

**Martin Bílek**

**Chemické experimenty se systémem  
ISES**

Hradec Králové, říjen 1995

**Martin Bílek**

# **Chemické experimenty se systémem ISES**

Popis a návody k 50 obměnám chemických experimentů s využitím  
školního počítačového experimentálního systému ISES

*Autor:* Mgr. Martin Bílek - katedra chemie PdF VŠP v Hradci Králové

*Spolupráce na námětech a realizaci některých experimentů:* PaedDr. Jiří Rychtera,  
doc.ing. Karel Kolář, CSc., ing. Lidmila Hyšplerová, CSc. a PaedDr. Ivan Holý, CSc.

*Ilustrace:* Jan Příbyl

*DTP spolupráce:* Svatopluk Tomšů a Roman Rohr

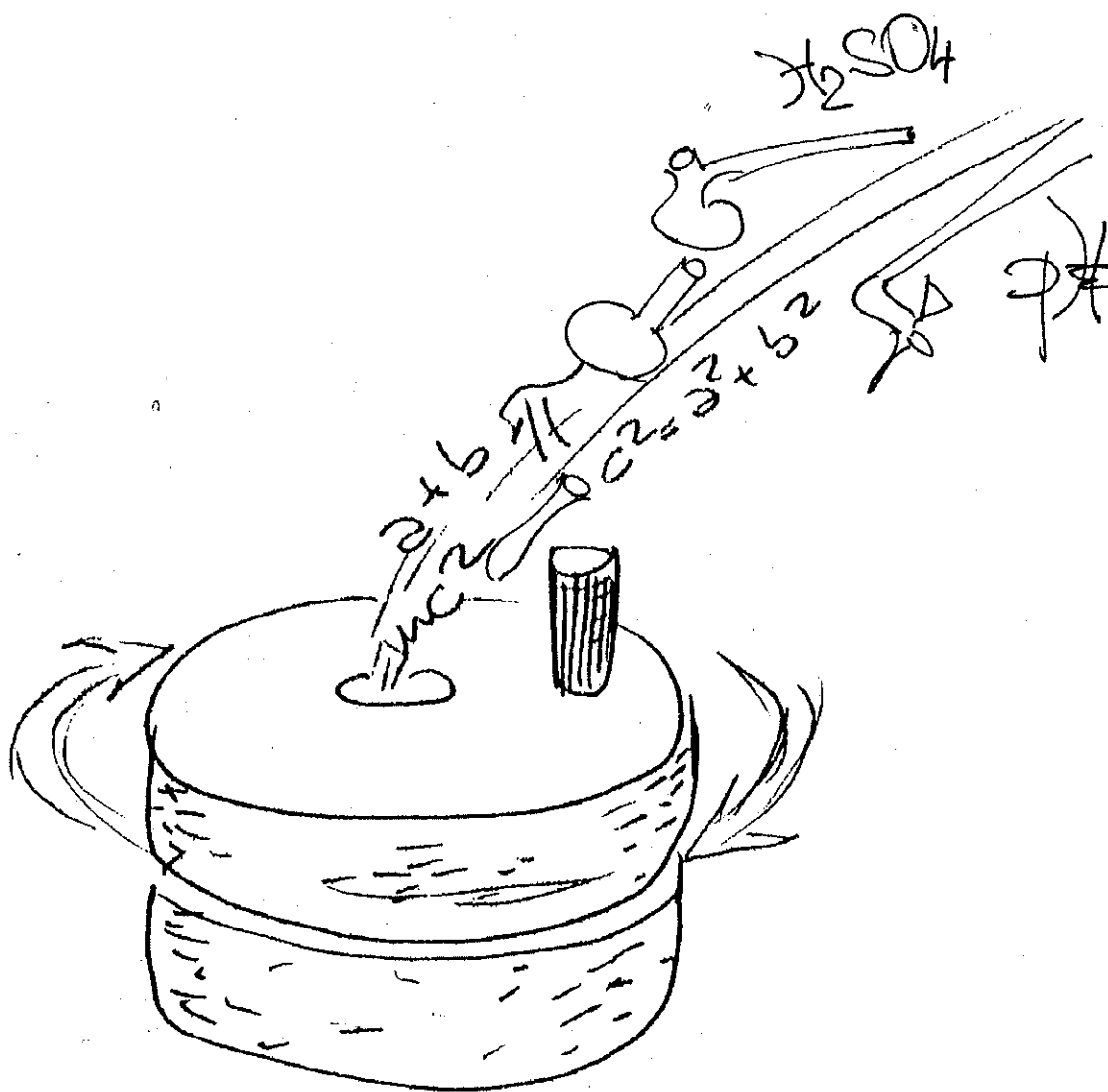
© Martin Bílek

Hradec Králové 1995

**Motto**

*"Teorie jsou mlýnské kameny a experimentální data zrní, které se mezi tyto kameny sype. Je jasné, že samy kameny nic užitečného nedají, že sama teorie pracuje naprázdno."*

*W. Thomson - lord Kelvin*



# Obsah

Úvodem .....	5
Chemické experimenty se systémem ISES .....	7
Použité moduly a čidla systému ISES .....	9
P 1 Modul teploměr .....	9
P 2 Modul pH-metr .....	9
P 3 Modul konduktometr .....	10
P 4 Modul snímač polohy .....	10
P 5 Modul míchadlo .....	11
Experimenty .....	12
<b>Měření teploty</b>	
E 1 Tepelná kapacita kalorimetru .....	13
E 2 Tepelné zabarvení reakce při zředování anorganických kyselin I .....	14
E 3 Tepelné zabarvení reakce při zředování anorganických kyselin II .....	16
E 4 Tepelné zabarvení reakce při zředování anorganických kyselin III .....	16
E 5 Tepelné zabarvení reakce při rozpouštění pevných látek I .....	17
E 6 Tepelné zabarvení reakce při rozpouštění pevných látek II .....	19
E 7 Tepelné zabarvení reakce při rozpouštění pevných látek III .....	20
E 8 Tepelné zabarvení reakce při rozpouštění bezvodé a hydratované soli .....	22
E 9 Krystalizační teplo .....	23
E 10 Teplotní změny při tání a tuhnutí pevných látek .....	25
E 11 Tepelné zabarvení neutralizační reakce I .....	26
E 12 Tepelné zabarvení neutralizační reakce II .....	28
E 13 Tepelné zabarvení srážecí reakce I .....	29
E 14 Tepelné zabarvení srážecí reakce II .....	30
E 15 Tepelné zabarvení srážecí reakce III .....	31
E 16 Tepelné zabarvení redoxní reakce I .....	32
E 17 Tepelné zabarvení redoxní reakce II .....	34
E 18 Vliv látkového množství na tepelné zabarvení reakce .....	35
E 19 Spontánní endotermická reakce .....	37
E 20 Tepelné změny chladicí směsi .....	38
E 21 Sledování teplotních změn při vypařování kapaliny .....	39
E 22 Destilace ethanolu .....	41
E 23 Destilace acetonu .....	42
E 24 Destilace diethyletheru .....	43
E 25 Destilace směsi diethylether - ethanol .....	45

## Měření pH

E 26 Acidobazické titrace s potenciometrickou indikací bodu ekvivalence: silná kyselina - silná zásada	.....	48
E 27 Acidobazické titrace s potenciometrickou indikací bodu ekvivalence: slabá kyselina - silná zásada	.....	50
E 28 Acidobazické titrace s potenciometrickou indikací bodu ekvivalence: směs kyselin - silná zásada	.....	51
E 29 Acidobazické titrace s potenciometrickou indikací bodu ekvivalence: vícesytná kyselina - silná zásada I	.....	53
E 30 Acidobazické titrace s potenciometrickou indikací bodu ekvivalence: vícesytná kyselina - silná zásada II	.....	54
E 31 Acidobazické titrace s potenciometrickou indikací bodu ekvivalence: vícesytná báze - silná kyselina	.....	56
E 32 Potenciometrická titrace histidindihydrochloridu	.....	57
E 33 Monitoring CO <sub>2</sub>	.....	59
E 34 Alkalická hydrolyza acetanhydridu	.....	61
E 35 Stanovení koncentrace potravinářského octa	.....	62

## Měření vodivosti

E 36 Acidobazické titrace s konduktometrickou indikací bodu ekvivalence: silná kyselina - silná zásada	.....	66
E 37 Acidobazické titrace s konduktometrickou indikací bodu ekvivalence: slabá kyselina - silná zásada	.....	67
E 38 Acidobazické titrace s konduktometrickou indikací bodu ekvivalence: směs kyselin - silná zásada	.....	69
E 39 Sledování závislosti vodivosti na koncentraci	.....	70
E 40 Sledování závislosti vodivosti na teplotě	.....	72
E 41 Sledování průběhu chemických reakcí	.....	74
E 42 Vliv koncentrace reaktantů na průběh chemické reakce	.....	75
E 43 Vliv teploty reaktantů na průběh chemické reakce	.....	76
E 44 Vliv rozpouštědla na průběh chemické reakce	.....	77
E 45 Polopropustná blána	.....	77

## Měření objemu

E 46 Složení vzduchu	.....	81
E 47 Rychlost chemické reakce a velikost částic reagujících látek	.....	82
E 48 Vliv teploty na rychlost chemické reakce	.....	84
E 49 Rychlost chemické reakce a katalyzátor	.....	85
E 50 Vliv koncentrace na rychlost chemické reakce	.....	86

Na závěr?!? ..... 88

Literatura ..... 89

# Úvodem

Experiment v přírodních vědách je otázka, kterou dáváme přírodě s tím, že pro odpověď navozujeme podmínky variováním, plánovitým řízením a opakováním zkoumaného procesu.

Ve škole je nutné zaměřit se na primární poslání přírodovědných předmětů, tj. osvojení si základních metod přírodovědného poznání - řízeného pozorování a experimentu. Otevřeme cestu dalším experimentům do výuky chemie a zároveň podpoříme jejich provádění pomocí moderní techniky, tedy experimentujme s podporou počítače.

Na tomto poli nám může posloužit zdatný pomocník "Školní experimentální systém - ISES" manželů Zdeny a Františka Lustigových a Petra Vláška z MFF UK v Praze. V předkládané publikaci čtenář - experimentátor najde padesát obměn různých chemických experimentů kvantitativních, semikvantitativních i kvalitativních, kde se jeví účelné počítačový měřicí systém použít.

Je nutné předeslat, že předkládané experimenty tvoří první sérii, tzn. byly vybrány ty nejjednodušší, většinou bez velkých nároků na vybavení speciálními pomůckami a chemikáliemi a cílem je především získat učitele chemie pro použití této techniky, která je zatím doménou fyzikálních laboratoří.

Za sebe bych potom chtěl poděkovat autorům systému ISES, s kterým jsem strávil téměř rok při ladění následujících experimentů, za umožnění práce se systémem a rady při překonávání některých problémů (přislíbena je nová verze programu, která bude některé pro chemii užitečné doplňky obsahovat) a spolupracovníkům z katedry chemie Vysoké školy pedagogické v Hradci Králové za pomoc a náměty při tvorbě a adaptaci experimentálních úloh.

Autor



# Chemické experimenty se systémem ISES

Školní experimentální systém ISES je dodáván v základní soupravě, která obsahuje interfejsovou desku, ovládací panel a moduly pro vstupní a výstupní kanály, program ISES a příručku k soupravě. Právě ta je základní rukojetí, bez níž není možné použít předkládaný soubor laboratorních úloh. Je tedy nutné mít systém ISES nainstalovaný a zvládnutý na úrovni vlastního provádění experimentů. Ovšem učitelé - chemici nezoufejte, váš kolega fyzik, který se soupravou ISES pracuje, vás jistě rád zaškolí a záhy poznáte, že obsluha systému je velice jednoduchá a pohodlná.

V následujících experimentech jsou využívány tyto moduly s příslušnými čidly:

- ♦ modul teploměr
- ♦ modul pH - metr
- ♦ modul konduktometr
- ♦ modul snímač polohy.

Chemické experimenty mají vůči např. fyzikálním experimentům svoji specifiku. Proto uvedeme několik poznámek, týkajících se odlišností chemických a fyzikálních experimentů a doporučení pro adaptaci hardware a software (v. 3.38 a 3.42) pro aplikace v chemii.

**A.** Není většinou nutná vysoká rychlost snímání hodnot měřené veličiny (frekvence měření) - ve všech předkládaných experimentech vystačíme s frekvencí do 10 Hz - což u měření z kmítání, vlnění a akustiky je frekvence absolutně nedostatečná.

**B.** V chemii je časté použití agresivních látek (např. koncentrované kyseliny a louhy, některá organická rozpouštědla apod.). Zde např. obalujeme teplotní čidla skleněným pouzdrem (viz Modul teploměr).

**C.** Pro realizaci měření hodnot veličin v diskrétních intervalech nezávislé proměnné (např. objemu titračního činidla při acidobazických titracích) chybí možnost ručního ovládní programu. Ne všude je dostupná byreta s elektromagnetickým uzávěrem a proto jsou zde tato měření prováděna se zvolenou nízkou frekvencí (např. 0,2 Hz - zápis měřené hodnoty v pětisekundových intervalech odpovídajících určitému objemu titračního činidla).

**D.** U teplotního čidla je svazující detekovaný rozsah -20 až 120 °C. Pro chemická měření jsou významné i experimenty se změnou teploty řádově ve stupních Celsia, a takové změny jsou v grafickém záznamu s detekovanými parametry špatně identifikovatelné.



**E.** Významnou pomocí by bylo i softwarové řešení umožňující volbu intervalu veličiny zobrazené na ose Y při zpracování dat a jednodušší možnost srovnávání grafických záznamů různých experimentů.

**F.** Předkládané experimenty jsou až na několik výjimek koncipovány jako jednokanálová měření s možností různých kombinací (např. současné měření pH a teploty při acidobazických titracích nebo destilace s teplotními čidly umístěnými v různých místech destilační aparatury).

Tolik alespoň k některým úskalím, které jsme se snažili v předkládaných návodech k laboratorním úlohám překonat. V dalších kapitolách upozorníme na použité moduly a čidla, jejich parametry, kalibrování a příklady použití. Nejasnosti, které by mohly vzniknout, konfrontujte s uživatelskou příručkou k soupravě ISES.

# Použité moduly a čidla

## systemu ISES

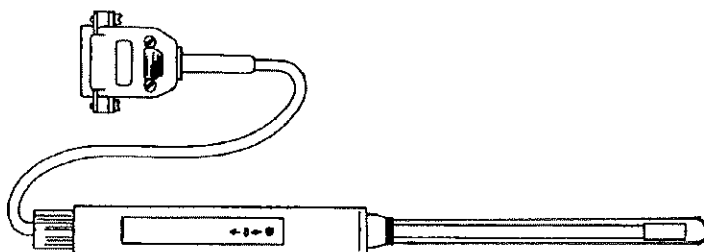
---

### P 1 Modul teploměr

Modul teploměr se připojuje k libovolnému z kanálů A - D na ovládacím panelu. Jeho teplotní čidlo je umístěné na špičce teploměru, je galvanicky izolováno od zemních svorek (nulový potenciál) na panelu a jeho rozsah je  $-20$  až  $+120$  °C s předpokladem lineární teplotní závislosti.

Kalibrace se provádí otočným trimrem " $\leftarrow 0 \rightarrow$ " např. při teplotě varu vody resp. teplotě tání ledu pomocí vhodného laboratorního teploměru. V případě, že požadujeme velmi přesnou kalibraci, je pod krytem teplotní sondy ještě jeden trimr. Potom provedeme kalibraci při dvou známých teplotách postupným nastavováním obou trimrů.

Pro chemické experimenty je důležitá také ochrana čidla před agresivními látkami. Jak je naznačeno na obrázku byl tento problém řešen skleněným pouzdem, vyrobeným ze zatavené trubičky a pro lepší tepelný přenos naplněným silikonovým olejem.



Obr. 1 Modul teploměr s chráněným čidlem

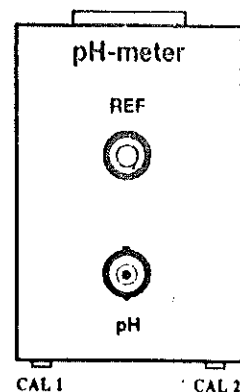
---

### P 2 Modul pH-metr

Modul pH-metr sestává z vlastního modulu, skleněné (připojené konektorem BNC ke konektoru označeném pH) a referentní kalomelové elektrody (připojené banánkem ke zdiřce označené REF). Možné je i použití skleněné kombinované elektrody (např. RADELKIS OP-0808P), která se připojí pouze ke konektoru pH (BNC).

Kalibrace se provádí pomocí dvou pufrů (kalibračních roztoků) se známými hodnotami pH. Kalibračním trimrem CAL1, pomocí malého šroubováčku, nastavíme hodnotu pH pufru o vyšší aciditě (např. ftalátový pufr - pH = 4,01 při 25 °C) a potom kalibračním trimrem CAL2 hodnotu pH o větší alkalitě (např. borátový pufr - pH = 8,95 při 25 °C).

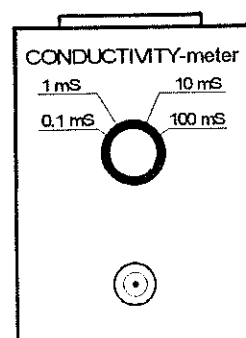
Se skleněnou elektrodou pracujte velmi opatrně, neboť je vyrobena z velmi tenkého pórovitého skla. Obě elektrody je nutné před vlastním měřením ponořit na 24 hodin do některého z pufrů, nebo alespoň do roztoku KCl o koncentraci cca.  $0,01 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$  a průběžně zachovávat všechny pokyny pro údržbu uvedené výrobcem příslušné elektrody.



Obr. 2 Modul pH-metr

### P 3 Modul konduktometr

Modul konduktometr tvoří vlastní modul a konduktometrická celda (např. RADELKIS OK -0902P) připojovaná k modulu pomocí BNC konektoru. K dispozici jsou čtyři rozsahy měření vodivosti: 0,1 mS, 1 mS, 10 mS a 100 mS, volitelné přepínačem s následnou autodetekcí modulu.



Obr. 3 Modul konduktometr

### P 4 Modul snímač polohy

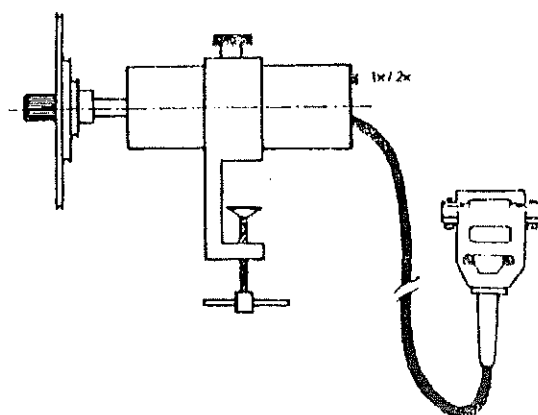
Modul snímač polohy převádí natočení 10-ti otáčkového potenciometru na napětí. Ze tří řemeniček na hřídelce volíme nejvhodnější pro daný experiment.

Modul je dodáván s držákem, který lze snadno připevnit např. k chemickému stojanu pomocí svorek.

Na těle modulu je přepínač citlivosti snímání polohy:

- poloha 1x označuje stav, kdy 10-ti otáčkám odpovídá maximální výchylka na obrazovce, tj. dráha 240 cm na největší řemeničce,
- poloha 2x stav, kdy maximální výchylka na obrazovce odpovídá 5-ti otáčkám, tj. dráze 120 cm na největší řemeničce (dalších pět otáček je již neaktivních). Poloměry tří řemeniček jsou v poměru 1 : 2 : 4.

Snímač polohy (obr. 4) je pro měření objemu plyných látek spojen s pístem celoskleněné injekční stříkačky (obr. 16 a 17).



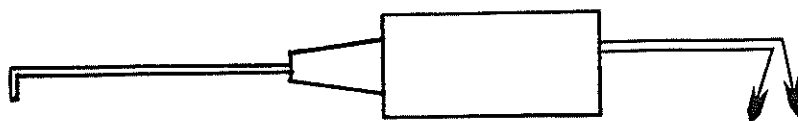
Obr. 4 Modul snímač polohy

---

## P 5 Modul míchadlo

Modul míchadlo je tvořen malým elektromotorkem, na jehož hřídelku je připevněná skleněná trubička upravená do tvaru míchadla (obr. 5). Modul se připojuje dvěma banánky do zdířek výstupního kanálu nastaveného na ruční řízení. Volbou čísel 1 - 5 volíme rychlost otáčení míchadla (zdrojové napětí). Je možné též připojit míchadlo od laboratorního pHmetru MS-2 (MS-3) po příslušné úpravě konektorů.

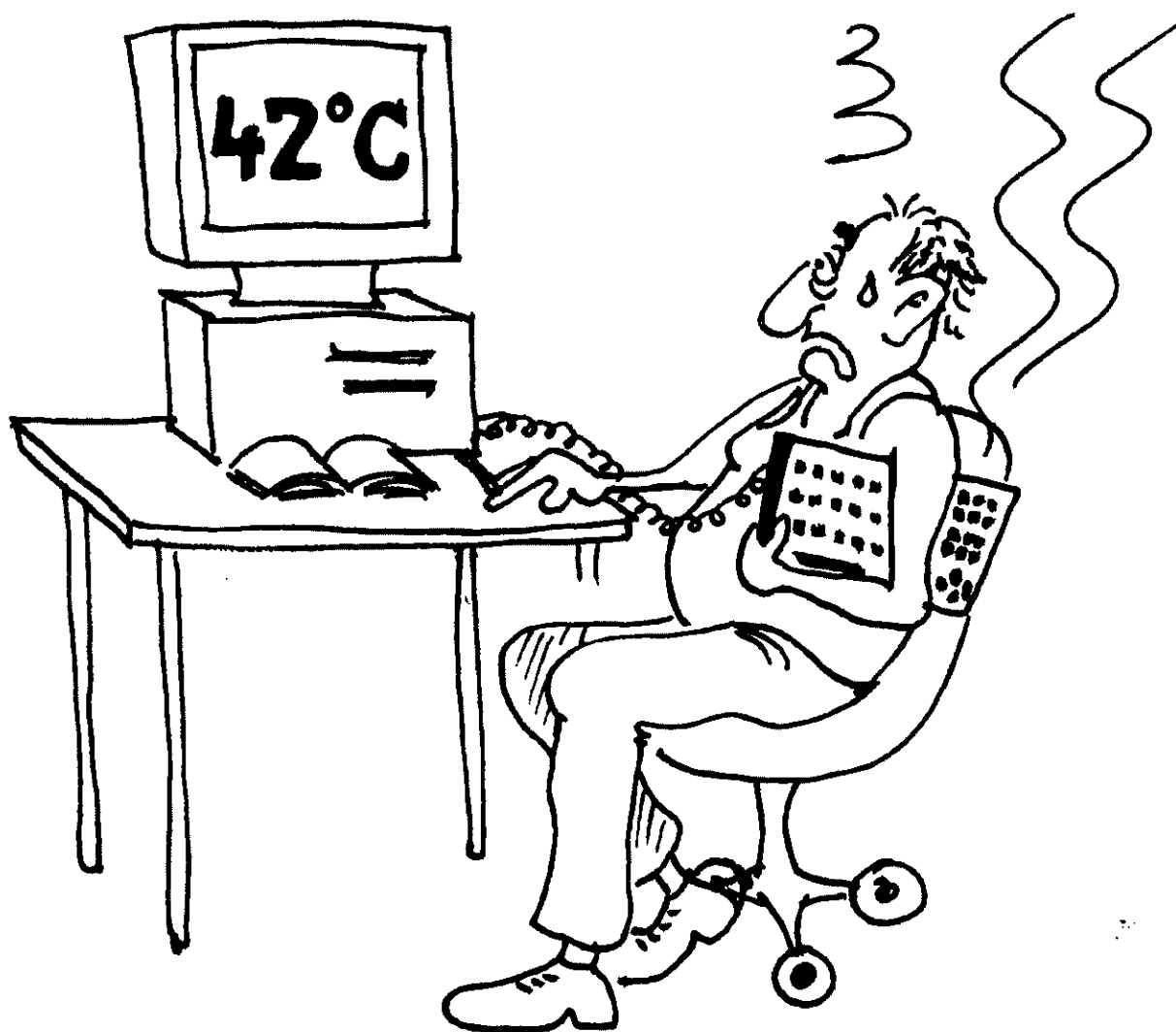
Míchadlo je dobře využitelné v případě nedostupnosti laboratorního magnetického míchadla nebo při podpoře jeho účinnosti.



Obr. 5 Modul míchadlo

# Experimenty

## Měření teploty



72.

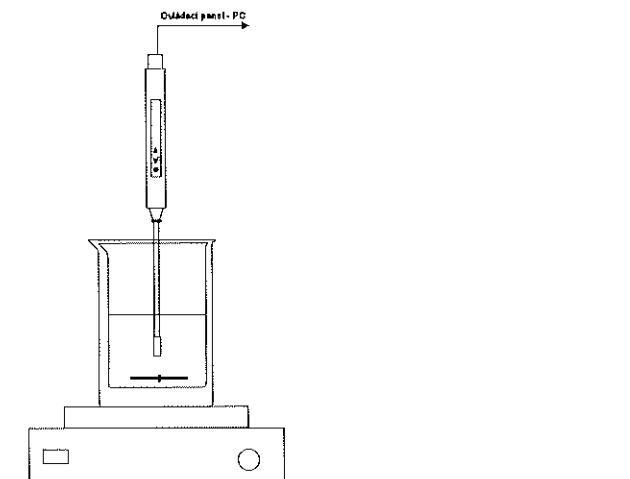
## E 1 Tepelná kapacita kalorimetru

### Cíl:

Stanovit tepelnou kapacitu kalorimetru složeného ze dvou otevřených kádinek vsunutých do sebe.

### Pomůcky a chemikálie:

modul teploměr  
kádinky 100 a 150 cm<sup>3</sup>  
laboratorní míchadlo nebo tyčinka  
odměrný válec  
elektrický vaříč  
laboratorní teploměr  
teplá a studená voda



Obr. 6 Schema aparatury pro měření tepelné kapacity kalorimetru a tepelného zabarvení reakce

### Provedení:

Na elektrickém vaříči ohřejte 50 cm<sup>3</sup> vody na teplotu asi 50 °C. Do kalorimetru (2 kádinky v sobě) umístěném na laboratorním míchadle nalijte 50 cm<sup>3</sup> vody o laboratorní teplotě, do kapaliny vnořte teplotní čidlo a uveďte do chodu míchání.

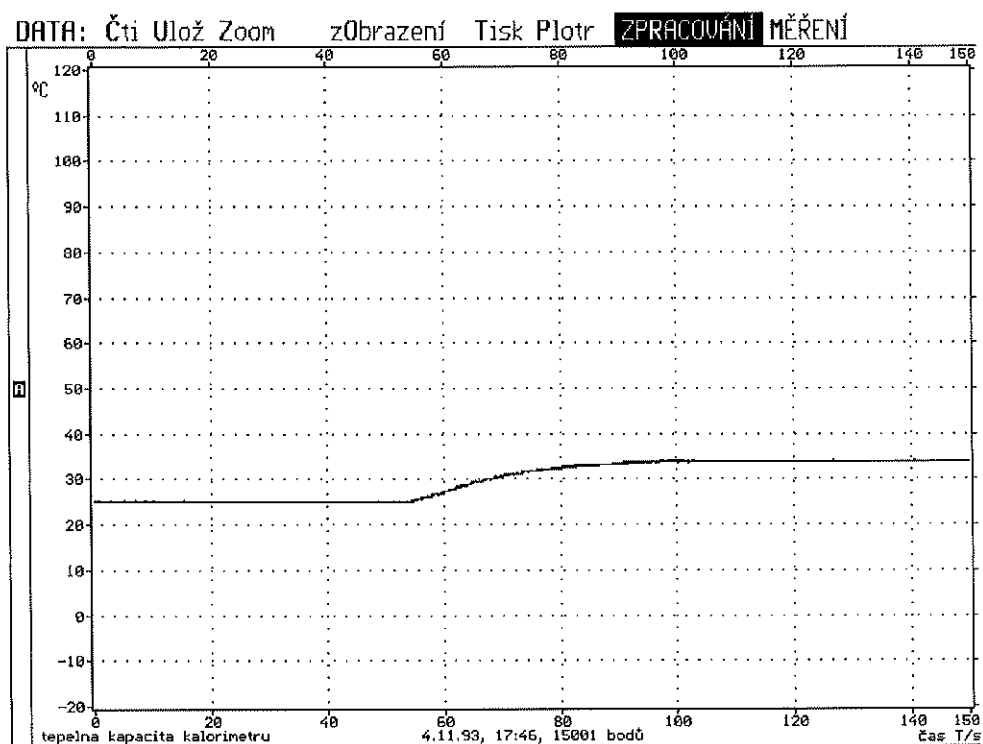
V programu nastavte celkový čas měření 150 s a vzorkovací frekvenci 10 Hz. Oživte kanál A připojením modulu teploměr a ponechte standardní zobrazení, tedy časovou závislost. Nastavte ruční start, spusťte měření a zatím zjistěte teplotu 50 cm<sup>3</sup> horké vody laboratorním teploměrem. Po 50 s měření přilejte horkou vodu do kalorimetru a vyčkejte ustálení teploty.

### Vysvětlení:

Tepelná kapacita kalorimetru je definovaná jako množství tepla, které se spotřebuje k ohřátí celé kalorimetrické soustavy o 1 kelvin. Z rovnosti tepla přijatého chladnou vodou a nádobou a tepla dodaného teplou vodou se počítá dle vztahu:

$$C = \frac{c[m_2(t_2 - t) - m_1(t - t_1)]}{(t - t_1)}$$

Z grafu se odečtou teploty  $t_1$  (voda o laboratorní teplotě),  $t$  (ustálená hodnota teploty vody v kalorimetru), hmotnost chladné vody je  $m_1$ , hmotnost ohřáté vody je  $m_2$  a měrná tepelná kapacita vody je 4,2 kJ.K<sup>-1</sup>.



### Poznámky a náměty:

Proveďte alespoň 5 měření s různou teplotou  $t_2$  (ne menší než  $t_1 + 15$ ), vypočítejte  $C$  a určete průměrnou hodnotu tepelné kapacity kalorimetru.

Změřte a porovnejte tepelnou kapacitu různých "kalorimetrů" např. nápojových kelímků, termosky, kojenecké lahve apod.

## E 2 Tepelné zbarvení reakce při zředování anorganických kyselin I

### Cíl:

Sledovat změny teploty při zředování kyseliny sírové a přibližně stanovit molární zředovací teplo reakce.

### Pomůcky a chemikálie:

modul teploměr  
 kádinky 100 a 150 cm<sup>3</sup>  
 laboratorní míchadlo nebo tyčinka  
 pipeta 10 cm<sup>3</sup>  
 odměrný válec  
 kyselina sírová ( $w = 0,96$ )  
 destilovaná voda

### Provedení:

Do kalorimetru (2 kádinky v sobě) umístěném na laboratorním míchadle nalijte 94,4 cm<sup>3</sup> destilované vody o laboratorní teplotě, do kapaliny vnořte teplotní čidlo a uveďte do chodu míchání.

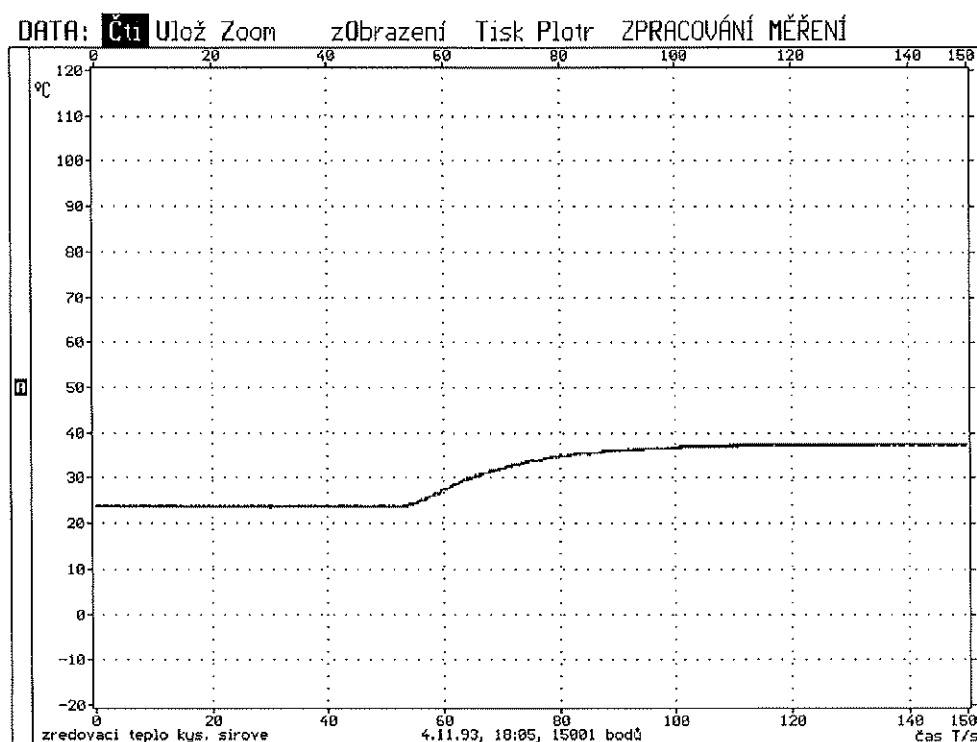
V programu nastavte celkový čas měření 150 s a vzorkovací frekvenci 10 Hz. Oživte kanál A připojením modulu teploměr a ponechte standardní zobrazení, tedy časovou závislost. Nastavte ruční start a spusťte měření. Po 50 s měření přilejte do kalorimetru 5,6 cm<sup>3</sup> koncentrované kyseliny sírové (aby vznikl roztok o koncentraci  $c = 1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ ) a vyčkejte ustálení teploty.

### Vysvětlení:

Reakční teplo neboli tepelné zabarvení reakce vyjadřuje množství tepla, které systém při reakci vyměňuje s okolím. U reakcí probíhajících za stálého tlaku (v otevřené nádobě) je dáno změnou enthalpie. Z určení teplotního rozdílu a ze známé hodnoty tepelné kapacity soustavy

se reakční teplo (zředovací) vypočte dle vztahu:  $Q = C(T' - T)$  a molární zředovací

teplo je potom:  $Q_m = \frac{Q}{n} = \frac{C(T' - T)}{n}$ , kde  $n$  je látkové množství.



### Poznámky a náměty:

Při práci s koncentrovanou kyselinou dbejte všech zásad bezpečnosti práce a používejte ochranné pomůcky.



---

### E 3 Tepelné zabarvení reakce při zředování anorganických kyselin II

#### Cíl:

Sledovat změny teploty při zředování kyseliny dusičné a přibližně stanovit molární zředovací teplo reakce.

#### Pomůcky a chemikálie:

modul teploměr  
kádinky 100 a 150 cm<sup>3</sup>  
laboratorní míchadlo nebo tyčinka  
pipeta 10 cm<sup>3</sup>  
odměrný válec  
kyselina dusičná (w = 0,68)  
destilovaná voda

#### Provedení:

Do kalorimetru (2 kádinky v sobě) umístěném na laboratorním míchadle nalijte 92,7 cm<sup>3</sup> destilované vody o laboratorní teplotě, do kapaliny vnořte teplotní čidlo a uveďte do chodu míchání.

V programu nastavte celkový čas měření 150 s a vzorkovací frekvenci 10 Hz. Oživte kanál A připojením modulu teploměr a ponechte standardní zobrazení, tedy časovou závislost. Nastavte ruční start a spusťte měření. Po 50 s měření přilejte do kalorimetru 7,3 cm<sup>3</sup> koncentrované kyseliny dusičné (aby vznikl roztok o koncentraci  $c = 1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ ) a vyčkejte ustálení teploty.

#### Vysvětlení:

Reakční teplo neboli tepelné zabarvení reakce vyjadřuje množství tepla, které systém při reakci vyměňuje s okolím. U reakcí probíhajících za stálého tlaku (v otevřené nádobě) je dáno změnou enthalpie. Z určení teplotního rozdílu a ze známé hodnoty tepelné kapacity soustavy se reakční teplo (zředovací) vypočte dle vztahu:  $Q = C(T' - T)$ , a molární zředovací te-

plo je potom:  $Q_m = \frac{Q}{n} = \frac{C(T' - T)}{n}$ , kde  $n$  je látkové množství.

#### Poznámky a náměty:

Při práci s koncentrovanou kyselinou dusičnou dbejte všech zásad bezpečnosti práce a používejte ochranné pomůcky.

---

### E 4 Tepelné zabarvení reakce při zředování anorganických kyselin III

#### Cíl:

Sledovat změny teploty při zředování kyseliny chlorovodíkové a přibližně stanovit molární zředovací teplo reakce.

**Pomůcky a chemikálie:**

modul teploměr  
kádinky 100 a 150 cm<sup>3</sup>  
laboratorní míchadlo nebo tyčinka  
pipeta 10 cm<sup>3</sup>  
odměrný válec  
kyselina chlorovodíková (w = 0,36)  
destilovaná voda

**Provedení:**

Do kalorimetru (2 kádinky v sobě) umístěném na laboratorním míchadle nalijte 91,9 cm<sup>3</sup> destilované vody o laboratorní teplotě, do kapaliny vnořte teplotní čidlo a uveďte do chodu míchání.

V programu nastavte celkový čas měření 150 s a vzorkovací frekvenci 10 Hz. Oživte kanál A připojením modulu teploměr a ponechte standardní zobrazení, tedy časovou závislost. Nastavte ruční start a spusťte měření. Po 50 s měření přilejte do kalorimetru 8,1 cm<sup>3</sup> koncentrované kyseliny chlorovodíkové (aby vznikl roztok o koncentraci  $c = 1 \text{ mol.dm}^{-3}$ ) a vyčkejte ustálení teploty.

**Vysvětlení:**

Reakční teplo neboli tepelné zabarvení reakce vyjadřuje množství tepla, které systém při reakci vyměňuje s okolím. U reakcí probíhajících za stálého tlaku (v otevřené nádobě) je dáno změnou enthalpie. Z určení teplotního rozdílu a ze známé hodnoty tepelné kapacity soustavy se reakční teplo (zřed'ovací) vypočte dle vztahu:  $Q = C(T' - T)$ , a molární zřed'ovací teplo je potom:  $Q_m = \frac{Q}{n} = \frac{C(T' - T)}{n}$ , kde  $n$  je látkové množství.

**Poznámky a náměty:**

Při práci s koncentrovanou kyselinou dusičnou dbejte všech zásad bezpečnosti práce a použijte ochranné pomůcky.

---

**E 5 Tepelné zabarvení reakce při rozpouštění pevných látek I****Cíl:**

Sledovat změny teploty při rozpouštění hydroxidu sodného a přibližně stanovit molární rozpouštěcí teplo reakce.

**Pomůcky a chemikálie:**

modul teploměr  
kádinky 100 a 150 cm<sup>3</sup>  
laboratorní míchadlo nebo tyčinka  
laboratorní váhy

odměrný válec  
váženka a lžička  
pevný hydroxid sodný (drcený)  
destilovaná voda

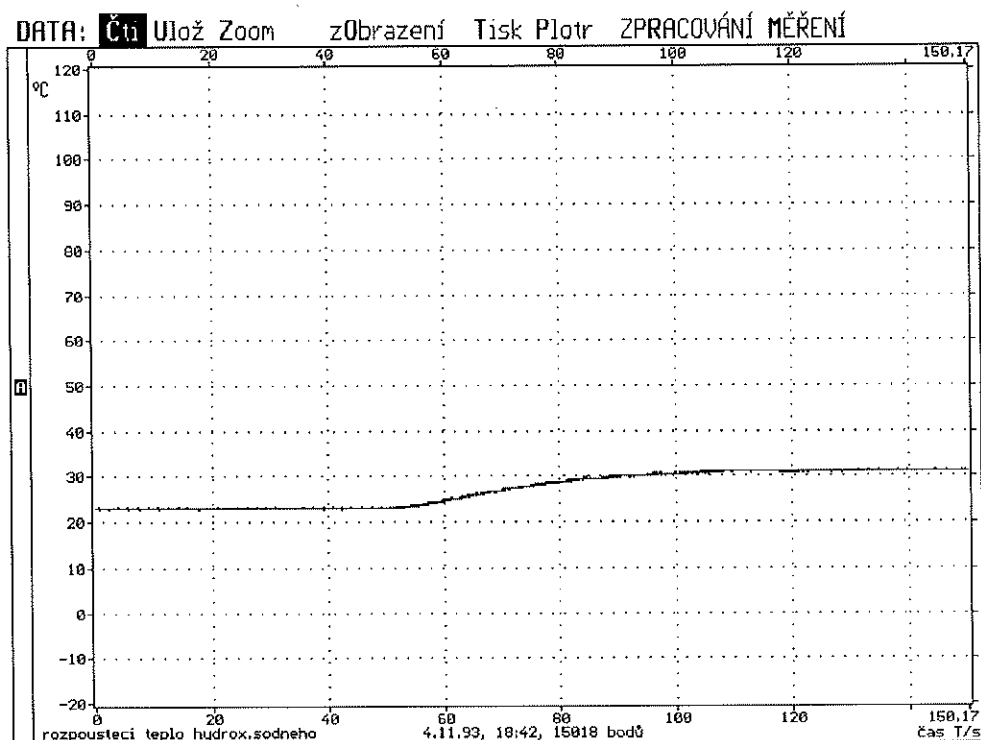
### Provedení:

Do kalorimetru (2 kádinky v sobě) umístěném na laboratorním míchadle nalijte 98 cm<sup>3</sup> destilované vody o laboratorní teplotě, do kapaliny vnořte teplotní čidlo a uveďte do chodu míchání.

V programu nastavte celkový čas měření 150 s a vzorkovací frekvenci 10 Hz. Oživte kanál A připojením modulu teploměr a ponechte standardní zobrazení, tedy časovou závislost. Nastavte ruční start a spusťte měření. Po 50 s měření přisypte do kalorimetru navážené 4 gramy hydroxidu sodného, aby vznikl roztok o koncentraci  $c = 1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$  a vyčkejte ustálení teploty.

### Vysvětlení:

Reakční teplo neboli tepelné zabarvení reakce vyjadřuje množství tepla, které systém při reakci vyměňuje s okolím. U reakcí probíhajících za stálého tlaku (v otevřené nádobě) je dáno změnou entalpie. Z určení teplotního rozdílu a ze známé hodnoty tepelné kapacity soustavy se reakční teplo (rozpouštěcí) vypočte dle vztahu:  $Q = C(T' - T)$ , a molární rozpouštěcí teplo je potom:  $Q_m = \frac{Q}{n} = \frac{C(T' - T)}{n}$ , kde  $n$  je látkové množství.



### Poznámky a náměty:

Při práci s NaOH dbejte všech zásad bezpečnosti práce a používejte ochranné pomůcky.

Uspořádání pokusu je vhodné pro demonstraci rozdílu mezi exotermickým a endotermickým dějem (srovnání NaOH a NaNO<sub>3</sub>).

---

## E 6 Tepelné zabarvení reakce při rozpouštění pevných látek II

### Cíl:

Sledovat změny teploty při rozpouštění dusičnanu sodného a přibližně stanovit molární rozpouštěcí teplo reakce.

### Pomůcky a chemikálie:

modul teploměr  
kádinky 100 a 150 cm<sup>3</sup>  
laboratorní míchadlo nebo tyčinka  
laboratorní váhy  
odměrný válec  
váženka a lžička  
pevný dusičnan sodný  
destilovaná voda

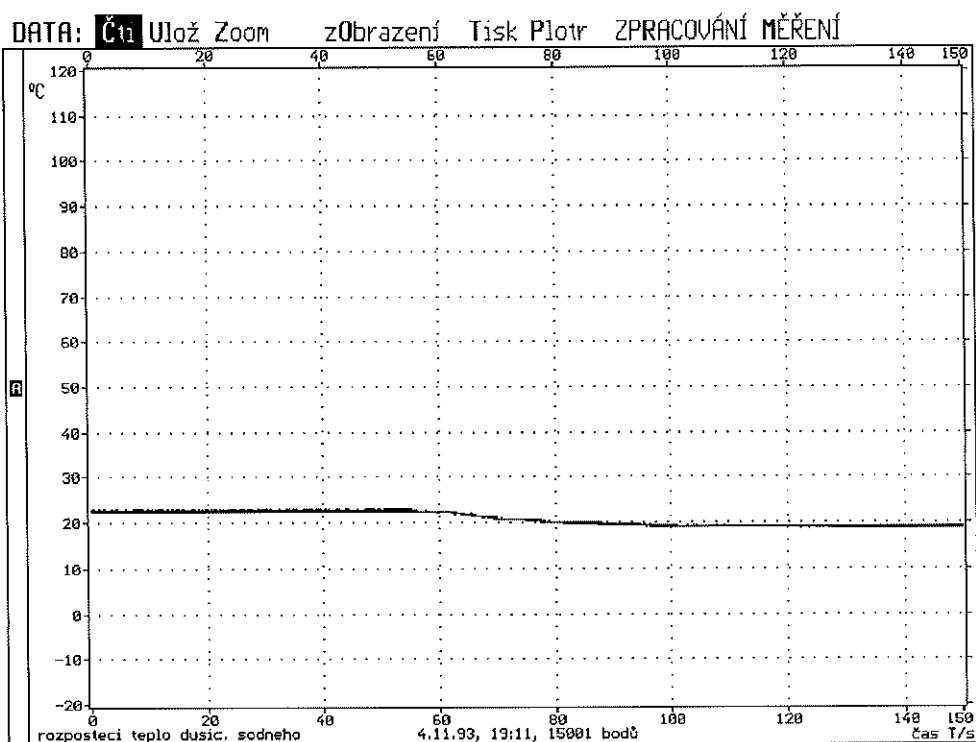
### Provedení:

Do kalorimetru (2 kádinky v sobě) umístěném na laboratorním míchadle nalijte 96 cm<sup>3</sup> destilované vody o laboratorní teplotě, do kapaliny vnořte teplotní čidlo a uveďte do chodu míchání.

V programu nastavte celkový čas měření 150 s a vzorkovací frekvenci 10 Hz. Oživte kanál A připojením modulu teploměr a ponechte standardní zobrazení, tedy časovou závislost. Nastavte ruční start a spusťte měření. Po 50 s měření přisypte do kalorimetru navážených 8,5 gramu dusičnanu sodného, aby vznikl roztok o koncentraci  $c = 1 \text{ mol.dm}^{-3}$  a vyčkejte ustálení teploty.

### Vysvětlení:

Reakční teplo neboli tepelné zabarvení reakce vyjadřuje množství tepla, které systém při reakci vyměňuje s okolím. U reakcí probíhajících za stálého tlaku (v otevřené nádobě) je dáno změnou entalpie. Z určení teplotního rozdílu a ze známé hodnoty tepelné kapacity soustavy se reakční teplo (rozpouštěcí) vypočte dle vztahu:  $Q = C(T' - T)$ , a molární rozpouštěcí teplo je potom:  $Q_m = \frac{Q}{n} = \frac{C(T' - T)}{n}$ , kde  $n$  je látkové množství.



### Poznámky a náměty:

Uspořádání pokusu je vhodné pro demonstraci rozdílu mezi exotermickým a endotermickým dějem (srovnání NaOH a NaNO<sub>3</sub>).

## E 7 Tepelné zabarvení reakce při rozpouštění pevných látek III

### Cíl:

Sledovat změny teploty při rozpouštění chloridu sodného a přibližně stanovit molární rozpouštěcí teplo reakce.

### Pomůcky a chemikálie:

modul teploměr  
 kádinky 100 a 150 cm<sup>3</sup>  
 laboratorní míchadlo nebo tyčinka  
 laboratorní váhy  
 odměrný válec  
 váženka a lžička  
 pevný chlorid sodný  
 destilovaná voda

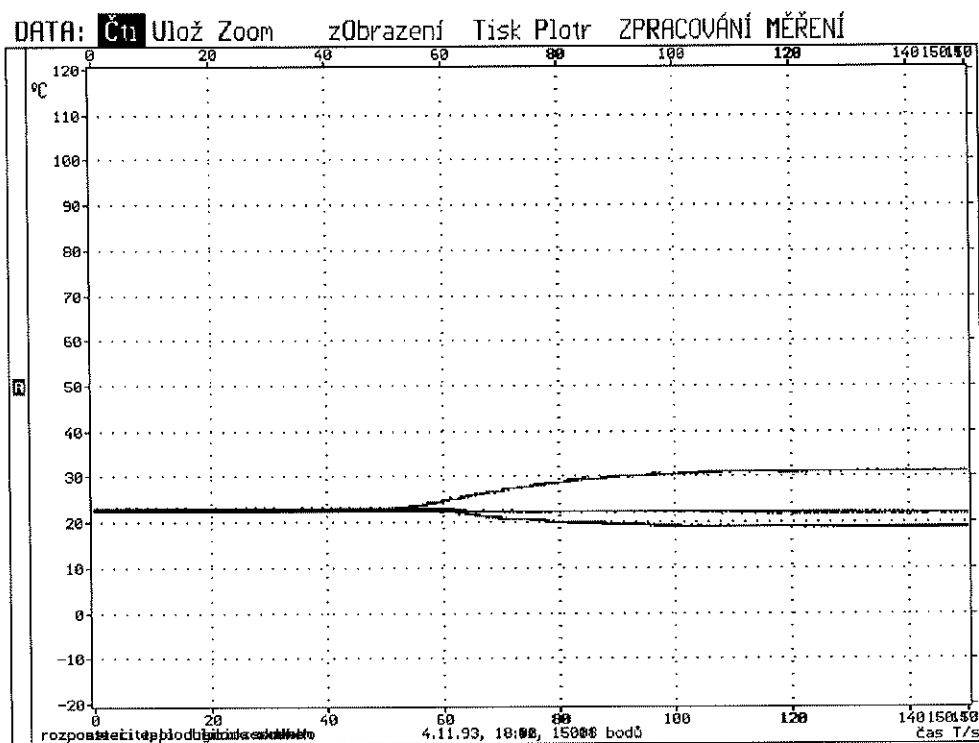
### Provedení:

Do kalorimetru (2 kádinky v sobě) umístěném na laboratorním míchadle nalijte 97 cm<sup>3</sup> destilované vody o laboratorní teplotě, do kapaliny vnořte teplotní čidlo a uveďte do chodu míchání.

V programu nastavte celkový čas měření 150 s a vzorkovací frekvenci 10 Hz. Oživte kanál A připojením modulu teploměr a ponechte standardní zobrazení, tedy časovou závislost. Nastavte ruční start a spusťte měření. Po 50 s měření přisypte do kalorimetru navážených 5,8 gramu chloridu sodného, aby vznikl roztok o koncentraci  $c = 1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$  a vyčkejte ustálení teploty.

### Vysvětlení:

Reakční teplo neboli tepelné zabarvení reakce vyjadřuje množství tepla, které systém při reakci vyměňuje s okolím. U reakcí probíhajících za stálého tlaku (v otevřené nádobě) je dáno změnou entalpie. Z určení teplotního rozdílu a ze známé hodnoty tepelné kapacity soustavy se reakční teplo (rozpuštěcí) vypočte dle vztahu:  $Q = C(T' - T)$ , a molární rozpuštěcí teplo je potom:  $Q_m = \frac{Q}{n} = \frac{C(T' - T)}{n}$ , kde  $n$  je látkové množství.



Obr. 8 Grafický záznam srovnání tep. zabarvení reakce rozpuštění NaOH, NaCl a NaNO<sub>3</sub>

### Poznámky a náměty:

Uspořádání pokusu je vhodné pro demonstraci rozdílu mezi exotermickým a endotermickým dějem (srovnání NaOH, NaCl a NaNO<sub>3</sub>).

---

## E 8 Tepelné zbarvení reakce při rozpouštění bezvodé a hydratované soli

### Cíl:

Porovnat tepelné zbarvení reakcí při rozpouštění  $\text{CuSO}_4$  a  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , přibližně stanovit jejich molární rozpouštěcí tepla a molární hydratační teplo.

### Pomůcky a chemikálie:

modul teploměr  
kádinky 100 a 150 cm<sup>3</sup>  
laboratorní míchadlo nebo tyčinka  
laboratorní váhy  
odměrný válec  
váženka a lžička  
bezvodý síran měďnatý  
síran měďnatý pentahydrát  
destilovaná voda

### Provedení:

Do kalorimetru (2 kádinky v sobě) umístěném na laboratorním míchadle nalijte 95,5 cm<sup>3</sup> destilované vody o laboratorní teplotě, do kapaliny vnořte teplotní čidlo a uveďte do chodu míchání.

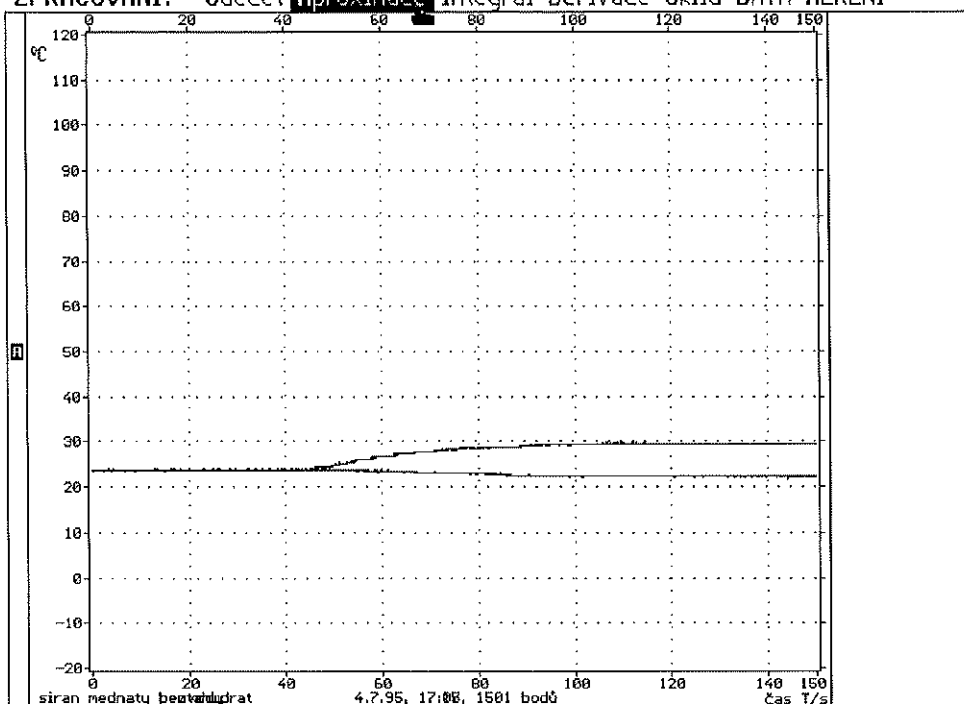
V programu nastavte celkový čas měření 150 s a vzorkovací frekvenci 10 Hz. Oživte kanál A připojením modulu teploměr a ponechte standardní zobrazení, tedy časovou závislost. Nastavte ruční start a spusťte měření. Po 50 s měření přisypte do kalorimetru navážených 16 gramů bezvodého  $\text{CuSO}_4$ , aby vznikl roztok o koncentraci  $c = 1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$  a vyčkejte ustálení teploty. Stejný postup měření opakujte pro  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (91,5 cm<sup>3</sup> destilované  $\text{H}_2\text{O}$  a 25 g  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ).

### Vysvětlení:

Reakční teplo neboli tepelné zbarvení reakce vyjadřuje množství tepla, které systém při reakci vyměňuje s okolím. U reakcí probíhajících za stálého tlaku (v otevřené nádobě) je dáno změnou entalpie. Z určení teplotního rozdílu a ze známé hodnoty tepelné kapacity soustavy se reakční teplo (rozpouštěcí) vypočte dle vztahu:  $Q = C(T' - T)$ , a molární rozpouštěcí teplo je potom:  $Q_m = \frac{Q}{n} = \frac{C(T' - T)}{n}$ , kde  $n$  je látkové množství.

Hydratační teplo odpovídá rozdílu hodnot tepelného zbarvení reakce, tedy rozdílu molárních rozpouštěcích tepel bezvodé soli a hydrátu.

ZPRACOVÁNÍ: Odečet Aproximace Integrál Derivace Úklid DATA MĚŘENÍ



### Poznámky a náměty:

Míchání při rozpouštění solí je nutné podpořit ručně (tyčinkou) z důvodu jejich velké hmotnosti odpovídající molárním hodnotám.

Bezvodý síran měďnatý má bílou barvu. Namodralá barva je důsledkem určitého obsahu vody, která je odstranitelná vyžháním nebo vysušením v sušárně.

---

## E 9 Krystalizační teplo

### Cíl:

Sledovat změny teploty při různé intenzitě ochlazování taveniny thiosíranu sodného.

### Pomůcky a chemikálie:

modul teploměr  
větší zkumavka nebo malá kádinka  
kádinka pro vodní lázeň  
skleněná tyčinka k míchání  
laboratorní váhy  
váženka a lžička  
thiosíran sodný pentahydrát  
voda



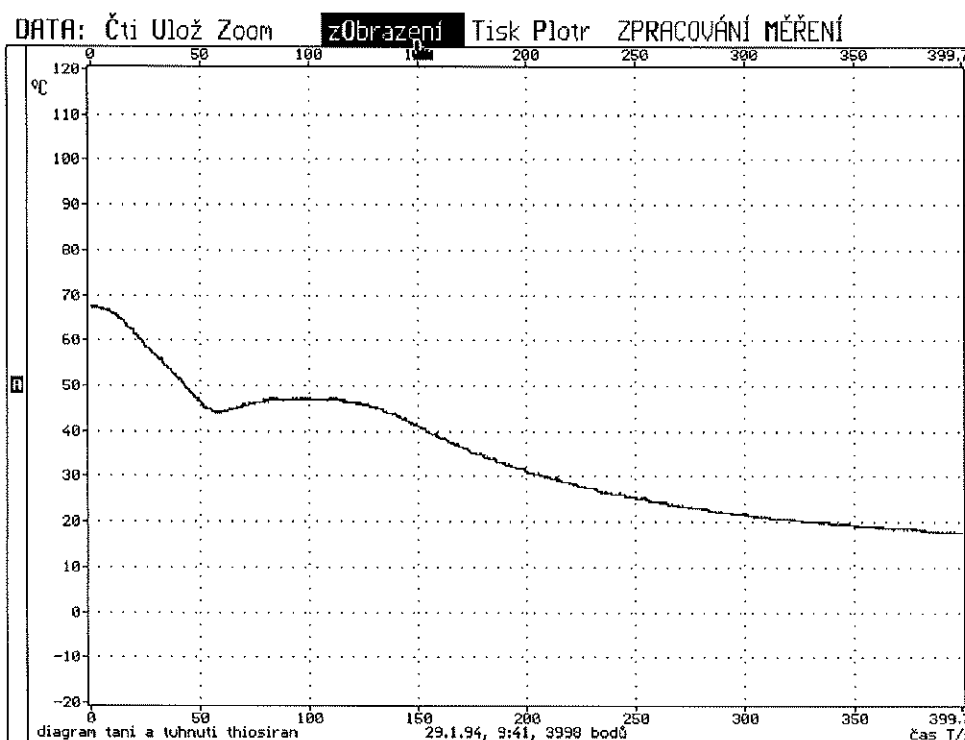
### Provedení:

V malé kádince (25 nebo 50 cm<sup>3</sup>) nebo větší zkumavce s vloženým teplotním čidlem roztavíme na vodní lázni 20 gramů thiosíranu sodného.

V programu nastavte celkový čas měření 600 s a vzorkovací frekvenci 10 Hz. Oživte kanál A připojením modulu teploměr a ponechte standardní zobrazení, tedy časovou závislost. Nastavte ruční start a spusťte měření. Poté začněte za stálého míchání (tyčinkou) thiosíran ochlazovat (přidávejte do vodní lázně kousky ledu). Klesne-li teplota pod bod tuhnutí (tání) (přibližně 45 °C), vhodte do zkumavky několik malých krystalků thiosíranu.

### Vysvětlení:

Roztavený thiosíran sodný se při intenzivním ochlazování dostává do tzv. přechlazeného (nestabilního) stavu, kdy stačí jen malý podnět, aby došlo k prudké krystalizaci. Při ní dochází současně k uvolnění značného množství tepla, registrovaného výrazným vzrůstem teploty. Daný podnět představuje vhozený krystalek soli, který se nazývá kondenzační nebo krystalizační jádro. Fázovému přechodu pevná látka - kapalina odpovídá teplota kolem 45 °C ( $t_{\text{tab}} = 46,8 \text{ °C}$ ).



### Poznámky a náměty:

Aby při vložení chladného teploměru do roztavené soli nedošlo k předčasné krystalizaci, je nutné vložit teploměr do kádinky již při tavení.

Možné je sledovat ochlazování a následné tuhnutí thiosíranu při různé intenzitě míchání taveniny a zcela bez míchání.

---

## E 10 Teplotní změny při tání a tuhnutí pevných látek

### Cíl:

Sledovat teplotní změny při tání a tuhnutí pevných látek a určit hodnotu teploty tání thiosíranu sodného ze záznamu časové závislosti teplotních změn.

### Pomůcky a chemikálie:

modul teploměr  
větší zkumavka nebo malá kádinka  
kádinka pro vodní lázeň  
skleněná tyčinka k míchání  
laboratorní váhy  
váženka a lžička  
thiosíran sodný pentahydrát  
voda

### Provedení:

Do malé kádinky (25 nebo 50 cm<sup>3</sup>) nebo větší zkumavky odvažte 20 gramů thiosíranu sodného a ve větší kádince připravte vodní lázeň o teplotě cca 60 - 70 °C.

V programu nastavte celkový čas měření 1200 s a vzorkovací frekvenci 10 Hz. Oživte kanál A připojením modulu teploměr a ponechte standardní zobrazení, tedy časovou závislost. Nastavte ruční start a spusťte měření. Poté vložte kádinku s thiosíranem a teplotním čidlem do vodní lázně a začněte sůl v kádince intenzívně míchat až k roztavení. Po zahřátí taveniny asi na 60 °C ochlazujte za stálého míchání thiosíran přidáváním kousků ledu do vodní lázně. Klesne-li teplota pod bod tuhnutí (tání) (přibližně 45 °C), vhodte do zkumavky několik malých krystalků thiosíranu.

### Vysvětlení:

Tavení pevných krystalických látek má svůj specifický průběh. Grafické zobrazení časové závislosti vzrůstající teploty látky při tavení vykazuje při fázovém přechodu pevná látka - kapalina plato, které identifikuje teplotu tání. Toto časově omezené zastavení nárůstu teploty odpovídá spotřebované energii na rozrušení vazeb v krystalické mřížce.

Při intenzívním ochlazování se roztavený thiosíran sodný dostává do tzv. přechlazeného (nestabilního) stavu, kdy stačí jen malý podnět, aby došlo k prudké krystalizaci. Při ní dochází současně k uvolnění značného množství tepla, registrovaného výrazným vzrůstem teploty. Daný podnět představuje vhozený krystalek soli, který se nazývá kondenzační nebo krystalizační jádro. Fázovému přechodu pevná látka - kapalina odpovídá teplota kolem 45 °C ( $t_{\text{tab}} = 46,8 \text{ °C}$ ).



### Poznámky a náměty:

Při tavení soli je nutné její míchání, v opačném případě je plato na křivce časové závislosti teploty téměř neidentifikovatelné.

Možné je sledovat ochlazování a následné tuhnutí thiosíranu při různé intenzitě míchání taveniny a zcela bez míchání.

## E 11 Tepelné zabarvení neutralizační reakce I

### Cíl:

Sledovat tepelné zabarvení reakce neutralizace silné kyseliny silnou zásadou a přibližně stanovit molární neutralizační teplo reakce HCl s hydroxidem sodným.

### Pomůcky a chemikálie:

- modul teploměr
- kádinky 100 a 150 cm<sup>3</sup>
- laboratorní míchadlo nebo tyčinka
- pipeta 50 cm<sup>3</sup>
- odměrný válec
- hydroxid sodný ( $c = 1 \text{ mol.dm}^{-3}$ )
- kyselina chlorovodíková ( $c = 1 \text{ mol.dm}^{-3}$ )
- destilovaná voda

### Provedení:

Do kalorimetru (2 kádinky v sobě) umístěném na laboratorním míchadle nalijte 50 cm<sup>3</sup> roztoku HCl o laboratorní teplotě, do kapaliny vnořte teplotní čidlo a uveďte do chodu míchání.

V programu nastavte celkový čas měření 150 s a vzorkovací frekvenci 10 Hz. Oživte kanál A připojením modulu teploměr a ponechte standardní zobrazení, tedy časovou závislost. Nastavte ruční start a spusťte měření. Po 50 s měření přilejte do kalorimetru 50 cm<sup>3</sup> roztoku NaOH a vyčkejte ustálení teploty.

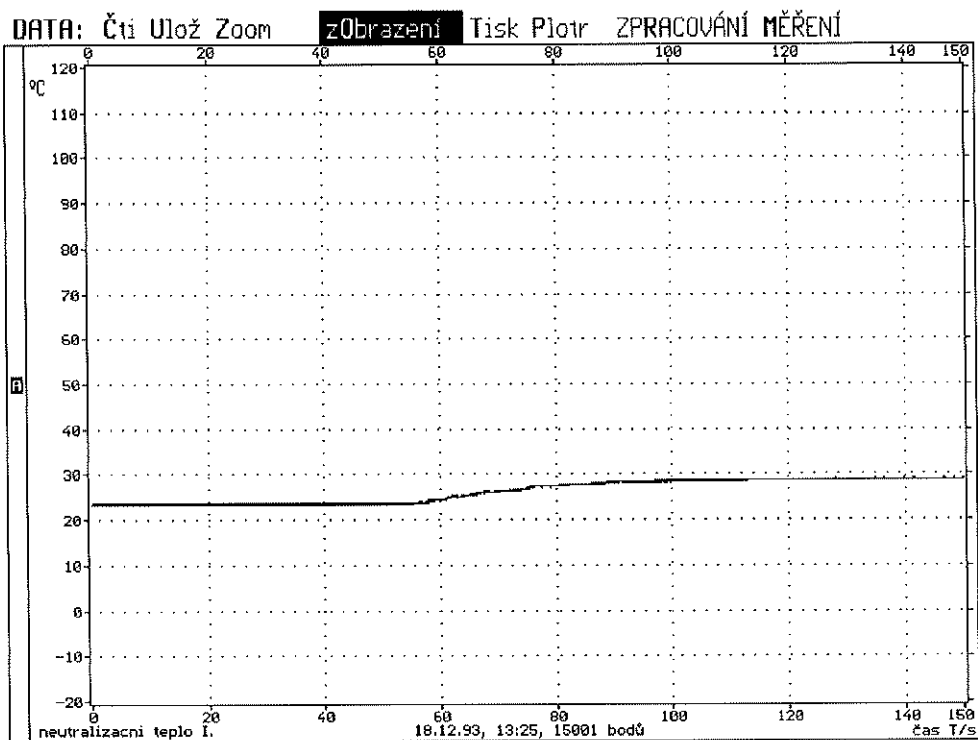
### Vysvětlení:

Principem neutralizace je reakce kationtů oxoniových s anionty hydroxidovými na prakticky nedisociované molekuly vody spojená s uvolněním tepla:



Reakční teplo neboli tepelné zabarvení reakce vyjadřuje množství tepla, které systém při reakci vyměňuje s okolím. U reakcí probíhajících za stálého tlaku (v otevřené nádobě) je dáno změnou entalpie. Z určení teplotního rozdílu a ze známé hodnoty tepelné kapacity soustavy se reakční teplo (neutralizační) vypočte dle vztahu:

$Q = C(T' - T)$ , a molární neutralizační teplo je potom:  $Q_m = \frac{Q}{n} = \frac{C(T' - T)}{n}$ , kde n je látkové množství.



### Poznámky a náměty:

Dbejte bezpečnosti práce s koncentrovanými kyselinami a zásadami.

---

## E 12 Tepelné zabarvení neutralizační reakce II

### Cíl:

Sledovat tepelné zabarvení reakce neutralizace slabé kyseliny silnou zásadou a přibližně stanovit molární neutralizační teplo reakce kyseliny octové s hydroxidem sodným.

### Pomůcky a chemikálie:

modul teploměr  
 kádinky 100 a 150 cm<sup>3</sup>  
 laboratorní míchadlo nebo tyčinka  
 pipeta 50 cm<sup>3</sup>  
 odměrný válec  
 hydroxid sodný ( $c = 1 \text{ mol.dm}^{-3}$ )  
 kyselina octová ( $c = 1 \text{ mol.dm}^{-3}$ )  
 destilovaná voda

### Provedení:

Do kalorimetru (2 kádinky v sobě) umístěném na laboratorním míchadle nalijte 50 cm<sup>3</sup> roztoku kyseliny octové o laboratorní teplotě, do kapaliny vnořte teplotní čidlo a uveďte do chodu míchání.

V programu nastavte celkový čas měření 150 s a vzorkovací frekvenci 10 Hz. Oživte kanál A připojením modulu teploměr a ponechte standardní zobrazení, tedy časovou závislost. Nastavte ruční start a spusťte měření. Po 50 s měření přilejte do kalorimetru 50 cm<sup>3</sup> roztoku NaOH a vyčkejte ustálení teploty.

### Vysvětlení:

Principem neutralizace je reakce kationtů oxoniových s anionty hydroxidovými na prakticky nedisociované molekuly vody spojená s uvolněním tepla:



Při reakci slabých kyselin nebo zásad probíhají ještě vedlejší reakce (endotermní děje - změna stupně disociace nebo asociace, změna hydratace apod.), které snižují hodnotu reakčního tepla vůči reakci silných kyselin a zásad, kde je výše uvedená reakce jedinou, která při jejich neutralizaci probíhá.

Reakční teplo neboli tepelné zabarvení reakce vyjadřuje množství tepla, které systém při reakci vyměňuje s okolím. U reakcí probíhajících za stálého tlaku (v otevřené nádobě) je dáno změnou entalpie. Z určení teplotního rozdílu a ze známé hodnoty tepelné kapacity soustavy se reakční teplo (neutralizační) vypočte dle vztahu:  $Q = C(T' - T)$ , a molární neutralizační teplo je potom:  $Q_m = \frac{Q}{n} = \frac{C(T' - T)}{n}$ , kde n je látkové množství.

### Poznámky a náměty:

Dbejte bezpečnosti práce s koncentrovanými kyselinami a zásadami. Porovnejte tepelné zabarvení neutralizace slabé a silné kyseliny silnou zásadou.

---

## E 13 Tepelné zabarvení srážecí reakce I

### Cíl:

Sledovat tepelné zabarvení srážecí reakce dusičnanu stříbrného s chloridem sodným a přibližně stanovit molární srážecí teplo reakce.

### Pomůcky a chemikálie:

modul teploměr  
kádinky 100 a 150 cm<sup>3</sup>  
laboratorní míchadlo nebo tyčinka  
pipeta 50 cm<sup>3</sup>  
odměrný válec  
dusičnan stříbrný ( $c = 0,5 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ )

chlorid sodný (nebo draselný,  $c = 0,5 \text{ mol.dm}^{-3}$ )  
destilovaná voda

#### Provedení:

Do kalorimetru (2 kádinky v sobě) umístěném na laboratorním míchadle nalijte  $50 \text{ cm}^3$  roztoku  $\text{AgNO}_3$  o laboratorní teplotě, do kapaliny vnořte teplotní čidlo a uveďte do chodu míchání.

V programu nastavte celkový čas měření  $150 \text{ s}$  a vzorkovací frekvenci  $10 \text{ Hz}$ . Oživte kanál A připojením modulu teploměr a ponechte standardní zobrazení, tedy časovou závislost. Nastavte ruční start a spusťte měření. Po  $50 \text{ s}$  měření přilejte do kalorimetru  $50 \text{ cm}^3$  roztoku  $\text{NaCl}$  ( $\text{KCl}$ ) a vyčkejte ustálení teploty.

#### Vysvětlení:

Reakční teplo neboli tepelné zabarvení reakce vyjadřuje množství tepla, které systém při reakci vyměňuje s okolím. U reakcí probíhajících za stálého tlaku (v otevřené nádobě) je dáno změnou entalpie. Z určení teplotního rozdílu a ze známé hodnoty tepelné kapacity soustavy se reakční teplo (srážecí) vypočte dle vztahu:  $Q = C(T' - T)$ , a molární reakční teplo srážecí reakce je potom:  $Q_m = \frac{Q}{n} = \frac{C(T' - T)}{n}$ , kde  $n$  je látkové množství.

#### Poznámky a náměty:

Není vhodné pracovat s roztoky o molární koncentraci vyšší než  $0,5 \text{ mol.dm}^{-3}$ , neboť při vyšších koncentracích vzniká sraženina o vysoké tepelné kapacitě, což by značně zkreslovalo měření.

---

## E 14 Tepelné zabarvení srážecí reakce II

#### Cíl:

Sledovat tepelné zabarvení srážecí reakce dusičnanu stříbrného s bromidem sodným a přibližně stanovit molární srážecí teplo reakce.

#### Pomůcky a chemikálie:

modul teploměr  
kádinky  $100$  a  $150 \text{ cm}^3$   
laboratorní míchadlo nebo tyčinka  
pipeta  $50 \text{ cm}^3$   
odměrný válec  
dusičnan stříbrný ( $c = 0,5 \text{ mol.dm}^{-3}$ )  
bromid sodný (nebo draselný,  $c = 0,5 \text{ mol.dm}^{-3}$ )  
destilovaná voda

#### Provedení:

Do kalorimetru (2 kádinky v sobě) umístěném na laboratorním míchadle nalijte  $50 \text{ cm}^3$  roztoku  $\text{AgNO}_3$  o laboratorní teplotě, do kapaliny vnořte teplotní čidlo a uveďte do chodu míchání.

V programu nastavte celkový čas měření 150 s a vzorkovací frekvenci 10 Hz. Oživte kanál A připojením modulu teploměr a ponechte standardní zobrazení, tedy časovou závislost. Nastavte ruční start a spusťte měření. Po 50 s měření přilejte do kalorimetru 50 cm<sup>3</sup> roztoku NaBr (KBr) a vyčkejte ustálení teploty.

#### Vysvětlení:

Reakční teplo neboli tepelné zabarvení reakce vyjadřuje množství tepla, které systém při reakci vyměňuje s okolím. U reakcí probíhajících za stálého tlaku (v otevřené nádobě) je dáno změnou entalpie. Z určení teplotního rozdílu a ze známé hodnoty tepelné kapacity soustavy se reakční teplo (srážecí) vypočte dle vztahu:  $Q = C(T' - T)$ , a molární reakční teplo srážecí reakce je potom:  $Q_m = \frac{Q}{n} = \frac{C(T' - T)}{n}$ , kde n je látkové množství.

#### Poznámky a náměty:

Není vhodné pracovat s roztoky o molární koncentraci vyšší než 0,5 mol.dm<sup>-3</sup>, neboť při vyšších koncentracích vzniká sraženina o vysoké tepelné kapacitě, což by značně zkreslovalo měření.

Porovnejte tepelná zabarvení srážecích reakcí Ag<sup>+</sup> s ionty Cl<sup>-</sup> a Br<sup>-</sup>.

---

## E 15 Tepelné zabarvení srážecí reakce III

#### Cíl:

Sledovat tepelné zabarvení srážecí reakce dusičnanu stříbrného s jodidem sodným a přibližně stanovit molární srážecí teplo reakce.

#### Pomůcky a chemikálie:

modul teploměr  
kádinky 100 a 150 cm<sup>3</sup>  
laboratorní míchadlo nebo tyčinka  
pipeta 50 cm<sup>3</sup>  
odměrný válec  
dusičnan stříbrný (c = 0,5 mol.dm<sup>-3</sup>)  
jodid sodný (nebo draselný, c = 0,5 mol.dm<sup>-3</sup>)  
destilovaná voda

#### Provedení:

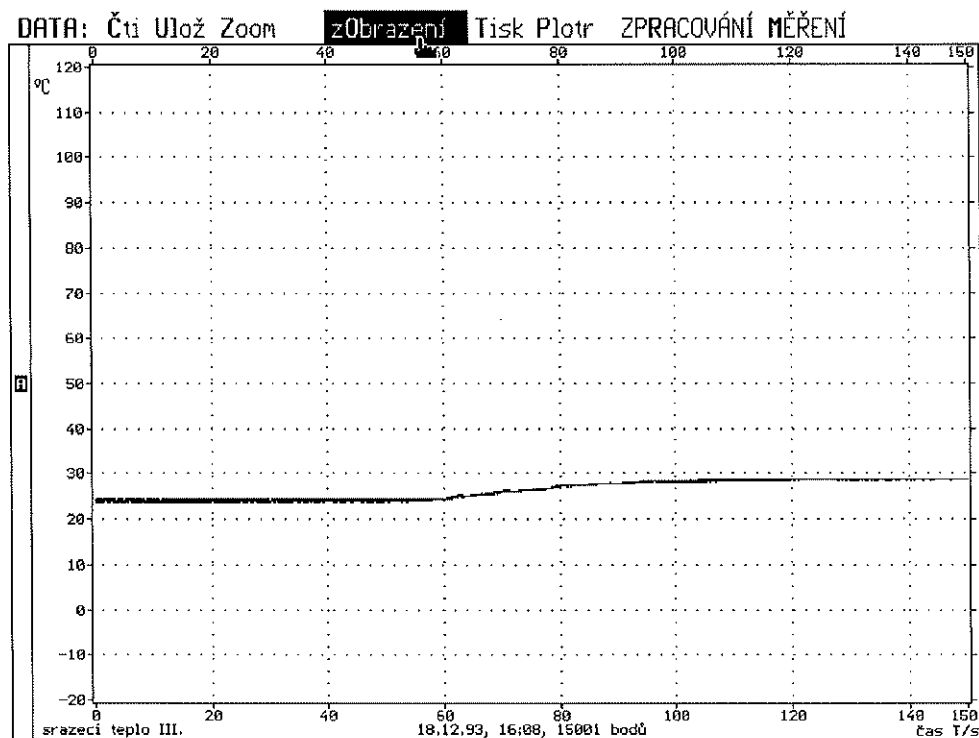
Do kalorimetru (2 kádinky v sobě) umístěném na laboratorním míchadle nalijte 50 cm<sup>3</sup> roztoku AgNO<sub>3</sub> o laboratorní teplotě, do kapaliny vnořte teplotní čidlo a uveďte do chodu míchání.

V programu nastavte celkový čas měření 150 s a vzorkovací frekvenci 10 Hz. Oživte kanál A připojením modulu teploměr a ponechte standardní zobrazení, tedy časovou závislost. Nastavte ruční start a spusťte měření. Po 50 s měření přilejte do kalorimetru 50 cm<sup>3</sup> roztoku NaI (KI) a vyčkejte ustálení teploty.



### Vysvětlení:

Reakční teplo neboli tepelné zabarvení reakce vyjadřuje množství tepla, které systém při reakci vyměňuje s okolím. U reakcí probíhajících za stálého tlaku (v otevřené nádobě) je dáno změnou entalpie. Z určení teplotního rozdílu a ze známé hodnoty tepelné kapacity soustavy se reakční teplo (srážecí) vypočte dle vztahu:  $Q = C(T' - T)$ , a molární reakční teplo srážecí reakce je potom:  $Q_m = \frac{Q}{n} = \frac{C(T' - T)}{n}$ , kde  $n$  je látkové množství.



### Poznámky a náměty:

Není vhodné pracovat s roztoky o molární koncentraci vyšší než  $0,5 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ , neboť při vyšších koncentracích vzniká sraženina o vysoké tepelné kapacitě, což by značně zkreslovalo měření.

Porovnejte tepelná zabarvení srážecích reakcí  $\text{Ag}^+$  s ionty  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$  a  $\text{I}^-$ .

---

## E 16 Tepelné zabarvení redoxní reakce I

### Cíl:

Sledovat tepelné zabarvení redoxní reakce práškového hořčíku s kyselinou chlorovodíkovou a přibližně stanovit molární redoxní teplo reakce.

### Pomůcky a chemikálie:

modul teploměr  
kádinky  $100$  a  $150 \text{ cm}^3$

laboratorní míchadlo nebo tyčinka  
laboratorní váhy  
váženka a lžička  
odměrný válec  
kyselina chlorovodíková ( $c = 0,5 \text{ mol.dm}^{-3}$ )  
práškový hořčík

#### Provedení:

Do kalorimetru (2 kádinky v sobě) umístěném na laboratorním míchadle nalijte  $100 \text{ cm}^3$  roztoku HCl o laboratorní teplotě, do kapaliny vnořte teplotní čidlo a uveďte do chodu míchání.

V programu nastavte celkový čas měření  $150 \text{ s}$  a vzorkovací frekvenci  $10 \text{ Hz}$ . Oživte kanál A připojením modulu teploměr a ponechte standardní zobrazení, tedy časovou závislost. Nastavte ruční start a spusťte měření. Po  $50 \text{ s}$  měření přisypte do kalorimetru  $0,3 \text{ gramu}$  práškového hořčíku a vyčkejte ustálení teploty.

#### Vysvětlení:

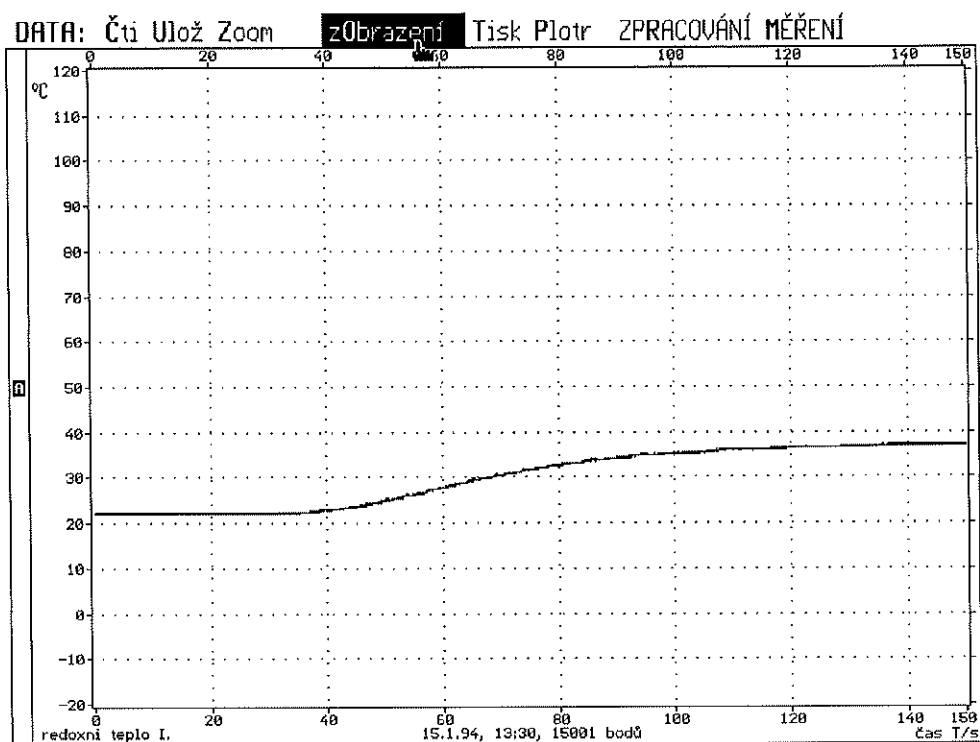
Reakční teplo neboli tepelné zabarvení reakce vyjadřuje množství tepla, které systém při reakci vyměňuje s okolím. U reakcí probíhajících za stálého tlaku (v otevřené nádobě) je dáno změnou entalpie. Z určení teplotního rozdílu a ze známé hodnoty tepelné kapacity soustavy se reakční teplo (redoxní) vypočte dle vztahu:

$$Q = C(T' - T)$$

a molární reakční teplo redoxní reakce je potom:

$$Q_m = \frac{Q}{n} = \frac{C(T' - T)}{n}$$

kde  $n$  je látkové množství.



### Poznámky a náměty:

Dbejte pravidel bezpečnosti práce s koncentrovanou kyselinou.

## E 17 Tepelné zabarvení redoxní reakce II

### Cíl:

Sledovat tepelné zabarvení redoxní reakce zinku se síranem měďnatým a přibližně stanovit molární redoxní teplo reakce.

### Pomůcky a chemikálie:

modul teploměr  
 kádinky 100 a 150 cm<sup>3</sup>  
 laboratorní míchadlo nebo tyčinka  
 laboratorní váhy  
 váženka a lžička  
 odměrný válec  
 roztok síranu měďnatého ( $c = 0,5 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ )  
 práškový zinek

### Provedení:

Do kalorimetru (2 kádinky v sobě) umístěném na laboratorním míchadle nalijte 50 cm<sup>3</sup> roztoku CuSO<sub>4</sub> o laboratorní teplotě, do kapaliny vnořte teplotní čidlo a uveďte do chodu míchání.

V programu nastavte celkový čas měření 150 s a vzorkovací frekvenci 10 Hz. Oživte kanál A připojením modulu teploměr a ponechte standardní zobrazení, tedy časovou závislost. Nastavte ruční start a spusťte měření. Po 50 s měření přisypte do kalorimetru 3,25 gramu práškového zinku a vyčkejte ustálení teploty.

### Vysvětlení:

Reakční teplo neboli tepelné zabarvení reakce vyjadřuje množství tepla, které systém při reakci vyměňuje s okolím. U reakcí probíhajících za stálého tlaku (v otevřené nádobě) je dáno změnou entalpie. Z určení teplotního rozdílu a ze známé hodnoty tepelné kapacity soustavy se reakční teplo (redoxní) vypočte dle vztahu:  $Q = C(T' - T)$ , a molární reakční teplo redoxní reakce je potom:  $Q_m = \frac{Q}{n} = \frac{C(T' - T)}{n}$ , kde  $n$  je látkové množství.



### Poznámky a náměty:

Práškový zinek přisypte postupně za intenzivního míchání z důvodu jeho obalování okamžitě vylučovanou mědí.

## E 18 Vliv látkového množství na tepelné zabarvení reakce

### Cíl:

Sledovat vliv koncentrace reaktantů na hodnotu tepelného zabarvení reakce.

### Pomůcky a chemikálie:

modul teploměr  
kádinky 100 a 150 cm<sup>3</sup>  
laboratorní míchadlo nebo tyčinka  
odměrný válec  
pipeta 50 cm<sup>3</sup>  
kyselina chlorovodíková ( $c_{1,2,3,4} = 0,25; 0,5; 0,75; 1 \text{ mol.dm}^{-3}$ )  
hydroxid sodný ( $c_{1,2,3,4} = 0,25; 0,5; 0,75; 1 \text{ mol.dm}^{-3}$ )

### Provedení:

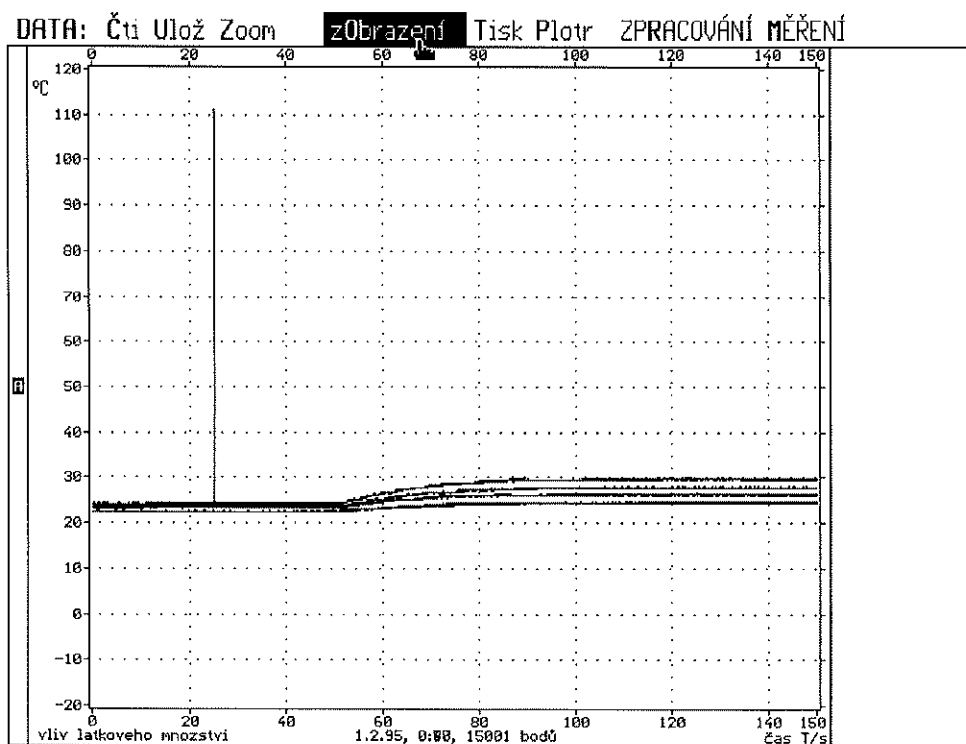
Do kalorimetru (2 kádinky v sobě) umístěném na laboratorním míchadle nalijte 50 cm<sup>3</sup> roztoku HCl o koncentraci  $c_1$ , vytemperovaných na laboratorní teplotu, do kapaliny vnořte teplotní čidlo a uveďte do chodu míchání.

V programu nastavte celkový čas měření 150 s a vzorkovací frekvenci 10 Hz. Oživte kanál A připojením modulu teploměr a ponechte standardní zobrazení, tedy časovou závislost. Nastavte ruční start a spusťte měření. Po 50 s měření přilejte do kalorimetru 50 cm<sup>3</sup> roztoku NaOH o koncentraci  $c_1$ . Po uložení datového souboru proveďte stejná měření pro koncentrace  $c_2, c_3$  a  $c_4$  a porovnejte tepelná zabarvení jednotlivých reakcí.

### Vysvětlení:

Reakce slouží k demonstraci faktu, že tepelné zabarvení chemické reakce je přímo úměrné látkovému množství reaktantů.

Prováděná chemická reakce probíhá dle rovnice:



### Poznámky a náměty:

Dbejte bezpečnosti práce s koncentrovanými kyselinami a zásadami.

Kvantitativní stránku pokusu je možné provést dle experimentu E12 a porovnat vypočítané hodnoty  $Q$ . Výpočty  $Q_m$  by měly posloužit k verifikaci hodnot teplotních rozdílů při jednotlivých reakcích ( $Q_{m_1}$ ,  $Q_{m_2}$ ,  $Q_{m_3}$ ,  $Q_{m_4}$ ).

---

## E 19 Spontánní endotermická reakce

### Cíl:

Sledovat změny teploty při reakci dekahydrátu uhličitanu sodného a chloridu amonného.

### Pomůcky a chemikálie:

modul teploměr  
kádinky 100 a 150 cm<sup>3</sup>  
laboratorní váhy  
váženky a lžička  
skleněná tyčinka k míchání  
uhličitan sodný dekahydrát  
chlorid amonný

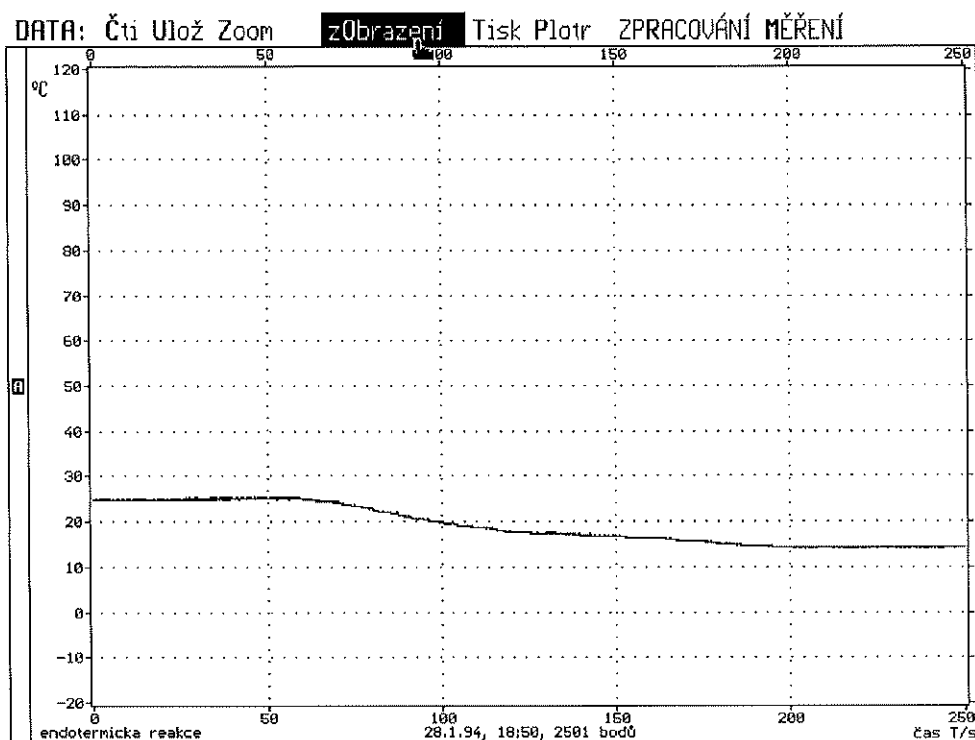
### Provedení:

Do kalorimetru (2 kádinky v sobě) odvažte 7 gramů dekahydrátu uhličitanu sodného a dále odvažte 1,5 gramu chloridu amonného.

V programu nastavte celkový čas měření 250 s a vzorkovací frekvenci 10 Hz. Oživte kanál A připojením modulu teploměr a ponechte standardní zobrazení, tedy časovou závislost. Nastavte ruční start a spusťte měření. Poté za stálého míchání přisypte do kalorimetru odvážené množství chloridu amonného a vyčkejte ustálení teploty.

### Vysvětlení:

Reakční teplo neboli tepelné zabarvení reakce vyjadřuje množství tepla, které systém při reakci vyměňuje s okolím. U reakcí probíhajících za stálého tlaku (v otevřené nádobě) je dáno změnou entalpie. Z určení teplotního rozdílu a ze známé hodnoty tepelné kapacity soustavy se reakční teplo vypočte dle vztahu:  $Q = C(T' - T)$ , a molární reakční teplo reakce je potom:  $Q_m = \frac{Q}{n} = \frac{C(T' - T)}{n}$ , kde  $n$  je látkové množství.



### Poznámky a náměty:

Pokus lze také modifikovat užitím jiných chemikálií např.:  
 $\text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{NH}_4\text{SCN}$ .

## E 20 Tepelné změny chladicí směsi

### Cíl:

Sledovat změny teploty chladicí směsi tvořené různými poměry hmotností ledu a NaCl.

### Pomůcky a chemikálie:

modul teploměr  
 kádinky 100 a 150 cm<sup>3</sup>  
 laboratorní váhy  
 váženky a lžička  
 skleněná tyčinka k míchání  
 chlorid sodný  
 drcený led

### Provedení:

Do kalorimetru (2 kádinky v sobě) nasypete rozdrcený led, zalitý malým množstvím vody.

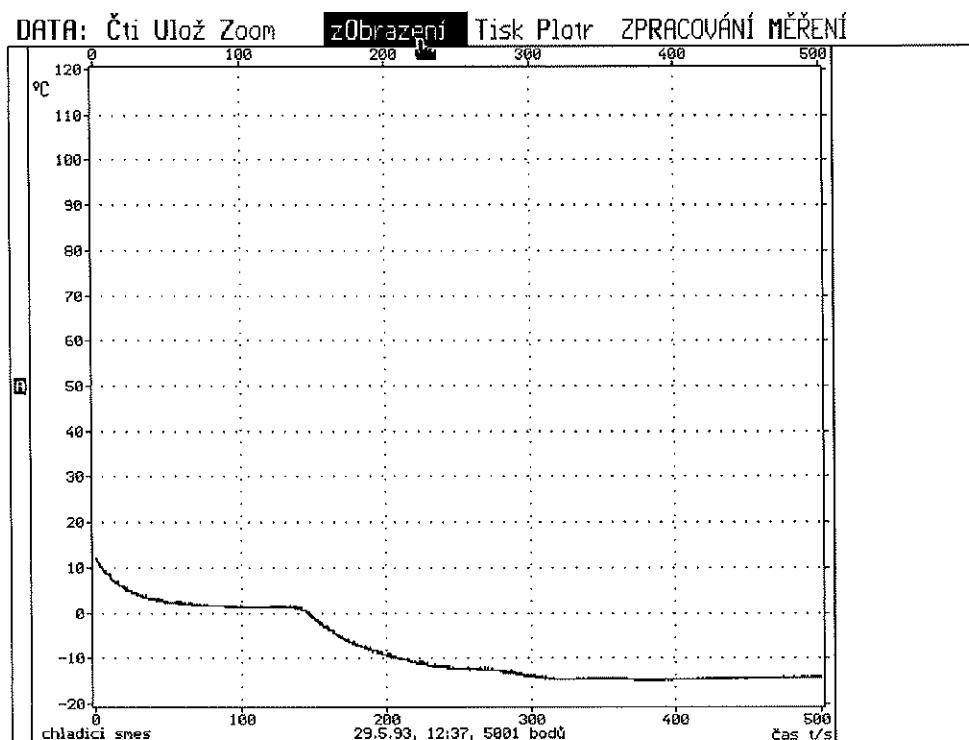
V programu nastavte celkový čas měření 500 s a vzorkovací frekvenci 10 Hz. Oživte kanál A připojením modulu teploměr a ponechte standardní zobrazení, tedy časovou závislost.

Nastavte ruční start a spusťte měření. Poté za stálého míchání přidávejte do kalorimetru chlorid sodný a sledujte změny teploty.

#### Vysvětlení:

V laboratoři je často nutné ochlazovat látky na velmi nízké teploty pod 0 °C. Takových teplot je možné dosáhnout použitím chladících směsí, které se skládají ze směsi drceného ledu a různých elektrolytů (solí). Rychlé tání ledu, které je spojeno s velkou absorbcí tepla přímo z chladící směsi, způsobuje silné ochlazení.

Tabelární hodnota teploty dosažená použitím směsi ledu a vody (3 : 1) je minus 21,3 °C.



#### Poznámky a náměty:

Pokus lze modifikovat nebo rozšířit o srovnání směsí ledu s jinými použitými elektrolyty např.: chloridem draselným, uhličitanem sodným nebo chloridem amonným.

---

## E 21 Sledování teplotních změn při vypařování kapaliny

#### Cíl:

Sledovat průběh tepelného zabarvení reakce vypařování ethanolu (vody, acetonu, diethyletheru).

#### Pomůcky a chemikálie:

modul teploměr  
kádinka



ethanol

voda, aceton, diethylether

### Provedení:

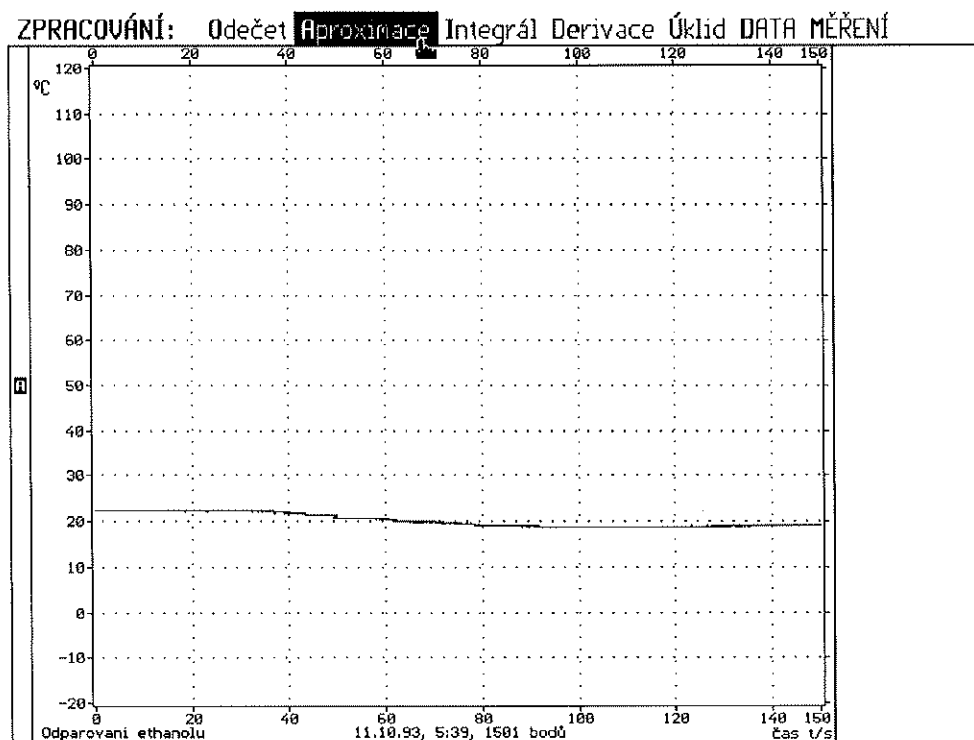
Do kádinky nalijte cca 50 cm<sup>3</sup> ethanolu, vytemperovaných na laboratorní teplotu a do kapaliny vnořte teplotní čidlo.

V programu nastavte celkový čas měření 150 s a vzorkovací frekvenci 10 Hz. Oživte kanál A připojením modulu teploměr a ponechte standardní zobrazení, tedy časovou závislost. Nastavte ruční start a spusťte měření. Po 30 s měření vyjměte teplotní čidlo z kádinky a sledujte změny teploty.

### Vysvětlení:

Ethanol se na vzduchu vypařuje z povrchu teplotního čidla po jeho vyjmutí z kapaliny v důsledku změny stavových podmínek.

Rušení slabých vazebných interakcí při přechodu z kapalně do plynné fáze je spojeno se spotřebováním energie, které se projeví ochlazením reakčního systému.



### Poznámky a náměty:

Stejná měření proveďte také pro další kapaliny (voda, aceton, diethylether), analyzujte a srovnajte grafické záznamy teplotních změn při jejich vypařování.

Záznam změn teploty při vypařování ethanolu je možné srovnat také se subjektivními pocity např. při navlhčení prstu v kapalině.

---

## E 22 Destilace ethanolu

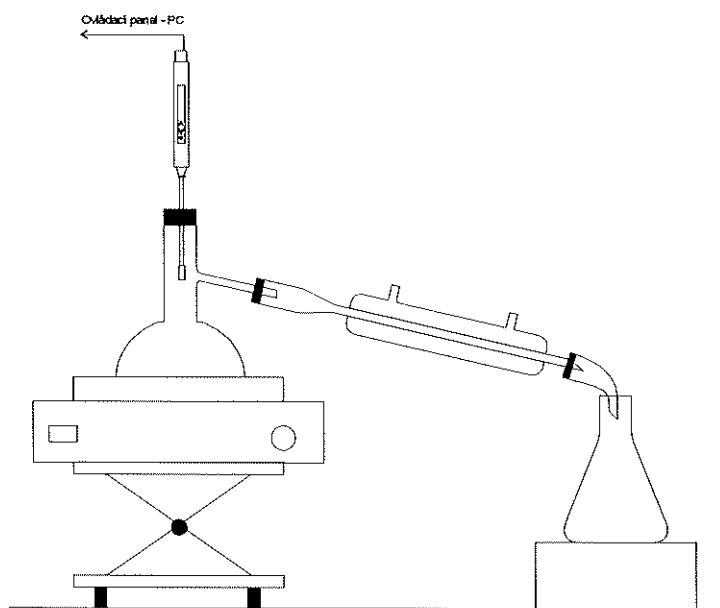
### Cíl:

Sledovat teplotní změny v průběhu destilace ethanolu.

### Pomůcky a chemikálie:

modul teploměr

destilační aparatura pro destilaci za normálního tlaku  
ethanol



Obr. 8 Schema destilační aparatury

### Provedení:

Sestavte aparaturu pro destilaci za normálního tlaku a nahradte teploměr teplotním čidlem (viz obr. 8). Destilační baňku naplňte 200 cm<sup>3</sup> ethanolu a přidejte několik varných kamének.

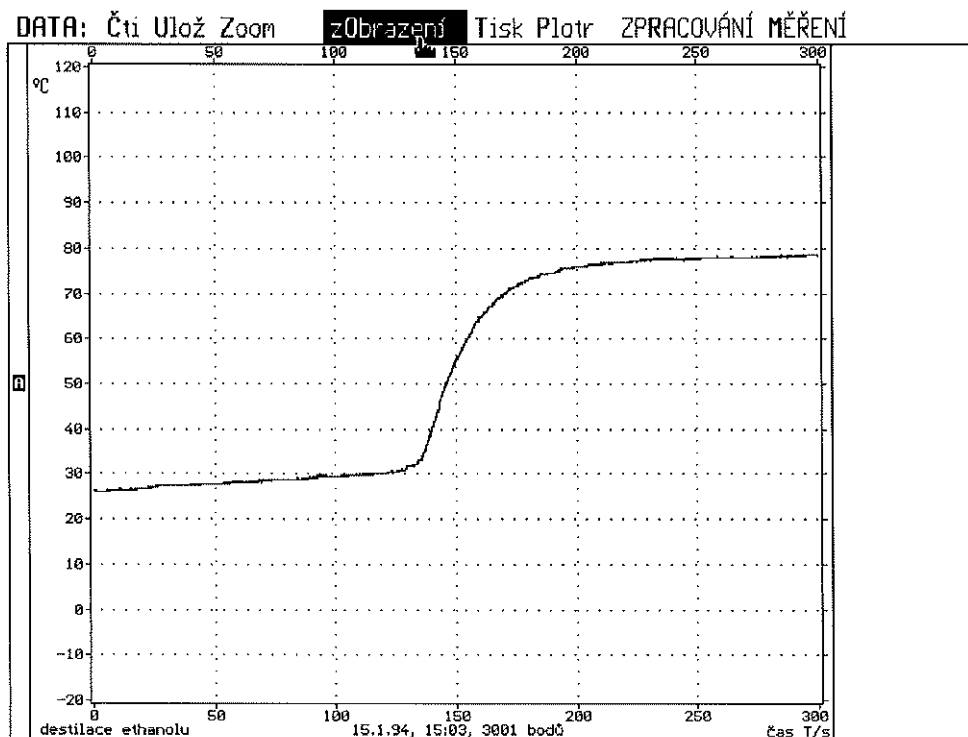
V programu nastavte celkový čas měření 300 s a vzorkovací frekvenci 10 Hz. Oživte kanál A připojením modulu teploměr a ponechte standardní zobrazení, tedy časovou závislost. Nastavte ruční start a spusťte měření současně se zahříváním kapaliny v destilační baňce na elektrickém topném hnízdě.

### Vysvětlení:

Destilace je separační metoda při níž převádíme kapalný vzorek dodáním tepla v páru, kterou po kondenzaci jímáme znovu v kapalně formě. Získaný destilát je obohacen těkavějšími složkami.

Zařízení pro jednoduchou destilaci se skládá z varného prostoru, chladiče a předlohy, do níž jímáme předložený destilát.

Použitá aparatura ve spojení s tvorbou grafických záznamů časových průběhů destilace umožňuje identifikaci čistoty destilovaných kapalin, vlivu intenzity zahřívání, případně analýzu směsí kapalin.



### Poznámky a náměty:

V případě nedostupnosti vodovodního rozvodu je možné připojit chladič destilační aparatury k laboratornímu termostatu např. U - 2.

---

## E 23 Destilace acetonu

### Cíl:

Sledovat teplotní změny v průběhu destilace acetonu.

### Pomůcky a chemikálie:

modul teploměr  
destilační aparatura pro destilaci za normálního tlaku  
aceton

### Provedení:

Sestavte aparaturu pro destilaci za normálního tlaku a nahraďte teploměr teplotním čidlem. Destilační baňku naplňte 200 cm<sup>3</sup> acetonu a přidejte několik varných kaménků.

V programu nastavte celkový čas měření 300 s a vzorkovací frekvenci 10 Hz. Oživte kanál A připojením modulu teploměr a ponechte standardní zobrazení, tedy časovou závislost.

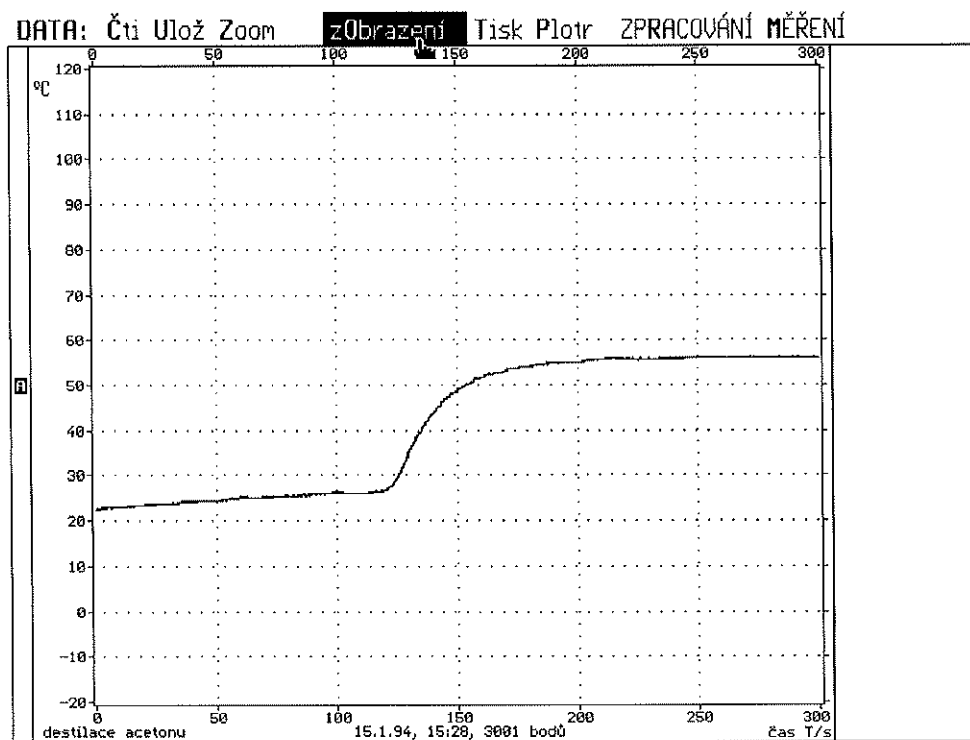
Nastavte ruční start a spusťte měření současně se zahříváním kapaliny v destilační baňce na elektrickém topném hnízdě.

### Vysvětlení:

Destilace je separační metoda při níž převádíme kapalný vzorek dodáním tepla v páru, kterou po kondenzaci jímáme znovu v kapalně formě. Získaný destilát je obohacen těkavějšími složkami.

Zařízení pro jednoduchou destilaci se skládá z varného prostoru, chladiče a předlohy, do níž jímáme předložený destilát.

Použitá aparatura ve spojení s tvorbou grafických záznamů časových průběhů destilace umožňuje identifikaci čistoty destilovaných kapalin, vlivu intenzity zahřívání, případně analýzu směsí kapalin.



### Poznámky a náměty:

Porovnejte tepelné změny v průběhu destilace ethanolu a acetonu.

---

## E 24 Destilace diethyletheru

### Cíl:

Sledovat teplotní změny v průběhu destilace diethyletheru.

## Pomůcky a chemikálie:

modul teploměr  
destilační aparatura pro destilaci  
za normálního tlaku  
diethylether

## Provedení:

Sestavte aparaturu pro destilaci za normálního tlaku a nahradte teploměr teplotním čidlem. Destilační baňku naplňte 200 cm<sup>3</sup> diethyletheru a přidejte několik varných kaménků.

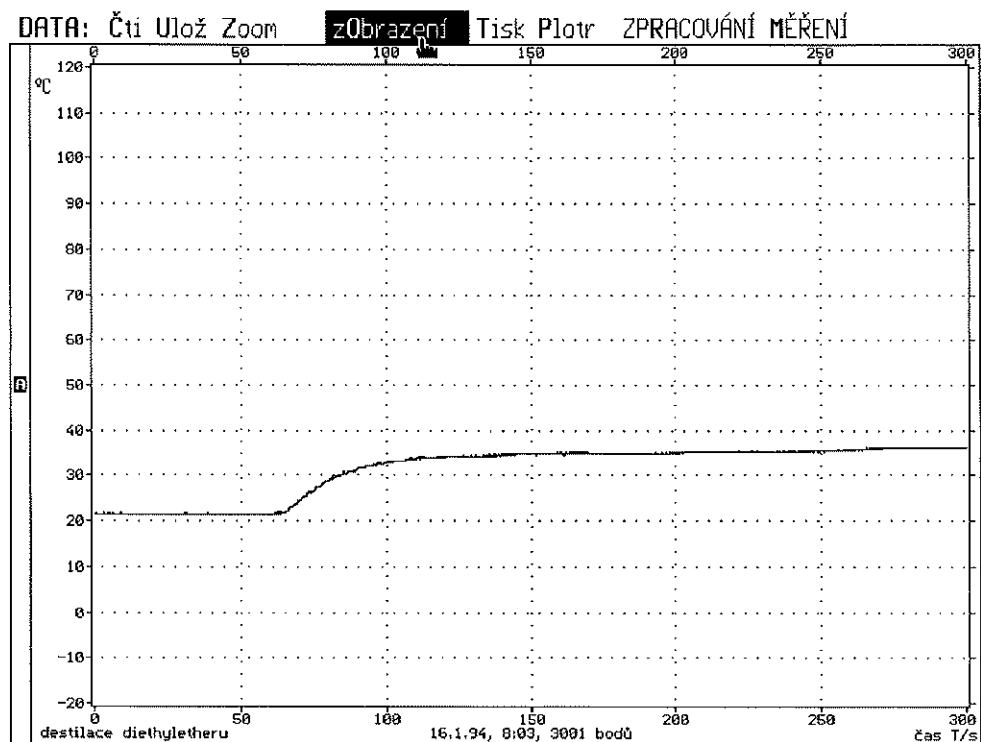
V programu nastavte celkový čas měření 300 s a vzorkovací frekvenci 10 Hz. Oživte kanál A připojením modulu teploměr a ponechte standardní zobrazení, tedy časovou závislost. Nastavte ruční start a spusťte měření současně se zahříváním kapaliny v destilační baňce na elektrickém topném hnízdě.

## Vysvětlení:

Destilace je separační metoda při níž převádíme kapalný vzorek dodáním tepla v páru, kterou po kondenzaci jímáme znovu v kapalné formě. Získaný destilát je obohacen těkavějšími složkami.

Zařízení pro jednoduchou destilaci se skládá z varného prostoru, chladiče a předlohy, do níž jímáme předložený destilát.

Použitá aparatura ve spojení s tvorbou grafických záznamů časových průběhů destilace umožňuje identifikaci čistoty destilovaných kapalin, vlivu intenzity zahřívání, případně analýzu směsí kapalin.



**Poznámky a náměty:**

Porovnejte tepelné změny v průběhu destilace ethanolu, acetonu a diethyletheru.

---

**E 25 Destilace směsi diethylether - ethanol****Cíl:**

Sledovat teplotní změny v průběhu destilace směsi diethylether - ethanol.

**Pomůcky a chemikálie:**

modul teploměr  
destilační aparatura pro destilaci za normálního tlaku  
diethylether  
ethanol

**Provedení:**

Sestavte aparaturu pro destilaci za normálního tlaku a nahraďte teploměr teplotním čidlem. Destilační baňku naplňte 100 cm<sup>3</sup> diethyletheru a 100 cm<sup>3</sup> ethanolu a přidejte několik varných kaménků.

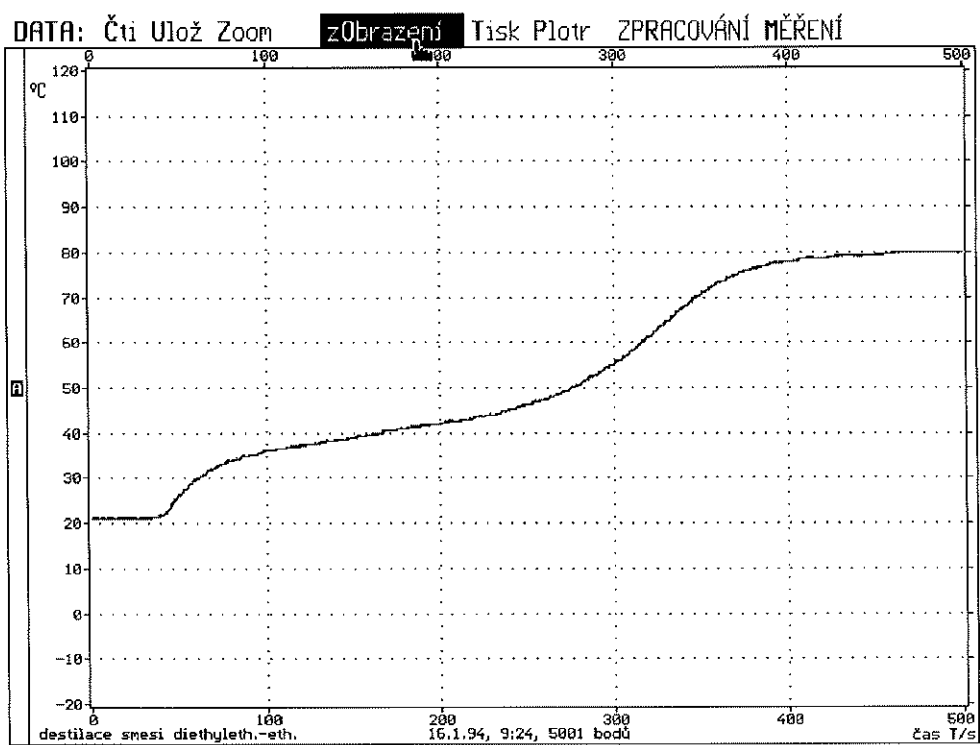
V programu nastavte celkový čas měření 500 s a vzorkovací frekvenci 10 Hz. Oživte kanál A připojením modulu teploměr a ponechte standardní zobrazení, tedy časovou závislost. Nastavte ruční start a spusťte měření současně se zahříváním kapaliny v destilační baňce na elektrickém topném hnízdě.

**Vysvětlení:**

Destilace je separační metoda při níž převádíme kapalný vzorek dodáním tepla v páru, kterou po kondenzaci jímáme znovu v kapalně formě. Získaný destilát je obohacen těkavějšími složkami. Skládá-li se kapalný vzorek ze dvou látek, je jejich oddělení destilací možné jen tehdy, liší-li se dostatečně obě látky svou těkavostí tj. poměrem molárních zlomků látky v plynné a kapalně fázi, jsou-li obě fáze spolu v rovnováze.

Zařízení pro jednoduchou destilaci se skládá z varného prostoru, chladiče a předlohy, do níž jímáme předložený destilát.

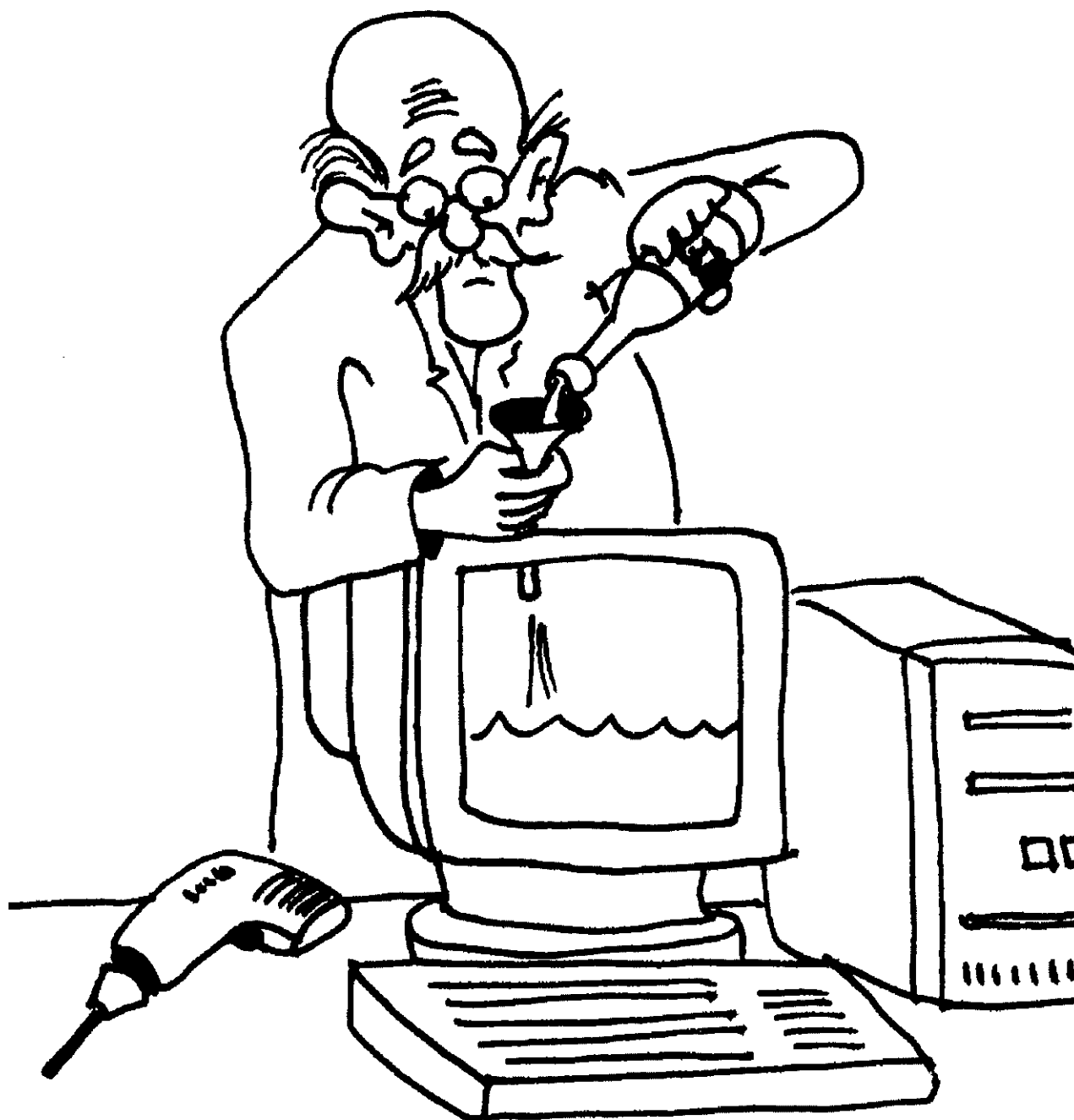
Použitá aparatura ve spojení s tvorbou grafických záznamů časových průběhů destilace umožňuje identifikaci čistoty destilovaných kapalin, vlivu intenzity zahřívání a analýzu směsí kapalin.



**Poznámky a náměty:**

Porovnejte tepelné změny v průběhu destilace směsí ethanolu a diethyletheru o různém složení.

# Měření pH





## E 26 Acidobazické titrace s potenciometrickou indikací bodu ekvivalence: silná kyselina - silná zásada

### Cíl:

Sledovat změny pH při neutralizaci silné kyseliny silnou zásadou a stanovit koncentraci neznámého roztoku HCl pomocí potenciometrické indikace bodu ekvivalence při titraci hydroxidem sodným.

### Pomůcky a chemikálie:

modul pHmetr

kádinka

laboratorní míchadlo

odměrný válec

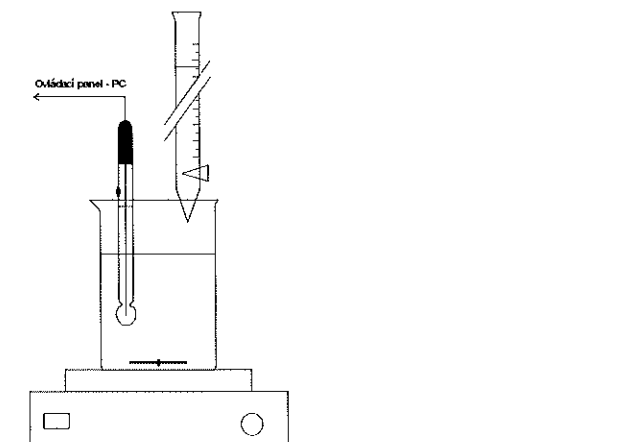
pipeta 10 cm<sup>3</sup>

byreta 50 cm<sup>3</sup>

hydroxid sodný ( $c = 0,1 \text{ mol.dm}^{-3}$ )

kyselina chlorovodíková (asi 1 cm<sup>3</sup> ve 100 cm<sup>3</sup> dest. vody)

destilovaná voda



Obr. 9 Schema aparatury pro potenciometrickou titraci

### Provedení:

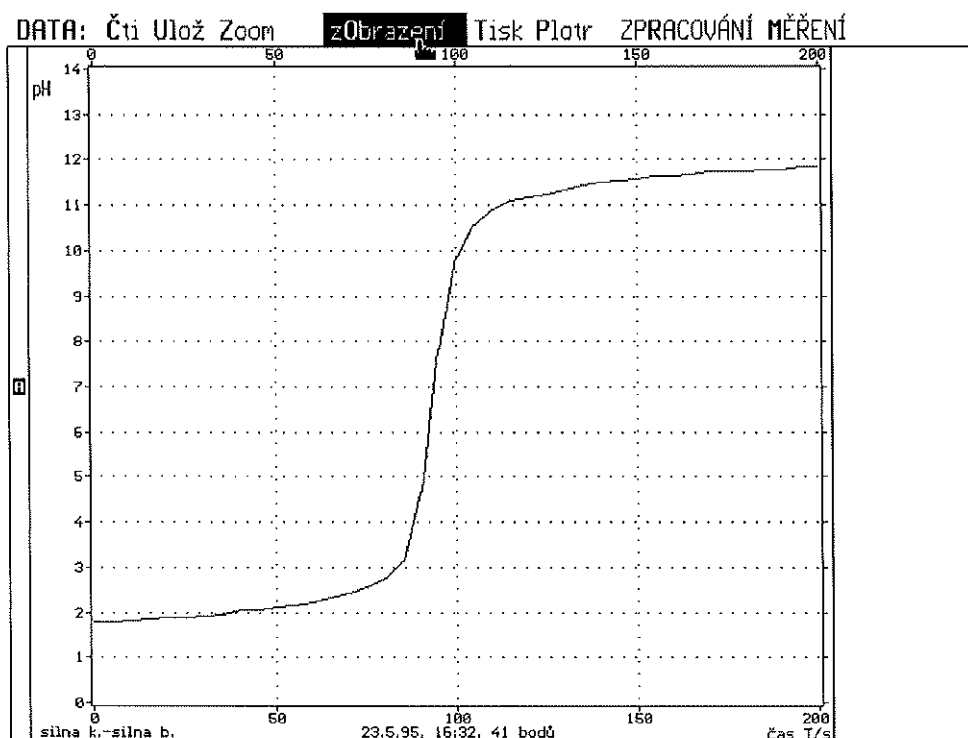
Do kádinky na laboratorním míchadle odpipetujte 10 cm<sup>3</sup> roztoku kyseliny chlorovodíkové a objem doplňte destilovanou vodou na 100 cm<sup>3</sup>. Do kapaliny vnořte elektrody k měření pH a uveďte do chodu míchání. Ke stojanu upevněte byretu a naplňte ji roztokem hydroxidu sodného.

V programu nastavte celkový čas měření 200 s a vzorkovací frekvenci 0,2 Hz. Oživte kanál A připojením modulu pHmetr s připojenými elektrodami a ponechte standardní zobrazení, tedy časovou závislost. Nastavte ruční start, spusťte měření a současně přidejte 0,5 cm<sup>3</sup> a poté vždy po 5 sekundách postupně stále stejný objem roztoku hydroxidu sodného z byrety. Ze

zaznamenané křivky určete bod ekvivalence tj. spotřebu titračního činidla a spočtete koncentraci analyzovaného roztoku kyseliny chlorovodíkové.

### Vysvětlení:

Principem acidobazických titrací je sledování změn určité fyzikální veličiny (pH) v titrovaném roztoku v závislosti na objemu přidávaného titračního činidla. Grafickým znázorněním této závislosti je titrační křivka, jejíž inflexní bod je bodem ekvivalence, tj. bodem, určujícím rovnost látkového množství titrované látky a titračního činidla. Platí tedy:  $n_k = n_z$ , a pro kyseliny stejné sytnosti  $c_k V_k = c_z V_z$ , kde  $n_{k,z}$  jsou látková množství,  $c_{k,z}$  molární koncentrace a  $V_{k,z}$  objem kyseliny nebo zásady.



### Poznámky a náměty:

Určování objemu titračního činidla s využitím časové osy grafického záznamu průběhu titrace je poměrně málo přesné ke kvantitativnímu stanovování koncentrace zkoumaného roztoku. Proto je nutné uvažovat výsledky pouze orientačně a využívat měření k demonstraci tvaru titrační křivky silná kyselina - silná zásada.

Zpřesnění měření je možné využitím např. automatické byrety (řízení výstupním kanálem) aj.

---

## E 27 Acidobazické titrace s potenciometrickou indikací bodu ekvivalence: slabá kyselina - silná zásada

### Cíl:

Sledovat změny pH při neutralizaci slabé kyseliny silnou zásadou a stanovit koncentraci známého roztoku kyseliny octové pomocí potenciometrické indikace bodu ekvivalence při titraci hydroxidem sodným.

### Pomůcky a chemikálie:

modul pHmetr  
kádinka  
laboratorní míchadlo  
odměrný válec  
pipeta 10 cm<sup>3</sup>  
byreta 50 cm<sup>3</sup>  
hydroxid sodný ( $c = 0,1 \text{ mol.dm}^{-3}$ )  
kyselina octová (asi 0,5 cm<sup>3</sup> ve 100 cm<sup>3</sup> dest. vody)  
destilovaná voda

### Provedení:

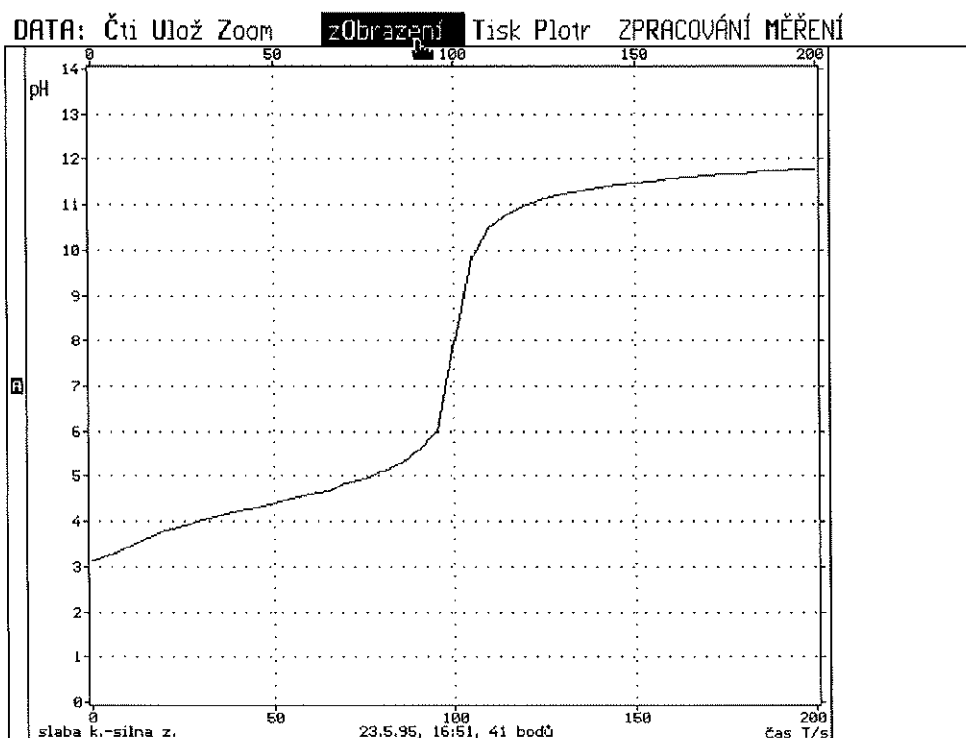
Do kádinky na laboratorním míchadle odpipetujte 10 cm<sup>3</sup> roztoku kyseliny octové a objem doplňte destilovanou vodou na 100 cm<sup>3</sup>. Do kapaliny vnořte elektrody k měření pH a uveďte do chodu míchání. Ke stojanu upevněte byretu a naplňte ji roztokem hydroxidu sodného.

V programu nastavte celkový čas měření 200 s a vzorkovací frekvenci 0,2 Hz. Oživte kanál A připojením modulu pHmetr s připojenými elektrodami a ponechte standardní zobrazení, tedy časovou závislost. Nastavte ruční start, spusťte měření a současně přidejte 0,5 cm<sup>3</sup> a poté vždy po 5 sekundách postupně stále stejný objem roztoku hydroxidu sodného z byrety. Ze zaznamenané křivky určete bod ekvivalence tj. spotřebu titračního činidla a spočtete koncentraci analyzovaného roztoku kyseliny octové.

### Vysvětlení:

Principem acidobazických titrací je sledování změn určité fyzikální veličiny (např. pH) v titrovaném roztoku v závislosti na objemu přidávaného titračního činidla. Grafickým znázorněním této závislosti je titrační křivka, jejíž inflexní bod je bodem ekvivalence, tj. bodem, určujícím rovnost látkového množství titrované látky a titračního činidla. Platí tedy:  $n_k = n_z$ , a pro kyseliny stejné sytnosti  $c_k V_k = c_z V_z$ , kde  $n_{k,z}$  jsou látková množství,  $c_{k,z}$  molární koncentrace a  $V_{k,z}$  objem kyseliny nebo zásady.

Titrační křivky slabých kyselin vykazují menší strmost v okolí bodu ekvivalence a titrační exponent (bod ekvivalence) se liší od hodnoty 7, kterou má v případě titrace silné kyseliny (je vyšší než 7).



### Poznámky a náměty:

Určování objemu titračního činidla s využitím časové osy grafického záznamu průběhu titrace je poměrně málo přesné ke kvantitativnímu stanovování koncentrace zkoumaného roztoku. Proto je nutné uvažovat výsledky pouze orientačně a využívat měření k demonstraci tvaru titrační křivky slabá kyselina - silná zásada.

Zpřesnění měření je možné využitím např. automatické byrety (řízení výstupním kanálem) aj.

## E 28 Acidobazické titrace s potenciometrickou indikací bodu ekvivalence: směs kyselin - silná zásada

### Cíl:

Sledovat změny pH při neutralizaci směsi kyselin silnou zásadou.

### Pomůcky a chemikálie:

modul pHmetr

kádinka

laboratorní míchadlo

odměrný válec

pipeta 10 cm<sup>3</sup>

byreta 50 cm<sup>3</sup>

hydroxid sodný ( $c = 0,1 \text{ mol.dm}^{-3}$ )

kyselina chlorovodíková (asi 1 cm<sup>3</sup> ve 100 cm<sup>3</sup> dest. vody)

kyselina octová (asi 0,5 cm<sup>3</sup> ve 100 cm<sup>3</sup> dest. vody)  
destilovaná voda

### Provedení:

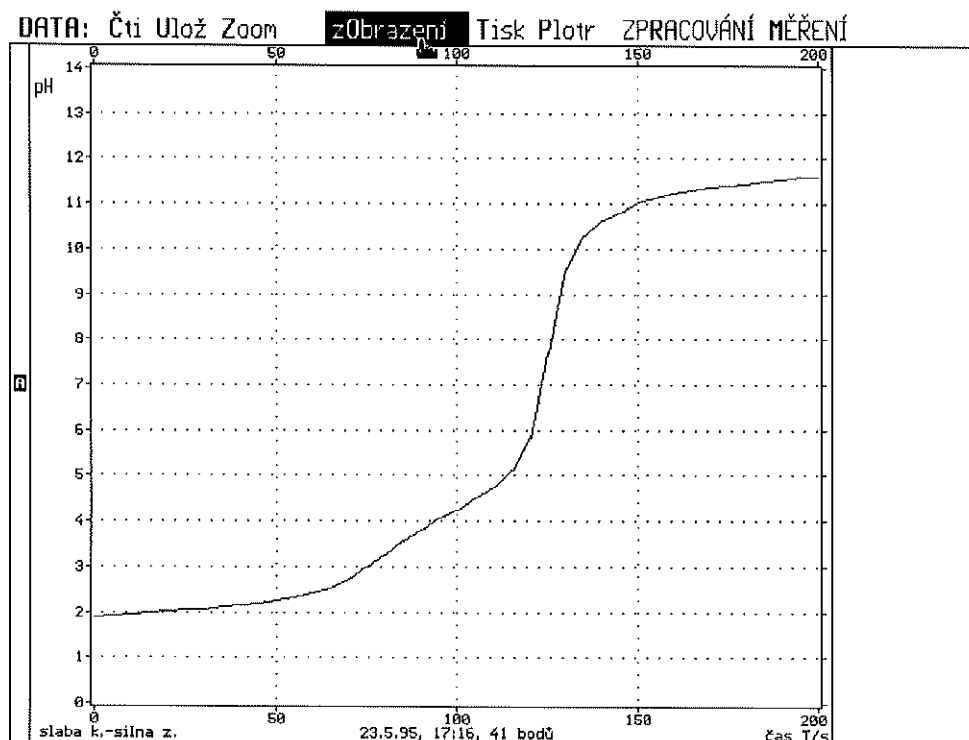
Do kádinky na laboratorním míchadle odpipetujte 7 cm<sup>3</sup> kyseliny chlorovodíkové a 3 cm<sup>3</sup> roztoku kyseliny octové a objem doplňte destilovanou vodou na 100 cm<sup>3</sup>. Do kapaliny vnořte elektrody k měření pH a uveďte do chodu míchání. Ke stojanu upevněte byretu a naplňte ji roztokem hydroxidu sodného.

V programu nastavte celkový čas měření 200 s a vzorkovací frekvenci 0,2 Hz. Oživte kanál A připojením modulu pHmetr s připojenými elektrodami a ponechte standardní zobrazení, tedy časovou závislost. Nastavte ruční start, spusťte měření a současně přidejte 0,5 cm<sup>3</sup> a poté vždy po 5 sekundách postupně stále stejný objem roztoku hydroxidu sodného z byrety. Ze zaznamenané křivky určete body ekvivalence tj. spotřebu titračního činidla odpovídající jednotlivým podílům titrovaných kyselin.

### Vysvětlení:

Principem acidobazických titrací je sledování změn určité fyzikální veličiny (pH) v titrovaném roztoku v závislosti na objemu přidávaného titračního činidla. Grafickým znázorněním této závislosti je titrační křivka, jejíž inflexní bod je bodem ekvivalence, tj. bodem, určujícím rovnost látkového množství titrované látky a titračního činidla.

Titrační křivky směsi jednosytných kyselin jsou použitelné ke stanovení jednotlivých kyselin pouze tehdy, liší-li se hodnoty disociačních konstant kyselin alespoň o 3 až 4 řády.



### Poznámky a náměty:

Určování objemu titračního činidla s využitím časové osy grafického záznamu průběhu titrace je poměrně málo přesné ke kvantitativnímu stanovování složení zkoumaného roztoku. Proto je nutné uvažovat výsledky pouze orientačně a využívat měření k demonstraci tvaru titrační křivky směs kyselin - silná zásada.

Zpřesnění měření je možné využitím např. automatické byrety (řízení výstupním kanálem) aj.

---

## E 29 Acidobazické titrace s potenciometrickou indikací bodu ekvivalence: vícesytná kyselina - silná zásada I

### Cíl:

Sledovat změny pH při titraci kyseliny fosforečné hydroxidem sodným.

### Pomůcky a chemikálie:

modul pHmetr  
kádinka  
laboratorní míchadlo  
odměrný válec  
pipeta 10 cm<sup>3</sup>  
byreta 50 cm<sup>3</sup>  
hydroxid sodný ( $c = 0,1 \text{ mol.dm}^{-3}$ )  
kyselina fosforečná ( $c = 0,1 \text{ mol.dm}^{-3}$ )  
destilovaná voda

### Provedení:

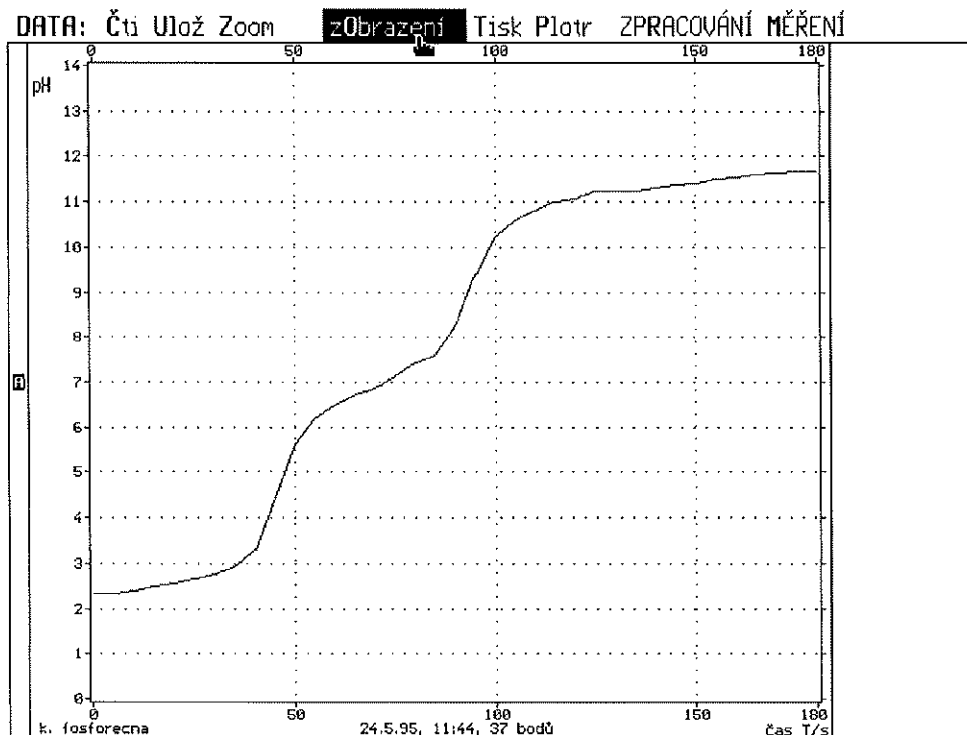
Do kádinky na laboratorním míchadle odpipetujte 5 cm<sup>3</sup> kyseliny trihydrogenfosforečné a objem doplňte destilovanou vodou na 100 cm<sup>3</sup>. Do kapaliny vnořte elektrody k měření pH a uveďte do chodu míchání. Ke stojanu upevněte byretu a naplňte ji roztokem hydroxidu sodného.

V programu nastavte celkový čas měření 200 s a vzorkovací frekvenci 0,2 Hz. Oživte kanál A připojením modulu pHmetr s připojenými elektrodami a ponechte standardní zobrazení, tedy časovou závislost. Nastavte ruční start, spusťte měření a současně přidejte 0,5 cm<sup>3</sup> a poté vždy po 5 sekundách postupně stále stejný objem roztoku hydroxidu sodného z byrety. Ze zaznamenané křivky určete oblasti odpovídající jednotlivým stupňům disociace.

### Vysvětlení:

Principem acidobazických titrací je sledování změn určité fyzikální veličiny (např. pH) v titrovaném roztoku v závislosti na objemu přidávaného titračního činidla. Grafickým znázorněním této závislosti je titrační křivka, jejíž inflexní bod je bodem ekvivalence, tj. bodem, určujícím rovnost látkového množství titrované látky a titračního činidla.

Titrační křivky vícesytných kyselin umožňují identifikaci jednotlivých stupňů disociace pouze tehdy, liší-li se hodnoty disociačních konstant odpovídajících těmto stupňům alespoň o 3 až 4 řády. Disociační konstanty kyseliny trihydrogenfosforečné mají hodnoty:  $K_1 = 7,5 \cdot 10^{-3}$  (silná kyselina),  $K_2 = 6,2 \cdot 10^{-8}$  (slabá kyselina) a  $K_3 = 4,8 \cdot 10^{-13}$  (velmi slabá kyselina, která již nemá význam pro odměrné stanovení).



#### Poznámky a náměty:

Určování objemu titračního činidla s využitím časové osy grafického záznamu průběhu titrace je poměrně málo přesné ke kvantitativnímu stanovování zkoumaného roztoku. Proto je nutné uvažovat výsledky pouze orientačně a využívat měření k demonstraci tvaru titrační křivky vícesytná kyselina - silná zásada.

Zpřesnění měření je možné využitím např. automatické byrety (řízení výstupním kanálem) aj.

### E 30 Acidobazické titrace s potenciometrickou indikací bodu ekvivalence: vícesytná kyselina - silná zásada II

#### Cíl:

Sledovat změny pH při titraci kyseliny šťavelové hydroxidem sodným.

#### Pomůcky a chemikálie:

modul pHmetr  
kádinka

laboratorní míchadlo  
odměrný válec  
pipeta 10 cm<sup>3</sup>  
byreta 50 cm<sup>3</sup>  
hydroxid sodný (c = 0,1 mol.dm<sup>-3</sup>)  
kyselina šťavelová (c = 0,5 mol.dm<sup>-3</sup>)  
destilovaná voda

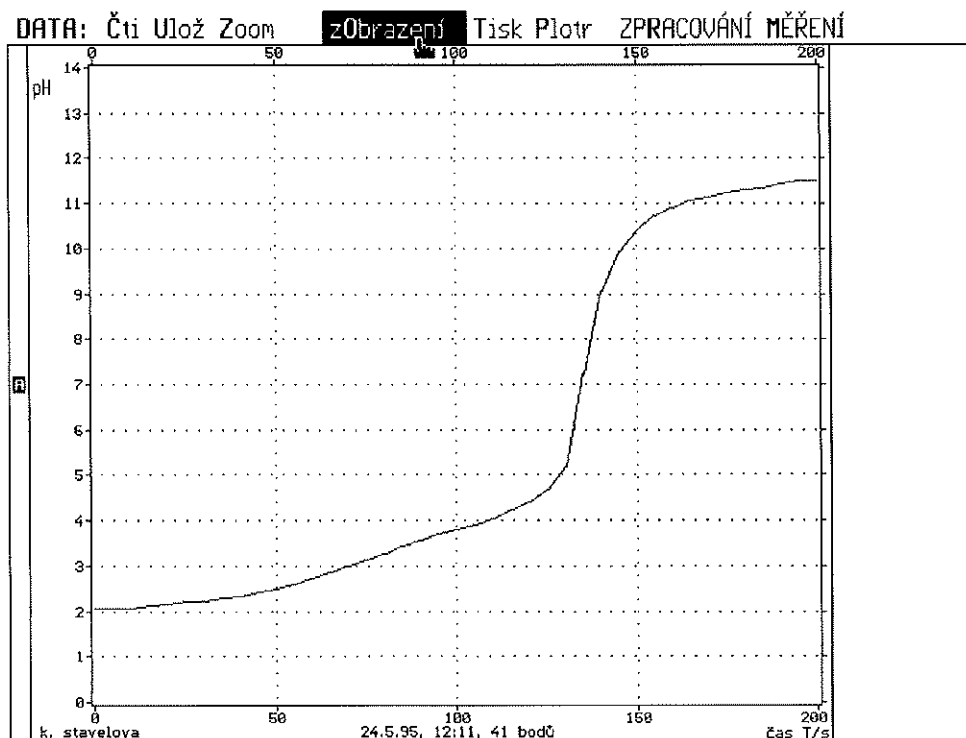
### Provedení:

Do kádinky na laboratorním míchadle odpipetujte 1,5 cm<sup>3</sup> kyseliny šťavelové a objem doplňte destilovanou vodou na 100 cm<sup>3</sup>. Do kapaliny vnořte elektrody k měření pH a uveďte do chodu míchání. Ke stojanu upevněte byretu a naplňte ji roztokem hydroxidu sodného.

V programu nastavte celkový čas měření 200 s a vzorkovací frekvenci 0,2 Hz. Oživte kanál A připojením modulu pHmetr s připojenými elektrodami a ponechte standardní zobrazení, tedy časovou závislost. Nastavte ruční start, spusťte měření a současně přidejte 0,5 cm<sup>3</sup> a poté vždy po 5 sekundách postupně stále stejný objem roztoku hydroxidu sodného z byrety. Ze zaznamenané křivky určete oblasti odpovídající jednotlivým stupňům disociace.

### Vysvětlení:

Principem acidobazických titrací je sledování změn určité fyzikální veličiny (např. pH) v titrovaném roztoku v závislosti na objemu přidávaného titračního činidla. Grafickým znázorněním této závislosti je titrační křivka, jejíž inflexní bod je bodem ekvivalence, tj. bodem, určujícím rovnost látkového množství titrované látky a titračního činidla.





Titrační křivky vícesytných kyselin umožňují identifikaci jednotlivých stupňů disociace pouze tehdy, liší-li se hodnoty disociačních konstant odpovídajících těmto stupňům alespoň o 3 až 4 řády. Disociační konstanty kyseliny šťavelové mají hodnoty:  $K_1 = 0,06$  (silná kyselina) a  $K_2 = 0,00006$  (slabá kyselina).

#### **Poznámky a náměty:**

Určování objemu titračního činidla s využitím časové osy grafického záznamu průběhu titrace je poměrně málo přesné ke kvantitativnímu stanovování zkoumaného roztoku. Proto je nutné uvažovat výsledky pouze orientačně a využívat měření k demonstraci tvaru titrační křivky vícesytná kyselina - silná zásada.

Zpřesnění měření je možné využitím např. automatické byrety (řízení výstupním kanálem) aj.

---

### **E 31 Acidobazické titrace s potenciometrickou indikací bodu ekvivalence: vícesytná báze - silná kyselina**

#### **Cíl:**

Sledovat změny pH při titraci uhličitanu sodného kyselinou chlorovodíkovou.

#### **Pomůcky a chemikálie:**

modul pHmetr  
kádinka  
laboratorní míchadlo  
odměrný válec  
pipeta 10 cm<sup>3</sup>  
byreta 50 cm<sup>3</sup>  
uhličitan sodný ( $c = 0,1 \text{ mol.dm}^{-3}$ )  
kyselina chlorovodíková ( $c = 0,1 \text{ mol.dm}^{-3}$ )  
destilovaná voda

#### **Provedení:**

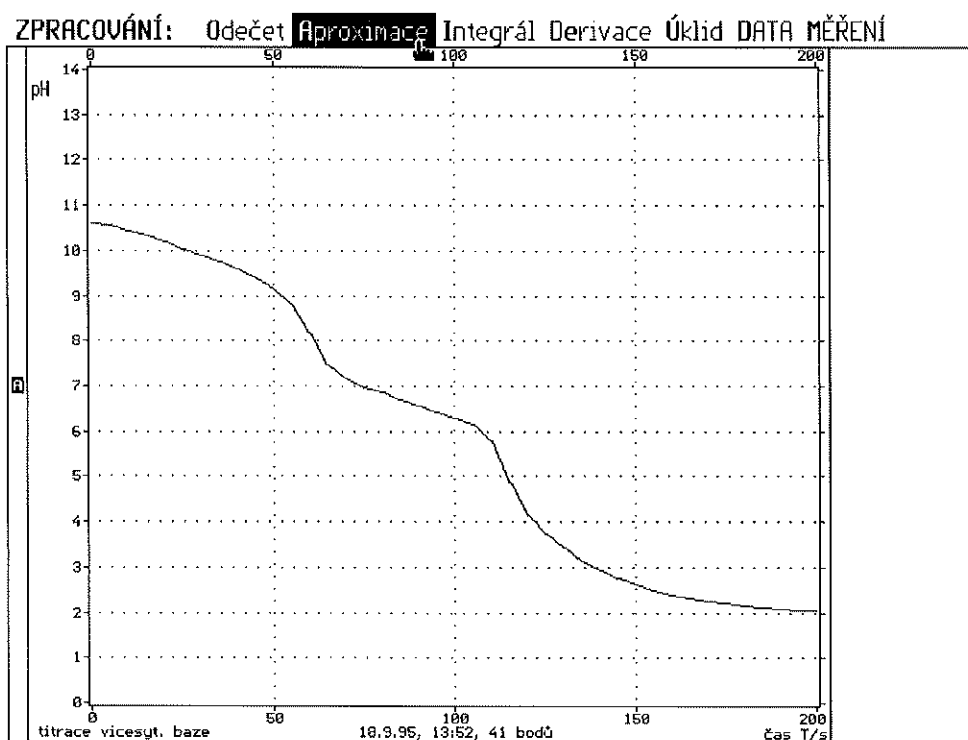
Do kádinky na laboratorním míchadle odpipetujte 5 cm<sup>3</sup> uhličitanu sodného a objem doplňte destilovanou vodou na 100 cm<sup>3</sup>. Do kapaliny vnořte elektrody k měření pH a uveďte do chodu míchání. Ke stojanu upevněte byretu a naplňte ji roztokem kyseliny chlorovodíkové.

V programu nastavte celkový čas měření 200 s a vzorkovací frekvenci 0,2 Hz. Oživte kanál A připojením modulu pHmetr s připojenými elektrodami a ponechte standardní zobrazení, tedy časovou závislost. Nastavte ruční start, spusťte měření a současně přidejte 0,5 cm<sup>3</sup> a poté vždy po 5 sekundách postupně stále stejný objem roztoku kyseliny chlorovodíkové z byrety. Ze zaznamenané křivky určete oblasti odpovídající jednotlivým stupňům disociace.

### Vysvětlení:

Principem acidobazických titrací je sledování změn určité fyzikální veličiny (pH) v titrovaném roztoku v závislosti na objemu přidávaného titračního činidla.

Titrační křivky vícesytných bází umožňují identifikaci jednotlivých stupňů disociace pouze tehdy, liší-li se hodnoty disociačních konstant odpovídajících těmto stupňům alespoň o 3 až 4 řády.



### Poznámky a náměty:

Zpřesnění měření je možné využitím např. automatické byrety (řízení výstupním kanálem) aj.

---

## E 32 Potenciometrická titrace histidindihydrochloridu

### Cíl:

Sledovat změny pH histidindihydrochloridu při titraci hydroxidem sodným indikující kyselá centra v dané molekule.

### Pomůcky a chemikálie:

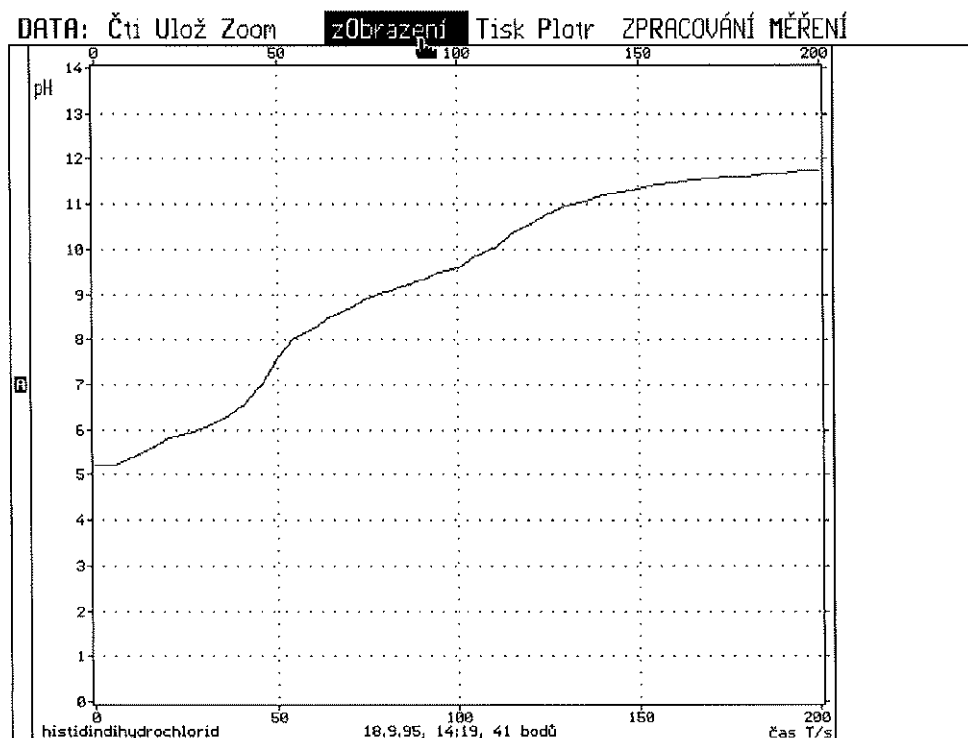
- modul pHmetr
- kádinka
- laboratorní míchadlo
- odměrný válec
- pipeta 10 cm<sup>3</sup>
- byreta 50 cm<sup>3</sup>

histidin ( $c = 0,4 \text{ mol.dm}^{-3}$ )  
kyselina chlorovodíková ( $c = 0,5 \text{ mol.dm}^{-3}$ )  
hydroxid sodný ( $c = 1 \text{ mol.dm}^{-3}$ )  
destilovaná voda

### Provedení:

Do kádinky na laboratorním míchadle odpipetujte  $30 \text{ cm}^3$  histidinu a  $5 \text{ cm}^3$  kyseliny chlorovodíkové o uvedených koncentracích a objem doplňte destilovanou vodou na  $100 \text{ cm}^3$ . Do kapaliny vnořte elektrody k měření pH a uveďte do chodu míchání. Ke stojanu upevněte byretu a naplňte ji roztokem hydroxidu sodného.

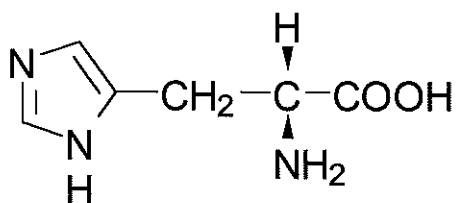
V programu nastavte celkový čas měření 150 s a vzorkovací frekvenci 0,2 Hz. Oživte kanál A připojením modulu pHmetr s připojenými elektrodami a ponechte standardní zobrazení, tedy časovou závislost. Nastavte ruční start, spusťte měření a současně přidejte  $0,5 \text{ cm}^3$  a poté vždy po 5 sekundách postupně stále stejný objem roztoku kyseliny chlorovodíkové z byrety. Ze zaznamenané křivky určete oblasti odpovídající jednotlivým stupňům disociace.



### Vysvětlení:

Princípem acidobazických titrací je sledování změn určité fyzikální veličiny (pH) v titrovaném roztoku v závislosti na objemu přidávaného titračního činidla.

Titrační křivka histidindihydrochloridu (vícesytné sloučeniny) umožňuje identifikaci jednotlivých stupňů disociace určení kyselých center molekuly analyzované sloučeniny (viz obr. 10).



Obr. 10 Strukturní vzorec histidinu

**Poznámky a náměty:**

Zpřesnění měření je možné využitím např. automatické byrety (řízení výstupním kanálem) aj.

### E 33 Monitoring CO<sub>2</sub>

**Cíl:**

Sledovat změny pH při rozpouštění oxidu uhličitého v hydrogenuhličitanu sodném.

**Pomůcky a chemikálie:**

modul pHmetr

kádinka

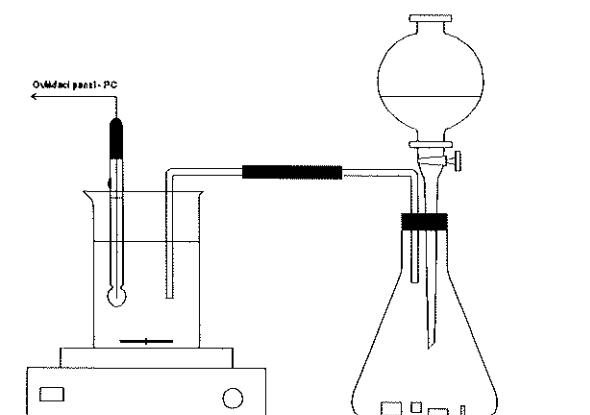
odměrný válec 100 cm<sup>3</sup>

laboratorní míchadlo

zdroj oxidu uhličitého

hydrogenuhličitan sodný ( $c = 1 \text{ mol.dm}^{-3}$ )

destilovaná voda



Obr. 11 Schema aparatury pro monitoring CO<sub>2</sub>

### Provedení:

Do kádinky na laboratorním míchadle nalejte 100 cm<sup>3</sup> hydrogenuhličitanu sodného, do kapaliny vnořte elektrody k měření pH a uveďte do chodu míchání.

V programu nastavte celkový čas měření 1000 s a vzorkovací frekvenci 1 Hz. Oživte kanál A připojením modulu pHmetr s připojenými elektrodami a ponechte standardní zobrazení, tedy časovou závislost. Nastavte ruční start, spusťte měření a současně začněte zavádět trubičkou do roztoku konstantní zdroj oxidu uhličitého. Ze získaného grafického záznamu vytvořte kalibrační graf pro určování obsahu CO<sub>2</sub> v bioplynu. Časový interval s počátkem při spuštění pokusu a s koncem na začátku plata křivky indikující stav nasycení roztoku oxidem uhličitým odpovídá 100 % obsahu CO<sub>2</sub>.

### Vysvětlení:

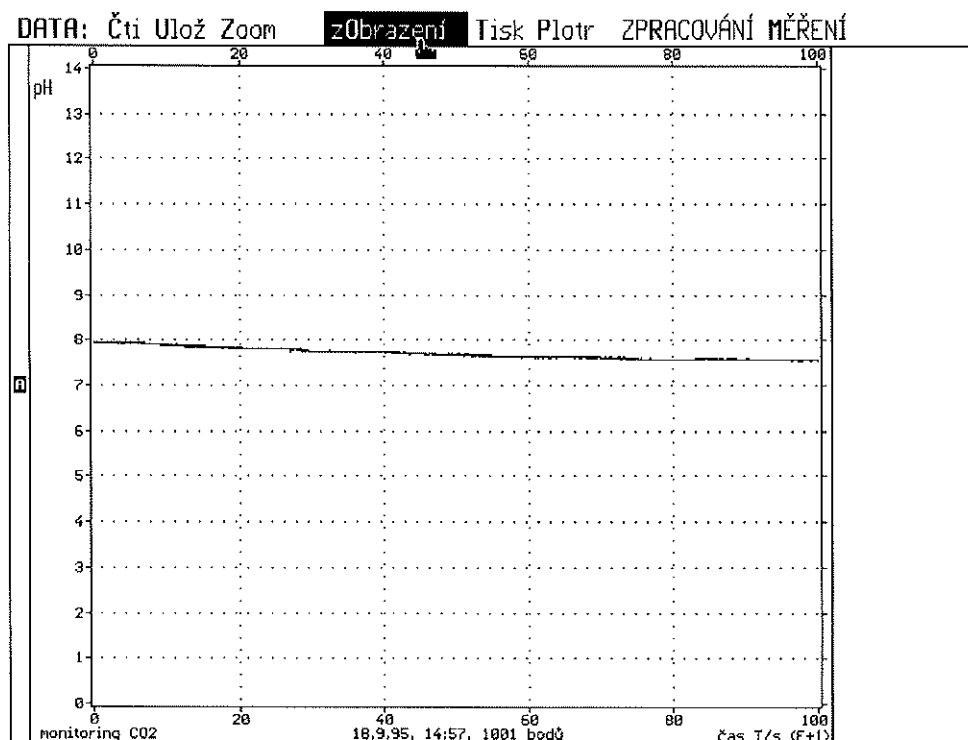
Potenciometrická metoda zjišťování množství hledané složky ve vzorku představuje měření potenciálového rozdílu mezi indikační (měrnou) a referenční (srovnávací) elektrodou.

Vztah mezi parciálním tlakem oxidu uhličitého  $p(\text{CO}_2)$  a molární koncentrací rozpuštěného oxidu  $c(\text{CO}_2)_{\text{aq}}$  se řídí Henryho zákonem  $c(\text{CO}_2)_{\text{aq}} = C_{\text{H}} \cdot p(\text{CO}_2)$ , kde  $C_{\text{H}}$  - konstanta Henryho zákona.

Při konstantní teplotě, tlaku a koncentraci hydrogenuhličitanového kationtu můžeme použít přibližný vztah

$$(\% \text{CO}_2) = K \cdot [\text{H}_3\text{O}^+],$$

kde  $K$  je konstanta zahrnující neměnné se veličiny.



Pokus je využitelný např. při indikaci obsahu  $\text{CO}_2$  v bioplynu. Bioplyn obsahuje podle druhu substrátu a reakčních podmínek různé množství  $\text{CO}_2$  (25 - 45 objemových %). Probíhá-li proces jeho získávání při zpracování odpadů špatně, obsah  $\text{CO}_2$  se zvyšuje. Při určování obsahu  $\text{CO}_2$  v bioplynu se nechá bioplyn probublávat roztokem  $\text{NaHCO}_3$  a ze získané hodnoty pH se určí pomocí kalibrační křivky přibližný procentuelní obsah  $\text{CO}_2$  [17].

#### Poznámky a náměty:

Experiment je vhodné použít v souvislosti s výkladem o biotechnologických metodách a ochraně životního prostředí.

---

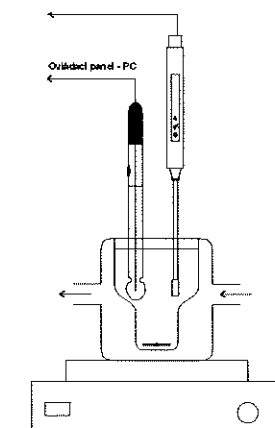
## E 34 Alkalická hydrolyza acetanhydridu

#### Cíl:

Sledovat změny pH při alkalické hydrolyze acetanhydridu.

#### Pomůcky a chemikálie:

modul phmetr  
kádinka  
laboratorní míchadlo  
acetanhydrid  
ledová kyselina octová  
aceton  
hydroxid sodný ( $c = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ )  
destilovaná voda



Obr. 12 Schema aparatury

#### Provedení:

Do kádinky na laboratorním míchadle odměřte  $30 \text{ cm}^3$  acetonu,  $30 \text{ cm}^3$  destilované vody a  $34,5 \text{ cm}^3$  roztoku hydroxidu sodného a uveďte do chodu míchání.

V programu nastavte celkový čas měření 200 s a vzorkovací frekvenci 10 Hz. Oživte kanál A připojením modulu pHmetr s připojenými elektrodami a ponechte standardní zobrazení, tedy časovou závislost. Nastavte ruční start, spusťte měření a současně přilejte  $1,6 \text{ cm}^3$  acetanhydridu. Sledujte změny pH roztoku a porovnejte průběh reakce s neutralizační reakcí, tj. nahrad'te acetanhydrid  $1 \text{ cm}^3$  kyseliny octové.

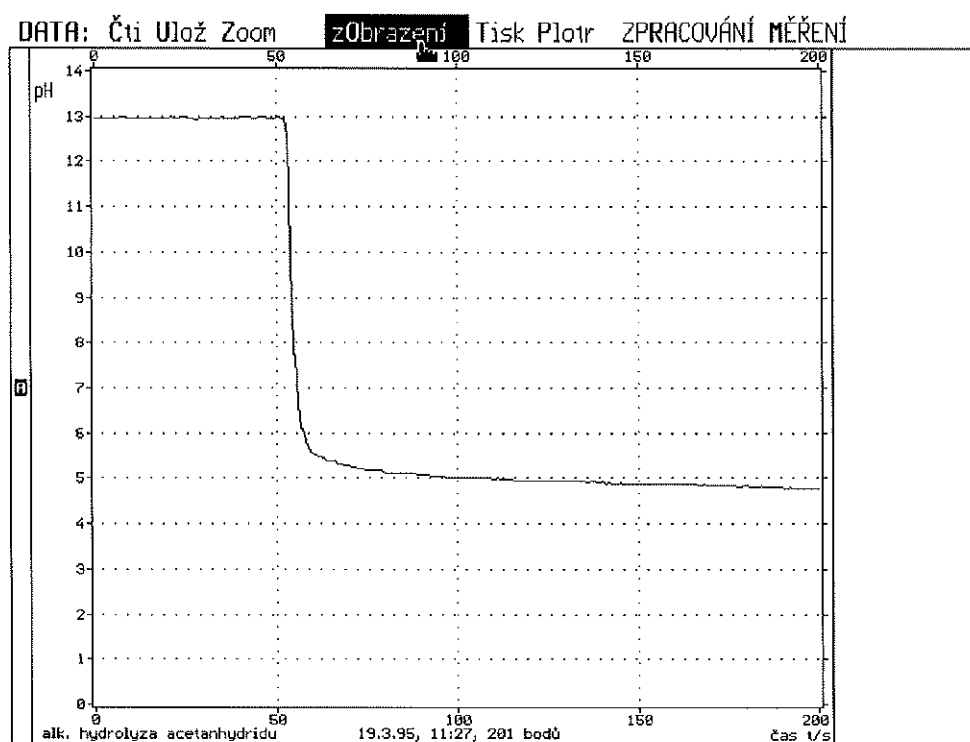
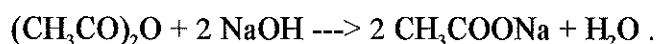
#### Vysvětlení:

Potenciometrická metoda sledování průběhu reakce spočívá v měření potenciálového rozdílu mezi indikační (měrnou) a referenční (srovnávací) elektrodou.

Anhydridy karboxylových kyselin patří mezi funkční deriváty karboxylových kyselin obecného vzorce:



Hydrolyzou anhydridů vznikají karboxylové kyseliny. Acetanhydrid tak hydrolyzuje na kyselinu octovou, což se projeví změnou pH roztoku. Obecně důležitým faktorem hydrolyzy derivátů karboxylových kyselin je i nukleofilita činidla. Proto snáze hydrolyzují roztokem alkalického hydroxidu než vodou. Reakce probíhá podle rovnice:



#### Poznámky a náměty:

Experiment je vhodné použít v kombinaci s neutralizační reakcí (viz provedení) s analýzou grafických záznamů odhalujících rozdíl obou reakcí.

---

### E 35 Stanovení koncentrace potravinářského octa

#### Cíl:

Stanovit koncentraci potravinářského octa na základě potenciometrické indikace bodu ekvivalence při titraci hydroxidem sodným.

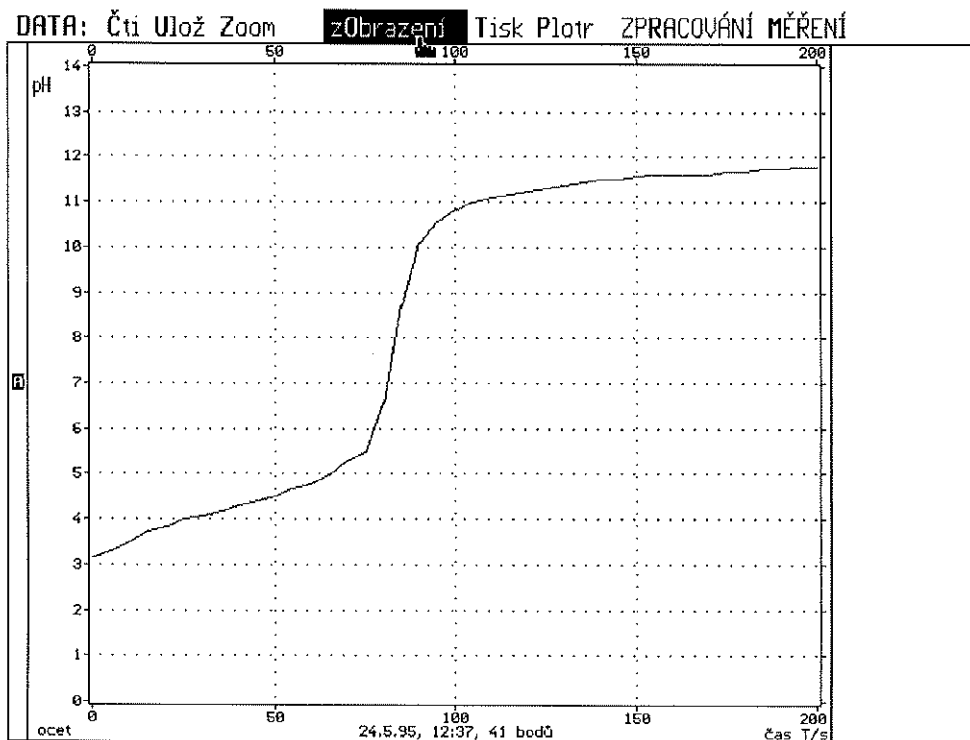
### Pomůcky a chemikálie:

modul pHmetr  
kádinka  
laboratorní míchadlo  
odměrný válec  
pipeta 10 cm<sup>3</sup>  
byreta 50 cm<sup>3</sup>  
hydroxid sodný (c = 0,1 mol.dm<sup>-3</sup>)  
ocet  
destilovaná voda

### Provedení:

Do kádinky na laboratorním míchadle odpipetujte 1 cm<sup>3</sup> potravinářského octa a objem doplňte destilovanou vodou na 100 cm<sup>3</sup>. Do kapaliny vnořte elektrody k měření pH a uveďte do chodu míchání. Ke stojanu upevněte byretu a naplňte ji roztokem hydroxidu sodného.

V programu nastavte celkový čas měření 200 s a vzorkovací frekvenci 0,2 Hz. Oživte kanál A připojením modulu pHmetr s připojenými elektrodami a ponechte standardní zobrazení, tedy časovou závislost. Nastavte ruční start, spusťte měření a současně přidejte 0,5 cm<sup>3</sup> a poté vždy po 5 sekundách postupně stále stejný objem roztoku hydroxidu sodného z byrety. Ze zaznamenané křivky určete bod ekvivalence tj. spotřebu titračního činidla a spočtete koncentraci potravinářského octa (roztoku kyseliny octové).





**Vysvětlení:**

Pro bod ekvivalence platí:

$$n_k = n_z,$$

a pro sloučeniny stejné sytnosti

$$c_k V_k = c_z V_z,$$

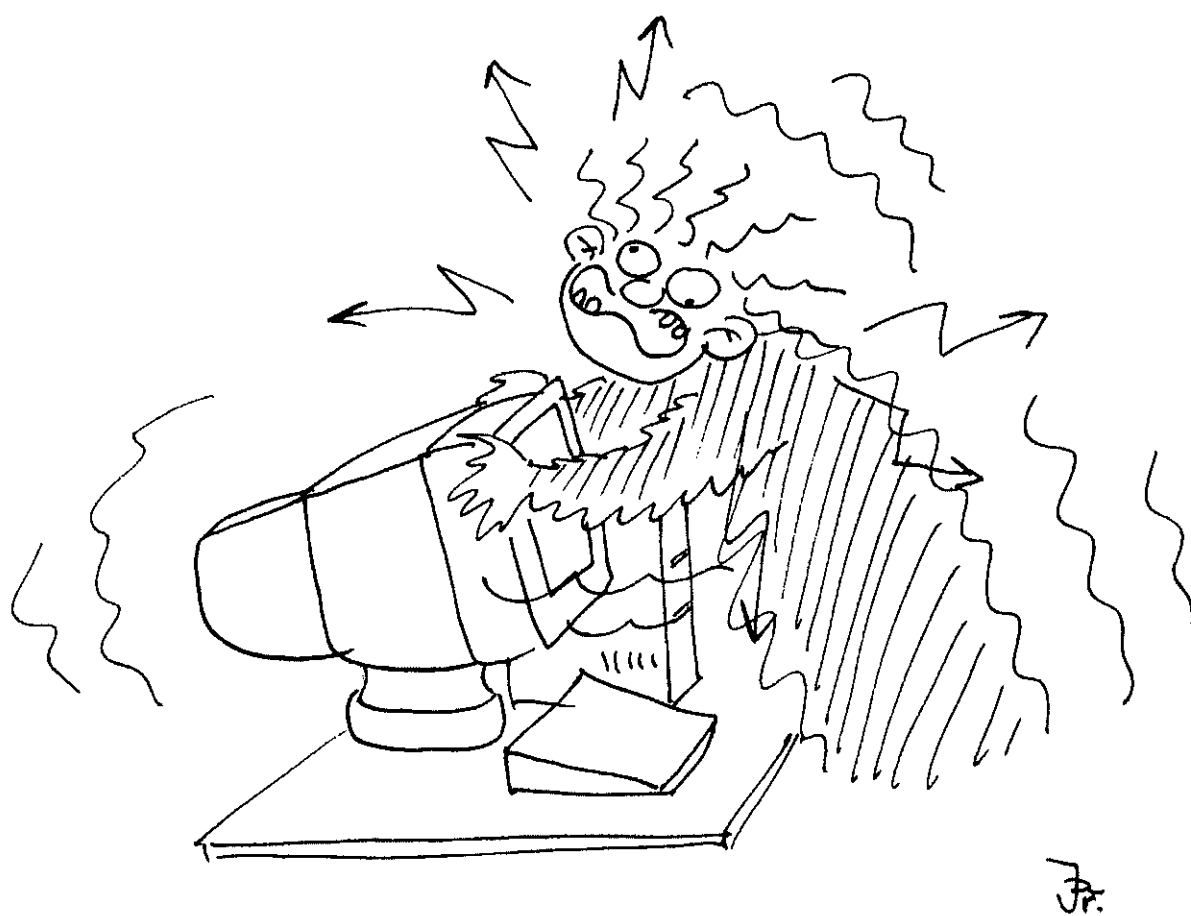
kde  $n_{k,z}$  jsou látková množství,  $c_{k,z}$  molární koncentrace a  $V_{k,z}$  objem kyseliny nebo zásady.

**Poznámky a náměty:**

Pro možnost srovnání vypočítané koncentrace s údajem výrobce je třeba provést přepočítání na objemovou koncentraci vyjádřenou v objemových procentech.

Zpřesnění měření je možné využitím např. automatické byrety (řízení výstupním kanálem) aj.

# Měření vodivosti



---

## E 36 Acidobazické titrace s konduktometrickou indikací bodu ekvivalence: silná kyselina - silná zásada

### Cíl:

Sledovat změny vodivosti při neutralizaci silné kyseliny silnou zásadou a stanovit koncentraci neznámého roztoku HCl pomocí konduktometrické indikace bodu ekvivalence při titraci hydroxidem sodným.

### Pomůcky a chemikálie:

modul konduktometr

kádinka

laboratorní míchadlo

odměrný válec

pipeta 10 cm<sup>3</sup>

byreta 50 cm<sup>3</sup>

hydroxid sodný ( $c = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ )

kyselina chlorovodíková (asi 1 cm<sup>3</sup> ve 100 cm<sup>3</sup> dest. vody)

destilovaná voda

### Provedení:

Do kádinky na laboratorním míchadle odpipetujte 10 cm<sup>3</sup> roztoku kyseliny chlorovodíkové a objem doplňte destilovanou vodou na 100 cm<sup>3</sup>. Do kapaliny vnořte elektrodu pro měření vodivosti (konduktometrickou celu) a uveďte do chodu míchání. Ke stojanu upevněte byretu a naplňte ji roztokem hydroxidu sodného.

V programu nastavte celkový čas měření 150 s a vzorkovací frekvenci 0,2 Hz. Oživte kanál A připojením modulu konduktometr s připojenou elektrodou a ponechte standardní zobrazení, tedy časovou závislost. Nastavte ruční start, spusťte měření a současně přidejte 0,5 cm<sup>3</sup> a poté vždy po 5 sekundách postupně stále stejný objem roztoku hydroxidu sodného z byrety. Ze zaznamenané křivky určete bod ekvivalence tj. spotřebu titračního činidla a spočtete koncentraci analyzovaného roztoku kyseliny chlorovodíkové.

### Vysvětlení:

Principem acidobazických titrací je sledování změn určité fyzikální veličiny (vodivosti) v titrovaném roztoku v závislosti na objemu přidávaného titračního činidla. Grafickým znázorněním této závislosti je titrační křivka, jejíž bod zlomu je bodem ekvivalence, tj. bodem, určujícím rovnost látkového množství titrované látky a titračního činidla. Platí tedy:

$$n_k = n_z,$$

a pro sloučeniny stejné sytnosti

$$c_k V_k = c_z V_z,$$

kde  $n_{k,z}$  jsou látková množství,  $c_{k,z}$  molární koncentrace a  $V_{k,z}$  objem kyseliny nebo zásady.



### Poznámky a náměty:

Určování objemu titračního činidla s využitím časové osy grafického záznamu průběhu titrace je poměrně málo přesné ke kvantitativnímu stanovování koncentrace zkoumaného roztoku. Proto je nutné uvažovat výsledky pouze orientačně a využívat měření k demonstraci tvaru titrační křivky silná kyselina - silná zásada.

Zpřesnění měření je možné využitím např. automatické byrety (řízení výstupním kanálem) aj.

Titrace s konduktometrickým určením bodu ekvivalence poskytují přesnější výsledky při použití co nejmenšího objemu titračního činidla z důvodu zředování roztoku. To však vyžaduje použití mikrobyrety s možností přidávání minimálního objemu (např. 0,05 nebo 0,01 cm<sup>3</sup>).

## E 37 Acidobazické titrace s konduktometrickou indikací bodu ekvivalence: slabá kyselina - silná zásada

### Cíl:

Sledovat změny vodivosti při neutralizaci slabé kyseliny silnou zásadou a stanovit koncentraci neznámého roztoku kyseliny octové pomocí konduktometrické indikace bodu ekvivalence při titraci hydroxidem sodným.

### Pomůcky a chemikálie:

modul konduktometr  
kádinka

laboratorní míchadlo  
 odměrný válec  
 pipeta 10 cm<sup>3</sup>  
 byreta 50 cm<sup>3</sup>  
 hydroxid sodný (c = 0,1 mol.dm<sup>-3</sup>)  
 kyselina octová (asi 0,5 cm<sup>3</sup> ve 100 cm<sup>3</sup> dest. vody)  
 destilovaná voda

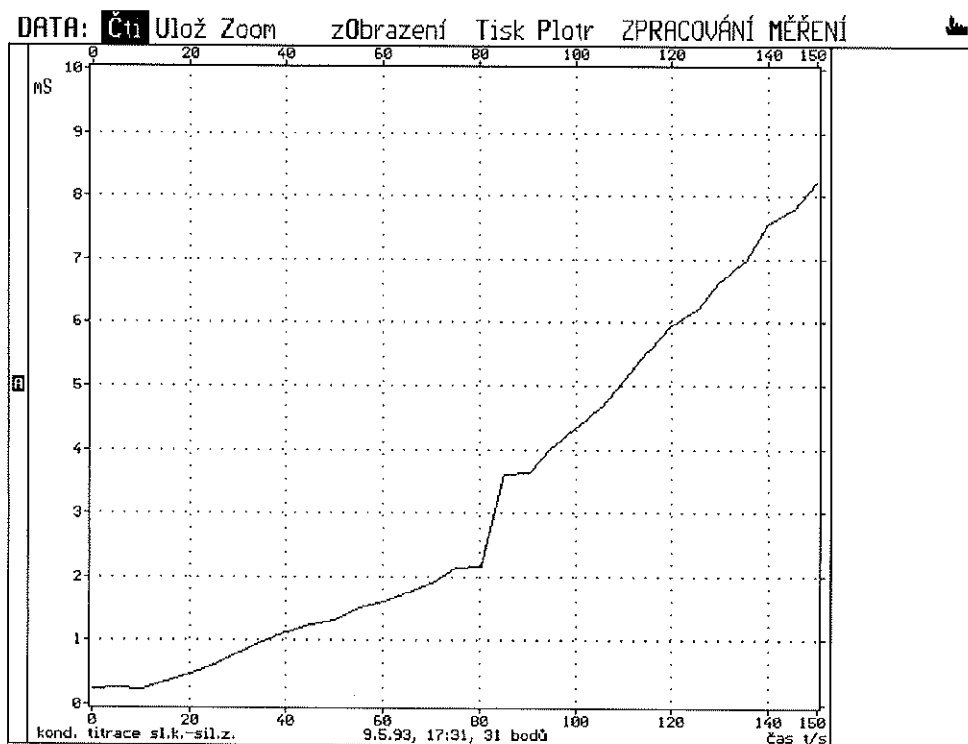
### Provedení:

Do kádinky na laboratorním míchadle odpipetujte 10 cm<sup>3</sup> roztoku kyseliny octové a objem doplňte destilovanou vodou na 100 cm<sup>3</sup>. Do kapaliny vnořte elektrodu pro měření vodivosti (konduktometrickou celu) a uveďte do chodu míchání. Ke stojanu upevněte byretu a naplňte ji roztokem hydroxidu sodného.

V programu nastavte celkový čas měření 150 s a vzorkovací frekvenci 0,2 Hz. Oživte kanál A připojením modulu konduktometr s připojenou elektrodou a ponechte standardní zobrazení, tedy časovou závislost. Nastavte ruční start, spusťte měření a současně přidejte 0,5 cm<sup>3</sup> a poté vždy po 5 sekundách postupně stále stejný objem roztoku hydroxidu sodného z byrety. Ze zaznamenané křivky určete bod ekvivalence tj. spotřebu titračního činidla a spočítejte koncentraci analyzovaného roztoku kyseliny octové.

### Vysvětlení:

Principem acidobazických titrací je sledování změn určité fyzikální veličiny (vodivosti) v titrovaném roztoku v závislosti na objemu přidávaného titračního činidla. Grafickým znázorněním této závislosti je titrační křivka, jejíž bod zlomu je bodem ekvivalence,



tj. bodem, určujícím rovnost látkového množství titrované látky a titračního činidla. Platí tedy:  $n_k = n_z$ , a pro sloučeniny stejné sytnosti  $c_k V_k = c_z V_z$ , kde  $n_{k,z}$  jsou látková množství,  $c_{k,z}$  molární koncentrace a  $V_{k,z}$  objem kyseliny nebo zásady.

#### **Poznámky a náměty:**

Určování objemu titračního činidla s využitím časové osy grafického záznamu průběhu titrace je poměrně málo přesné ke kvantitativnímu stanovování koncentrace zkoumaného roztoku. Proto je nutné uvažovat výsledky pouze orientačně a využívat měření k demonstraci tvaru titrační křivky slabá kyselina - silná zásada.

Zpřesnění měření je možné využitím např. automatické byrety (řízení výstupním kanálem) aj.

Titrace s konduktometrickým určením bodu ekvivalence poskytují přesnější výsledky při použití co nejmenšího objemu titračního činidla z důvodu zředování roztoku. To však vyžaduje použití mikrobyrety s možností přidávání minimálního objemu (např. 0,05 nebo 0,01 cm<sup>3</sup>).

---

## **E 38 Acidobazické titrace s konduktometrickou indikací bodu ekvivalence: směs kyselin - silná zásada**

#### **Cíl:**

Sledovat změny vodivosti při neutralizaci směsi kyselin silnou zásadou.

#### **Pomůcky a chemikálie:**

modul konduktometr

kádinka

laboratorní míchadlo

odměrný válec

pipeta 10 cm<sup>3</sup>

byreta 50 cm<sup>3</sup>

hydroxid sodný ( $c = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ )

kyselina chlorovodíková (asi 1 cm<sup>3</sup> ve 100 cm<sup>3</sup> dest. vody)

kyselina octová (asi 0,5 cm<sup>3</sup> ve 100 cm<sup>3</sup> dest. vody)

destilovaná voda

#### **Provedení:**

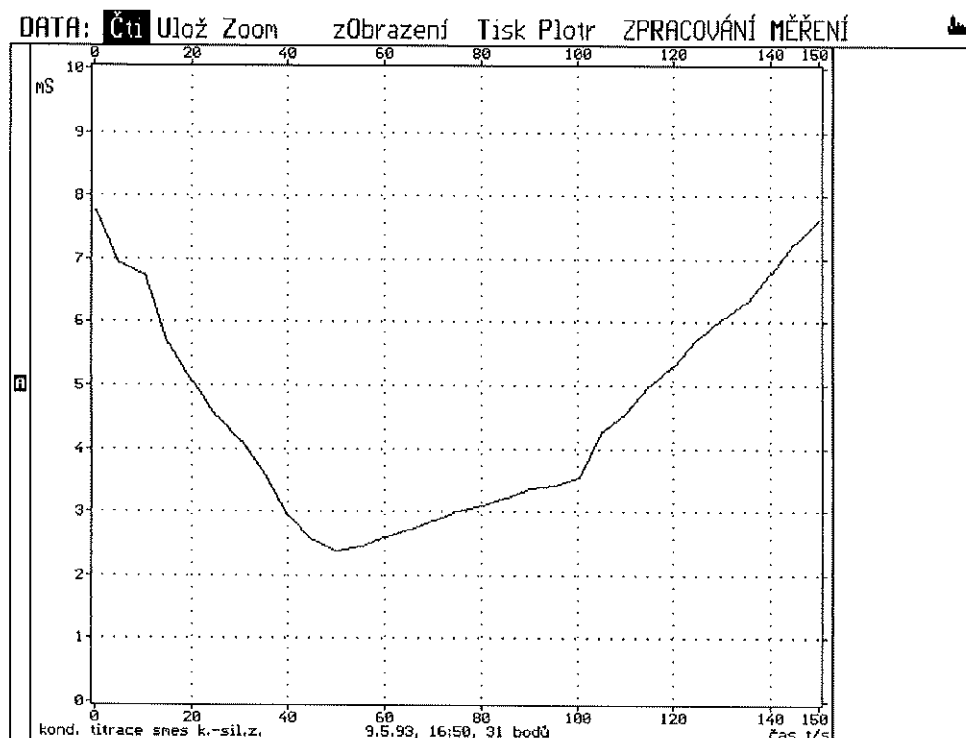
Do kádinky na laboratorním míchadle odpipetujte 5 cm<sup>3</sup> roztoku kyseliny octové, 5 cm<sup>3</sup> roztoku kyseliny chlorovodíkové a objem doplňte destilovanou vodou na 100 cm<sup>3</sup>. Do kapaliny vnořte elektrodu pro měření vodivosti (konduktometrickou celu) a uveďte do chodu míchání. Ke stojanu upevněte byretu a naplňte ji roztokem hydroxidu sodného.

V programu nastavte celkový čas měření 150 s a vzorkovací frekvenci 0,2 Hz. Oživte kanál A připojením modulu konduktometr s připojenou elektrodou a ponechte standardní zobrazení, tedy časovou závislost. Nastavte ruční start, spusťte měření a současně přidejte 0,5 cm<sup>3</sup> a poté vždy po 5 sekundách postupně stále stejný objem roztoku hydroxidu sodného z byrety. Ze

zaznamenané křivky určete přibližně složení titrovaného roztoku a analyzujte grafický záznam na základě příspěvků vodivosti jednotlivých iontů v roztoku.

### Vysvětlení:

Principem acidobazických titrací je sledování změn určité fyzikální veličiny (vodivosti) v titrovaném roztoku v závislosti na objemu přidávaného titračního činidla. Při titraci směsi kyselin je grafickým znázorněním této závislosti titrační křivka, jejíž zlomové body jsou body ekvivalence jednotlivých kyselin, tj. body, určující rovnost látkového množství titrované látky a titračního činidla.



### Poznámky a náměty:

Určování objemu titračního činidla s využitím časové osy grafického záznamu průběhu titrace je poměrně málo přesné ke kvantitativnímu stanovování koncentrace zkoumaného roztoku. Proto je nutné uvažovat výsledky pouze orientačně a využívat měření k demonstraci tvaru titrační křivky směs kyselin - silná zásada.

---

## E 39 Sledování závislosti vodivosti na koncentraci

### Cíl:

Sledovat závislost vodivosti na koncentraci při kontinuálním přidávání roztoku NaCl.

### Pomůcky a chemikálie:

modul konduktometr  
kádinka

laboratorní míchadlo  
odměrný válec  
byreta 50 cm<sup>3</sup>  
vodný roztok chloridu sodného (c = 0,5 mol.dm<sup>-3</sup>)  
destilovaná voda

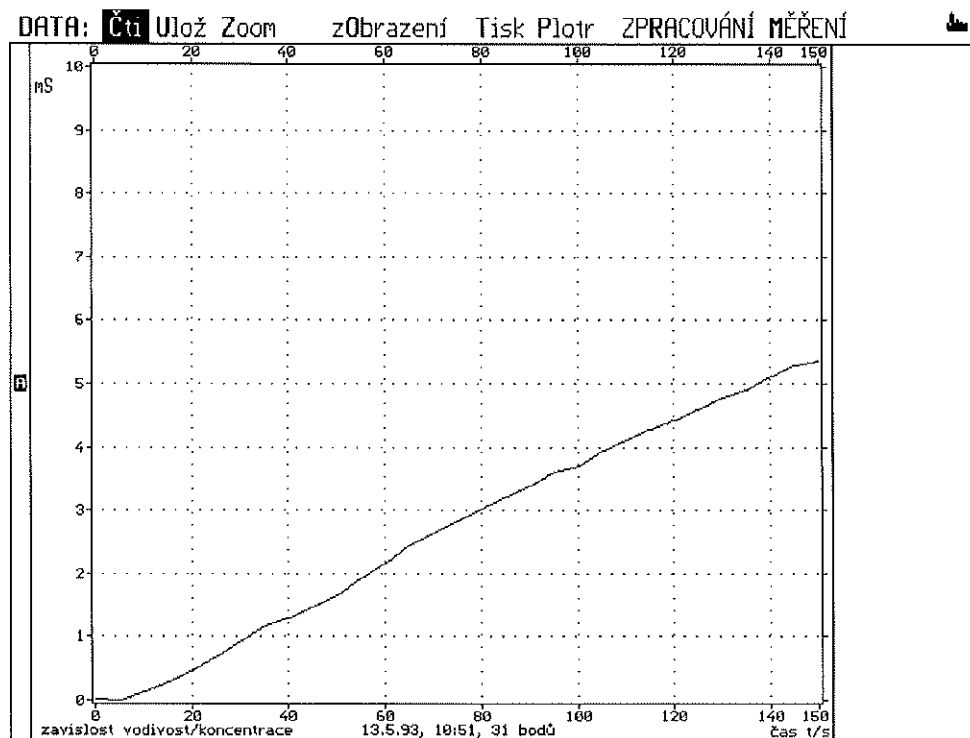
### Provedení:

Do kádinky na laboratorním míchadle nalijte např. 120 cm<sup>3</sup> vody (G = 0,1 mS) a uveďte do chodu míchání. Ke stojanu upevněte byretu a naplňte ji roztokem chloridu sodného.

V programu nastavte celkový čas měření 150 s a vzorkovací frekvenci 0,2 Hz. Oživte kanál A připojením modulu konduktometr s připojenou elektrodou a ponechte standardní zobrazení, tedy časovou závislost. Nastavte ruční start, spusťte měření a současně přidejte 0,5 cm<sup>3</sup> a poté vždy po 5 sekundách postupně stále stejný objem roztoku chloridu sodného z byrety. Grafický záznam analyzujte proložením odpovídající matematické závislosti vodivosti na koncentraci.

### Vysvětlení:

Schopnost vodičů vést elektrický proud je charakterizována elektrickou vodivostí, převrácenou hodnotou elektrického odporu. Odpor vodiče je přímo úměrný jeho délce l a nepřímo úměrný jeho průřezu. Konstantou úměrnosti je tzv. specifický odpor, jehož převrácená hodnota je specifická vodivost. Na rozdíl od kovů není pro elektrolyt specifická vodivost charakteristickou veličinou, neboť její hodnota závisí při dané teplotě i na jeho koncentraci.



Vodivost elektrolytu je aditivní veličina a skládá se z vodivostí jednotlivých iontů přítomných v roztoku, přičemž vodivost každého z iontů je dána součinem jeho iontové vodivosti a



koncentrace (za předpokladu, že se ionty v roztoku vzájemně neovlivňují). Známe-li tedy kvalitativní složení elektrolytu, můžeme v některých jednoduchých případech podle vodivosti stanovit jeho koncentraci. U složitějších elektrolytů vycházíme z přímé úměrnosti koncentrace a iontové vodivosti, kde konstantu úměrnosti stanovíme pro určitý elektrolyt experimentálně.

#### **Poznámky a náměty:**

Grafický záznam využijte při určování koncentrace neznámého roztoku chloridu sodného ve vodě změřením jeho hodnoty vodivosti.

---

## **E 40 Sledování závislosti vodivosti na teplotě**

#### **Cíl:**

Sledovat závislost vodivosti roztoku NaCl na teplotě.

#### **Pomůcky a chemikálie:**

modul konduktometr  
kádinka  
laboratorní míchadlo se zahříváním  
vodný roztok chloridu sodného ( $c = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ )

#### **Provedení:**

Do kádinky na laboratorním míchadle (nebo na vařiči s nutností ručního míchání) nalijte např.  $120 \text{ cm}^3$  roztoku chloridu sodného ( $G = 2 \text{ mS}$ ) a uveďte do chodu míchání.

V programu nastavte celkový čas měření  $600 \text{ s}$  a vzorkovací frekvenci  $1 \text{ Hz}$ . Oživte kanál A připojením modulu konduktometr s připojenou elektrodou, kanál B připojením modulu teploměra a ponechte standardní zobrazení, tedy časovou závislost. Nastavte ruční start, spusťte měření a současně začněte zahřívát. Grafický záznam analyzujte proložením odpovídající matematické závislosti vodivosti na teplotě.

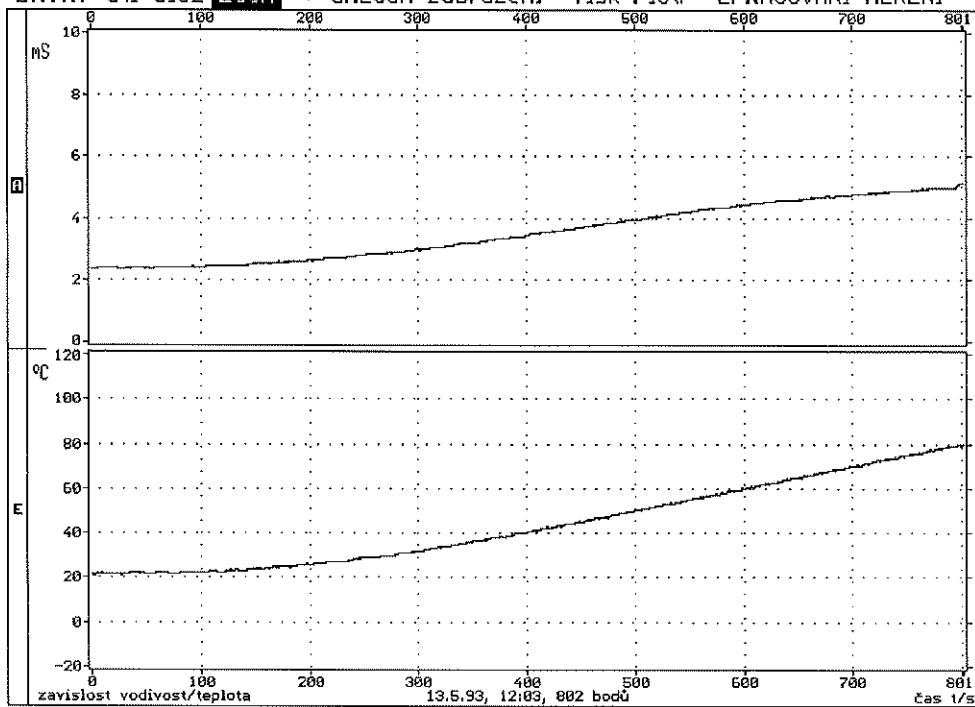
#### **Vysvětlení:**

Schopnost vodičů vést elektrický proud je charakterizována elektrickou vodivostí, převrácenou hodnotou elektrického odporu.

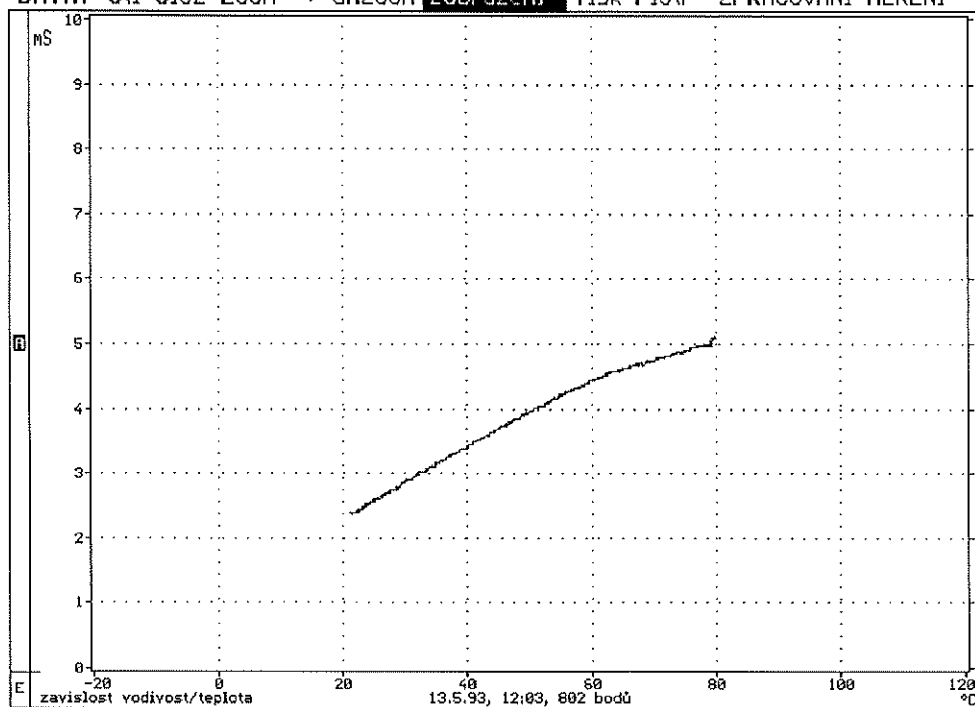
Vodivost elektrolytu je aditivní veličina a skládá se z vodivostí jednotlivých iontů přítomných v roztoku, přičemž vodivost každého z iontů je dána součinem jeho iontové vodivosti a koncentrace (za předpokladu, že se ionty v roztoku vzájemně neovlivňují).

Vodivost elektrolytů je teplotně závislá, se vzrůstem teploty o  $1 \text{ }^\circ\text{C}$  vzroste vodivost o  $2$  až  $3 \%$ . Z toho důvodu je třeba provádět veškerá konduktometrická měření za známé konstantní teploty.

DATA: Čti Ulož Zoom → unZoom zobrazení Tisk Plotr ZPRACOVÁNÍ MĚŘENÍ



DATA: Čti Ulož Zoom → unZoom zobrazení Tisk Plotr ZPRACOVÁNÍ MĚŘENÍ



### Poznámky a náměty:

V analytických tabulkách jsou uváděny hodnoty vodivosti kationtů a aniontů při nekonečném zředění ve vodných roztocích zpravidla při 25 °C [21].

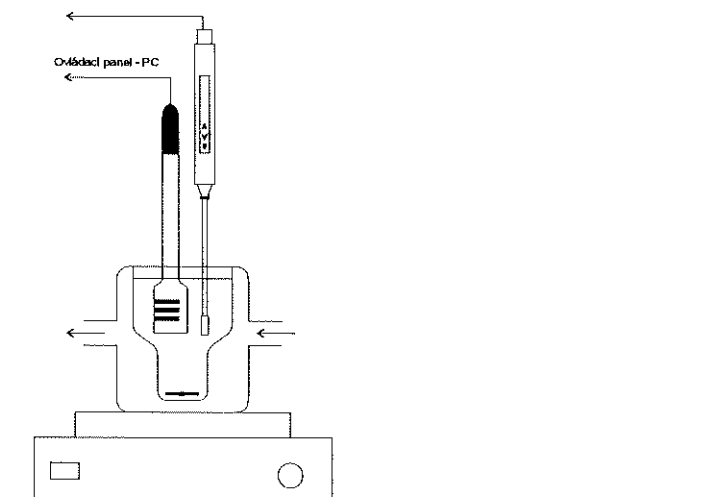
## E 41 Sledování průběhu chemických reakcí

### Cíl:

Sledovat změny vodivosti roztoku při hydrolyze acetanhydridu ve vztahu k rychlosti reakce.

### Pomůcky a chemikálie:

modul konduktometr  
tepelně temperovaná kádinka  
laboratorní termostat (U-2)  
laboratorní míchadlo  
acetanhydrid  
aceton  
destilovaná voda



Obr. 13 Schema aparatury

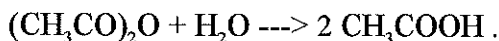
### Provedení:

Do temperované nádoby na laboratorním míchadle odměřte 30 cm<sup>3</sup> acetonu, 30 cm<sup>3</sup> destilované vody a uveďte do chodu míchání (obr. 13).

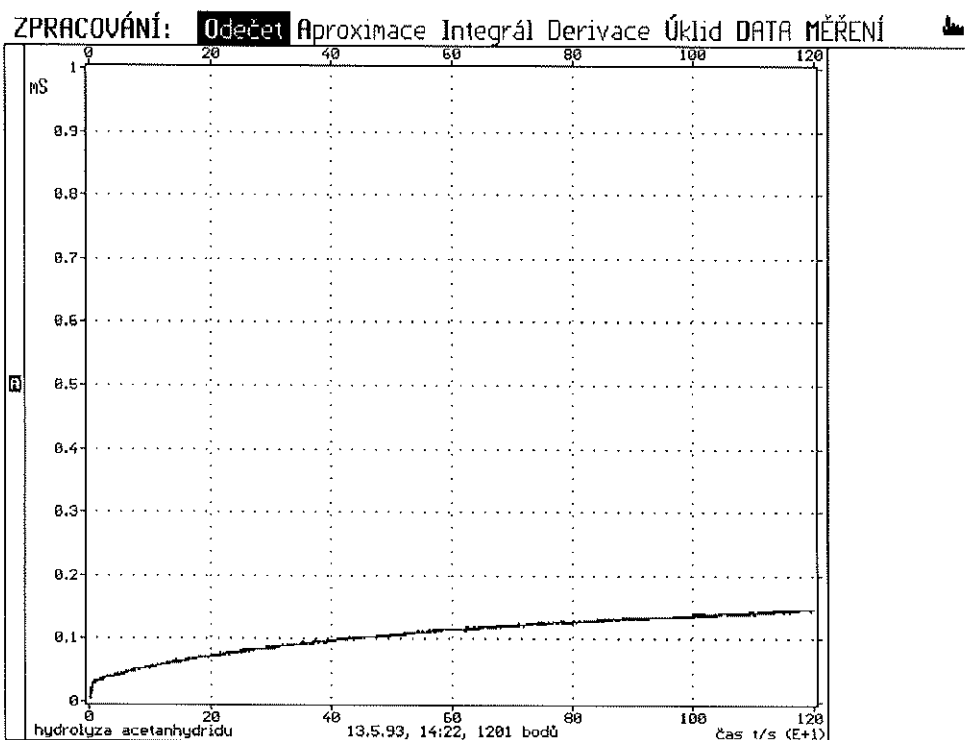
V programu nastavte celkový čas měření 1200 s a vzorkovací frekvenci 1 Hz. Oživte kanál A připojením modulu konduktometr s připojenou elektrodou a ponechte standardní zobrazení, tedy časovou závislost. Nastavte ruční start, elektrodu ponořte do kapaliny a zahřejte směs v nádobce na teplotu 50 °C. Spusťte měření a současně přilejte 1,6 cm<sup>3</sup> acetanhydridu. Sledujte změny vodivosti modelové reakce a zhodnoťte její průběh.

### Vysvětlení:

Anhydridy patří mezi funkční deriváty karboxylových kyselin. Hydrolyzou těchto sloučenin se tvoří karboxylové kyseliny. Acetanhydrid hydrolyzuje za vzniku kyseliny octové, když reakci odpovídá rovnice:



Průběh reakce je možné sledovat konduktometricky, protože vznik kyseliny octové z acetanhydridu je spojen se zvyšováním vodivosti reakční směsi.



### Poznámky a náměty:

Temperovanou nádobku spojenou s ultratermostatem je možné nahradit kádinkou ponořenou ve vodní lázni s teploměrem.

---

## E 42 Vliv koncentrace reaktantů na průběh chemické reakce

### Cíl:

Sledovat vliv koncentrace acetanhydridu na průběh jeho hydrolyzy.

### Pomůcky a chemikálie:

modul konduktometr  
tepelně temperovaná kádinka  
laboratorní termostat (U-2)  
laboratorní míchadlo  
acetanhydrid  
aceton  
destilovaná voda

### Provedení:

Do temperované nádobky na laboratorním míchadle odměřte 30 cm<sup>3</sup> acetonu, 30 cm<sup>3</sup> destilované vody a uveďte do chodu míchání.

V programu nastavte celkový čas měření 1200 s a vzorkovací frekvenci 1 Hz. Oživte kanál A připojením modulu konduktometr s připojenou elektrodou a ponechte standardní zobrazení, tedy časovou závislost. Nastavte ruční start, elektrodu ponořte do kapaliny a zahřejte směs v nádobce na teplotu 50 °C. Spusťte měření a současně přilejte 1,6 cm<sup>3</sup> acetanhydridu. Měření zopakujte stejným způsobem pro 3,2 cm<sup>3</sup> acetanhydridu a porovnejte oba grafické záznamy.

#### Vysvětlení:

Rychlost průběhu chemických reakcí závisí na koncentraci reaktantů. Ve smyslu teorií chemické kinetiky roste rychlost reakce s koncentrací reaktantů. Na příkladu hydrolyzy acetanhydridu lze uvedené dokázat změnou směrnice přímkové části rychlostní křivky reakce, která je vyjádřena časovou závislostí vodivosti.

---

## E 43 Vliv teploty reaktantů na průběh chemické reakce

#### Cíl:

Sledovat vliv teploty na průběh hydrolyzy acetanhydridu.

#### Pomůcky a chemikálie:

modul konduktometr  
tepelně temperovaná kádinka  
laboratorní termostat (U-2)  
laboratorní míchadlo  
acetanhydrid  
aceton  
destilovaná voda

#### Provedení:

Do temperované nádoby na laboratorním míchadle odměřte 30 cm<sup>3</sup> acetonu, 30 cm<sup>3</sup> destilované vody a uveďte do chodu míchání.

V programu nastavte celkový čas měření 1200 s a vzorkovací frekvenci 1 Hz. Oživte kanál A připojením modulu konduktometr s připojenou elektrodou a ponechte standardní zobrazení, tedy časovou závislost. Nastavte ruční start, elektrodu ponořte do kapaliny a zahřejte směs v nádobce na teplotu 40 °C. Spusťte měření a současně přilejte 1,6 cm<sup>3</sup> acetanhydridu. Měření zopakujte stejným způsobem pro teplotu 60 °C a porovnejte oba grafické záznamy.

#### Vysvětlení:

Rychlost průběhu chemických reakcí závisí na teplotě. Podle Arrheniovy teorie s rostoucí teplotou roste rychlost reakce. Z emirických zkušeností odpovídá zvýšení teploty reaktantů o 10 °C zvýšení rychlosti reakce 2 až 3 krát.

---

## E 44 Vliv rozpouštědla na průběh chemické reakce

### Cíl:

Sledovat vliv složení rozpouštědla (aceton - voda) na průběh hydrolyzy acetanhydridu.

### Pomůcky a chemikálie:

modul konduktometr  
tepelně temperovaná kádinka  
laboratorní termostat (U-2)  
laboratorní míchadlo  
acetanhydrid  
aceton  
ethanol  
destilovaná voda

### Provedení:

Do temperované nádoby na laboratorním míchadle odměřte 18 cm<sup>3</sup> acetonu, 42 cm<sup>3</sup> destilované vody a uveďte do chodu míchání.

V programu nastavte celkový čas měření 1200 s a vzorkovací frekvenci 1 Hz. Oživte kanál A připojením modulu konduktometr s připojenou elektrodou a ponechte standardní zobrazení, tedy časovou závislost. Nastavte ruční start, elektrodu ponořte do kapaliny a zahřejte směs v nádobce na teplotu 50 °C. Spustěte měření a současně přilejte 1,6 cm<sup>3</sup> acetanhydridu. Měření zopakujte stejným způsobem pro směs 42 cm<sup>3</sup> acetonu a 18 cm<sup>3</sup> destilované vody a porovnejte oba grafické záznamy.

### Vysvětlení:

Rychlost průběhu chemických reakcí závisí na polaritě rozpouštědla. Se zvyšující se polaritou nebo polární rozpustností se zvyšuje i rychlost reakce. Polarita vody při 25 °C je 78,5, ethanolu 24,3 a acetonu 20,7. Se zmenšením podílu vody ve vzájemném poměru rozpouštědel bude klesat i rychlost reakce a s ní i hodnota vodivosti.

### Poznámky a náměty:

Je možné sledovat také vliv různých rozpouštědel ve směsi ve stejném poměru např. ethanolu a acetonu s vodou v poměru 1 : 1.

---

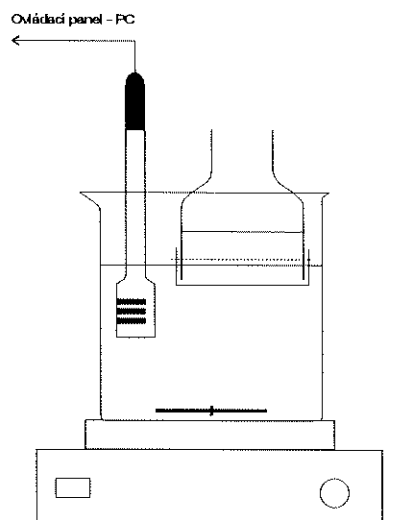
## E 45 Polopropustná blána

### Cíl:

Sledovat změny vodivosti roztoků o různé koncentraci oddělených polopropustnou blánou.

### Pomůcky a chemikálie:

polopropustná blána  
velká nálevka  
modul konduktometr  
kádinka  
laboratorní míchadlo  
odměrný válec  
byreta 50 cm<sup>3</sup>  
vodný roztok chloridu sodného ( $c = 0,5 \text{ mol.dm}^{-3}$ )  
destilovaná voda



Obr. 14 Schema aparatury

### Provedení:

Do kádinky s destilovanou vodou na laboratorním míchadle (nebo na vařiči s nutností ručního míchání) ponořte nálevku s upevněnou polopropustnou blánou, konduktometrickou celou (viz obr. 14) a uveďte do chodu míchání.

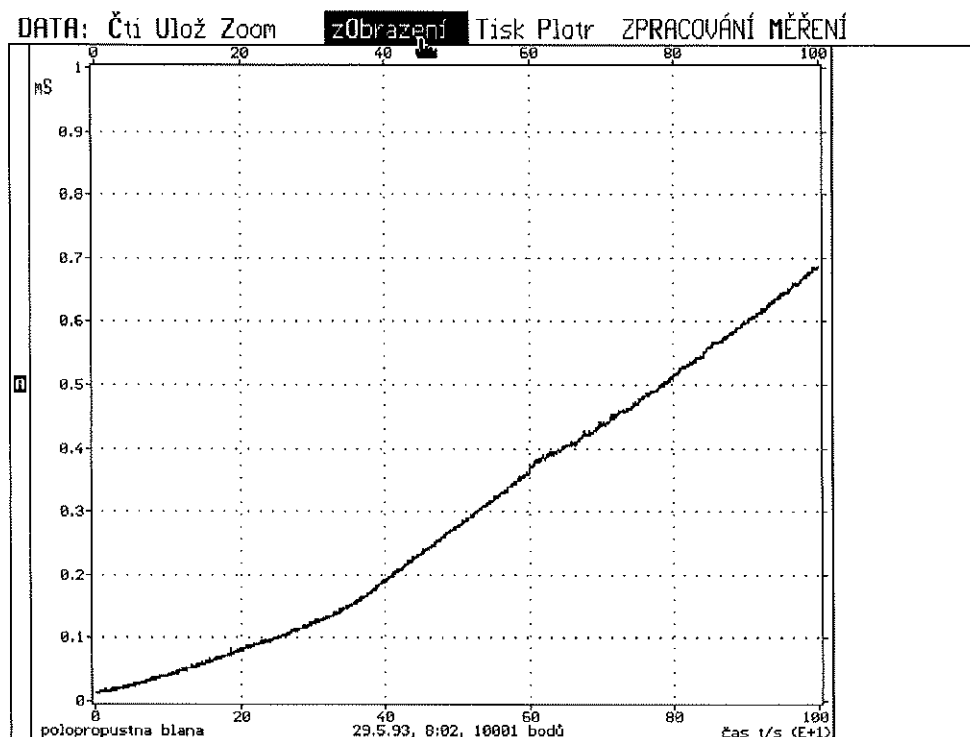
V programu nastavte celkový čas měření 1000 s a vzorkovací frekvenci 10 Hz. Oživte kanál A připojením modulu konduktometr s připojenou elektrodou, ponechte standardní zobrazení, tedy časovou závislost a nastavte ruční start. Do nálevky nalejte cca 200 cm<sup>3</sup> roztoku chloridu sodného (podle objemu nálevky, vhodné je volit koncentraci a objem tak, aby roztok v nálevce měl vodivost asi 2 mS) a spusťte měření. Grafický záznam analyzujte proložení odpovídající matematické závislosti vodivosti na čase vyrovnávání koncentrace roztoků oddělených polopropustnou blánou.

### Vysvětlení:

Schopnost vodičů vést elektrický proud je charakterizována elektrickou vodivostí, převrácenou hodnotou elektrického odporu.

Vodivost elektrolytu je aditivní veličina a skládá se z vodivostí jednotlivých iontů přítomných v roztoku, přičemž vodivost každého z iontů je dána součinem jeho iontové vodivosti a koncentrace (za předpokladu, že se ionty v roztoku vzájemně neovlivňují).

Při oddělení roztoků o různých koncentracích polopropustnou blánou dochází k postupnému prostupu iontů rozpuštěné látky a rozpouštědla až k jejich vyrovnání.



### Poznámky a náměty:

Je možné změnit uspořádání pokusu přesunutím vodivostní cely do roztoku v nálevce a měřit pokles vodivosti, nebo použít dva moduly a měřit vodivost na obou místech současně.



# Měření objemu



---

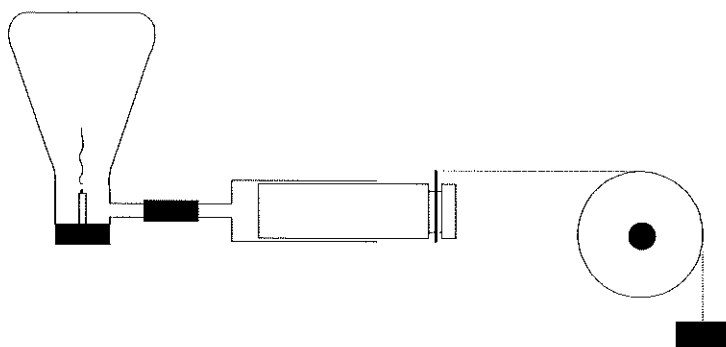
## E 46 Složení vzduchu

### Cíl:

Sledovat úbytek vzduchu při hoření svíčky v uzavřeném prostoru.

### Pomůcky a chemikálie:

modul snímač polohy  
celoskleněná injekční stříkačka  
odsávací baňka  
zátka  
svíčka



Obr. 15 Schema aparatury

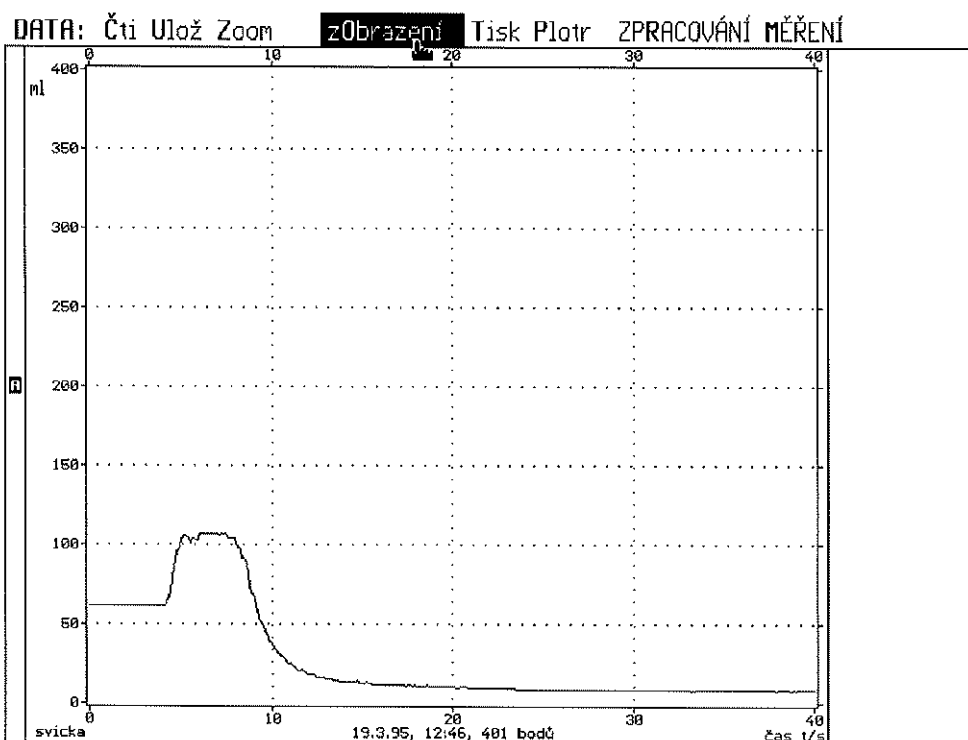
### Provedení:

Sestavte aparaturu podle obrázku a zapalte malou svíčku upevněnou na zátce (obr. 15).

V programu nastavte celkový čas měření 40 s a vzorkovací frekvenci 10 Hz. Oživte kanál A připojením modulu snímač polohy, ponechte standardní zobrazení, tedy časovou závislost a nastavte ruční start. Na celoskleněné injekční stříkačce nastavte cca 50 cm<sup>3</sup> a spusťte měření. Po chvilce zasuňte zátku s hořící svíčkou do otvoru baňky a sledujte průběh pokusu.

### Vysvětlení:

Rozbor grafického záznamu ukazuje počáteční značné zvětšení objemu plynu v aparatuře (v baňce a stříkačce), způsobené jeho zahřátím plamenem svíčky. Poté následuje snížení objemu až na hodnotu odpovídající přibližně podílu kyslíku ve vzduchu, který byl spotřebován k hoření. Pokus ovšem nelze považovat za kvantitativní důkaz kyslíku ve vzduchu, neboť při analýze zbylého plynu byla prokázána jeho přítomnost, přítomnost při hoření vzniklých produktů atd.



### Poznámky a náměty:

Při opakování pokusu je třeba důkladně vysušit a vyčistit skleněnou injekční stříkačku, neboť na tom závisí velikost tření pohybujícího se pístu a tedy možnosti registrace měnícího se objemu plynu v aparatuře.

---

## E 47 Rychlost chemické reakce a velikost částic reagujících látek

### Cíl:

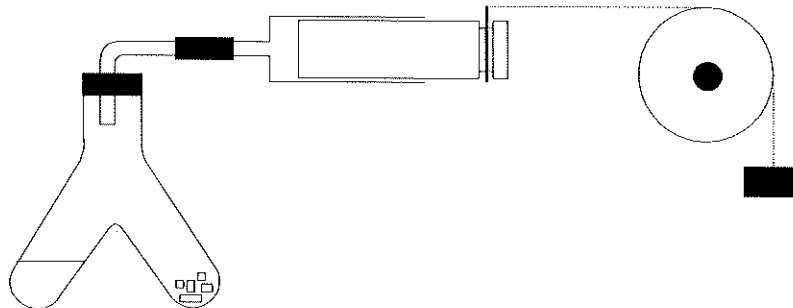
Ověřit vliv velikosti částic reagujících látek na rychlost chemické reakce.

### Pomůcky a chemikálie:

modul snímač polohy  
celoskleněná injekční stříkačka  
dvojranná zkumavka  
zátky  
kusový uhlíkatý vápenatý (velké a malé kousky)  
kyselina chlorovodíková (1 : 1)

### Provedení:

Sestavte aparaturu podle obrázku, do jednoho ramene zkumavky tvaru A odměřte 5 cm<sup>3</sup> HCl a do druhého ramene vložte kus CaCO<sub>3</sub> o hmotnosti asi 0,5 gramu.

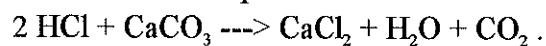


Obr. 16 Schema aparatury

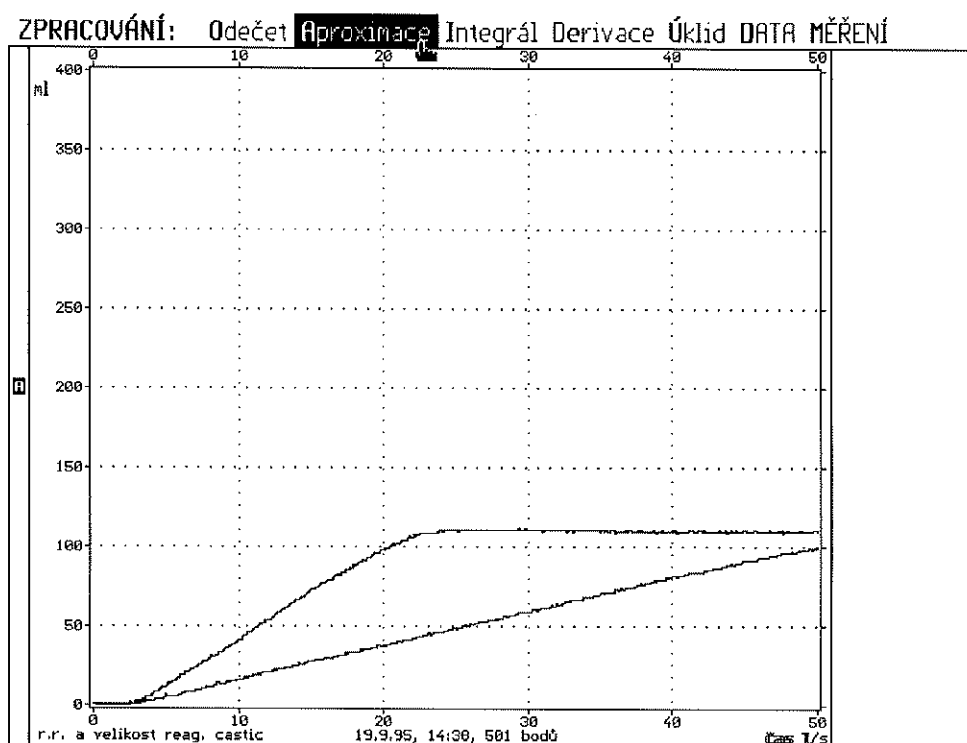
V programu nastavte celkový čas měření 30 s a vzorkovací frekvenci 10 Hz. Oživte kanál A připojením modulu snímač polohy, ponechte standardní zobrazení, tedy časovou závislost a nastavte ruční start. Spusťte měření a současně smíchejte obě látky pohybem zkumavky. Pokus opakujte za stejných podmínek pro několik menších částeczek uhlíčitanu o stejné hmotnosti a porovnejte výsledné grafické záznamy.

### Vysvětlení:

Modelová reakce probíhá dle rovnice:



Rychlost chemické reakce je závislá na velikosti částic reagujících látek. Menší částice stejné hmotnosti představují větší plochu pro kontakt s ostatními reaktanty, což způsobuje i vyšší rychlost reakce.



### Poznámky a náměty:

Reagující uhlíčitan vápenatý je možné nahradit např. práškovým a granulovaným zinkem.

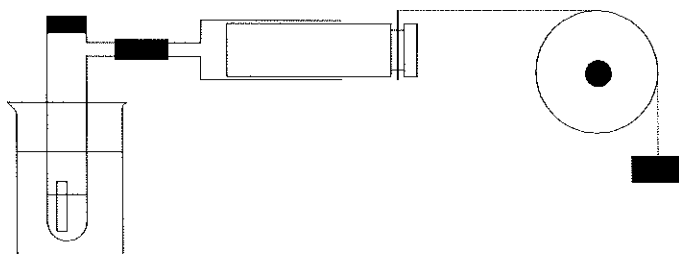
## E 48 Vliv teploty na rychlost chemické reakce

### Cíl:

Ověřit vliv teploty na rychlost chemické reakce.

### Pomůcky a chemikálie:

modul snímač polohy  
celoskleněná injekční stříkačka  
zkumavka  
vodní lázeň  
zátka  
měděné hobliny  
kyselina dusičná



Obr. 17 Schema aparatury

### Provedení:

Do zkumavky s postranním vývodem odměřte 7 cm<sup>3</sup> koncentrované kyseliny dusičné a umístěte ji do kádinky s vodou a ledem.

V programu nastavte celkový čas měření 60 s a vzorkovací frekvenci 10 Hz. Oživte kanál A připojením modulu snímač polohy, ponechte standardní zobrazení, tedy časovou závislost a nastavte ruční start. Spusťte měření a současně vhod'te do zkumavky měděný plíšek a zkumavku uzavřete zátkou. Pokus opakujte nejprve za laboratorní teploty a potom znovu se zkumavkou umístěnou ve vodní lázni o teplotě 80 °C. Na závěr srovnajte grafické záznamy jednotlivých reakcí.

### Vysvětlení:

Rychlost chemické reakce (indikovaná množstvím uvolněného oxidu dusičitého v určitém časovém intervalu) roste s teplotou v souladu s van't Hoffovými experimentálními výsledky (van't Hoffova reakční izoterma).

---

## E 49 Rychlost chemické reakce a katalyzátor

### Cíl:

Sledovat vliv katalyzátoru na rychlost chemické reakce.

### Pomůcky a chemikálie:

modul snímač polohy  
zkumavka tvaru písmene A  
celoskleněná injekční stříkačka 100 cm<sup>3</sup>  
peroxid vodíku (w = 0,03)  
sušené nebo čerstvé droždí  
oxid manganičitý  
prášková měď.

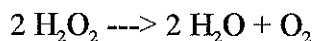
### Provedení:

Do jednoho ramene reakční zkumavky tvaru písmene A odměřte 7 cm<sup>3</sup> peroxidu vodíku a do druhého ramene vložte příslušný katalyzátor (obr. 16 - viz E 47).

V programu nastavte celkový čas měření 30 s a vzorkovací frekvenci 10 Hz. Oživte kanál A připojením modulu snímač polohy, ponechte standardní zobrazení, tedy časovou závislost a nastavte ruční start. Spusťte měření a současně smíchejte obě látky pohybem zkumavky. Pokus opakujte pro další katalyzátory a na závěr srovnajte grafické záznamy jednotlivých pokusů.

### Vysvětlení:

Rychlost chemické reakce (v našem případě sledovaná množstvím uvolněného kyslíku za časovou jednotku) probíhající dle rovnice



je úměrná druhu použitého katalyzátoru.

### Poznámky a náměty:

Pokusy je možno dále obměňovat např. použitím rozdílných množství peroxidu a shodného katalyzátoru, použitím rozdílných množství katalyzátoru a stejného množství peroxidu, použitím práškového a kusového katalyzátoru nebo sledováním vlivu teploty na účinnost katalyzátoru.

## E 50 Vliv koncentrace na rychlost chemické reakce

### Cíl:

Ověřit vliv koncentrace reagujících látek na rychlost chemické reakce.

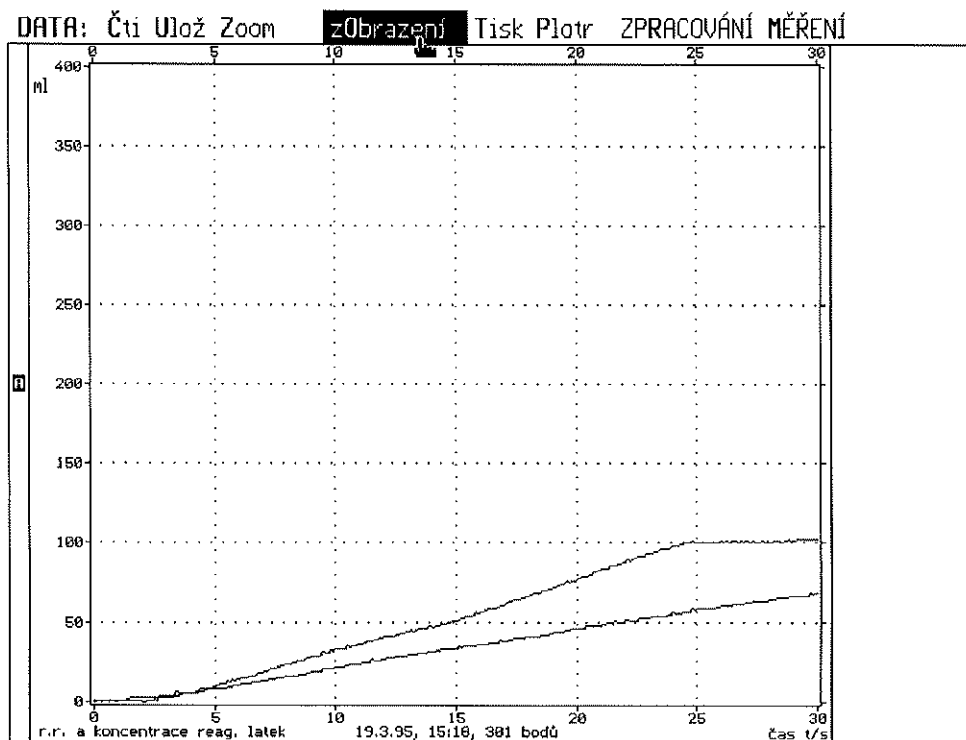
### Pomůcky a chemikálie:

modul snímač polohy  
zkumavka tvaru A  
celoskleněná injekční stříkačka 100 cm<sup>3</sup>  
kusový CaCO<sub>3</sub>  
HCl (w = 0,18; 0,09).

### Provedení:

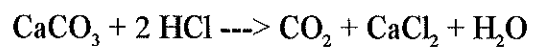
Do jednoho ramene reakční zkumavky tvaru A odměříme 5 cm<sup>3</sup> HCl a do druhého vložíme několik kousků uhlíčitanu vápenatého.

V programu nastavte celkový čas měření 30 s a vzorkovací frekvenci 10 Hz. Oživte kanál A připojením modulu snímač polohy, ponechte standardní zobrazení, tedy časovou závislost a nastavte ruční start. Spusťte měření a současně smíchejte obě látky pohybem zkumavky. Pokus opakujte pro další koncentraci kyseliny chlorovodíkové a na závěr srovnajte grafické záznamy obou pokusů.



**Vysvětlení:**

Reakce probíhá dle rovnice:



a její rychlost závisí podle Guldbergova-Waageova zákona na koncentraci výchozích látek.

**Poznámky a náměty:**

Dbejte pravidel bezpečnosti práce s koncentrovanými kyselinami.



# Na závěr?!?

K označení této části příručky jako "závěr" a ne jako "konec" nás vede hlavně víra, že představená modifikace chemických nebo z větší části fyzikálně - chemických experimentů největší odstup učitelů - chemiků od použití počítačů ve výuce. Nechtěli bychom tedy, aby "závěr" znamenal poslední experiment, ale naopak, aby se stal začátkem Vaší práce s kompletem "EXPERIMENT - POČÍTAČ". Chceme věřit, že experimentů přibude, že se zvýší zájem o experiment v řadách žáků i učitelů a že po našem krůčku budou následovat další stejným směrem. Budeme tedy vděční za konkrétní připomínky k úlohám, zkušenosti s jejich praktickou realizací a za další náměty, které by se mohly stát obsahem již teď připravovaného dalšího souboru chemických experimentů podporovaných počítačem.

NEBOJTE SE POČÍTAČE !



DOKAŽTE ŽE JSTE SILNĚJŠÍ NEŽ ON !

# Literatura

1. Hellberg, J.: Elementy metodologie vědeckého poznávání v didaktickém systému všeobecně vzdělávací školy. [Doktorská dizertace]. Hradec Králové 1983 - Pedagogická fakulta.
2. Kappenberg, F.: Computer im Chemieunterricht. Stuttgart, Verlag Dr. Flad, 1988.
3. Bílek, M. a kol.: CMS - Školní počítačový měřicí systém [Uživatelská příručka]. Hradec Králové, GAUDEAMUS, 1993.
4. Lustig, F. - Lustigová, Z. - Vlášek, P.: ISES - Školní experimentální systém v. 3.38 [Uživatelská příručka]. MFF UK, Praha, 1993.
5. Bílek, M.: Chemický experiment a mikropočítač. In: Sborník přednášek II. mezinárodního semináře o vyučování chemii, Hradec Králové, PdF, 1992, s. 33.
6. Kolář, K. - Bílek, M. - Hyšplerová, L.: Mikropočítače ve školním chemickém experimentu, In: Sborník 47. sjezdu československé společnosti chemické při ČSAV (sekce 2, 4, 6), Praha, ČSCh 1991, s. 52.
7. Bílek, M.: Využití mikropočítače COMMODORE 64 v laboratorním cvičení z analytické chemie, In: Materiały międzynarodowego seminarium problemow dydaktyki chemii (strezczenia referatow), Opole, WSP, 1991, s. 16.
8. Bílek, M.: Školní experiment a mikropočítač, In: MEDACTA 93 - sborník mezinárodního sympózia č. 5, Nitra, VŠPg, 1993, s. 80.
9. Bílek M.: Stanovení koncentrace potravinářského octa s využitím mikropočítače COMMODORE 64, In: Chemický experiment a technika, počítače, video, ekologie - Sborník mezinárodního semináře o vyučování chemii, Hradec Králové, PdF, 1991, s. 49.
10. Hyšplerová, L. - Bílek, M.: Systém laboratorních úloh z termochemie a mikropočítač, In: Chemický experiment a technika, počítače, video, ekologie - Sborník mezinárodního semináře o vyučování chemii, Hradec Králové, PdF, 1991, s. 52.
11. Bílek, M. - Hyšplerová, L.: Acidobazické titrace s různou indikací bodu ekvivalence pomocí počítače, In: Chemický experiment a technika, počítače, video, ekologie - Sborník mezinárodního semináře o vyučování chemii, Hradec Králové, 1991, PdF, s. 46.
12. Kolář, K. - Bílek, M.: Destilace s využitím termického čidla, In: Chemický experiment a technika, počítače, video, ekologie - Sborník mezinárodního semináře o vyučování chemii, Hradec Králové, PdF, 1991, s. 54.
13. Kolář, K. - Drápelová, P.: Mikropočítače ve výukových experimentech z organické chemie. In: Zborník z vedeckého sympózia Moderné technológie vzdelávania (časť 5), Nitra, VŠPg, 1993, s. 86.

14. Rychtera, J.: Využití modelu zapisovače pro prvotní zařazení počítače do výuky chemie I. In: Sborník přednášek II. mezinárodního semináře o vyučování chemii, Hradec Králové, PdF, 1992, s. 44.
15. Kolář, K. - Bílek, M.: Zastosowanie analizatora termicznego v procesie destylacji. In: Materiały międzynarodowego seminarium problemów dydaktyki chemii III., Opole, WSP, 1994, s. 28.
16. Synková, D.: Laboratorní úlohy z termochemie. [Diplomová práce], PdF, Hradec Králové, 1986.
17. Mrázek, A.: Návrh systému laboratorních úloh z biotechnologie. [Diplomová práce], PdF, Hradec Králové, 1990.
18. Krejčí, R.: Software pro počítačový měřicí systém. [Diplomová práce], PdF VŠP, Hradec Králové, 1993.
19. Drápelová, P.: Sledování průběhu chemických reakcí pomocí konduktometrických čidel. [Diplomová práce], PdF VŠP, Hradec Králové, 1993.
20. Bílý, L.: Metodika experimentální činnosti s podporou počítače. [Diplomová práce], PdF VŠP, Hradec Králové, 1994.
21. Kol.: Analytická příručka. SNTL, Praha, 1966.
22. Vacík, J.: Obecná chemie. SPN, Praha, 1986.
23. Vondrák, D. - Vulterin, J.: Analytická chemie. SNTL, Praha, 1985.