem, do níž je zaveden úderník nárazové spouště, který umožňuje prorazit tlakovou patronu a vpustit tlak do hlavní nádoby. Tlakem plynu je hasicí roztok vytlačován z přístroje do gumové hadice s výstupní hubicí, již může být usměrněn. Přístroj se uvádí v činnost úderem na knoflík nárazníkového spouštěče. Stříkající proud se vede do centra požáru, kde se uplatní hasicí účinek vody a oxidu uhličitého, který vzniká rozkladem uhličitánu. Hasíme, pokud možno, ve směru větru, abychom nebyli vystaveni proudu zplodin hoření. Jednou spuštěný přístroj není možné zastavit. Délka dostřiku je 12 m, doba činnosti 1,5 minuty.

Oblast použití: hašení dřeva, papíru, textilu, pevných organických hmot, a dalších látek, které lze hasit vodou, např. fosforu. Je nevhodný k hašení kapalných hořlavých látek nemísitelných s vodou, protože roztok solí klesne ke dnu nádoby či kaluže a hořlavá kapalina hoří na hladině dále. Protože stříkající proud vede dobře elektrický proud, nesmí se přístroj používat pro hašení elektrických zařízení pod napětím. Použití by mohlo vést k usmrcení hasicí osoby. Nesmí se používat pro hašení látek reagujících s vodou, např. hořčíku, sodíku, draslíku, karbidů, hydridů, atd.

**Vzduchopěnový (pěnový) přístroj** pracuje na podobném principu jak přístroj vodní, náplní je však roztok solí a emulgátoru. Mechanismus přístroje zajišťuje, že se při úniku hnací plyn mísí s roztokem a vytváří hustou pěnu, která pokrývá hořící předměty nebo hořící hladinu a tím zamezuje přístupu kyslíku. Proud pěny se usměrňuje výstupní hadicí na centrum požáru. Délka dostřiku 10 m, doba činnosti 1 minuta.

Oblast použití: stejná, jako u vodního přístroje. Navíc tento přístroj umožňuje hasit i organické hořlavé málo těkavé kapaliny nemísitelné s vodou, např. oleje, laky, dehty, protože pěna plave na hladině a vytvoří hasící vrstvu. Nehodí se pro hašení těkavých organických látek, protože jejich páry pronikají pěnou a hoří nad ní. Protože pěna vede elektrický proud, nesmí být použit k hašení elektrických zařízení pod napětím.

**Halonový přístroj** je tlaková nádoba naplněna halogenderivátem methanu, který při otevření ventilu tryská z přístroje, ochlazuje místo požáru, vypařuje se a vytváří oblak těžkých par, který brzdí přenos vzdušného kyslíku do centra požáru. Při hašení se přístroj nesmí obracet ani pokládat na bok. Nutno hasit ve směru větru, aby hasící osoba nevedchovala unikající páry. Proud je možné kdykoliv zastavit zavřením ventilu. Dříve byl používán jako náplň tetrarchlometan. Nyní se nepoužívá, protože je nebezpečný sám o sobě, a působením vysokých teplot může zčásti přecházet na fosgen. Dostřik 5 m, doba činnosti 40 s.

Oblast použití: Je vhodný k hašení organických kapalin, používá se např. k hašení hořících motorových vozidel. Protože nevede elektrický proud, je použitelný i k hašení elektrických zařízení pod proudem.

**Práškový přístroj** je tlaková nádoba naplněná jemným prachem směsi solí (fosforečnan amonný, síran amonný, hydrogenuhličitan sodný). Prach se v proudu plynu chová jako kapalina, proto je možné jej vytlačovat hnacím stlačeným plynem (dusíkem, oxidem uhličitým). Přístroj je uzavřen ventilem, který se otvírá pistolovým spouštěčem. Tryskající prášek se teplem požáru rozkládá na inertní plyny, které zpomalují přenos kyslíku k hořícímu materiálu. Povrch je pokrýván vrstvou spečeného prášku, která izoluje povrch od vzduchu. Dostřik 4 m, doba činnosti 6 s.

Oblast použití: především tam, kde by použití vody způsobilo nenapravitelné škody, např. v knihovnách, muzeích. Protože proud prášku nevede elektrický proud, je možné jej použít i k hašení elektrických zařízení pod proudem.

### **Laboratorní procesy prováděné při zvýšeném tlaku**

Procesy za zvýšeného tlaku představují skupinu procesů se zvýšeným rizikem. Proto jsou studenti v dané laboratoři pro práci připravování a práci provádějí pod vedením odpovědného instruktora, který je pověřen péčí o vysokotlaká zařízení.

**Zatavené ampule s chemickými sloučeninami.** Menší množství hořlavých a agresivních kapalin s nízkým bodem varu se dodává a uchovává v zatavených ampulích. Příkladem jsou ethylchlorid, methylbromid, methylamin, acetaldehyd a nasycený roztok bromovodíku. Tlak v ampuli je závislý na teplotě. Pro zacházení s ampulemi platí tato pravidla:

- ampule nesmí být vystaveny vyšším teplotám,
- ampule se uchovávají se v lednici v ochranném krytu, např. krytu z kovové sítě, který zabrání rozletování střepů v případě roztržení ampule vlivem vnitřního přetlaku,
- před otvíráním je nutné obsah ochladit na nízkou teplotu, např. tuhým oxidem uhličitým (tzv. suchým ledem), aby se tlak v ampuli snížil,
- při otvírání uděláme na hrdle nožem na sklo rýhu a opatrně hrdlo odломíme. Při odlamování používáme silné kožené rukavice nebo silnou tkaninu.

**Autoklávy (tlakové kovové reaktory).** Tlakové kovové nádoby se pro chemické reakce používají zejména v případech, kdy za atmosférického tlaku probíhá reakce jen pomalu. Příkladem jsou hydrogenace (reakce látek s vodíkem).

Autoklávy jsou zařízením, na které se vztahují ochranné předpisy (ČSN 69 0012). Podléhají schvalování a dozoru.

Pracoviště využívající autoklávy vyčleňuje zpravidla jednoho technika jako osobu pověřenou kontrolou stavu autoklávů. Každý nový student nebo pracovník, který má s autoklávou pracovat musí být zaškolen, jak s autoklávem zacházet: Proto neuvádíme podrobný popis zásad práce, ale jen zásady nejdůležitější:

- s autoklávem se smí manipulovat jen když je dokonale vychladlý,
- při zavírání a otvírání autoklávu nesmí být používána hrubá síla,
- tlak z autoklávu nesmí být uvolňován vypouštěním stlačených plynů do atmosféry, dokud není obsah dokonale ochlazen,
- i po ochlazení je nutné vypouštět reakční plyny opatrně, protože unikající plyny (např. vodík) se mohou vznítit,
- autokláv nesmí být otvírán, dokud není tlak v něm vyrovnán s tlakem atmosférickým,
- při vypouštění plynů z autoklávu a při jeho otvírání je nutné použít ochranný celoobličejový štít.

**Tlakové láhve** jsou kovové zásobníky se stlačenými nebo zkapalněnými plyny, tlak v nich je vyšší než tlak atmosférický, pro některé plyny při plném obsahu až 15 MPa (150 at, tj. 150 násoben atmosférického tlaku). Jsou používány jako zdroj plynu, a to i pro aparáty, v nichž je prakticky atmosférický tlak nebo tlak jen mírně zvýšený. Používají se např. běžně jako zdroj plynů pro analytické přístroje (např. plynové chromatografy), jako zdroj stlačeného vzduchu nebo kyslíku pro sklářské kahany, dále pro sváření (acetylen, vodík, kyslík). Mimo chemické laboratoře je jejich nejdůležitějším použitím uchovávání zkapalněných topných plynů (propan-butan).

Ochranná opatření: Předpisy pro manipulaci, dopravu, skladování a bezpečné používání tlakových láhví jsou uvedeny v ČSN 07 8305, stanovují tyto zásady:

- při dopravě láhve a jejím přenášení musí být vždy našroubována ochranná transportní čepička, aby nemohl být mechanicky poškozen hlavní ventil,
- hlavní ventil tlakové láhve nesmí být otevírán, aniž je našroubován ventil redukční,
- tlakové láhve nesmí být postaveny ve svislé poloze, aniž jsou připoutány a tím ochráněny proti pádu,
- k upevnění musí být použit uzavíratelný kovový pás nebo kovový řetízek,
- uzavírací pás nesmí být uzamčen a musí být uvolnitelný, protože při požáru musí mít požární jednotka možnost tlakové láhve odnést,
- tlakové láhve je zakázáno nosit na rameni,
- je zakázáno láhve nosit po schodišti bez speciálních nosítek pro dvě osoby,
- pro dopravu se používají ruční vozíky, na nichž je tlaková láhev upoutána,
- tlakové láhve musí být skladovány ve větrané místnosti, kde je vyloučena akumulace unikajících plynů,
- tlakové láhve podléhají pravidelným prohlídkám, o nichž se vedou záznamy,
- poškozené láhve musí být vyřazeny z provozu.

V tlakových láhvích s plyny stlačenými na vysoký tlak je akumulováno tolik kompresní práce, že je nutné s nimi zacházet jako s výbušinou. Např. při ulomení hrdla by mohla tlaková láhev vyletět jako raketa.

**Tlakové láhve jako zdroj požárního rizika.** Ohřeje-li se obsah láhve, roste v ní tlak, láhve proto představují vážné požární nebezpečí, při požáru se mohou roztrhnout a vybuchnout jako bomba, a pokud obsahují hořlavý plyn, což je běžné, následuje exploze plynového oblaku, který se z nich uvolní.

Proto jsou zavedena následující opatření:

- nesmějí být vystaveny zdroji tepla,
- nesmějí být umístěny blízko kamen nebo jiných zdrojů tepla (minimální vzdálenost 3 m),
- při hašení většího požáru musí být, pokud možno, z místa požáru vyneseny jako první,
- aby záchranné jednotky měly přehled o tlakových láhvích, které jsou v laboratoři, musí být na dveřích laboratoře ( na vnější straně) , seznam tlakových láhví aktuálně přítomných v laboratoři na barevných tabulkách, jejichž barva je shodná s barvou předepsaného signálního pruhu na tlakové láhvi,
- v laboratoři nesmí být umístěno více jak 2 láhve se stejným plynem.

**Konstrukce tlakové láhve.** Tlaková láhev je ocelová nádoba uzavřená na horním konci hlavním ventilem, který je ovládán ručním kolečkem. Hlavní ventil otevírá výstup do boční výstupní trubice (ventilové přípojky) opatřené závitem pro našroubování redukčního ventilu. Není-li na láhvi našroubován redukční ventil, je na ventilové přípojce našroubována ochranná závěrná (zaslepovací) matice. Při dopravě se přes hlavní ventil našroubovává krycí ochranná čepička (klobouček). Závity ventilových přípojek k našroubování redukčního ventilu tlakových lahví pro různé plyny jsou záměrně různé. Jsou odlišeny tak, aby na láhev nemohl být přišroubován redukční ventil jiného druhu plynu, než jaký je v láhvi.

HOŘLAVÉ PLYNY - LEVOTOČIVÝ

NEHOŘLAVÉ PLYNY – PRAVOTOČIVÝ

**Ovládání redukčního ventilu.** Redukční ventil umožňuje získat zdroj plynu nižšího tlaku, než je uvnitř láhve. Výstupní tlak je možné měnit ovládacím šroubem redukčního ventilu. Jeho utahováním (otáčením pravotočivě) roste tlak na výstupu. Redukční ventil je vybaven zpravidla dvěma manometry. Ukazatel blíže k hlavnímu ventilu udává tlak v láhvi, ukazatel dále od hlavního ventilu přibližný tlak na výstupu. Dále je redukční ventil opatřen výstupním ventilkem ovládaným malým ručním kolečkem, který umožňuje výstup plynu do aparatury uzavřít.

Postup pouštění plynu do aparatury:

- vezmeme si celoobličejový ochranný štít, pro případ nehody,
- hlavní ventil láhve je uzavřen,
- otevřeme výstupní ventilek redukčního ventilu, abychom vypustili případný přetlak v redukčním ventilu, oba manometry musí ukazovat nulový přetlak,
- redukční ventil nastavíme na nejnižší výstupní tlak (otáčením doleva),
- zavřeme výstupní ventilek redukčního ventilu,
- opatrně pootevřeme hlavní ventil, manometr bližší hlavnímu ventilu ukáže tlak v láhvi, ventil vzdálený ukazuje stále nulový přetlak,
- opatrně přitahujeme regulační šroub redukčního ventilu (otáčením doprava), až se projeví odezva na manometru výstupního tlaku,
- opatrně pootevřeme výstupní ventilek a pozorujeme účinek na aparaturu,
- postupně opatrně doladíme přitahováním regulačního šroubu redukčního ventilu.
-

**Značení tlakových láhví.** Předepsané označení tlakových láhví je určeno normou ČSN 07 8509 a ČSN 07 8508. Na láhvi musí být vyražen název plynu a jeho vzorec, dále pak musí být kolem hrdla barevný pruh nebo barevné pruhy. Mají-li dva plyny barevný pruh stejné barvy (barevné pruhy stejné barvy) lze rozpoznat obsah podle názvu plynu, který je vyražen na láhvi pod hrdlem.

Přehled označení tlakových láhví s plyny				
Třída plynu -	Druh plynu		Signální pruhy	
základní vlastnosti	Název	Vzorec	Počet	Barva pruhů
hořlavé	acetylen	$C_2H_2$	1	bílá
	vodík	$H_2$	1	červená
	propan-butan	$C_3H_8 - C_4H_{10}$	1	modrá
	ethylen	$C_2H_4$	1	fialová
hořlavé a jedovaté nebo žíravé	amoniak	$NH_3$	2	žlutá + oranžová
	ethylenoxid	$(CH_2)_2O$	2	žlutá + oranžová
	oxid uhelnatý	$CO$	2	žlutá + oranžová
	sulfan (sirovodík)	$H_2S$	2	žlutá + oranžová
toxické	fosgen	$COCl_2$	1	žlutá
	chlor	$Cl_2$	1	žlutá
	chlorovodík	$HCl$	1	žlutá
okysličující	kyslík	$O_2$	1	modrá signální
	vzduch	$N_2 + O_2$	1	stříbrná
netečné	dusík	$N_2$	1	zelená
	oxid uhličitý	$CO_2$	1	černá
	argon	$Ar$	1	hnědá
	helium	$He$	1	hnědá

### Laboratorní procesy prováděné za sníženého tlaku

Aparatury, v nichž je nižší tlak než tlak atmosférický („vakuum“) jsou používány hlavně pro destilaci za sníženého tlaku. Použitím sníženého tlaku se snižuje teplota varu kapalin, což umožňuje destilovat i kapaliny, které by se při normálním bodu varu rozkládaly. Ze stejných důvodů se používá snížený tlak při sublimaci. Snížený tlak se využívá i pro urychlení filtrace a urychlení sušení látek v exsikátorech, dále při odsávání nebo přečerpávání kapalin. Nádobami se sníženým tlakem jsou i "termosky".

Je-li v aparatuře snížený tlak, může dojít k implosi některých částí, při které se uvolní energie spojená s náhlým vniknutím okolního vzduchu do evakuovaného prostoru. Implose může být spojena s rozlétnutím skleněných stěpů či rozstříknutím obsahu aparatury.

**Ochranná opatření pro sestavování aparatury.** Aparatury je namáhána tlakem vnější atmosféry, proto je nutné dodržovat tyto zásady:

- používat jen nádoby určené pro práci za sníženého tlaku:
- silnostěnné nádoby: odsávací baňky, exsikátory (POZOR: tyto nádoby se zase nesmějí zahřívat a používat např. k destilaci kapalin),
- tenkostěnné baňky s kulatým dnem: destilační baňky (tyto baňky se mohou i zahřívat),
- trubice kruhového průřezu a malého průměru: chladiče, přestupníky, destilační kolony.

Při práci za sníženého tlaku se nesmí používat tenkostěnné nádoby s plochým dnem, např. Erlenmayerovy baňky, varné baňky s plochým dnem a titrační baňky.

- před sestavením aparatury je nutné prohlédnout všechny díly a vyřadit součásti poškozené a naprasklé, díly silně poškrábané a díly s vadami ve skle, bublinami či tzv. peckami,
- baňky a jiné díly musí být uchyceny v držících vyložených korkem nebo gumou, aby držákem nebylo sklo poškrábano nebo mechanicky namáháno,
- k ohřevu baněk při destilaci je nutné používat lázeň (vodní, olejovou) či speciální elektricky vyhřívané hnízdo,
- nikdy neohřívat baňku přímým plamenem, protože při přímém ohřevu vzniká ve skle místní pnutí, které může být příčinou zhroucení baňky působením vnějšího přetlaku,
- nepoužívat k ohřevu pískovou lázeň, protože písek může poškrábat povrch baňky.
- s aparaturou nemanipulujeme, např. neměníme způsob upevnění držáky, nekroutime zábrusy, pokud je v aparatuře snížený tlak,
- po ukončení práce necháme nejprve aparaturu vychladnout při sníženém tlaku, náhlé vpuštění vzduchu do teplé aparatury může někdy vyvolat samovznícení obsahu a následující výbuch par,
- po vychladnutí vpouštíme vzduch do aparatury pomalu a opatrně,
- aparaturu neponecháváme bez dozoru.

**Ochranné prostředky.** Při práci s aparaturou, v níž je snížený tlak je bezpodmínečně nutné chránit se před účinky možné implose. Existují tyto možnosti:

- stojací stolní štít z drátěného pletiva nebo organického (nerozbitného skla) , který je postaven před aparaturou, mezi aparaturu a obsluhu.
- celoobličejový ochranný štít, který se nasazuje na hlavu před obličej.

**Dewarovy nádoby (thermosky).** Tyto nádoby jsou používány pro uchovávání ledu, při chlazení tuhým oxidem uhličitým (suchým ledem) či jinou chladicí směsí. Jsou také nádobami, v nichž je snížen tlak a mohou implodovat. Proto musí být opatřeny ochranným krytem, např. z drátěného pletiva a při manipulaci s nimi (vyjímání nádob z nich, vyjímání ledu, atd.) je nutno se chránit celoobličejovým štítem.

### **Látky toxické jako zdroj rizika**

**Praktická nebezpečnost toxické sloučeniny.** Toxické látky často symbolizují nebezpečnost práce na chemických pracovištích, ve skutečnosti jsou méně častou příčinou úrazů, než látky žíravé a hořlavé. Pokud zachováváme pravidla bezpečné práce v laboratoři, je pravděpodobnost otravy kapalnými a tuhými jedy velmi nízká. Riziko otravy představují plynné toxické látky. Toxický oblak může být tvořen plynem, parou, mlhou, dýmem nebo prachem.

**Záludnost toxických plynů a par.** Z hlediska rizika otravy mohou být toxické plyny a toxické páry rozděleny do dvou skupin:

**Varující,** tj. plyny a páry, které mají dráždivé účinky nebo výrazný charakteristický zápach  
Příklady: oxid siřičitý (SO<sub>2</sub>), amoniak (NH<sub>3</sub>), chlorovodík (HCl), chlor (Cl<sub>2</sub>).

**Záludné,** tj. plyny a páry, které jsou bez zápachu, mají nevýrazný zápach nebo příjemně voní.

Příklady: oxid uhelnatý (CO) bez zápachu, fosgen (COCl<sub>2</sub>) slabý zápach, kyanovodík (HCN) - zápach mnohem slabší než si většina chemiků představuje. Zvláštním případem záludného plynu je sulfan (H<sub>2</sub>S), který má výrazný zápach (zkažená vejce) v nízkých koncentracích, ale ve vysokých koncentracích otupí čich a jeví se jako plyn bez zápachu.

**Zásady bezpečné práce s toxickými látkami.** Před započítím práce si zjistíme, zda zúčastněné látky jsou toxické nebo mohou být hořením převedeny na toxické produkty a připravíme k použití ochrannou masku s odpovídajícím filtrem. V případě požáru je nutné počítat vždy s tím, že zplodiny mohou být toxické (ve všech případech mohou obsahovat oxid uhelnatý.) Proto, pokud možno, nevstupujeme do prostoru, do kterého uniká dým, když do něj vstoupíme, tak s ochrannou maskou.

U vysoce toxických plynů (např. HCN, H<sub>2</sub>S, COCl<sub>2</sub>, CO, Cl<sub>2</sub>) postačuje někdy jedno nadechnutí k vyvolání příznaku otravy. Proto nikdy neopatrně nečicháme k reakční směsi nebo vzorku.

### **Zdroje rizika při provádění exotermických chemických reakcí**

Při některých chemických reakcích se uvolňuje teplo. Není-li reakční teplo účinně odvedeno, dojde k havárii, která se označuje termínem "ujetí teploty" při reakci. Směs se působením reakčního tepla přehřeje, bouřlivě se vaří a z aparatury uniká chladičem pára nebo stříká směs horké kapaliny a par. Pokud je směs toxická, vytváří se toxický oblak, pokud je hořlavá, vytváří se hořlavý oblak.

**Zásady bezpečné práce:** Před započítím práce si zjistit, zda je reakce exotermní a zda je směs hořlavá nebo toxická. Vybavit aparaturu dostatečně velkým a výkonným chladičem. Učinit všechna opatření platná pro bezpečné nakládání s hořlavými látkami. Připravit postup k nouzovému intenzivnímu chlazení směsi pro případ ujetí.

### **Tvorba peroxidů působením vzdušného kyslíku během skladování jako zdroj rizika**

Některé sloučeniny tvoří při skladování za teploty laboratoře peroxidy reakcí se vzdušným kyslíkem. Tyto peroxidy jsou nestálé a velice reaktivní a mohou způsobit výbuch při destilaci kapaliny náchylné k tvoření peroxidů. K výbuchu dochází zpravidla na konci destilace, kdy se peroxidy nahromadí v destilačním zbytku. Komerční preparáty látek, které snadno tvoří peroxidy, jsou většinou stabilizovány přísadkou antioxidantu, který tvorbě peroxidu zabraňuje. Destilací se však tento antioxidant oddělí a předestilovaná kapalina není pak již proti tvorbě peroxidů chráněna.

### **Zásady bezpečné práce s organickými látkami náchylnými k tvoření peroxidů**

- U látek skladovaných delší dobu v již jednou otevřených láhvích prokázat přítomnost peroxidů protřepáním s vodným roztokem jodidu draselného a škrobu. Peroxidy uvolňují z jodidu jod, který poskytuje se škrobem modré zbarvení.
- Zneškodnit peroxidy delším stykem látky se sodíkem, což je postup používaný k sušení organických rozpouštědel, nebo protřepáním s vodným roztokem jodidu.
- Nedestilovat látky, aniž jsou zbaveny peroxidů.
- Při destilaci nesmí být látka oddestilována až do sucha.
- Láhve s látkami náchylnými k tvorbě peroxidů by měly být označeny datem, kdy byly otevřeny, protože nebezpečná koncentrace se může vytvořit zejména dlouhým skladováním.
- Kontrolovat vzhled kapalin v nádobě před otevřením, přítomnost peroxidů se někdy projevuje tvorbou zákalu či sraženiny, či tvorbou krystalů kolem zátky. Při podezření na přítomnost peroxidů je nutné s látkou zacházet mimořádně opatrně, protože peroxidy mohou explodovat již nárazem nebo třením (např. otočením zábrusové zátky).

**Typy látek tvořících peroxidy:** cyklohexen, cyklookten, dekalín, tetralín, ethery, zejména cyklické a ethery odvozené od primárních a sekundárních alkoholů, dioxan, ethylether, isopropylether, tetrahydrofuran, sloučeniny s vodíkovým atomem na benzylové skupině

(např. kumen), sloučeniny obsahující allylovou skupinu ( $\text{CH}_2=\text{CHCH}_2-$ ), ketony, zejména cyklické, sloučeniny obsahující vinylovou skupinu, např. vinylacetát.