

Práce s roztoky

Měření objemů kapalin

Odměrné nádoby a další pomůcky v chemické laboratoři

Při přípravě roztoků a manipulaci s kapalinami používáme různé laboratorní nádoby a pomůcky. Liší se účelem, k němuž mají být použity, a přesností. Dodržení teploty je důležité, protože hustota kapaliny se mění s teplotou.

Porovnejme hustotu čisté vody za různých teplot: Při teplotě 4 °C obsahuje jeden litr téměř přesně jeden kilogram čisté vody. S rostoucí teplotou hustota klesá, takže při 20 °C je to už o dva gramy méně a při teplotě 37 °C váží jeden litr čisté vody jen asi 993 gramů^[1].

Odměrné nádobí je obvykle kalibrováno při 20 °C (v USA 25 °C). Kalibrační teplota je vyznačena na každé odměrné nádobě.

Je třeba mít na paměti, že teplota mnoha roztoků se během mísení mění – např. anorganické kyseliny a louhy se při ředění zahřívají, naopak mnoho solí se při rozpouštění ochlazuje. Při odměřování a přípravě takových roztoků tak může nepozorovaně vzniknout významná chyba

Pomůcky k odměřování objemu tekutin

Pomůcka	Obvyklý rozsah objemu	Přesnost
Erlenmayerova baňka, kádinka	5–5000 ml	jen orientační
Odměrná baňka	5–2000 ml	vysoká
Odměrný válec	5–2000 ml	střední
Byreta	1–100 ml	vysoká
Pasteurova pipeta, kapátko	1–5 ml	malá
Skleněná pipeta	1–100 ml	vysoká
Automatická pipeta	5–5000 µl	vysoká
Automatický dávkovač	0,1–100 ml	střední
Mikrostříkačka	0,5–1000 µl	vysoká
Pístoventilový dávkovač	1–500 ml	střední

Kádinky

Používají se k orientačnímu stanovení objemů kapalin. Kromě hrubého odměřování objemů slouží kádinky hlavně k rozpouštění látek, ředění kapalin, zahřívání a dalším laboratorním operacím. Pro nízkou přesnost měření se obvykle mezi odměrné nádoby ani neřadí.



Kádinka

Odměrné baňky a odměrné válce

Odměrné baňky a odměrné válce se kalibrují „na dolítí“, což je na nich vyznačeno značkou D podle českého dolít nebo IN podle anglického include. Po doplnění na příslušnou rysku má kapalina uvnitř nádoby přesně uvedený objem. Přelijeme-li kapalinu do jiné nádoby, určité množství zůstane v podobě tenkého filmu či kapek na stěnách, takže přelitím přeneseme menší než vyznačený objem.

Objem se obvykle udává v mililitrech. Při odměřování musí nádoba stát na pevné, vodorovné podložce. Správný objem je odměřen, jestliže se meniskus kapaliny svým dolním okrajem dotýká rysky na nádobě. Odměrné válce slouží pouze k přibližnému odměřování, odměrné baňky slouží k přípravě roztoků o přesné koncentraci.



Odměrný válec a odměrná baňka

Byrety, pipety, dávkovače a stříkačky

Byrety, pipety, dávkovače a stříkačky odměřují objem kapaliny odebírané do jiné nádoby.

Pipety a byrety jsou obvykle **kalibrované „na vylítí“**, značka **V** podle českého vylít nebo **Ex** podle anglického exclude. Kapalina z nich vyteklá od příslušných rysek má uvedený objem. Obsah pipety nevyfukujeme, i když zůstane ve špičce kapka. S jejím objemem se při kalibraci počítá.

■ Byrety

Používají se při titracích, nebo tam, kde se opakovaně odměřuje stejný objem kapaliny. Jedná se o skleněné nebo umělohmotné kalibrované trubice uzavřené kohoutem. Byreta se pomocí držáku upevní svisle ke stojanu. Při uzavřeném kohoutu se opatrně pomocí nálevky naplní příslušnou kapalinou. Nálevka se odstraní a pootevřením kohoutu se vypustí takové množství kapaliny, aby se její dolní meniskus dotýkal rysky. Pak je byreta připravena k titrování. Kohoutem se vypouští titrační činidlo a jeho objem se sleduje na stupnici. K nejdůležitějším úkonům při práci s byretou patří správné odečtení objemu. Na byretě se odečítá vždy dvakrát. Poprvé při určování nulové značky, podruhé při odečítání vypuštěného objemu. Jelikož je odečítána změna objemu, nezáleží příliš na způsobu odečítání. Vždy je však třeba odečítat stejným způsobem.



Byrety

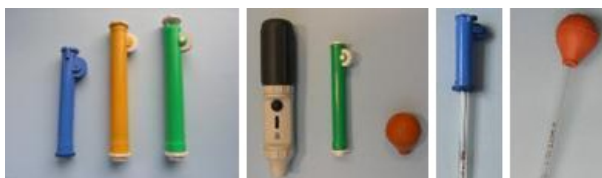
V rutinních laboratořích se používají automatické byrety.

■ Skleněné pipety

K měření objemů v moderních rutinních laboratořích se používají již málo a jsou nahrazovány poloautomatickými dávkovači. Objem skleněných pipet může být různý, od 1 do 100 ml. Mohou být buď nedělené, určené k měření jediného objemu, nebo dělené – obvykle po mililitrech a desetínách mililitrů. Stupnice může směřovat od špičky směrem k hornímu okraji nebo naopak. Z bezpečnostních důvodů nikdy nenasáváme roztok do pipety ústy – k natažení se používají různé typy nástavců nebo pístů.



Skleněné pipety



Při nasávání nesmí být pipeta opřena o dno nádoby. Před odměřováním vzorku se pipeta nejprve naplní roztokem a odebraný objem se vypustí do odpadní nádoby. Teprve pak se odebere přesný objem a přenáší do nádoby pro další zpracování. Roztok nesmí nikdy vniknout do pipetovacího nástavce.

■ Automatické pipety (pipetory, mikropipety, mikrodávkače)

Jednou z možností odměření malých objemů je použití automatických pipet.

 *Podrobnější informace naleznete na stránce Automatické pipety.*



Mikrodávkače

■ Mikrostříkačky

Slouží k přesnému dávkování malých množství (0,1–1000 µl) kapalin. Skládají se z jehly připojené ke skleněnému válci se stupnicí, v němž se pohybuje píst. Jednotlivé typy se liší průměry jehel a pístů.



Mikrostříkačka

■ Pístověventilové dávkovače

Jsou tvořeny pístem se stupnicí, který je nasazen na zásobní láhev. Umožňují opakované dávkování určitého objemu kapaliny ze zásobní lahve. Dávkovače určené pro dávkování agresivních chemikálií (např. silných kyselin) mají skleněné části vyrobené z borosilikátového skla, plastové díly, které jsou ve styku s kapalinou jsou vyrobeny z PTFE, ostatní díly jsou z PE nebo PP. V moderních typech dávkovačů je dávkování automatizováno pomocí ovládacích modulů.

Automatické pipety

Podle způsobu ovládání rozlišujeme **automatické pipety** manuální a elektronické. U **manuálních** pipet se pístem pohybuje palcem ruky pomocí ovládacího tlačítka. Správnost a přesnost pipetování je výrazně ovlivněna zkušenostmi a zručností pracovníka. V případě **elektronických** pipet pístem pohybuje elektromotorek. Oproti manuálním nabízí navíc naprogramování způsobu pipetování. Podle povahy kapaliny lze zvolit i různou rychlost pohybu pístu při nasávání a vytlačování kapaliny.

Na tělo pipety (též *pipetor*) se nasazuje jednorázová špička. Pipetovaná kapalina přichází do kontaktu pouze s touto špičkou.

Automatické pipety lze podle principu jejich práce rozdělit na dva základní typy:

▪ „Air displacement“ pipety

Tento typ pipet využívá principu tzv. vzduchového polštáře. Mezi pístem a kapalinou zůstává vždy určitý objem vzduchu. Objem kapaliny nasátý pipetorem do špičky se od objemu vzduchu, nasátého nebo vytlačeného pístem, může mírně lišit v závislosti na hustotě a viskozitě pipetované kapaliny, smáčivosti povrchu špičky pipetovanou kapalinou, teplotě a atmosférickém tlaku a dalších vlivech. Pipetor proto musí být pravidelně kalibrován a seřizován.

Pipety tohoto typu rozlišujeme dle provedení jako **jednokanálové** (určené pro pipetování jednoho objemu dané kapaliny v čase) nebo jako **vícekanálové** (nejčastěji osmi nebo dvanáctikanálové) určené pro současné pipetování stejného objemu dané kapaliny do více jamek v mikrotitrační destičce. Každý kanál u vícekanálových pipet má svůj vlastní píst, proto není nutné využít všech kanálů najednou (je možné připojit méně než 8, resp. 12 špiček).

Automatické pipety jsou konstruovány buď pro jeden **fixní** objem nebo jsou **nastavitelné** na více objemů. Změna nastavení objemu je možná v určitém rozmezí (např. 10–100 µl) pomocí nastavovacího šroubu nebo knoflíku.

▪ „Positive displacement“ pipetory

Tento typ pipet nasává kapalinu do špičky přímo bez vytvoření vzduchového polštáře, tj. píst je v přímém kontaktu s odměřovanou kapalinou. Kapalina nasátá do špičky (bez vzduchové bubliny) se vypustí ven najednou (typ stříkačky) nebo po krocích ve stejném objemu (tzv. krokovací pipeta, angl. *stepper*). Tento typ pipetorů je výhodné používat pro vysoce viskózní nebo těkavé kapaliny, anebo pro opakující se pipetování.



Pístoventilový dávkovač

Způsoby použití pipetoru



Výchozí poloha



1. poloha



2. poloha

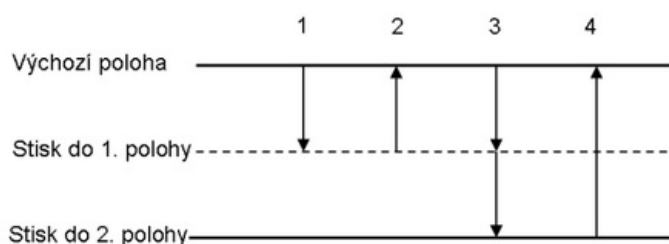
Přímé pipetování

Jde o nejčastěji používanou techniku pipetování. Při přímém pipetování se do špičky nasaje přesně nastavený objem a v dalším kroku se ze špičky kompletně vytlačí do zvolené nádoby. Protože určité množství kapaliny zůstává na vnitřním povrchu špičky jako tenký film, je třeba před pipetováním špičku smočit odměřovanou kapalinou. Přímá technika pipetování se používá pro odměřování většiny vodných roztoků, pufrů, zředěných kyselin a zásad.

Postup

1. Nasadte na dávkovač špičku. Stiskněte tlačítko ovladače do první polohy (nutno překonat malý odpor při stisku tlačítka).
2. Ponořte špičku dávkovače asi 2–3 mm pod hladinu roztoku. Pomalu povolujte stisknuté tlačítko ovladače za současného nasátí vzorku do špičky.

Pomalým nasátím kapaliny do špičky se omezí možný vznik turbulence, která může vyvolat vznik aerosolu a bublinek plynu, vycházejících z kapaliny. Optimální rychlost nasávání závisí na vlastnostech kapaliny (na její hustotě, tenzi par a



Schema pipetování-přímé

viskozitě).



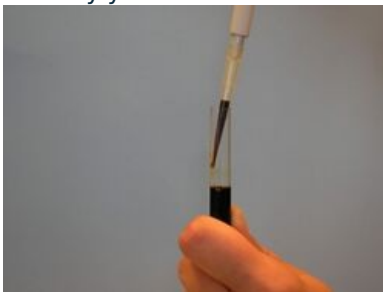
- Vždy sledujte, zda do špičky nevnikly bublinky vzduchu (např. při prudším povolení pístu ovladače nebo špatně nasazené špičky).



- Vyšší přesnosti při pipetování dosáhnete, když úplně sundáte palec z tlačítka ovladače, jakmile dosáhne výchozí polohy.

3. Pomalu vytáhněte špičku z kapaliny. Při rychlém vytažení se může ztratit část obsahu špičky. Před vytažením špičky z kapaliny počkejte, hlavně u větších pipetorů 500–5000 μ l, asi 1–3 vteřiny.

4. Při vytlačování kapaliny držte špičku v mírném úhlu proti stěně nádoby (10–45°), těsně nad roztokem, který v ní už je, a plynule stiskněte tlačítko ovladače palcem do první polohy. Vyčkejte asi 1 vteřinu a pokračujte v rychlém stisku tlačítka ovladače až do druhé polohy (pocítíte větší odpor při stisku). Dbejte na to, aby nezůstaly kapičky kapaliny ve špičce nebo nebyly rozstříknuté na stěnách nádoby.



5. Podržte tlačítko ovladače zmáčkuté a vytáhněte špičku podél stěny nádoby ven. Nyní povolte tlačítko ovladače.

Při přímém pipetování vzniká určitá chyba tím, že na vnitřní ploše špičky zůstane velmi tenký film přenášené tekutiny. Uvedeným postupem tedy odměříme o něco menší objem, než je nastaveno na pipetě, přičemž chyba závisí především na vlastnostech pipetované kapaliny a materiálu, z něž je vyrobena špička. Uvedenou chybu lze odstranit tím, že se před pipetováním vnitřní plocha špičky smočí odměřovanou kapalinou. V praxi to znamená, že nejprve výše popsaným postupem nasajeme roztok do špičky, místo jeho odměření do cílové nádoby jej však vrátíme zpět do zásobní nádoby. V tuto chvíli je na vnitřní stěně špičky vytvořen film pipetované kapaliny, v případě bezbarvých roztoků je při správné technice okem neviditelný. Následuje odměření kapaliny přesně podle výše uvedeného postupu (pouze nenasazujeme novou špičku). Jelikož množství kapaliny, které zůstává ve špičce, je prakticky konstantní, odměříme nyní skutečně nastavený objem.

Pokud na vnější stěně špičky zůstanou kapky, je možné je otřít buničitou vatou lehkým pohybem shora dolů. Nikdy se buničinou nedotýkejte ústí špičky, odsáli byste část kapaliny, která je uvnitř.



Reverzní pipetování

Při reverzním pipetování do špičky nasajeme větší objem kapaliny, než který chceme odměřit, a v dalším kroku vytlačíme ze špičky objem nastavený na pipetě. Tento způsob pipetování poskytuje lepší výsledky při práci s viskózními nebo vysoce těkavými kapalinami, kapalinami silně smáčivými a s roztoky, které pění. Hodí se i pro odměřování velmi malých objemů. Po pipetování zůstane ve špičce vždy zbytek kapaliny, kterou lze vytlačit zpět do zásobní nádoby nebo do odpadu před vlastním odstraněním špičky.

Postup

1. Stiskněte tlačítko až do druhé polohy (pocítíte nejdříve slabý a poté větší odpor pístu při stisku tlačítka ovladače).
2. Ponořte špičku pipety asi 2–5 mm pod hladinu roztoku. Pomalu povolujte píst za současného nasátí vzorku

do špičky.

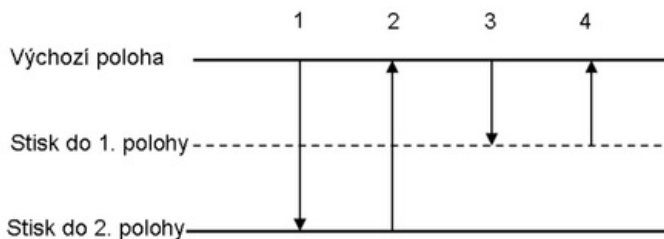
3. Pomalu vytáhněte špičku z kapaliny a odstraňte kapky ulpělé na vnější stěně špičky dotekem špičky o okraj nádoby.

4. Při vytlačování daného objemu kapaliny držte špičku v mírném úhlu proti stěně nádoby těsně nad roztokem, který v ní již je, a pomalu plynule stiskněte palcem tlačítko ovladače do první polohy.

5. Držte tlačítko ovladače zmáčkuté v této poloze a vytáhněte špičku z nádoby ven.

6. Část kapaliny, která zůstane ve špičce, vytlačte stiskem tlačítka ovladače do druhé polohy zpět do původní nádoby nebo do odpadu.

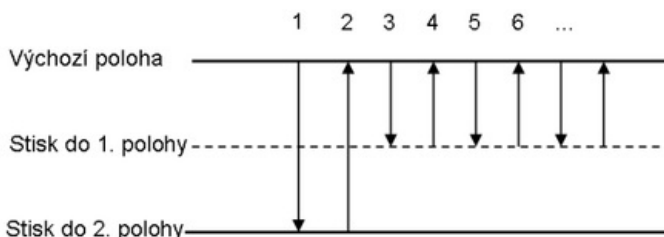
7. Podržte tlačítko ovladače zmáčkuté a vytáhněte špičku z kapaliny ven a pak povolte tlačítko ovladače.



Schema pipetování-reverzní

Opakované pipetování

Tento způsob pipetování je určen pro opakované pipetování stejného objemu, např. pro přidávání činidla do série zkumavek nebo do jamek v mikrotitrační destičce. Jedná se vlastně o opakující se reverzní pipetování. Po nasátí kapaliny do špičky se opakují kroky 2 až 4.



Schema pipetování-opakující se

Pipetování heterogenních vzorků

Technika vhodná pro pipetování heterogenních vzorků jako je krev, kdy není snadný proplach špičky před pipetováním. Podobá se přímé technice, ale špička se předem nesmáčí odměřovanou kapalinou. Namísto toho se po přenesení kapaliny opakovaně propláchne roztokem, s nímž se odměřovaná kapalina mísí.

Postup

1. Stiskněte tlačítko do první polohy a ponořte špičku dávkovače asi 2–5 mm pod hladinu roztoku.

2. Pomalu povolte píst za současného nasávání vzorku do špičky.

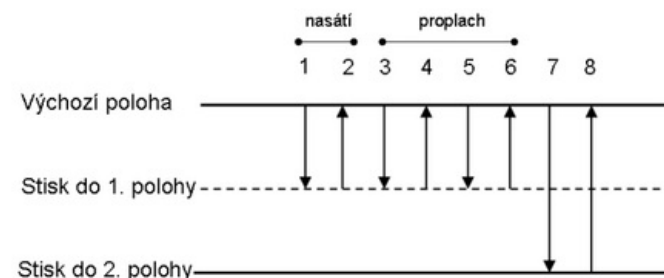
3. Pomalu vytáhněte špičku z kapaliny a odstraňte kapky roztoku ulpělé na vnější stěně špičky vytažením špičky podél stěny nádoby.

4. Ponořte špičku dávkovače **do** cílového roztoku.

5. Stiskněte ovládací tlačítko do první polohy a pak ho pomalu povolte do původní polohy. Tím dojde k nasátí roztoku do špičky. Špičku nevyndávejte z roztoku a opakujte tento krok, dokud vnitřní stěna špičky není čistá.

6. Po stěně povytáhněte špičku nad hladinu roztoku a vyprázdněte ji stiskem tlačítka ovladače do druhé polohy.

7. Podržte tlačítko ovladače zmáčkuté a vytáhněte špičku z nádoby podél stěny ven a pak povolte tlačítko ovladače.



Schema pipetování-heterogenních vzorků

Příprava roztoků o dané koncentraci

Hmotnostní koncentrace: $\rho_B = m_B / V$ (g/l)

Látková koncentrace (molarita): $c_B = n_B / V$ (mol/l)

Hmotnostní zlomek: $w_B = m_B / m$

Zředování a směšování roztoků: $c_1V_1 + c_2V_2 = c_3(V_1 + V_2)$

Číslo zředění (zředovací faktor): $D = (V_{\text{konečný}} / V_{\text{původní}})$

D-krát zředěný roztok o objemu $V_{\text{konečný}}$ připravíme z 1 dílu původního roztoku ($V_{\text{původní}}$) a (D–1) dílů rozpouštědla (např. 5krát zředěný roztok se získá smícháním 1 dílu původního roztoku a 4 dílů vody).

V anglosaské terminologii se setkáváme též s pojmem **zředovací poměr**, který vyjadřuje 1 díl původního roztoku ku D dílům celkového objemu ($1/D = V_{\text{původní}} / V_{\text{konečný}}$). Podle tohoto pojetí roztok zředěný 1: D je totéž co D-krát zředěný roztok (např. roztok zředěný 1: 5 je roztok připravený z 1 dílu původního roztoku a 4 dílů vody, tj. 5krát zředěný).

Fotometrické ověření koncentrace

Při průchodu elektromagnetického záření z oblasti ultrafialové nebo viditelné části spektra měřeným roztokem dochází k jeho absorpci. Velikost absorpce závisí na vlnové délce záření, na koncentraci absorbující látky v roztoku a na tloušťce měřené vrstvy. Při dané vlnové délce záření existuje mezi koncentrací absorbující látky a veličinou nazývanou absorbance (A) přímá úměra. Tuto závislost vyjadřuje Lambertův-Beerův zákon: $A = \epsilon_{\alpha} c l$, kde ϵ_{α} je molární absorpční koeficient (jeho hodnota odpovídá absorbanci látky o koncentraci 1 mol/l a tloušťce měřené vrstvy 1 cm), c je látková koncentrace (mol/l) a l tloušťka měřené vrstvy (cm). Daný vztah platí pouze pro monochromatické záření a pro zředěné homogenní roztoky. Pro měření absorbance se zpravidla volí vlnová délka odpovídající absorpčnímu maximu stanovované látky.

Praktická úloha Fotometrické ověření koncentrace (<http://portal.med.muni.cz/download.php?fid=648>)

1. ČMELÍK, Milan, Lubor MACHONSKÝ a Zdislav ŠÍMA. *Fyzikální tabulky*. 2. vydání. Liberec : Technická univerzita v Liberci, 2005. 60 s. ISBN 80-7372-009-4.