

Destilace

je způsob oddělování kapalných látek (nebo kapalných látek od netěkavých) na základě různé teploty varu. Uplatňuje se v průmyslu zejména při zpracování ropy a v potravinářství při výrobě destilátů. Je to velmi obvyklá separační metoda v organické chemii.

Při destilaci se oddělují dvě nebo více látek, které se liší bodem varu (těkavostí). Při zahřátí dvousložkové směsi na teplotu varu přechází do plynné fáze směs bohatší na těkavější složku.

Druhy destilací

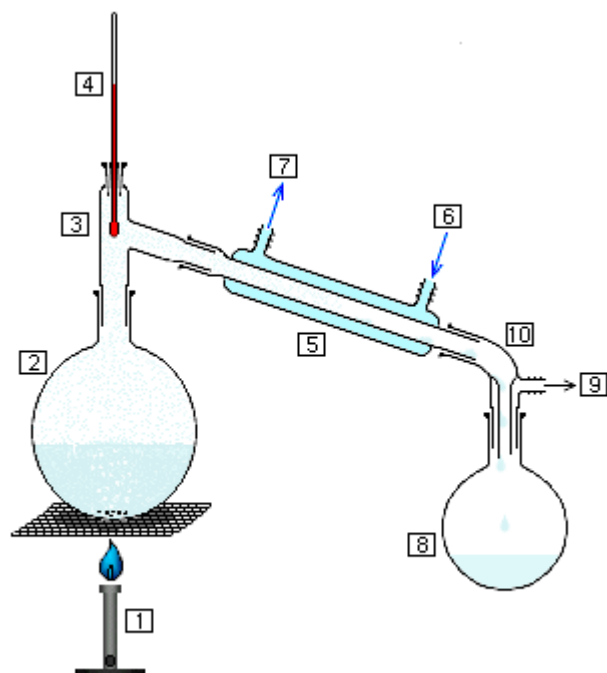
Podle způsobu provedení destilace můžeme destilace rozdělit na několik druhů (viz dále): prostá destilace, frakční destilace, rektifikace, destilace za sníženého tlaku, destilace s vodní parou, azeotropní destilace, molekulární destilace.

Některá obecně platná pravidla pro úspěšné provedení destilace

- Baňka, ze které začínáme destilovat, má být naplněna zhruba do dvou třetin svého objemu. Pokud je naplněna více, dochází k přestřikování kapalné fáze do chladiče, je-li naplněna méně, působí horní část baňky jako zpětný chladič.
- Aby nedošlo přehřátím destilované kapaliny k tzv. utajenému varu (nekontrolovatelné vzkypění kapaliny), vkládáme do destilované kapaliny varné kaménky (malé střípky porcelánu nebo kameniny). Každý varný kamínek můžeme použít pouze jednou, neboť po ochlazení se jeho páry nasytí kapalinou a ztrácí účinnost. V případě vakupvé destilace se také může použít kapilárka – viz dále.
- K chlazení par používáme pro kapaliny s teplotou varu do 180 °C vodní chladiče, pro kapaliny s vyšší teplotou varu používáme chladičů vzdušných.
- Teploměr, kterým měříme teplotu varu destilované kapaliny, umístíme tak, aby rezervoárek se rtutí bylo něco níže než je otvor pro odvod par do chladiče (tedy aby páry odcházející do chladiče omývaly teploměr).
- Druh chladiče volíme tak, aby svou kapacitou stačil na kondenzaci par a zbytečně se nezahlcoval.
- Destilaci zásadně neprovádíme až do úplného odpaření destilované kapaliny, vždy ponecháváme malé množství destilované kapaliny jako destilační zbytek.
- Při zahřívání destilační baňky prostřednictvím lázně je nutné do lázně vložit teploměr a dbát na to, aby lázeň měla teplotu asi o 20 až 30 °C vyšší než je teplota varu destilované kapaliny.
- Zahřívání je třeba provádět rovnoměrně a pomalu tak, aby destilát odkapával rychlostí asi 100 kapek za minutu.
- Pokles teploty na teploměru v průběhu destilace (je-li baňka stále zahřívána) indikuje, že se připravuje destilace výševroucí složky.
- Spoje jednotlivých dílů aparatury musí být těsné. Aparatura jako celek však musí být spojena s atmosférou.
- Při destilaci dbáme bezpečnostních předpisů a nevzdalujeme se od aparatury.
- Při vakuové destilaci zkontrolujeme kvalitu skleněných součástí (nesmějí obsahovat prasklinky) a používáme ochranné brýle nebo ochranný štít.

Prostá destilace

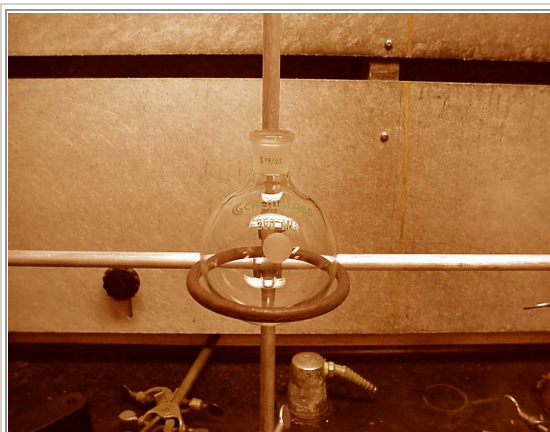
Prosté destilace se používá zpravidla k oddělení rozpouštědla od netěkavé látky nebo k oddělení dvou látek o podstatně rozdílné teplotě varu. Zařízení používané k prosté destilaci je složeno z destilační baňky, destilačního nástavce, chladiče, alonže, předlohy (jímadla) a teploměru. Často se k destilaci používá [destilačních mostů](#), což jsou zařízení, ve kterých jsou některé z dříve uvedených částí pevně spojeny. Jejich výhodou spočívá především ve snadné manipulaci při kompletaci aparatury. Běžně používané zařízení pro prostou destilaci je znázorněno na obrázku.



Obr. 1: Destilační aparatura

1. zdroj tepla ([kahan](#), [topné hnízdo](#) aj.)
2. [destilační baňka](#)
3. destilační hlava (nástavec)
4. [teploměr](#)
5. [chladič](#)
6. přívod chladicí vody
7. odtok chladicí vody
8. předloha (jímadlo na destilát)
9. přívod vakua ([vodní vývěva](#) nebo [motorová vývěva](#))
10. nástavec (alonž)

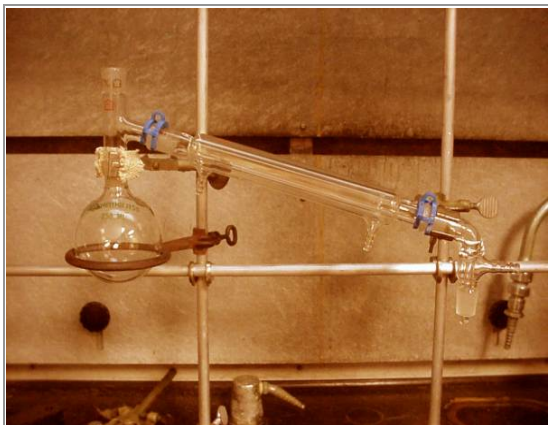
Postup sestavení destilační aparatury:



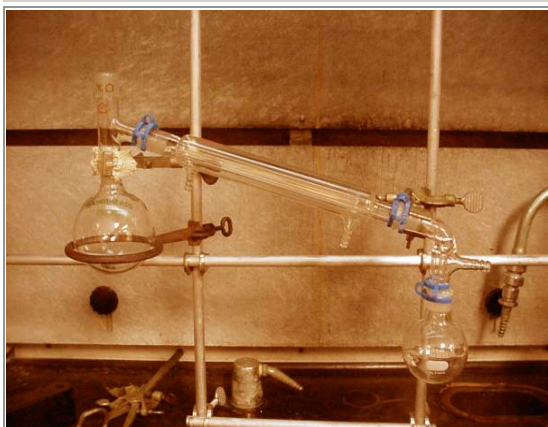
Pro sestavení aparatury (pevné přichycení všech dílů) použijeme stojany nebo kovovou mříž. Zdroj tepla (např. Bunsenův kahan) umístíme pod destilační baňku (na obrázku není zdroj tepla zachycen). Posadíme [destilační baňku](#) na varný kruh a uchytíme ji také za hrdlo.



Připojíme [destilační nástavec](#).



Uchytíme [vakuový nástavec](#). Připojíte [chladič](#). Pokud lze, spojíme obě připojení mezi chladičem a nástavcem pomocí speciální svorky (na fotografii je modrá).



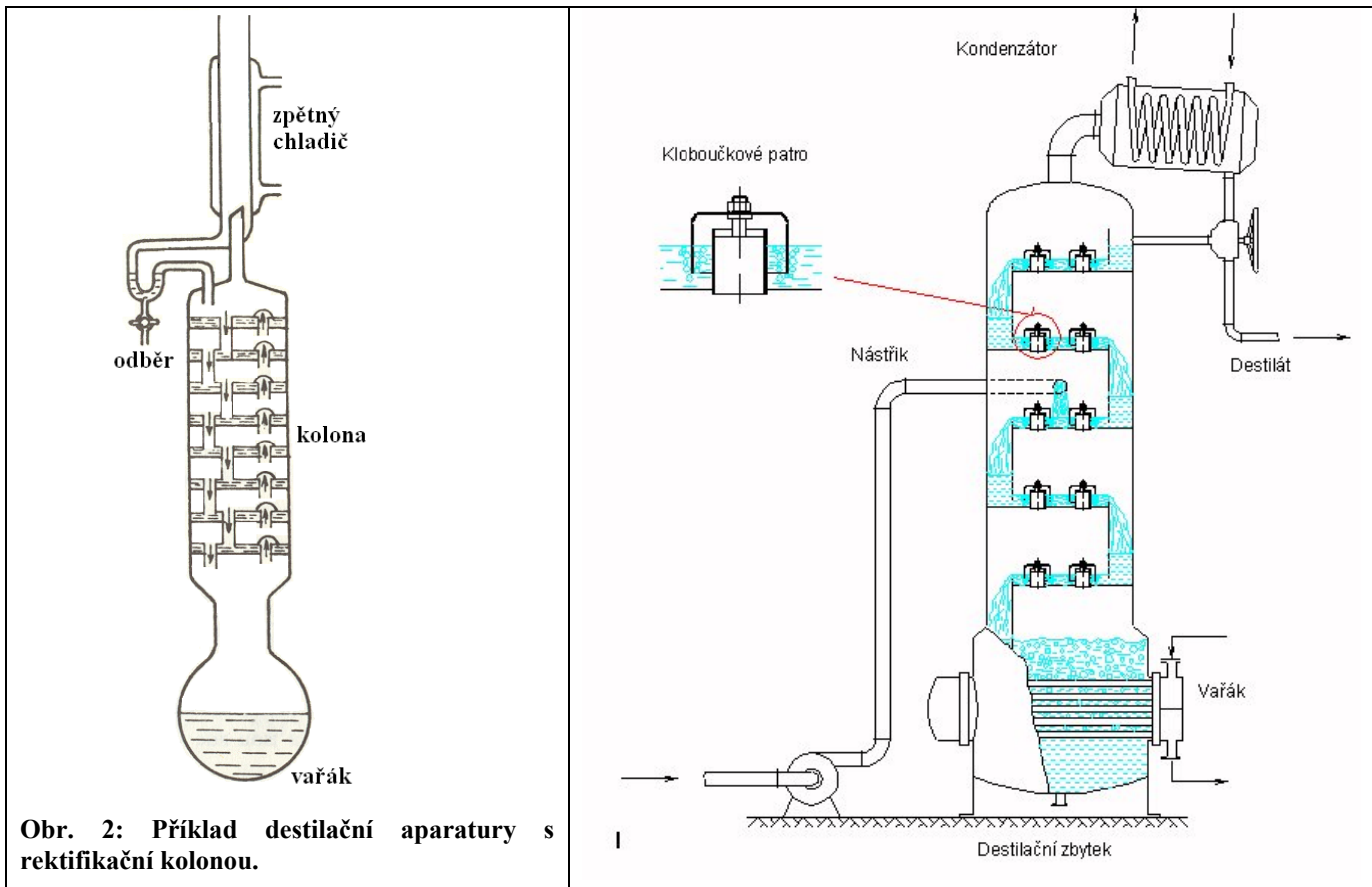
Přípevníme předlohu (jímadlo; baňka s kulatým dnem, např. [destilační baňka vhodné velikosti](#), [vemínko](#) s baňkami,...) a dobře ji uchytíme, lze použít i speciální svorku. Přidáme teploměr, varnou kapiláru, hadice pro přívod a odvod vody a pro přívod vakua a provedeme všechny ostatní speciální úpravy (na obrázku již není zachyceno).

Frakční destilace

Chceme-li rozdělit směs kapalin o blízké teplotě varu, nepovede se to prostou destilací. Musíme proto přistoupit k tzv. frakcionaci. První destilát rozdělujeme na několik frakcí (podílů), nejlépe na tři: přední podíl, hlavní podíl a destilační zbytek. Jednotlivé podíly pak znovu rozdestilováváme. Např. přední podíl podrobíme destilaci a zachytíme jeho přední podíl, který je v podstatě čistou níževroucí složkou směsi. Zbytek z této destilace spojíme s hlavním podílem z předchozí destilace a znovu destilujeme. Přitom oddělíme při destilaci dvě frakce, z nichž ta poslední bude obsahovat především výševroucí složku. Tuto můžeme spojit s destilačním zbytkem z první destilace a znovu destilovat. Čistotu jednotlivých frakcí lze posuzovat (kromě měření teploty varu) například měřením indexu lomu, případně prostřednictvím plynové chromatografie. Frakční destilace je velmi pracná a poskytuje malé výtěžky. Máme-li tedy možnost, použijeme raději rektifikaci.

Rektifikace

Rektifikace je frakční destilace s použitím destilační kolony. Používá se jí tehdy, jestliže prostá destilace k dělení směsi nestačí. Kvalita dělení na koloně je dána především konstrukcí kolony (délka a náplň kolony). S rostoucí délkou kolony se sice zvyšuje její dělicí schopnost, zároveň se ovšem také značně zvyšují nesnáze s udržení jejího pravidelného chodu.



Na koloně dochází k opakovanému ustavení rovnováhy kapalina – pára. Dělená kapalná směs se varem mění v páru obohacenou těkavější složkou. Plyná fáze stoupající zespodu vzhůru kondenzuje a stéká dolů. Stoupající plynná fáze tak přichází opakovaně do styku s protiproudě stékajícím kondenzátem, který se stoupajícími parami znovu vyhřívá a dochází k opětovnému obohacení plynné fáze těkavější složkou. Teplota varu směsi v koloně směrem vzhůru klesá. Celý děj se v koloně mnohonásobně opakuje. Kondenzát vracející se kolonou se nazývá zpětný tok nebo také reflux. Pro dobré dělení je nutné, aby se kondenzát vracel v podobě tenkého filmu a umožnil dokonalý styk s protipostupujícími parami. To je možné zajistit buď vhodnou konstrukcí kolony, nebo její náplní.

Jako náplně kolon se používají různé drobné předměty (např. sedélka, Raschigovy kroužky apod.), vyrobené obvykle z kovu, skla, plastu nebo porcelánu – viz [obrázek](#).

Druhy rektifikačních kolon

Patrová – válcová nádoba s řadou pater, druhy pater mohou být různé. Nástřík se přivede přibližně do prostřed a probublává do vyšších pater, přičemž se obohacuje o prchavější látku až do té doby, kdy ji obsahuje téměř stoprocentní. Pak páry zkondenzují, jejich jedna část se vrací zpět jako vnější zpětný tok a druhá část odchází jako destilát. Teplota na dně kolony, v tzv. ochuzovací části, je maximální, protože je

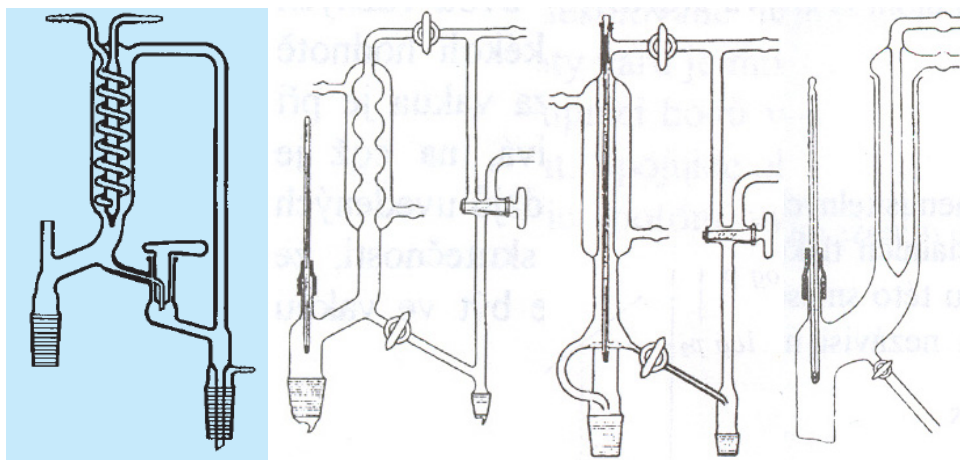
zde látka s vysokým bodem varu. Naproti tomu teplota v hlavě kolony, v tzv. obohacovací části, je minimální, neboť se zde nachází látka s nízkým bodem varu.;

Náplňová – funkce obdobná jako u patrových, ale místo pater je zde náplň z Raschingových, Leasingových kroužků atp., uložená na roštích. Části ochuzovací a obohacovací jsou od sebe odděleny, po náplni stéká kapalina proti páram, které stoupají vzhůru.

Filmová – obdoba odparky s kapalinovým filmem. Nástřik se přivádí na rotující kotouč, který jej rozstříkne na stěnu pláště, kde se pomocí rotujících stíracích lopatek vytvoří rovnoměrný kapalinový film. Vzniklé páry se stékají s kapalinovým filmem, který se obohacuje o méně prchavou látku a odtéká jako destilační zbytek.

Dalším velmi důležitým faktorem ovlivňujícím účinnost dělení je **refluxní poměr**, což je podíl zpětného toku v objemových jednotkách k počtu objemových jednotek odebraného destilátu. Největší účinnost kolony by teoreticky byla při úplném zpětném toku, tedy tehdy, jestliže se žádný destilát neodebírá.

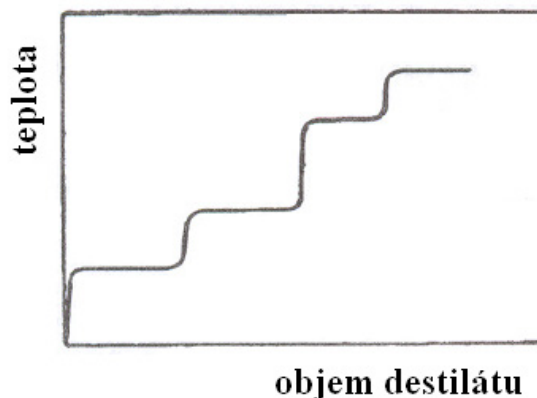
Aparatura na rektifikaci se sestává z destilační baňky vyhřívané nejčastěji [elektrickým hnízdem](#), vlastní kolony, hlavy kolony opatřené teploměrem a jímadla. Hlava kolony je rovněž velmi důležitou součástí rektifikační aparatury a slouží ke kondenzaci par a rozdělení kondenzátu na zpětný tok a destilát. Příklady hlav jsou znázorněny na obrázcích.



Při vlastním provedení rektifikace se baňka naplní destilovanou směsí, nasadí na spodní část kolony a začne se zahřívát za současného chlazení hlavy kolony. Kohout v hlavě kolony, sloužící k odběru destilátu, zůstává uzavřen. Po určité době dojde k zahlcení kolony. Potom je třeba vyregulovat přívod tepla takovým způsobem, aby se kolona nezahlcovovala, ale aby současně také v hlavě kolony docházelo stále ke kondenzaci par a zpětnému toku. Teprve tehdy dochází na koloně k ustavení rovnováhy. V průběhu ustavování rovnováhy klesá teplota na teploměru v hlavě kolony. Po ustavení rovnováhy se teplotní údaj na teploměru ustálí na hodnotě odpovídající hodnotě bodu varu nejtěkavější složky. Teprve po ustavení rovnováhy je možné přistoupit k odběru destilátu. Opatrným pootočením kohoutu v hlavě kolony nastavíme vhodný refluxní poměr. Ukazatelem správnosti provedení je teplota, která při správném nastavení refluxního poměru má být shodná s teplotou při ustavení rovnováhy. Pokud je tato teplota konstantní, nebo se jenom nepatrně zvyšuje, jímáme destilát jako jednotnou frakci. Jakmile začne teplota rychle růst, je to signál destilace další složky směsi. Jímáme proto mezifrakci tak dlouho, až se teplota ustálí na hodnotě teploty varu další složky. Teprve pak jímáme další jednotnou frakci. Nikdy neprovádíme destilaci až do úplného odpaření destilované kapaliny, ponecháváme vždy malý destilační zbytek. Při ukončení destilace nejprve vypneme zahřívání a necháme pozvolna stéci do baňky kondenzát zadržovaný v koloně (zádrž kolony). Teprve potom je možné vypnout chlazení hlavy kolony. Při kontrole průběhu rektifikace se obvykle neuspokojujeme teplotou varu jako kritériem čistoty dané frakce, ale často měříme i ji-

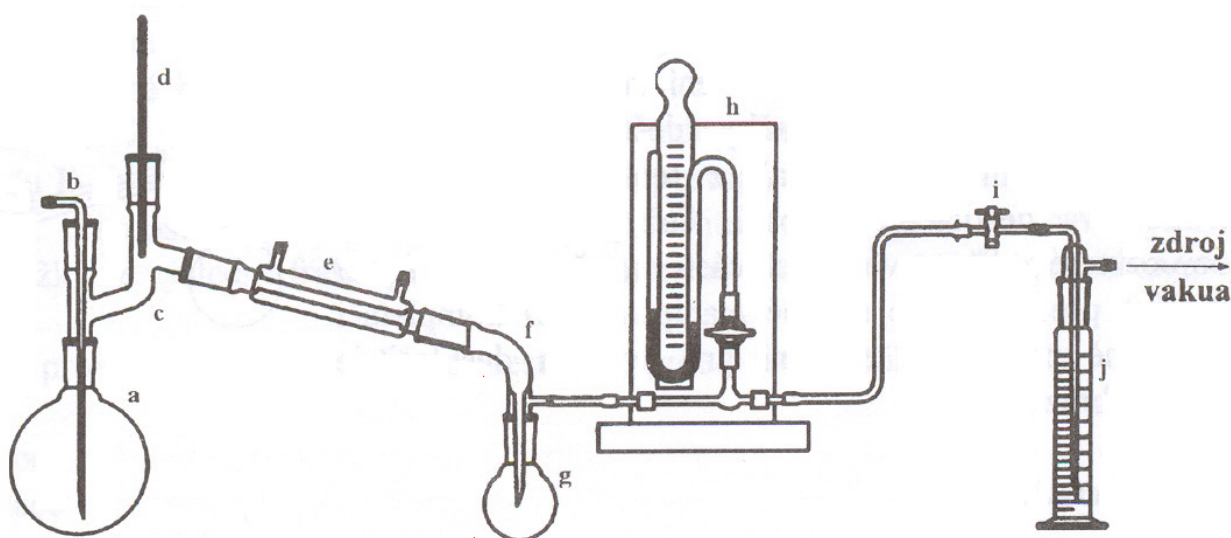
né fyzikální vlastnosti (index lomu, hustotu, optickou otáčivost). O čistotě nadestilované látky je možné se rovněž přesvědčit prostřednictvím plynové chromatografie nebo některé ze spektrálních metod.

Stejně jako rektifikaci za normálního tlaku je možné provést rektifikaci za tlaku sníženého. Je však přitom nutné přihlídnout k zvláštním podmínkám destilace za sníženého tlaku. Vlastní průběh destilace zaznamenáváme obvykle do tabulky, ve které se uvádí číslo frakce, teplota varu každé frakce, objem nebo hmotnost jednotlivých frakcí a celkový objem nebo hmotnost destilátu od počátku destilace. Mnohem přehledněji než z tabulky je vidět průběh destilace z grafického znázornění, neboli destilační křivky. Destilační křivka vyjadřuje závislost teploty varu destilované směsi na množství získaného destilátu. Získáme tak křivku, mající řadu více nebo méně vodorovných stupňů, odpovídajících destilaci čistých složek nebo azeotropních směsí. Jednotlivé stupně jsou spojeny více nebo méně strmými křivkami, odpovídajícími destilaci mezifrakcí. Klasický průběh destilační křivky typický pro dobré rozdestilování směsi je znázorněn na obrázku.



Destilace za sníženého tlaku

Hlavní výhoda destilace za sníženého tlaku je skutečnost, že s klesajícím tlakem klesá bod varu destilované látky. Používá se tedy na destilaci látek, které by se při své teplotě varu za normálních podmínek rozkládaly, oxidovaly nebo podléhaly jiné nežádoucí chemické změně. V některých případech lze destilaci za sníženého tlaku dosáhnout i lepšího dělení směsi. Pro destilaci za sníženého tlaku používáme zásadně baněk s kulatým dnem (nebo speciálně tvarovaných baněk), aby nedošlo k implozi v důsledku vnějšího tlaku. Zahřívání destilační baňky se provádí nejčastěji protřednicvím olejové lázně, do které je umístěn teploměr, kterým se teplota lázně kontroluje. Na destilační baňku **a**, opatřenou kapilárou **b** je připojen Claisenův nástavec **c**, opatřený teploměrem **d**. Na Claisenův nástavec je nasazen sestupný chladič **e** zakončený alonží **f** s nástavcem pro připojení hadice od zdroje vakua a baňkou pro jímání destilátu **g**. Na alonži je připojen paralelně manometr **h**, za ním trojcestný kohout **i**, pojistná láhev (promývačka) **j** a pak zdroj vakua. Viz obrázek:

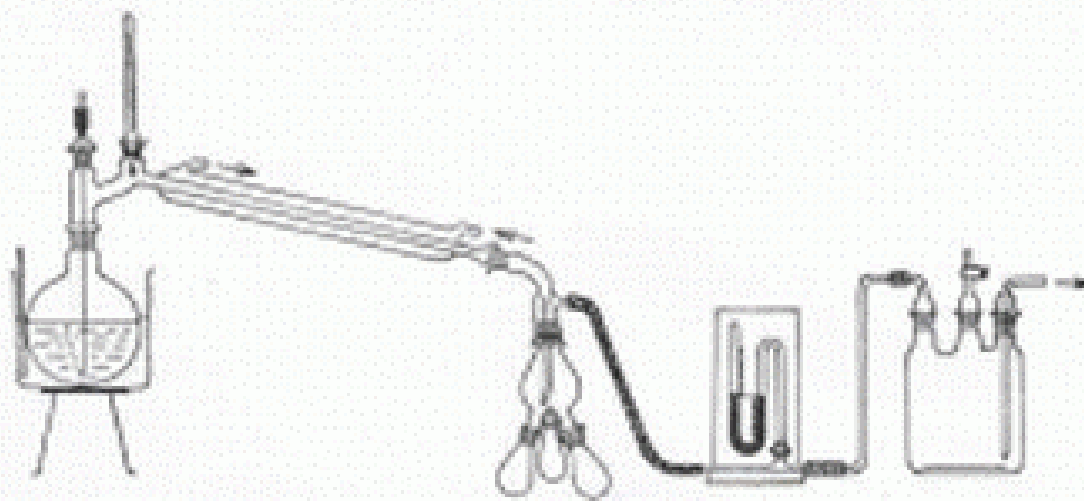


Obr. 3: Aparatura používaná na destilaci za sníženého tlaku

Za sníženého tlaku dochází k většímu přehřívání spodních vrstev destilované kapaliny oproti vrstvám horním, než je tomu u destilace za normálního tlaku. Když se pak při náhodném promíchání dostane přehřátá kapalina k povrchu, náhle se přeměňuje v páru (utajený var). K zamezení přehřívání destilované kapaliny (utajený var) je možné při vakuové destilaci používat destilační kapiláru. Ta se zasunuje například přes přímé hrdlo Claisenova nástavce nebo postranním tubusem až ke dnu destilační baňky. Kapilára propouští proud drobných bublinek vzduchu nebo inertního plynu a zajišťuje tak promíchávání celého objemu destilované kapaliny a pravidelný var. Správná světlost (tj. průměr otvoru) kapiláry se prověří profukováním vzduchu přes kapiláru do ethanolu. Správná kapilára propouští i za značného přetlaku proud jednotlivých jemných bublinek. Častou chybou při destilaci za sníženého tlaku je použití kapiláry o příliš velké světlosti. To vede k tomu, že při destilaci nelze potom dosáhnout dostatečného vakua. Navíc velké množství prosávaného vzduchu zbytečně poškozuje destilovanou látku.

Další možností, jak zabránit utajenému varu, je použití elektromagnetické míchačky a míchadla, které se vkládá přímo do destilované kapaliny a zajišťuje její trvalé promíchávání.

Pro jímání frakcí bez přerušení vakua je nutné použít speciální zařízení. Nejjednodušší je modifikace alonže, která umožňuje otočením alonže změnit jímadlo, do kterého odkapává destilát. Toto zařízení se nazývá **vemínko** a je znázorněno na [obrázku](#). Počet frakcí, které lze tímto zařízením jímat, je omezen počtem vývodů alonže. Jednotlivé vývody alonže se opatří jímadly velikosti přiměřené očekávanému objemu jednotlivých frakcí. Jako jímadla se používají kulaté nebo srdcovité zábrusové baničky. Zábrus, kterým je vemínko připojeno k alonži, musí být dobře namazán, aby bylo možné jeho otáčení i za vakua.



Obr. 4: Aparatura používaná na destilaci za sníženého tlaku za použití vemínka

Zdrojem vakua je nejčastěji [vodní](#) nebo [olejová](#) vývěva. Před započetím vakuové destilace sestavíme aparaturu podle dříve uvedeného obrázku, s ohledem na množství destilované kapaliny. Veškeré sklo použité k sestavení aparatury je nutné překontrolovat, jestli neobsahuje prasklinky, které by mohly způsobit implozi. Vzhledem k tomu, že v aparatuře je potřebné držet vakuum, je nutné, aby všechny zábrusové spoje byly dostatečně těsné. Jejich těsnost se zajistí namazáním vhodným, nejlépe silikonovým tukem. Po sestavení aparatury je nutné zkontrolovat těsnost. Připojíme vývěvu a na manometru odečteme hodnotu vakua. Pokud aparatura dostatečně netěsní, je nutné zkontrolovat veškeré spoje aparatury. Dosáhne-li vakuum žádané hodnoty, začneme vyhřívat destilační baňku. V průběhu destilace sledujeme teplotu a občas kontrolujeme vakuum. Zařízení pro odběr frakcí volíme podle toho, kolik frakcí chceme odebírat. Po skončení destilace nejprve přerušíme zahřívání a potom aparaturu zavzdušníme.

Vakuová destilace je do jisté míry nebezpečná vzhledem k možné implozi v důsledku vnějšího

tlaku. Při implozi jsou rozprášené skleněné střepy velmi nebezpečné. Proto je bezpodmínečně nutné při jakékoliv práci s evakuovanou skleněnou aparaturou chránit oči ochrannými brýlemi, nebo ještě lépe celý obličej ochranným štítem. Před evakuovanou destilační aparaturu je vhodné umístit drátěnou síť.

Destilace s vodní parou

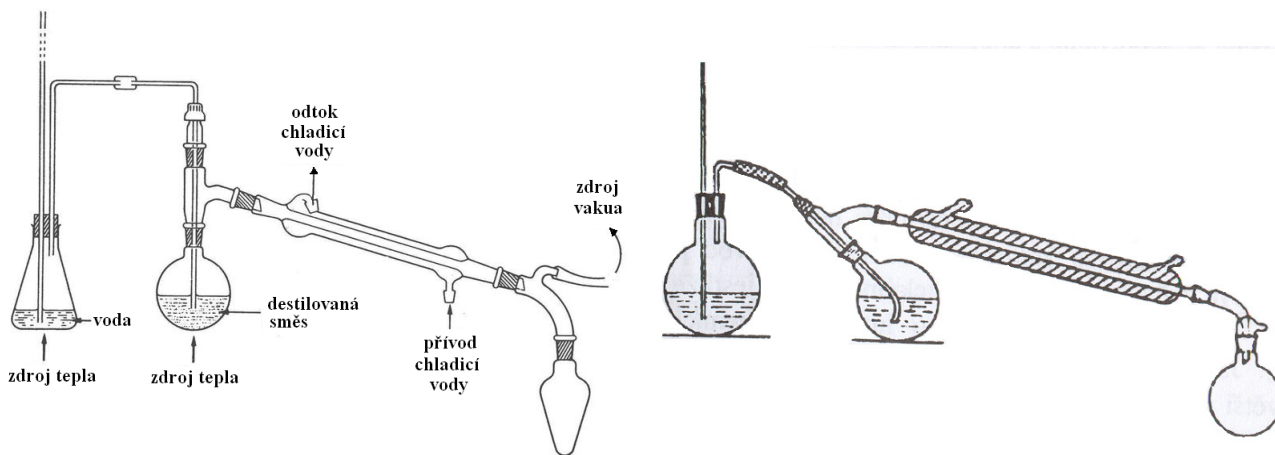
Tímto způsobem je možné destilovat málo těkavé látky, které se s vodou nemísí, nebo jsou v ní nepatrně rozpustné, aniž by bylo nutné je zahřívát na jejich bod varu. V organické syntéze je tento způsob poměrně často užívaný zejména při čištění látek, které se při své teplotě varu za normálního tlaku rozkládají, nebo podléhají jiným nežádoucím změnám. Podmínkou je už zmíněná nemísitelnost s vodou. Princip destilace s vodní parou bude podrobněji vysvětlen ve fyzikální chemii (využití **Daltonova zákona**). Důležitý je závěr, tj. skutečnost, že **soustava dvou vzájemně nemísitelných kapalin destiluje při teplotě nižší, než odpovídá teplotě varu těkavější složky**.

Voda je velice výhodné činidlo na operace tohoto typu, protože:

1. S většinou organických látek se nemísí.
2. Vzhledem ke své vysoké tenzi páry ve srovnání s tenzí páry většiny organických látek snižuje bod varu směsi podstatným způsobem.
3. Díky své malé molární hmotnosti, oproti většině organických látek, je množství vodní páry nutné k předdestilování určitého množství organické látky relativně malé a i při nízkých parciálních tlacích organických látek lze destilací s vodní parou získat poměrně vysoké výtěžky.

Zařízení pro destilaci s vodní parou je znázorněno na obrázku níže. Je složeno z vyvíječe vodní páry, trubice, kterou se přivádí pára do destilační baňky, z vlastní destilační baňky, sestupného chladiče, alonže a předlohy. Jako vyvíječ vodní páry lze použít větší baňku nebo Erlenmayerovu baňku uzavřenou zátkou se dvěma otvory. Jeden otvor slouží pro zasunutí pojistné trubice sahající až na dno vyvíječe páry. Délka trubice je asi 50 až 70 cm. Druhým otvorem prochází ohnutá trubička, kterou se odvádí pára. Tato trubička končí těsně pod zátkou, aby odváděla co nejteplejší páru. Pára se přivádí do destilační baňky, která je nakloněna tak, aby nedocházelo k přestřikování destilované směsi do chladiče. Trubička sloužící jako přívod páry má být co nejkratší, neboť jen tak se do baňky dostává pára a ne horká voda a má sahát až ke dnu destilační baňky, aby bylo vháněné páry co nejdokonaleji využito. Často se používá speciální nástavec pro destilaci s vodní parou zakončený hrubozrnnou fritou, která umožní co nejlepší rozdělení páry v destilované směsi. Zaváděcí trubička se spojí kouskem gumové hadičky s nástavcem, který se jedním koncem zasune do zábrusového hrdla baňky, na druhý konec se nasadí zpětný chladič. Zbytek aparatury je již shodný s aparaturou pro prostou destilaci. Pro rychlejší provedení destilace je vhodné použít vyvíječe páry s ponorným vařičem, zvláště pro jeho pohotovost a úspornost energie. Máme-li sestavenou celou aparaturu, zapojíme chlazení a začneme zahřívát vyvíječ páry (nezapomenout na varné kaménky). Jakmile začne proudit pára do destilační baňky, je vhodné tuto baňku začít přehřívat, protože jinak by pára v baňce kondenzovala a hromadila se v ní voda. Později zaváděná pára sama stačí směs v baňce zahřívát a je tedy možné zahřívání baňky přerušit. Vzhledem k tomu, že kondenzační teplo vody je vysoké, musíme používat velmi účinný chladič. Při destilaci krystalických nízkotajících látek se často stává, že tyto v chladiči tuhnou a chladič ucpávají. V takovém případě je vhodné zastavit chladicí vodu a pára přicházející do chladiče tuhou látku roztaví a ta steče do jímadla. V těchto případech se nedoporučuje používat alonž, ale přímo pod chladič umístit kádinku, do které jímáme destilát. Konec destilace poznáme podle toho, že přechází již jen samotná voda, která neobsahuje olejovité podíly.

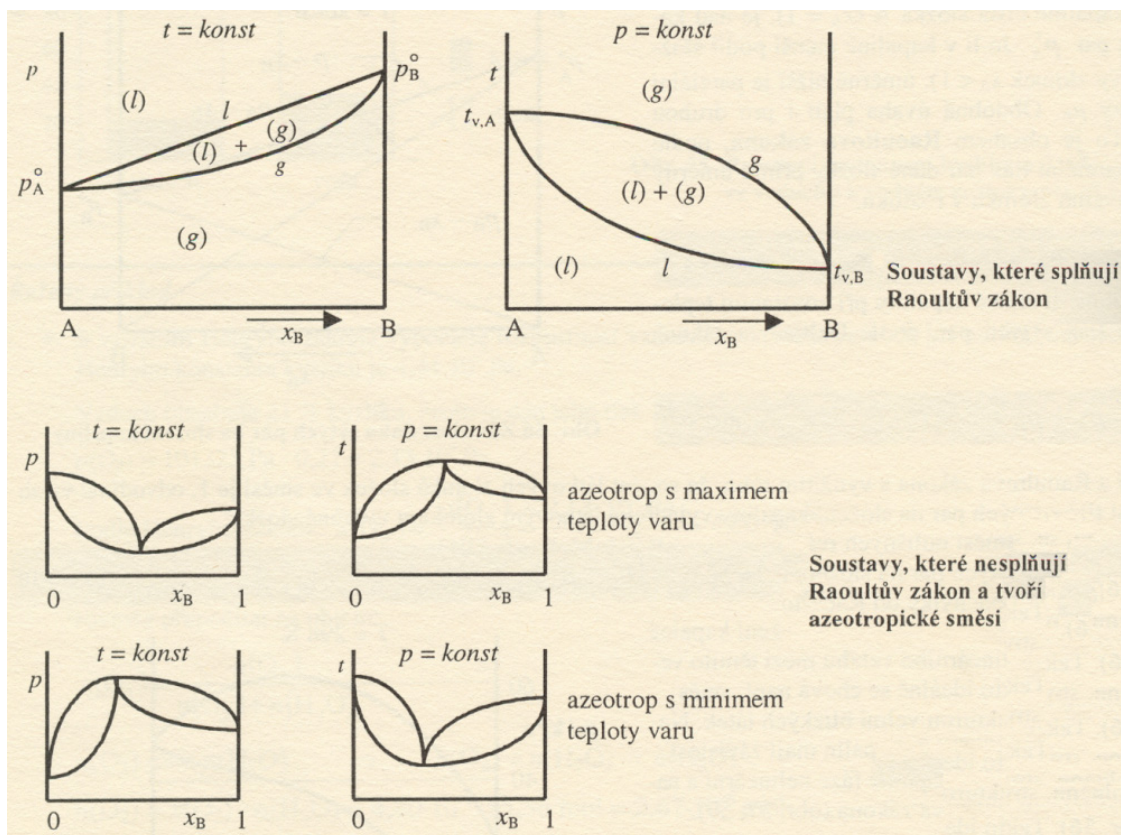
V takovém případě přestaneme zahřívát vyvíječ páry a rozpojíme spoj mezi vyvíječem a destilační baňkou (pozor na možné popálení unikající parou).



Zařízení pro destilaci s voní parou.

Azeotropní destilace

Azeotropní destilace je založena na existenci azeotropních roztoků. Každá kapalina má za dané teploty definovaný tlak nasycené páry. Smísíme-li dvě kapaliny A, B, budou obě přispívat k výslednému tlaku nasycené páry směsi svými parciálními tlaky. Výsledný tlak je dán součtem parciálních tlaků jednotlivých složek (Daltonův zákon). U ideálních roztoků, kde předpokládáme, že molekuly jednotlivých složek na sebe nijak nepůsobí, je poměr parciálního tlaku páry každé složky k její tenzi páry v čistém stavu roven molárnímu zlomku (Raoultův zákon). Takové soustavy jsou však poměrně vzácné. Většinou se v praxi setkáváme se soustavami vykazujícími odchylky od Raoultova zákona, ať už kladné nebo záporné. Takovým soustavám říkáme reálné. Kladné odchylky jsou mnohem častější.

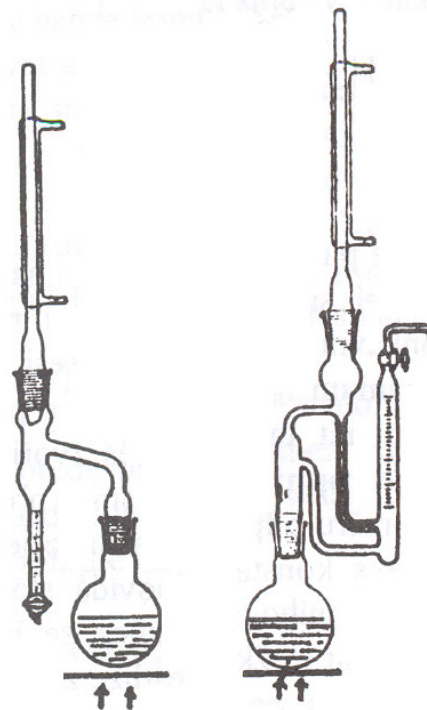


Obr. 5: Fázové diagramy dvojsložkových soustav pro rovnováhu kapalina-pára. Podle P. Klouda: Fyzikální chemie. Pavel Klouda, Ostrava 2002. ISBN 80-86369-06-4.

Reálná soustava vykazuje na grafu závislosti tenze par na složení směsi buď maximum nebo minimum. V případě, že směs dosáhne při určitém složení maximální tenze páry, bude mít tato směs nižší bod varu než je bod varu kterékoliv ze složek tuto směs tvořících (**azeotropní soustava s minimem bodu varu**). Smísíme-li dvě složky tvořící takovou směs přesně v poměru odpovídajícím složení azeotropní směsi (průsečík křivky páry a křivky kapaliny), bude se soustava při destilaci chovat jako jedna látka s konstantním bodem varu. Smísíme-li obě složky v jiném poměru než odpovídá složení azeotropní směsi, bude nejprve destilovat azeotropní směs a v destilační baňce se bude hromadit složka, která je ve směsi v přebytku oproti azeotropnímu složení.

Naopak, jestliže závislost tenze páry na složení směsi vykazuje minimum, bude bod varu takové směsi vyšší než body varu jednotlivých složek (**azeotropní soustava s maximem bodu varu**). Při destilaci se taková soustava chová analogicky jako soustava předcházející, s tím rozdílem, že při destilaci této směsi bude nejprve destilovat složka, která je v přebytku oproti azeotropní směsi a v destilační baňce se bude hromadit azeotropní směs. Z uvedeného vyplývá, že ani sebedéle trvající destilací nelze od sebe navzájem oddělit složky tvořící azeotropní směs. Celá situace je patrná z diagramů závislosti teploty varu na složení směsi.

V praxi má azeotropní destilace nejčastější použití při odstraňování vody z některých rozpouštědel nebo z reakčních směsí za účelem posunutí rovnováhy reakce žádoucím směrem. Používají se přitom speciální azeotropní nástavce. Tyto se nasazují na hrdlo destilační baňky a uzavírají se zpětným chladičem. Mohou být dvojího druhu. První se používá v případě, že rozpouštědlo sloužící k odstranění vody ve formě azeotropu je lehčí než voda (benzen, toluen), druhý se používá v případě, že toto rozpouštědlo je těžší než voda (chloroform, chlorid uhličitý). Aparatury s těmito nástavci jsou znázorněny na obrázcích. Na obrázku vlevo je aparatura s nástavcem pro rozpouštědla lehčí než voda. Při zahřívání baňky bude destilovat azeotropní roztok, který zkondenzuje ve zpětném chladiči. Kondenzát se bude hromadit v bočním raménku nástavce a rozdělí se na dvě vrstvy s tím, že voda bude tvořit spodní vrstvu a je možné ji podle potřeby odpouštět kohoutem. Rozpouštědlo tvořící horní vrstvu se po naplnění bočního raménka vrací zpět do baňky. Relativně malé množství rozpouštědla tedy stačí k odstranění libovolného množství vody. Nástavec v aparatuře na obrázku vpravo funguje analogickým způsobem, pouze s tím rozdílem, že vodu odpouštíme kohoutem v horní části nástavce.



Molekulární destilace

Molekulární destilace pracuje za vysokého vakua, kdy se zvláště výrazně projevuje snížení teploty potřebné k předestilování látky. Hlavním znakem molekulární destilace je velmi krátká vzdálenost mezi povrchem destilované látky a chladičem. Je totiž nutné, aby tato vzdálenost byla menší než je střední volná dráha molekuly za daného vakua. Při molekulární destilaci se vzdálenost mezi povrchem destilované kapaliny a chladičem nejčastěji pohybuje v rozmezí 0,5 až 2 cm. Důvodem tohoto požadavku je skutečnost, že při molekulární destilaci mohou molekuly uvolněné z povrchu kapaliny v hojnějším počtu překonat vzdálenost mezi povrchem kapaliny a povrchem chladiče pouze tehdy, jestliže neztrácejí svoji pohybovou energii srážkami s jinými molekulami. Při molekulární destilaci není na rozdíl od běžné destilace určitý bod varu. Molekulární destilace běží za jakékoli teploty, pokud je mezi povrchem desti-

lované kapaliny a povrchem chladiče tepelný spád. Je ovšem žádoucí, aby teplota chladiče byla co nejnižší, aby nedocházelo ke zpětnému odrazu dopadajících molekul. Rozdíl mezi oběma teplotami má být pokud možno co nejnižší, zpravidla se pohybuje v rozmezí 60 až 100 °C. Při vyšších teplotách destilované kapaliny je ovšem množství molekul opouštějící její povrch mnohem vyšší, proto je i rychlost destilace větší. Dělicí schopnost molekulární destilace je velmi malá. U tohoto způsobu destilace nedochází k ustavení rovnováhy mezi plynnou a kapalnou fází, neboť molekulární destilace je založena na přímém pohybu molekul k chladiči bez jakýchkoli vzájemných srážek a pokud možno bez návratu zpět do kapaliny. Předností molekulární destilace je její využití k čištění látek o vysoké molární hmotnosti, vyznačujících se nestálostí při zahřívání na vyšší teplotu. Je tedy možné ji využít všude tam, kde by obvyklé destilační metody vedly k tepelné degradaci destilované látky. Pro molekulární destilaci není ovšem na rozdíl od destilace frakční typické získávání látek v čistém stavu, nýbrž zpravidla pouze koncentrování cenných součástí. Schéma aparatury používané na molekulární destilaci je znázorněno na obrázku.



Obr. 6: Schéma zařízení pro molekulární destilaci.