



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

**Inovace profesní přípravy budoucích učitelů chemie
CZ.1.07/2.2.00/15.0324**

Chemické experimenty podporované PC ve výuce

Martin Bílek

Studijní materiál pro studenty učitelství chemie
PřF UP v Olomouci

2011

Chemické experimenty podporované PC ve výuce

Martin Bílek

Oddělení didaktiky chemie Katedry chemie Přírodovědecké fakulty
Univerzity Hradec Králové
martin.bilek@uhk.cz

Studijní materiál pro PřF UP v Olomouci

Anotace

Kurz je zaměřen na využití počítačové podpory základního metodologického nástroje poznávání v chemickém/přírodovědném vzdělávání – školního experimentu. V kurzu je kladen důraz jak na teoretickou (principy podpory školního chemického/přírodovědného experimentování, zejména reálného měření v chemickém/přírodovědném experimentu) tak na praktickou část (práce s počítačovými měřicími systémy podporujícími vybrané skupiny školních chemických/přírodovědných experimentů).

1 Cíle kurzu

Hlavním cílem kurzu pro pedagogické pracovníky je zvládnutí práce s moderními technologiemi uplatňovanými při reálném měření v chemických/přírodovědných experimentech.

Dílčími cíli jsou:

- pochopení principu zobrazování a řízení chemických/přírodovědných jevů a procesů prostřednictvím počítačových technologií,
- zvládnutí obsluhy vybraných systémů pro měření fyzikálních a fyzikálně-chemických veličin v průběhu školních chemických/přírodovědných experimentů,
- zvládnutí tvorby pedagogického software (scénářů výukových aktivit) s využitím vybraných typů měření fyzikálních a fyzikálně-chemických veličin v průběhu školních chemických/přírodovědných experimentů.

2 Dovednosti, které získá účastník

Po absolvování předmětu budou účastníci vzdělávání schopni orientovat se:

- v hardwarové a softwarové podpoře měření fyzikálních a fyzikálně-chemických veličin v průběhu školních chemických/přírodovědných experimentů.

Po absolvování předmětu budou účastníci vzdělávání umět:

- vytvářet pedagogický software – výukové aplikace na bázi měření fyzikálních a fyzikálně-chemických veličin v školních chemických/přírodovědných experimentech.

3 Témata a časový rozvrh výuky

- Principy měření fyzikálních a fyzikálně-chemických veličin s podporou počítače (2h)
- Výukové aplikace počítačové podpory měření teploty a dalších veličin v chemii a v příbuzných disciplínách (2h)

4 Úvod

Využití informačních a komunikačních technologií (ICT) nebo krátce počítačů ve výuce chemie jako všeobecně – vzdělávacího předmětu na různých úrovních školského systému představuje zvládnutí různých typů software a hardware určených nebo vhodných pro výuku chemie, jejich zařazování do přípravy, realizace a hodnocení výuky konkrétního učiva. Vhodný hardware a software a hlavně náměty jak je využít v každodenní pedagogické činnosti se většinou dají rozdělit do následujících oblastí:

- využívání kancelářského software pro přípravu a realizaci vybraných partií výuky chemie (textový a tabulkový editor a prezentační software ve vazbě na chemické editory),
- využívání služeb Internetu (e-mail a WWW) se zdroji chemických informací pro přípravu a realizaci vybraných partií výuky chemie,
- koncipování, realizace a hodnocení výuky chemie s použitím tutoriálního výukového software (počítačového výukového programu s chemickou tematikou),
- využívání počítačových modelů (např. molekul) a simulací (např. laboratorních přístrojů a metod),
- využívání hardware a software k realizaci počítačem podporovaného školního chemického experimentu.

Z hlediska metodologických aspektů chemie a její výuky má největší význam počítačová podpora empirických (pozorování, měření a experiment) a teoretických (modelování) nástrojů chemického/přírodovědného poznávání.

V přírodovědné výuce by měl být brán zřetel hlavně na to, aby využití počítače a dalších digitálních technologií nebylo samoúčelné. Počítač by neměl být používán tzv. „sám pro sebe“, ale měl by sloužit jako didaktický prostředek k objasňování a prohlubování získávaných poznatků s důrazem na zvýšení efektivity dané vyučovací metody. Pozorování, měření a experiment na jedné straně a modelování na straně druhé by tak měly být hlavními oblastmi počítačové podpory výuky přírodovědných předmětů (chemie). Aplikace počítače při podpoře přírodovědného experimentu přichází v úvahu ve dvou základních oblastech: počítačové zpracování dat jako základ pro modelování přírodovědných jevů a počítačové zpracování dat jako základ pro přímé spojení experimentu s počítačem.

Počítačové měřicí systémy představují přímé **spojení reálného chemického experimentu s počítačem**, tj. využití počítače ke snímání, uchovávání a zpracování měnících se hodnot fyzikálních veličin a jako řídicího média při

automatizaci experimentální činnosti. K nutnosti jejich využívání i ve škole vedou hlavně následující důvody: přímá podpora experimentální činnosti tj. snímání hodnot měřených veličin v průběhu experimentu tj. v reálném čase, okamžité vyhodnocení a následné uchování experimentálních dat, přiblížení použití počítačů v automatizovaných systémech řízení technologických procesů výroby, osvojení si metod získávání informací a jejich zpracování pomocí počítače a jeho periferií a také náhrada mnoha drahých laboratorních přístrojů.

5 Počítačem podporovaný školní chemický experiment

5.1 Co je cílem?

Poznat základní principy měření fyzikálních a fyzikálně-chemických veličin s pomocí počítače a zvládnout měření s vybraným měřícím systémem. Umět připravit laboratorní úlohu s počítačem podporovaným měřením vybrané veličiny a zařadit ji do učiva chemie na příslušném stupni vzdělávání.

5.2 Přečtěte si! Počítačem podporovaný školní chemický experiment

V přírodovědné výuce by měl být brán zřetel hlavně na to, aby využití počítače a dalších digitálních technologií nebylo samoučelné. Počítač by neměl být používán tzv. „sám pro sebe“, ale měl by sloužit jako didaktický prostředek k objasňování a prohlubování získávaných poznatků s důrazem na zvýšení efektivity dané vyučovací metody. Pozorování, měření a experiment jsou tak hlavními oblastmi počítačové podpory výuky přírodovědných předmětů. Aplikace počítače při podpoře přírodovědného experimentu přichází v úvahu ve dvou základních oblastech:

- počítačové zpracování dat jako základ pro modelování přírodovědných jevů,
- počítačové zpracování dat jako základ pro přímé spojení experimentu s počítačem.

V této kapitole se zaměříme na počítačovou podporu měření vybraných fyzikálních a fyzikálně-chemických veličin ve školních podmínkách.

Počítačové měřící systémy představují přímé spojení reálného experimentu s počítačem, tj. využití počítače ke snímání, uchovávání a pracování měnicích se hodnot fyzikálních veličin a jako řídicího média při automatizaci experimentální činnosti. K nutnosti jejich využívání i ve škole vedou hlavně následující důvody:

- přímá podpora experimentální činnosti tj. snímání hodnot měřených veličin v průběhu experimentu tj. v reálném čase, okamžité vyhodnocení a následné uchování experimentálních dat,
- přiblížení použití počítačů v automatizovaných systémech řízení technologických procesů výroby,
- osvojení si metod získávání informací a jejich zpracování pomocí počítače a jeho periférií,
- náhrada mnoha drahých laboratorních přístrojů.

Spojení reálného experimentu tj. v něm použitého technického zařízení, přístroje nebo aparatury s řídicím a registračním zařízením je realizováno buď přivedením digitálních dat přímo na vstupní port zařízení nebo počítače, nebo v případě analogových dat užitím základních komponent řízených automatizovaných systémů - speciálních počítačových periférií - A/D - analogově - digitálních a D/A - digitálně - analogových převodníků, které daný analogový signál digitalizují. A/D a D/A převodníky jsou tedy zařízení sloužící k registraci dat měnících se fyzikálních veličin v probíhajícím experimentu a k ovlivňování reakčních podmínek prostřednictvím ovládaných akčních členů (viz obr. 15). Pomocí počítače a A/D převodníku mohou být měřeny veličiny, které je možné měnit na proporcionální elektrický signál. Proto přichází v úvahu kromě měření elektrických veličin i měření teploty, tlaku, hmotnosti, tečných napětí, pH, vodivosti, intenzity osvětlení aj. A/D převodník je při těchto měřeních spojen na vstupu s měřicím čidlem (elektrodou, snímačem, apod.) nebo výstupem z daného měřicího přístroje a na výstupu s počítačem, kterému transformovaný signál předává. D/A převodník umožňuje transformaci digitální informace z počítače (výsledku programové instrukce) na analogový signál ovládající akční člen. Pro aplikace ve školní praxi jsou vyvíjeny počítačové měřicí systémy, které nahrazují drahé profesionální komplexní hardwarové a softwarové systémy používané v moderní výrobní praxi.

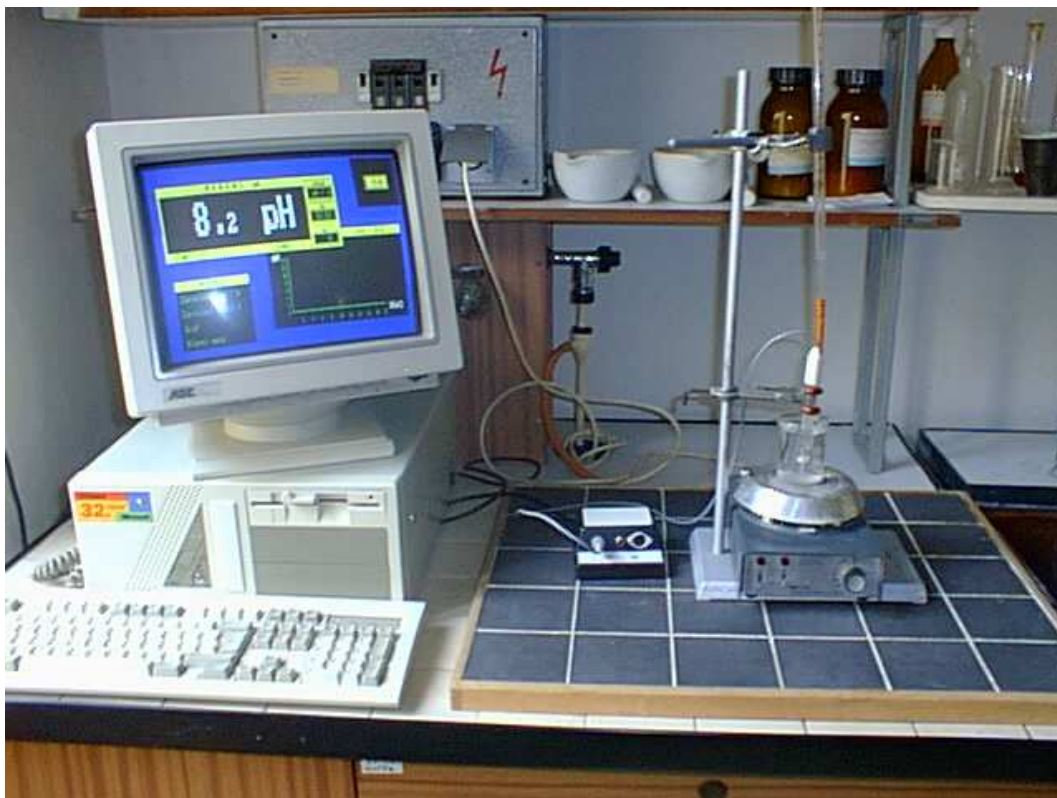
5.3 Hardware počítačových měřicích systémů

Počítače odvozují svůj název od schopnosti zpracovávat číselné údaje. Každý vstup, který má být počítačem zpracován, musí být transformován na číselný údaj. V přírodovědném vyučování se při registraci veličin pomocí počítače vyskytuje problém, který se týká snímání kontinuálních změn napětí, intenzity proudu, teploty atd. Při měření napětí (nebo veličin převoditelných na napětí) je třeba použít přístroj, který přiváděné napětí mění na číselný údaj zpracovatelný počítačem. Přístroj, který zprostředkovává tuto přeměnu se nazývá analogově - digitální převodník, krátce A/D převodník. Podobné A/D převodníky jsou k dispozici také v měřicích přístrojích s digitálním ukazatelem, známé z používání v chemických a fyzikálních laboratořích. Na jakosti A/D převodníku závisí kvalita měření napětí s počítačem. Také z pH-metru, teplotního měřicího přístroje, fotometru nebo jiného měřicího přístroje s popsáním výstupem vychází napěťový signál, který musí být přeměněn A/D převodníkem na digitální signál.

Mnoho běžných převodníků v standardním prostředí předává analogový signál v 256 krocích, tzn. čísla od 0 - 255. Např. napěťový interval, který má být vyšetřován, leží v rozsahu od -20 do +20 Voltů. Jeden digit, tzv. číselný krok nebo stupeň odpovídá potom napětí $40/256 = 0,156$ V. To znamená, že

převodník počítači signalizuje jinou hodnotu napětí teprve potom, kdy je překročen interval 0,156 V. Když napětí kolísá uvnitř tohoto intervalu, neregistruje počítač žádné změny. Napětíový interval je rozdělen od -20 do +20 V v hrubém rastru 256 různých stupňů, které mají všechny šířku 0,156 V. S takovým převodníkem tedy není možné měřit uvnitř jmenovaného intervalu ani s přesností na 0,1 V. Vyšší absolutní výsledek je možné s tímto přístrojem dosáhnout, když se zmenší rozsah měřeného intervalu. Vezmeme-li v úvahu např. napětíový rozsah jen 0 - 2,55 V, může se měřit s přesností na dvě desetinná místa (0,01 V). Pro praxi to znamená, že 8 - bitový převodník musí disponovat různými měřicími rozsahy. Pro experimentátora je důležitá hlavně informace, že rastr 8 - bitového převodníku je rozdělen na 256 stupňů, 9 - bitový převodník na 512 stupňů a 12 - bitový převodník na 4096 stupňů. Čím lepší je rastr převodníku, tím vyšší je relativní přesnost. Obdobná, ale opačná je funkce D/A převodníku. Digitální instrukce vydaná na základě programového vybavení je transformována na analogový signál např. napětíový impuls pro sepnutí elektromagnetického relé nebo oživení motorku zdrojem konstantního napětí apod. Vstupní napětíový rozsah převodníku závisí na nastavení (od výrobce), zpravidla bývá 0 - 1 V nebo 0 - 5 V, výstupní signál z D/A převodníku u většiny karet ± 5 případně ± 12 V.

Získávání hodnot měnících se veličin v prováděných experimentech se týká načítání výstupního napětí čidel. To znamená, že je nutné používat taková čidla, která svým výstupem nepřekračují vstupní rozsah převodníku, nebo je nutné použít mezičlánky nazývané předzesilovač nebo modul. Různých čidel je v experimentech užíváno pro měření potenciálu, teploty, vodivosti, pH, objemu plyných látek, fotometrických veličin, tečných napětí, snímání hodnot z digitálních vah a dalších přístrojů užívaných v laboratořích. Moduly, připojované na výstupu k A/D převodníku a na vstupu k příslušným vývodům čidel jsou zaměnitelné, což je výhodné pro rychlou změnu měřícího zařízení pro měření jedné veličiny za zařízení pro měření veličiny jiné.



Obr. 1: *Meření pH s podporou systému CMS*

Existují v zásadě dva základní způsoby připojení měřících přístrojů k počítači:

1. Vlastní měřící přístroj je vně počítače a je s ním spojen přes standardní rozhraní. Využívány jsou následující druhy rozhraní:

- **sériová rozhraní RS 232C** - jimiž jsou v současné době vybavovány všechny počítače typu IBM PC, označovány jsou COM1 a COM2 a obvykle přes toto zařízení bývá připojena myš,
- **rozhraní IMS 2 (IEEE 488)**, které umožňuje připojení až 15 měřících přístrojů na jedno rozhraní, nutné je však dokoupení desky IMS 2,
- **paralelní rozhraní CENTRONICS**, přes které je obvykle připojena k počítači tiskárna, je možné přes něj snadno a levně připojit programovatelný zdroj napětí (D/A převodník), aj.

V současné době je na trhu řada multimetrů, které jsou vybaveny rozhraním RS 232C. Mohou se díky digitálnímu displeji používat jako klasické multimetry (avometry) nebo být připojeny uvedeným způsobem k počítači. Z dalších přístrojů můžeme jmenovat řadu digitálních vah, fotometrů a jiných přístrojů vybavených rozhraním RS 232C. U řady přístrojů si může uživatel při nákupu vybrat, zda požaduje verzi bez rozhraní, s RS 232C nebo IMS 2.

2. Do základní desky počítače se zasouvá karta (s A/D a D/A převodníky, s digitálními vstupy a výstupy), ke které se připojují měřené signály a ovládané

akční členy. Toto řešení je v současné době vzhledem k cenové dostupnosti a didaktické realizaci ve formě komplexních měřících souprav nejčastěji používané ve školní praxi. Jednotlivé systémy založené na uvedeném principu jsou stručně popsány v příloze č. 4 “Popis vybraných školních měřících systémů”.

5.4 Software počítačových měřících systémů

Uvedená aplikace počítačů ve vyučování přináší také problém použití vhodného software. Existuje řada softwarových balíků z průmyslové praxe, využitelných pro tvorbu řídicích komplexů v technologických procesech, ale poměrně značná komplikovanost a svázanost se speciálními periferiemi znesnadňuje jejich školní využití. Proto má softwarové vybavení školních počítačových měřících systémů několik základních atributů, na které je kladen zvláštní důraz zejména z hlediska jednoduchosti a názornosti. Těmito atributy jsou zvláště:

- digitální znázornění veličin v dostatečné velikosti a grafický záznam na monitoru buď současně nebo v přepínatelném režimu,
- možnost realizace srovnání podobných měření, tj. současné znázornění několika naměřených souborů dat uložených na disku nebo porovnání se souborem dat získaných simulací reálného experimentu,
- možnost provedení výřezu grafického záznamu, jeho zvětšení na monitoru a jednoduché zpracování dat,
- realizace měření ve dvou základních režimech práce - v časových intervalech nebo po krocích.

Každý takový měřící program je možné rozdělit zpravidla na 3 základní části:

- a) měření zvolené veličiny - **MĚŘENÍ**,
- b) práce s datovými soubory - **DATA**,
- c) zpracování dat - **ZPRACOVÁNÍ**.

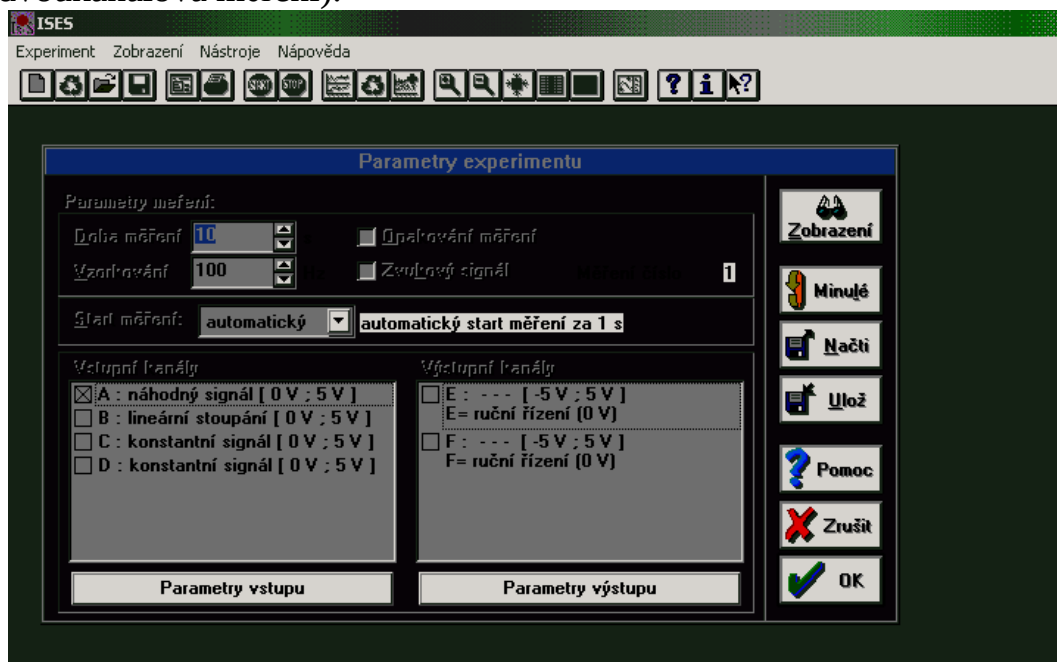
Část **MĚŘENÍ** slouží k nastavení nebo kontrole parametrů prováděného experimentu. Jednotlivé parametry jsou voleny buď postupně nebo najednou formou dialogového okna (obr. 18). Režim **DATA** umožňuje práci s naměřenými daty uloženými v souborech tj. jejich zobrazení a „zoom“, ukládání a načítání, výstup na tiskárnu nebo zapisovač. Úpravy a zpracování naměřených dat se provádějí v části **ZPRACOVÁNÍ**. Programy obsahují dle svého určení různé možnosti práce s daty, od pouhého zobrazení nebo spojení jednotlivých hodnot přes proložení aproximačními křivkami až po složitější statistické operace.

Jednotlivé programové části obsahují zpravidla tři typy položek k nastavení parametrů a ovládání průběhu programu. Jsou to:

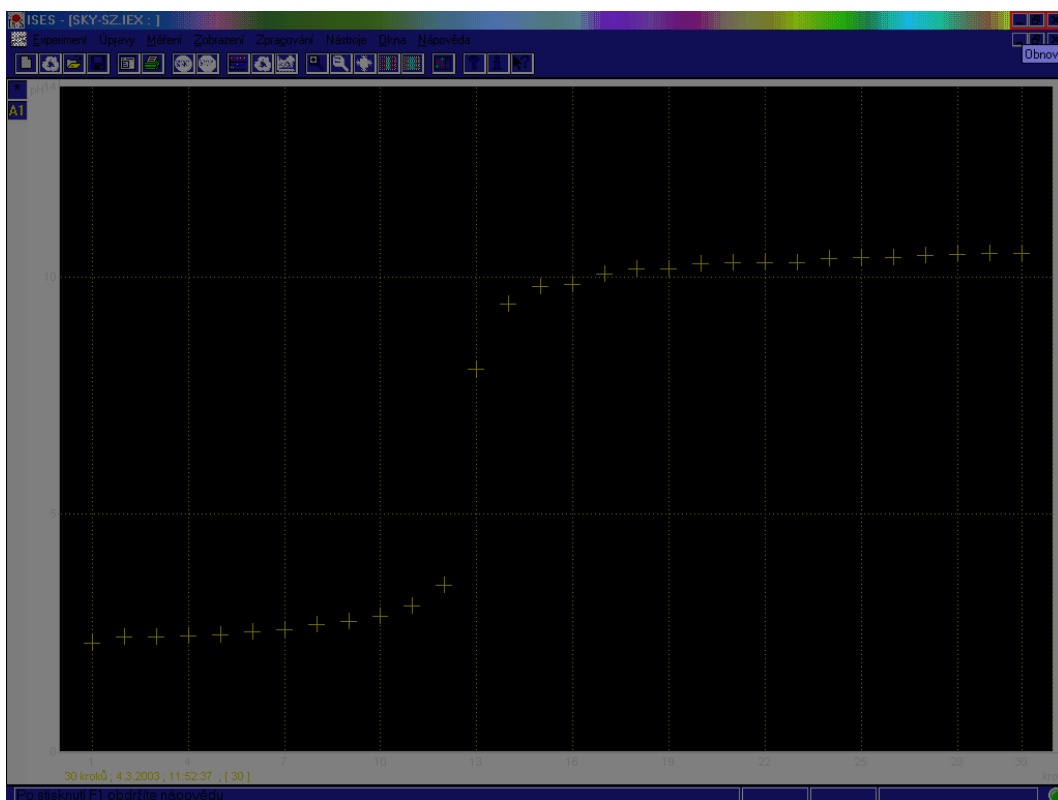
- přepínací položky** - obsah položky se mění stisknutím klávesy „enter“ nebo pohybem kursoru po inzerovaných hodnotách, tj. všechny hodnoty jsou předdefinovány a po každém stisku se cyklicky zaměňují,
- editační položky** - nový obsah je možné vložit jedinečně přepsáním původního zadání (editací), zadávány jsou buď textové nebo číselné údaje,
- výběrové položky** - po volbě této položky je zobrazeno další okno, po jeho opuštění se může změnit hodnota položky v závislosti na předchozí operaci.

Jak již bylo v úvodu této kapitoly uvedeno, je možné měřit danou veličinu ve třech základních režimech práce:

- měření v časových intervalech,
- měření v předem zvolených intervalech jiné veličiny (tzv. poloautomatická měření - zápis hodnoty měřené veličiny např. po každém stisknutí klávesy, kliknutí myši, apod.),
- měření dané veličiny v závislosti na jiné měřené veličině (minimálně dvoukanálová měření).



Obr. 2: Dialogové okno pro volbu podmínek datového záznamu při probíhající experimentu



Obr. 3: ISES v 3.42 – záznam z měření pH při acidobazické titraci (HCl-NaOH-0,1mol/l)

Novými trendy ve vývoji software je několik aspektů, jejichž potřebu přineslo používání výchozích verzí různých softwarových produktů včetně inspirace profesionálními softwarovými balíky:

- 1) universální software - pro příslušném nastavení parametrů zobrazení a odpovídající kalibraci měřit různé fyzikální veličiny,
- 2) využívat tzv. „config“ experimentu - předem vytvořený a uložený konfigurační soubor, který odpovídá volbě všech parametrů v daném experimentu,
- 3) analýza a zpracování dat odpovídající možnostem programovacích jazyků (unitů) a autorských systémů,
- 4) integrace podpůrných programů (ovladače, kalibrace a kalibrační soubory),
- 5) vytváření různých pomocných „maker“ a ovladačů k ulehčení manipulace s programem a komponentami aparatury (např. makra k opakování měření, odečtení příslušných dat, derivaci křivek, aj. ovladače pro úrovně spouštění měření - tzv. trigger apod.).

5.5 Co můžeme s počítačem měřit? Zamyslete se!

Cíl

Ujasnit si principy a podmínky měření fyzikálních a fyzikálně chemických veličin pomocí počítače.

Zadání

Jaké jsou nejdůležitější podmínky realizace měření veličin s počítačem? Zamyslete se a napište, které veličiny by bylo možné s počítačem měřit a jak toto měření „hardwarově“ zajistit. Své myšlenky si запиšte včetně schémat a dalších nápadů a výsledky konfrontujte s informacemi v příloze „Měření vybraných fyzikálních veličin“.

5.6 Měření vybraných veličin s PC

5.6.1 Měření napětí

Základní fyzikální veličinou, kterou lze registrovat pomocí počítače a analogově - digitálního převodníku, je elektrické napětí. Možné je měření napětí na svorkách modulů, ovládacích panelů a předzesilovačů v určitém rozsahu (např. 0 - 1 V, -5 až +5 V apod.). Výhodné je použití napěťového měřicího kanálu pro připojení laboratorních přístrojů s popsáním výstupem. S univerzálním software získáme digitální výstup přístroje, společně s možností vyhodnocování a uložení naměřených dat.

Měření každé jiné veličiny pomocí počítače je měřením napětí, na které je daná veličina transformována. Ideálním případem je lineární závislost měřené veličiny na napětí. Kalibrační křivka se určuje různými metodami podle použitých čidel a softwarových možností. Pro případ lineární závislosti měřené veličiny na napětí je nejčastější dvoubodová kalibrace např. dvě hodnoty napětí pro dvě různé teploty vody atd. Lepším způsobem jsou vícebodové kalibrace, kdy podle schopnosti SW vybíráme kalibrační funkci podle odpovídajících souřadných dvojic z několika možností (lineární, kvadratická, exponenciální, logaritmická aj.) a program spočítá příslušné parametry nebo program sám určí funkční závislost a její parametry.

5.6.2 Měření tlaku

Pro měření tlaku v plynném nebo kapalném médiu se využívají tlakové snímače typu TMG. Měření je relativní, tj. vůči tlaku okolní atmosféry. Vlastní čidlo je tvořeno velmi odolnou křemíkovou membránou s polovodičovými snímacími odpory. Přímě na čipu jsou umístěny také laserem trimované odpory pro nulování offsetu a teplotní kompenzaci. V současnosti jsou dostupná čidla v rozsahu provozních tlaků 10 kPa - 3 Mpa, s různým druhem napájení a

zpracování výstupního signálu a vnějšího připojení. Signál z čidla se zesiluje a normuje pro vstup navazujícího A/D převodníku.

5.6.3 Měření pH

Pro měření pH se využívají dvě možnosti technického řešení, buď použití skleněné kombinované pH elektrody nebo skleněné referenční kalomelové elektrody spojené s A/D převodníkem přes příslušný modul nebo snímání signálu z napětového výstupu laboratorního pHmetru. Potenciometrická měření se aplikují zvláště v oblasti acidobazických titrací s potenciometrickou indikací bodu ekvivalence, při potenciometrickém sledování průběhu chemických reakcí.

5.6.4 Měření vodivosti

Pro měření vodivosti lze použít buď konduktometrickou celu spojenou přes příslušný modul s A/D převodníkem nebo snímat signál z napětového výstupu laboratorního konduktometru. Konduktometrická měření se užívají např. v oblasti acidobazických titrací s konduktometrickou indikací bodu ekvivalence, při průběžné analýze reakční směsi s možností kvantifikace reakčních rychlostí apod.

5.6.5 Měření objemu plyných látek

Pro měření objemu plyných látek je nutné využít speciálních úprav měřícího zařízení pro registraci signálu pomocí napětového vstupu měřícího systému. Použitelná je např. realizace měření objemu pomocí skleněné injekční stříkačky, jejíž píst je spojen s vodním potenciometrem. Jiným řešením je využití otáčkového potenciometru v kombinaci s plovákem, který indikuje výšku hladiny kapaliny vytlačené z nádoby na jímání plyné látky. Známé je použití spojení celoskleněné injekční a indukčního potenciometru. Měření změn objemu plyných látek je možné využít pro sledování rychlosti chemických reakcí v závislosti na různých změnách reakčních podmínek a v dalších experimentech s plynou fází.

5.6.6 Měření fotometrických veličin

Fotometrická měření je možné provádět s různými snímači světla, které zvláště v soupravách pro výuku fyziky tvoří jednu z částí tzv. optické (světelné) závory (druhou částí je optický vysílač – zdroj světla určité oblasti vlnových délek). Zpravidla obsahují tyto soupravy nekalibrované snímače světla reagující na změny osvětlení v široké oblasti světelného spektra. Jsou využívány při měřeních z reakční kinetiky, v reakcích, při nichž vznikají neprůhledné sraženiny nebo koloidy.

5.6.7 Měření spektroskopická

Pro spektroskopická měření je nutné zajistit monochromatický zdroj světla (např. Barevné světelné diody, filtry, optická mřížka nebo hranol), jehož intenzita je měřena světelnou diodou po průchodu světelného paprsku barevným roztokem. Konstruovány jsou jednoduché jednopaprskové nebo dvoupaprskové fotometry, případně se připojují k počítači složité spektrofotometry s popsáním napěťovým výstupem.

5.6.8 Měření chromatografická

Chromatografické metody pro kvalitativní i kvantitativní analýzu chemických látek vyžadují pro spojení s počítačem použití chromatografů s popsáním výstupem. Např. Wollrab sestavil pro chromatografickou analýzu jednoduchý plynový chromatograf, který se skládá z ocelové lahve se stlačeným vodíkem, který se používá jako nosný plyn, z redukčního ventilu, z tlustostěnné vakuové hadice, z kolony s dělicí náplní, která je kouskem hadice spojena s plamenovým ionizačním detektorem. Ten je zhotoven z korkové zátky s otvorem, kterým prochází ohnutá skleněná trubice a dva ocelové drátky jako elektrody. Elektrody jsou připojeny ke zdroji napětí a zesilovaný slabý ionizační proud je měřen příslušným modulem. Plynová chromatografická měření slouží k analýze směsí organických látek.

5.6.9 Tenzometrická měření

Pro snímání a možnost záznamu některých měřených veličin (např. síly), lze použít deformační články osazené tenzometry. Deformace článků je provázena změnou odporu tenzometru a odpovídající elektrický signál je dále zpracováván tenzometrickou aparaturou (např. systém M 1000) s popsáním napěťovým výstupem, který se přes příslušný modul (předzesilovač) připojuje k A/D převodníku.

5.6.10 Měření teploty

Pro měření teploty je možné využít tři možností, lišících se technickým řešením měřicí aparatury. Využívá se:

- a) odporové čidlo (platinové Pt-100 nebo termistory),
- b) termočlánek,
- c) napěťový výstup z digitálního teploměru, kde čidlem je též jedna z předchozích možností.

5.6.11 Měření hmotnosti

Měření hmotnosti se opírají o použití elektronických vah. Je možné buď použít popsáný napěťový výstup příslušné elektronické váhy nebo využít toho, že řada elektronických vah vlastní interface RS-232C a proto je možné spojit

takovou elektronickou váhu přímo s portem počítače. Elektronické váhy se vyznačují vysokou přesností, což je důležité pro experimenty, které se nevyznačují velkými změnami hmotnosti (odpařování, uvolňování plynných produktů reakce, hygroskopické vlastnosti apod.).

5.6.12 Měření síly

V soupravě ISES se využívá mechanické siloměrné čidlo využitelné také pro hrubé měření hmotnosti.

5.6.13 Měření polohy

Pro měření polohy je možné využívat různých úprav otočných potenciometrů nebo ultrazvukové čidlo.

5.6.14 Měření radiochemická

Měření radioaktivity se provádějí obvykle pomocí čítačů impulsů. Počítané impulsy odpovídají počtu rozpadů analyzovaného preprátu. Snímání pulsů je možné použitím digitálních interface různých typů nebo použitím ionizační komůrky, která dodává A/D převodníku příslušný analogový signál, způsobem, který popisuje např. Domke nebo řešení dodávané jako specializační modul pro soupravu IP-Coach. K měření jsou ve školní praxi používány bezpečně uzavřené preparáty různých radioaktivních prvků.

5.6.15 Měření optické aktivity

Optická aktivita látky je měřená polarimetrem s ručním ovládáním polarizačního filtru. Ovládací šroub může být nějakým převodovým mechanismem (např. gumičkou nebo řemínkem) spojen s otočným potenciometrem (čidlem polohy), jehož zařazení do elektrického obvodu umožňuje registraci změn napětí.

5.6.16 Řízení a regulace

Počítač může různým způsobem ovládat různé laboratorní přístroje. Může zapínat a vypínat zahřívání nebo míchání, může přepínat kanály, buď na základě povelu experimentátora nebo na základě analýzy dat získaných z vstupních kanálů. Druhý případ je příkladem tvorby regulačních obvodů. K těmto funkcím se využívá D/A (digitálně - analogový) převodník nebo přímo digitální výstup z počítače. Známá jsou použití ovládání termostatu, laboratorních míchadel nebo byret s elektromagnetickým uzávěrem, soupravy na hlídání výšky vodní hladiny atd.

5.6.17 Další veličiny

Uvedeným výčtem vybrané fyzikálních veličiny registrovatelné počítačem zdaleka nekončí. S výhodou se využívají aparatury (čidla, elektrody a příslušné moduly) pro hlídání výšky kapaliny, modely slunečních kolektorů, snímače srdečního tepu, EKG aj.

5.7 Návod y na cvičení s měřicími systémy

5.7.1 Stanovení tepelné kapacity kalorimetrické soustavy

Úkol

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

Pomůcky a chemikálie

Kalorimetr (termoska), magnetické laboratorní míchadlo, válec, elektrický vařič, počítačový měřicí systém Vernier s modulem „teploměr“ a teplotním čidlem, destilovaná voda

Pracovní postup

Na elektrickém vařiči ohřejeme libovolné množství (tak aby nám součet objemů studené a teplé vody byl roven 200 ml) vody na teplotu asi 50°C. Do kalorimetru umístěném na magnetickém míchadle nalijeme určitý objem vody o laboratorní teplotě, do kapaliny vnoříme teplotní čidlo a uvedeme do chodu míchání. Po spuštění programu nastavíme celkový čas měření 200 sekund. Měříme asi 50 s, zjistíme teploměrem teplotu určitého objemu ohřáté vody a teplotu si zapíšeme. Poté nalijeme horkou vodu do kalorimetru a vyčkáme ustálení výsledné teploty. Po ustálení ukončíme měření.

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:

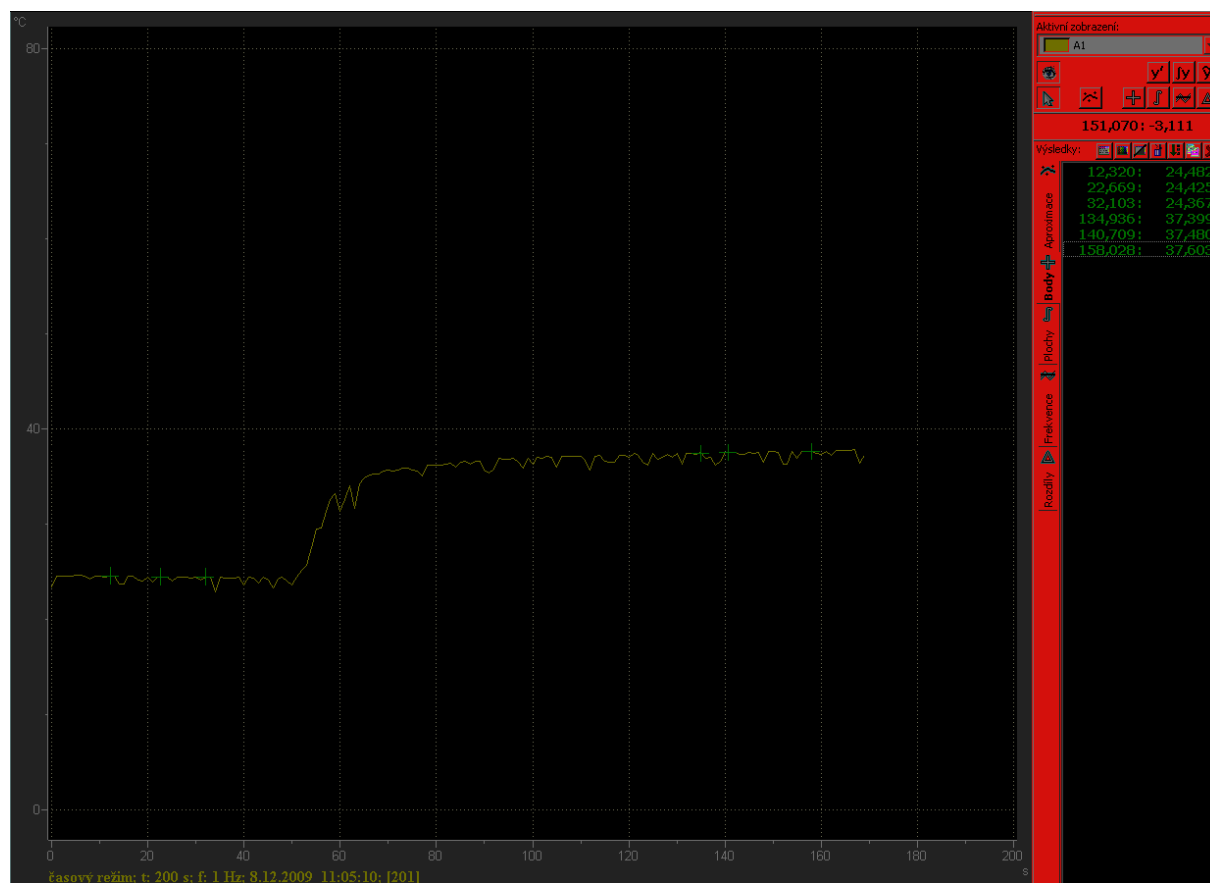
$$C = \frac{[m_2(t_2 - t) - m_1(t - t_1)]c}{(t - t_1)}$$

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 c je 4,2 kJ.K⁻¹.kg⁻¹.

Poznámka

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

Měření a výsledky



Obr. 4: Graf z měření tepelné kapacity kalorimetru

5.7.2 Tepelné zabarvení reakce při zředování anorganických kyselin

Úkol

Porovnat tepelné zabarvení reakcí při zředování H_2SO_4 , HCl a HNO_3 a přibližně stanovíme jejich molární zředovací tepla.

Pomůcky

Kalorimetr (dvě kádinky vsunuté v sobě nebo kádinka s izolací, termoska nebo plastový kelímek od nápoje apod.), [magnetické laboratorní míchadlo](#) nebo alespoň skleněná tyčinka na míchání, odměrný válec, pipeta, počítač, [USB teploměr Vernier Go!Temp](#).

Chemikálie

Kyselina sírová ($w = 0,96$), kyselina chlorovodíková ($w = 0,37$), kyselina dusičná ($w = 0,63$), destilovaná voda.

Pracovní postup

K počítači připojte [teplotní čidlo Vernier Go!Temp](#). Spustíte program Logger Lite. Program automaticky rozpozná připojené čidlo a sám přednastaví dobu měření na 180 s s frekvencí 2 Hz (bude měřit 2× za sekundu). Tyto hodnoty nám vyhovují, nebudeme je tedy měnit.

Do kalorimetru nalijte $188,8 \text{ cm}^3$ destilované vody vytemperované na laboratorní teplotu, do kapaliny vnořte teplotní čidlo a uveďte do chodu míchání. Měřte asi 50 s a poté přilijte do kalorimetru odpipetovaných $11,2 \text{ cm}^3$ konc. H_2SO_4 , aby vzniklo 200 cm^3 roztoku o koncentraci 1 mol.dm^{-3} . Při práci s koncentrovanou kyselinou použijte ochranné pomůcky!

Měřte třikrát a u každého měření určete teplotní rozdíl, spočítejte molární zředovací teplo a určete jeho průměrnou hodnotu.

Stejná měření proveďte pro HCl a HNO_3 (objem vody a koncentrované kyseliny vypočítejte opět tak, aby vzniklo 200 cm^3 roztoku o koncentraci 1 mol.dm^{-3}). Opět určete teplotní rozdíly, spočítejte molární zředovací tepla a jeho průměrnou hodnotu ze tří měření.

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 se reakční teplo (zředovací) vypočte dle vztahu:

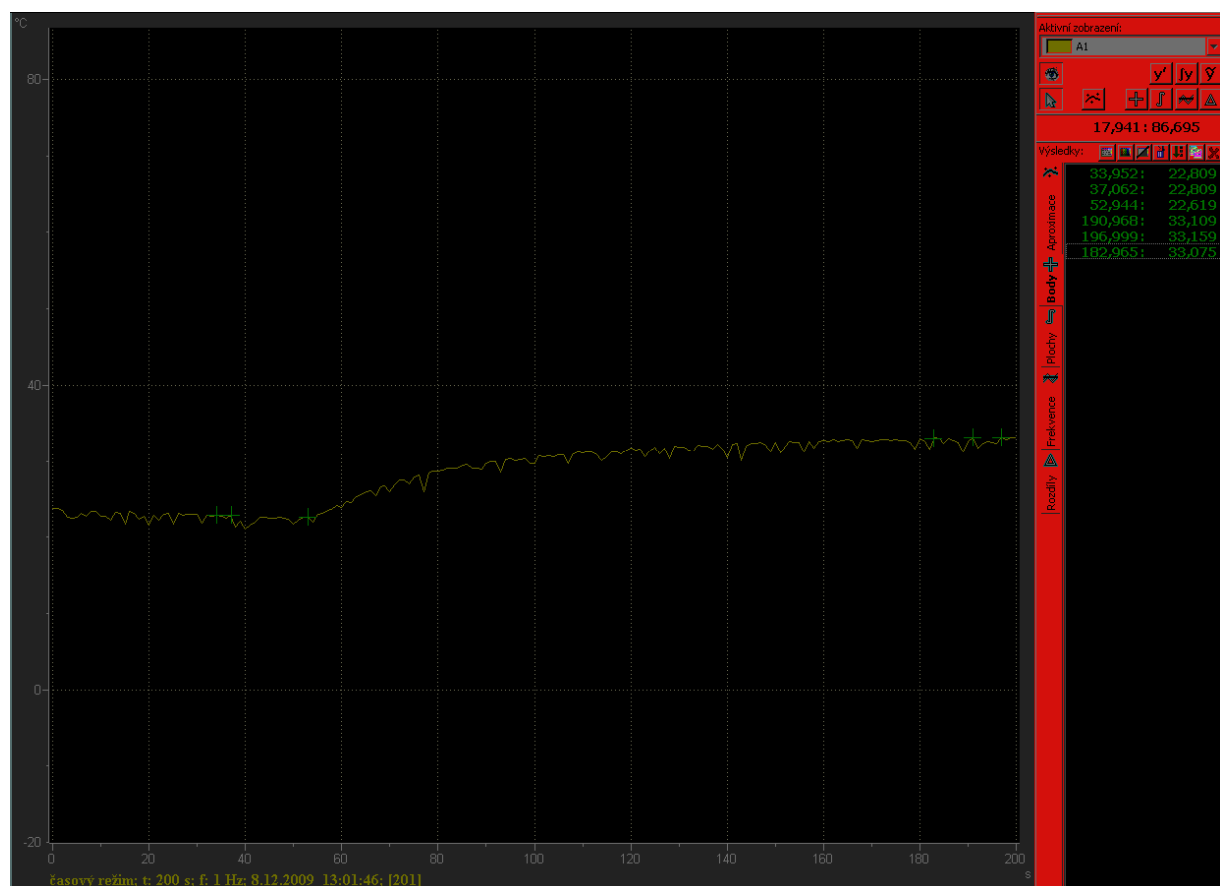
$$Q = C \cdot (T' - T),$$

a molární zředňovací teplo je potom:

$$Q_m = Q/n = C \cdot (T' - T)/n,$$

kde n je látkové množství.

Měření a výsledky



Obr. 5: Graf záznamu teplotních změn při zředňování kyseliny sírové ve vodě

5.7.3 Tepelné zabarvení reakce při rozpouštění pevných látek

Úkol

Změřit tepelné zabarvení reakcí při rozpouštění NaOH, NaNO₃ a NaCl a přibližně stanovíme jejich molární zřed'ovací tepla.

Pomůcky

Kalorimetr (např. termoska nebo plastový kelímek nápoje, případně dvě kádinky vsunuté v sobě nebo kádinka s izolací), [magnetické laboratorní míchadlo](#) nebo alespoň skleněná tyčinka na míchání, [předvážky](#), počítač, [USB teploměr Vernier Go!Temp](#).

Chemikálie

Hydroxid sodný, dusičnan sodný, chlorid sodný, destilovaná voda.

Pracovní postup

K počítači připojte [teplotní čidlo Vernier Go!Temp](#). Spusťte program Logger Lite. Program automaticky rozpozná připojené čidlo a sám přednastaví dobu měření na 180 s s frekvencí 2 Hz (bude měřit 2× za sekundu). Tyto hodnoty nám vyhovují, nebudeme je tedy měnit.

Do kalorimetru nalijte 188,8 cm³ destilované vody vytemperované na laboratorní teplotu, do kapaliny vnořte teplotní čidlo a uveďte do chodu míchání. Měřte asi 50 s a poté přidejte do kalorimetru odváženou vypočítanou hmotnost NaOH tak, aby vzniklo 200 cm³ roztoku o koncentraci 1 mol.dm⁻³.

Měřte třikrát a u každého měření určete teplotní rozdíl, spočtete molární rozpouštěcí teplo a určete jeho průměrnou hodnotu.

Stejná měření proveďte pro NaNO₃ a NaCl (objem vody a hmotnost rozpuštěné látky vypočítejte tak, aby vzniklo 200 cm³ roztoku o koncentraci 1 mol.dm⁻³).

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 se reakční teplo (zřed'ovací) vypočte dle vztahu:

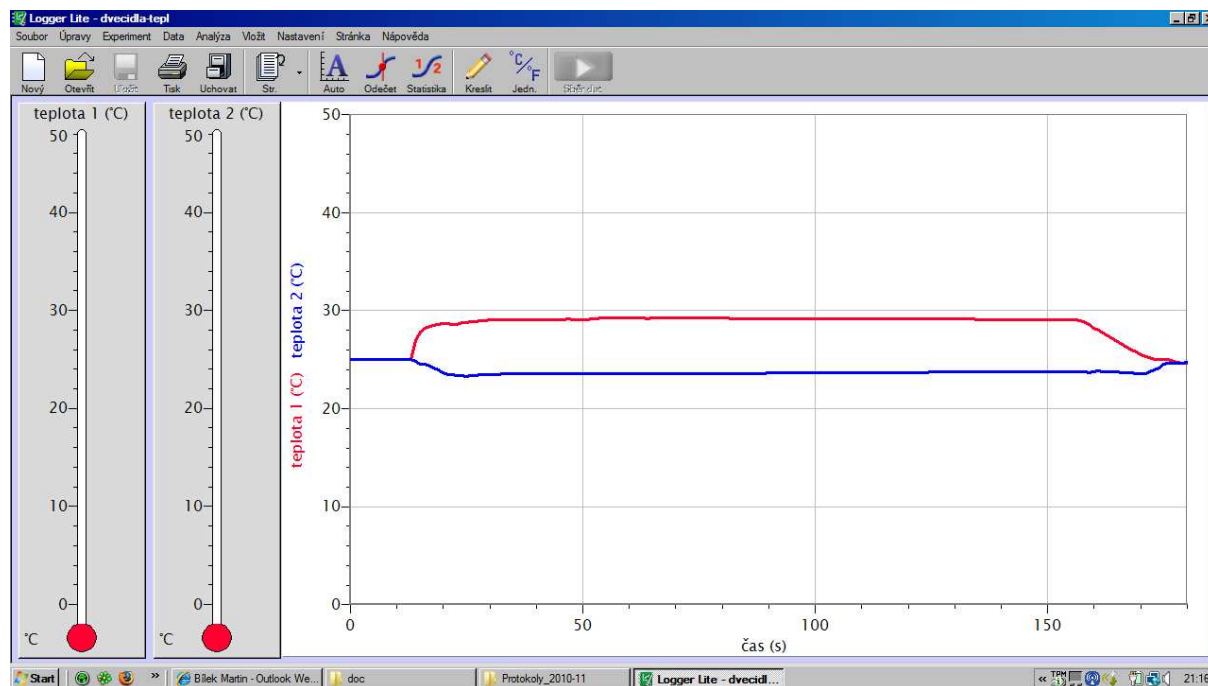
$$Q = C \cdot (T' - T),$$

a molární zřed'ovací teplo je potom:

$$Q_m = Q/n = C \cdot (T' - T)/n,$$

kde n je látkové množství.

Měření a výsledky



Obr. 6: Graf při současném měření teplotních změn při rozpouštění hydroxidu sodného a dusičnanu sodného ve vodě za použití dvou teplotních čidel

5.7.4 Acidobazické titrace s termometrickou indikací bodu ekvivalence

Úkol

Sledovat změny teploty při neutralizaci kyseliny zásadou a stanovíme koncentraci neznámého roztoku kyseliny pomocí termometrické indikace bodu ekvivalence při titraci hydroxidem sodným.

Pomůcky

Kalorimetr (např. termoska nebo plastový kelímek nápoje, případně dvě kádinky vsunuté v sobě (např. kádinky 150 cm³ a 100 cm³) nebo kádinka s izolací), [magnetické laboratorní míchadlo](#) nebo alespoň skleněná tyčinka na míchání, odměrný válec, byreta 50 cm³, pipeta 10 cm³, počítač, [USB teploměr Vernier Go!Temp](#).

Chemikálie

Hydroxid sodný ($c = 1 \text{ mol.dm}^{-3}$), kyselina chlorovodíková (asi 8 cm³ koncentrované HCl ve 100 cm³ destilované vody), kyselina octová (asi 6 cm³ ledové CH₃COOH ve 100 cm³ destilované vody), destilovaná voda

Pracovní postup

Do kádinky na laboratorním míchadle odpipetujte 10 cm³ roztoku kyseliny a doplňte destilovanou vodou tak, aby mohlo být teplotní čidlo dostatečně ponořené v roztoku. Do kapaliny vnořte čidlo a uveďte do chodu míchání. Ke stojanu upevněte byretu naplněnou roztokem NaOH o výše uvedené koncentraci.

K měření budete používat [teplotní čidlo Vernier Go!Temp](#), pomocí USB konektoru připojte k počítači. Na počítači spusťte program Logger Lite.

V programu Logger Lite zvolte Experiment Sběr dat a změňte mód „časová základna“ na „události se vstupy“. Nazvěte událost „objem činidla“, zkráceně „V“, jednotky „ml“ a klikněte na „Hotovo“.

Klikněte na oblast grafu pravým tlačítkem myši a vyberte „Nastavení grafu“. V záložce „Graf options“ zrušte volbu „Connect points“ a zvolte „Point protectors“. V záložce „Axes options“ zvolte u osy X hodnoty „vlevo“ 0 a „vpravo“ napište číslo 20 (20 ml titračního činidla přidávaných po 1 ml). Potvrďte kliknutím na „Hotovo“.

Spusťte měření kliknutím za zelené tlačítko „Sběr dat“.

Po přidání prvního mililitru titračního činidla, nechte ustálit teplotu roztoku (asi 10 sekund) a poté klikněte na modré kolečko „Zachovat“. V grafu se objeví bod značící naměřenou teplotu po přidání 1 ml činidla.

Stejně postupujte při přidávání dalšího množství titračního činidla. Po skončení měření určete bod ekvivalence (obrat v křivce grafického záznamu) a spočtete koncentraci předložené kyseliny.

Vysvětlení

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

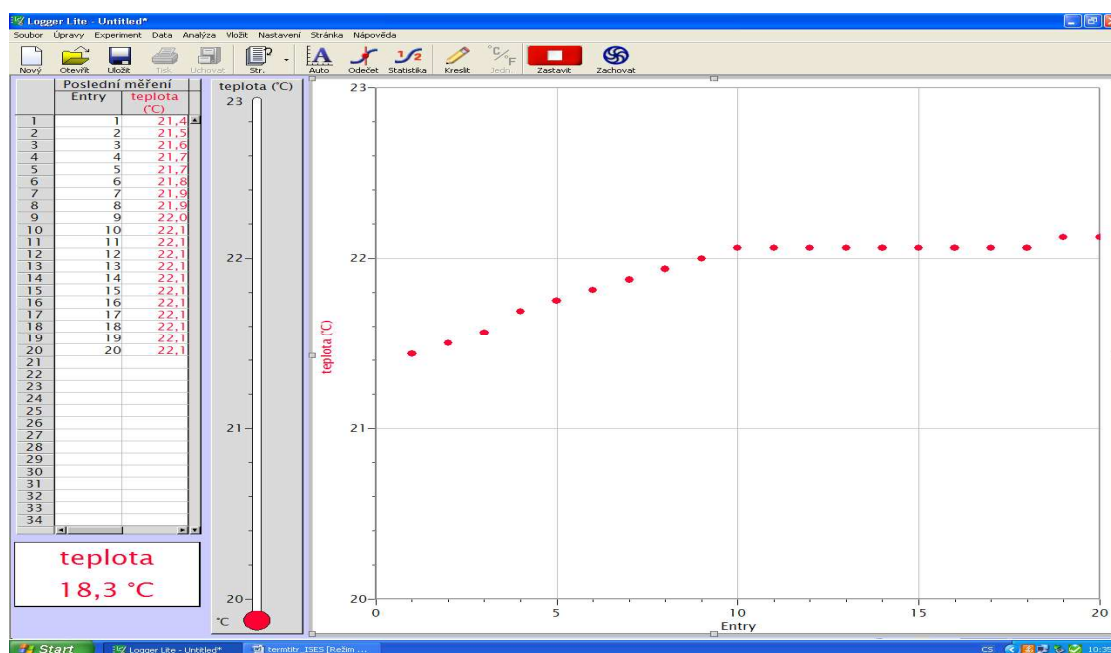
$$n_k = n_z$$

pro kyseliny a zásady stejné sytnosti

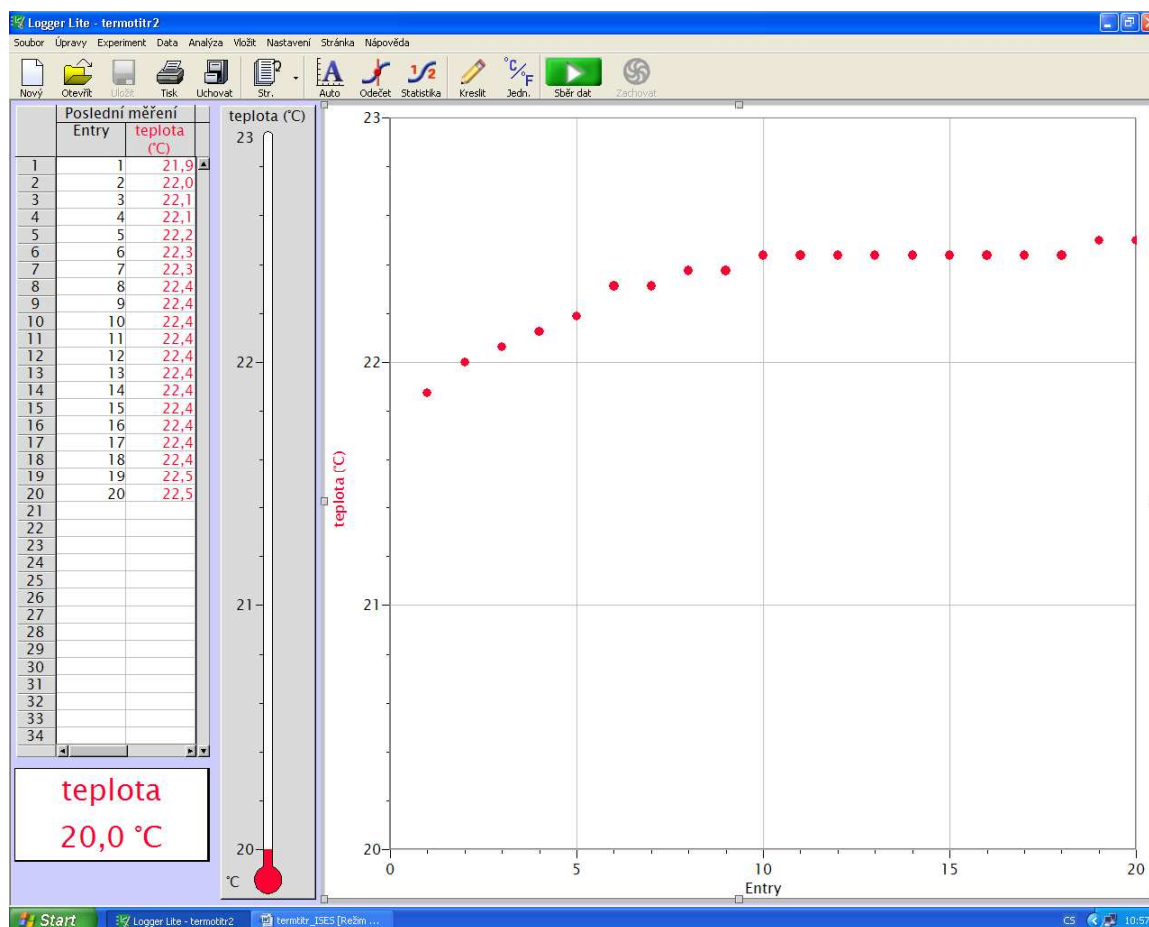
$$c_k V_k = c_z V_z$$

kde n_x jsou látková množství, c_x molární koncentrace a V_x objem kyseliny nebo zásady.

Měření a výsledky



Obr. 7: Termometrická titrační křivka $\text{HCl} - \text{NaOH}$ ($c = 1 \text{ mol/dm}^3$)



Obr. 8: Termometrická titrační křivka $\text{CH}_3\text{COOH} - \text{NaOH}$ ($c = 1\text{mol/dm}^3$)

Poznámka

Obměnou uvedeného experimentu může být např. zmenšení objemového intervalu titračního činidla (zadávat v ml/X, ne desetinným číslem) nebo v obráceném provedení titrace tj. titrovat neznámý roztok NaOH známým roztokem kyseliny apod.

5.7.5 Acidobazické titrace s potenciometrickou indikací bodu ekvivalence

Úkol

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

Pomůcky

Kádinka 150 cm³, [magnetické laboratorní míchadlo](#) nebo alespoň skleněná tyčinka na míchání, odměrný válec, byreta 50 cm³, pipeta 10 cm³, počítač, rozhraní [Vernier Go!Link](#), senzor [Vernier PH-BTA](#).

Chemikálie

Hydroxid sodný ($c = 0,1 \text{ mol.dm}^{-3}$), kyselina chlorovodíková (asi 1 cm³ koncentrované HCl ve 100 cm³ destilované vody), kyselina octová (asi 0,5 cm³ ledové CH₃COOH ve 100 cm³ destilované vody), destilovaná voda.

Pracovní postup

Do kádinky na laboratorním míchadle odpipetujte 10 cm³ roztoku kyseliny (u směsi kyselin 5 + 5 cm³) a doplňte destilovanou vodou tak, aby mohla být elektroda k měření pH dostatečně ponořená v roztoku. Do kapaliny vnořte elektrodu a uveďte do chodu míchání.

Ke stojanu upevněte byretu naplněnou roztokem NaOH o výše uvedené koncentraci.

K měření budeme používat [školní experimentální systém Vernier](#). Připravte si rozhraní [Vernier Go!Link](#) a senzor [Vernier PH-BTA](#). Konektor senzoru zapojte do rozhraní Go!Link a to pomocí USB konektoru připojte k počítači. Na počítači spusťte program Logger Lite.

V programu Logger Lite zvolte Experiment Sběr dat a změňte mód „časová základna“ na „události se vstupy“. Nazvěte událost „objem činidla“, zkráceně „V“, jednotky „ml“ a klikněte na „Hotovo“.

Klikněte na oblast grafu pravým tlačítkem myši a vyberte „Nastavení grafu“. V záložce „Graf options“ zrušte volbu „Connect points“ a zvolte „Point protectors“. V záložce „Axes options“ zvolte u osy X hodnoty „vlevo“ 0 a „vpravo“ napište číslo 20 (20 ml titračního činidla přidávaných po 1 ml). Potvrďte kliknutím na „Hotovo“.

Spusťte měření kliknutím za zelené tlačítko „Sběr dat“.

Po přidání prvního mililitru titračního činidla, nechte ustálit pH roztoku (cca 20 sekund) a poté klikněte na modré kolečko „Zachovat“. V grafu se objeví bod značící naměřené pH po přidání 1 ml činidla.

Stejně postupujte při přidávání dalšího množství titračního činidla. Po skončení měření určete bod ekvivalence (obrat v křivce grafického záznamu) a spočtete koncentraci předložené kyseliny.

Vysvětlení

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

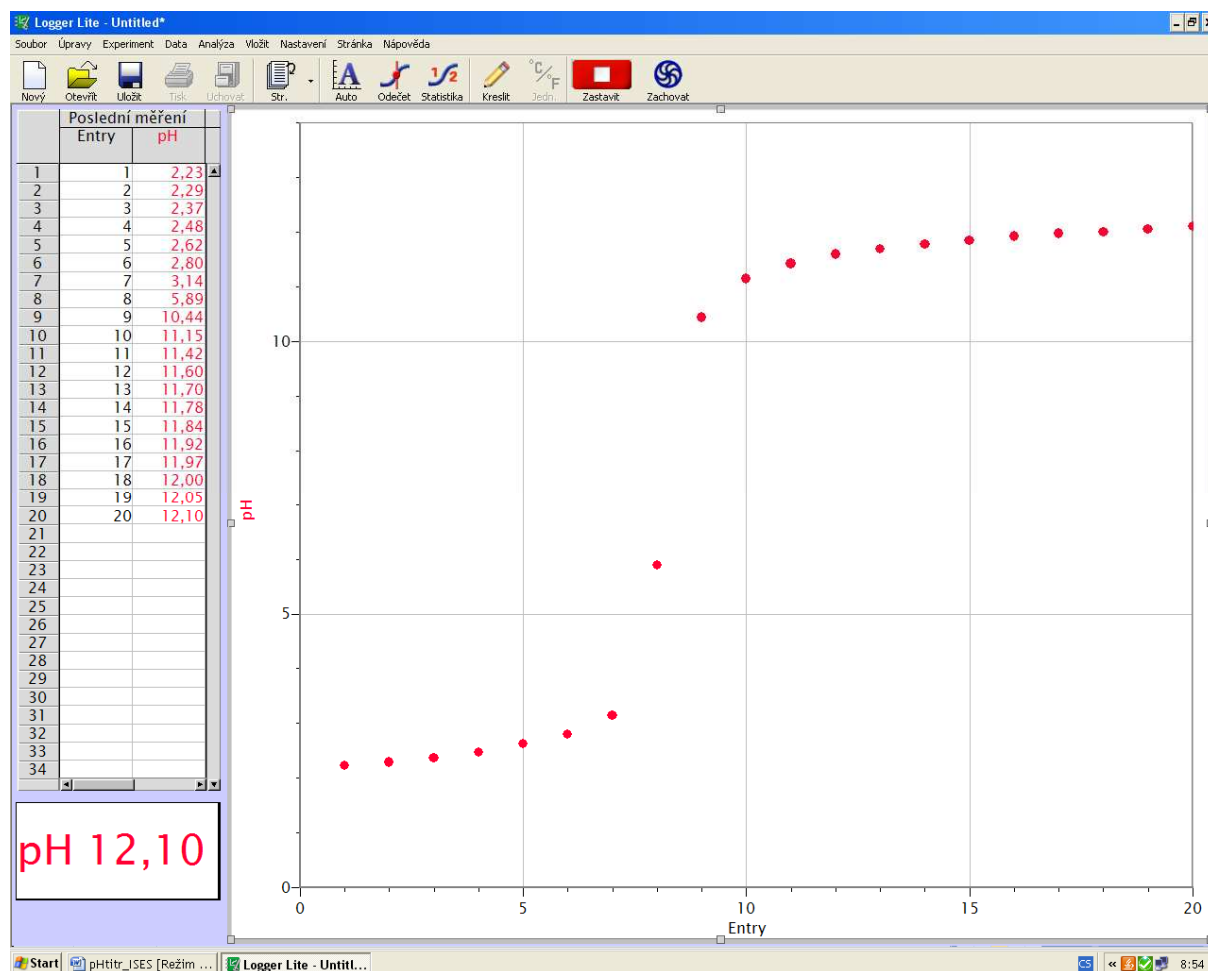
$$n_k = n_z$$

pro kyseliny a zásady stejné sytnosti

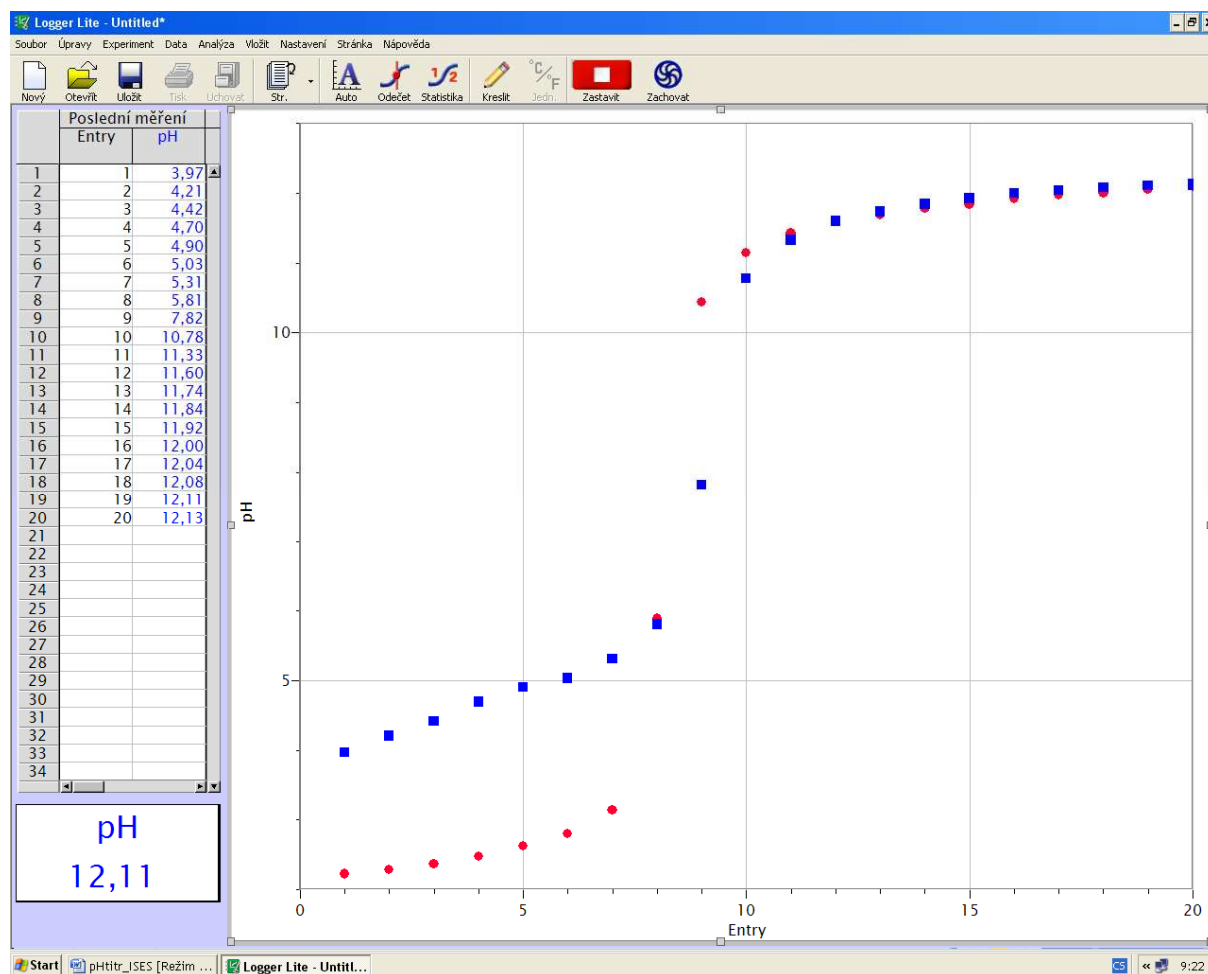
$$c_k V_k = c_z V_z$$

kde n_x jsou látková množství, c_x molární koncentrace a V_x objem kyseliny nebo zásady.

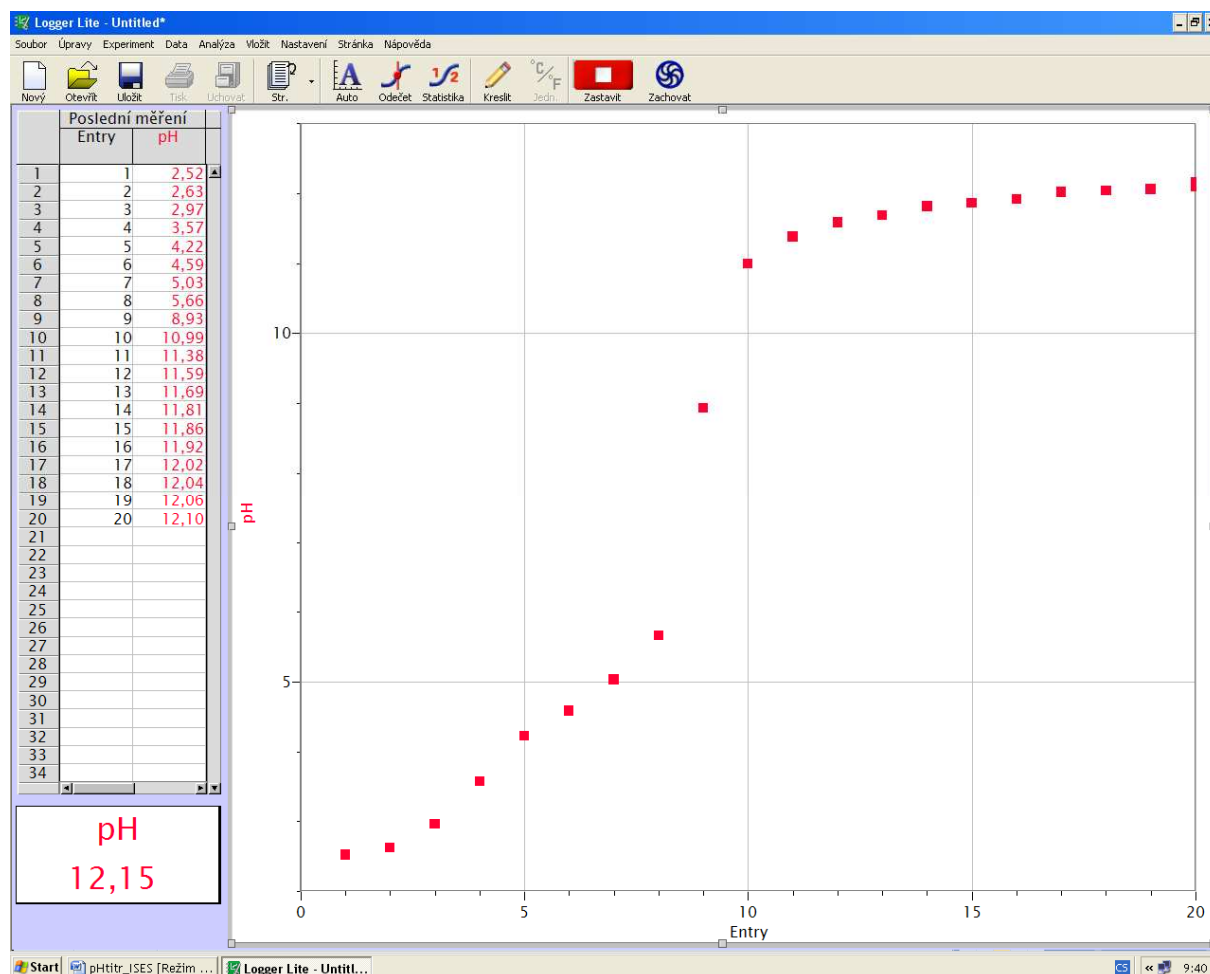
Měření a výsledky



Obr. 9: Potenciometrická titrační křivka $\text{HCl} - \text{NaOH}$ ($c = 0,1 \text{ mol/dm}^3$)



Obr. 10: Potenciometrická titrační křivka $\text{HCl} - \text{NaOH}$ ($c = 0,1 \text{ mol/dm}^3$) ve srovnání s $\text{CH}_3\text{COOH} - \text{NaOH}$ ($c = 0,1 \text{ mol/dm}^3$)



Obr. 11: Potenciometrická titrační křivka směsi kyselin (HCl a CH_3COOH – NaOH , $c = 0,1\text{mol/dm}^3$)

Poznámka

Obměnou uvedeného experimentu může být např. zmenšení objemového intervalu titračního činidla (zadávat v ml/X, ne desetinným číslem) nebo v obráceném provedení titrace tj. titrovat neznámý roztok NaOH známým roztokem kyseliny apod.

5.7.6 Acidobazické titrace s konduktometrickou indikací bodu ekvivalence

Úkol

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

Pomůcky

Kádinka 150 cm³, [magnetické laboratorní míchadlo](#) nebo alespoň skleněná tyčinka na míchání, odměrný válec, byreta 50 cm³, pipeta 10 cm³, počítač, rozhraní [Vernier Go!Link](#), konduktometr - senzor [Vernier CON-BTA](#).

Chemikálie

Hydroxid sodný ($c = 0,1 \text{ mol.dm}^{-3}$), kyselina chlorovodíková (asi 1 cm³ koncentrované HCl ve 100 cm³ destilované vody), kyselina octová (asi 0,5 cm³ ledové CH₃COOH ve 100 cm³ destilované vody), destilovaná voda.

Pracovní postup

Do kádinky na laboratorním míchadle odpipetujte 10 cm³ roztoku kyseliny (u směsi kyselin 5 + 5 cm³) a doplňte destilovanou vodou tak, aby mohla být elektroda konduktometru dostatečně ponořená v roztoku. Do kapaliny vnořte elektrodu a uveďte do chodu míchání.

Ke stojanu upevněte byretu naplněnou roztokem NaOH o výše uvedené koncentraci.

K měření budeme používat [školní experimentální systém Vernier](#). Připravte si rozhraní [Vernier Go!Link](#) a konduktoměr - senzor [Vernier CON-BTA](#). Konektor senzoru zapojte do rozhraní Go!Link a to pomocí USB konektoru připojte k počítači. Na počítači spusťte program Logger Lite.

V programu Logger Lite zvolte Experiment Sběr dat a změňte mód „časová základna“ na „události se vstupy“. Nazvěte událost „objem činidla“, zkráceně „V“, jednotky „ml“ a klikněte na „Hotovo“.

Klikněte na oblast grafu pravým tlačítkem myši a vyberte „Nastavení grafu“. V záložce „Graf options“ zrušte volbu „Connect points“ a zvolte „Point protectors“. V záložce „Axes options“ zvolte u osy X hodnoty „vlevo“ 0 a „vpravo“ napište číslo 20 (20 ml titračního činidla přidávaných po 1 ml). Potvrďte kliknutím na „Hotovo“.

Spusťte měření kliknutím za zelené tlačítko „Sběr dat“.

Po přidání prvního mililitru titračního činidla, nechte ustálit měřenou hodnotu vodivosti (cca 20 sekund) a poté klikněte na modré kolečko „Zachovat“. V grafu se objeví bod značící naměřenou vodivost po přidání 1 ml činidla.

Stejně postupujte při přidávání dalšího množství titračního činidla. Po skončení měření určete bod ekvivalence (obrat v křivce grafického záznamu) a spočtete koncentraci předložené kyseliny.

Vysvětlení

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

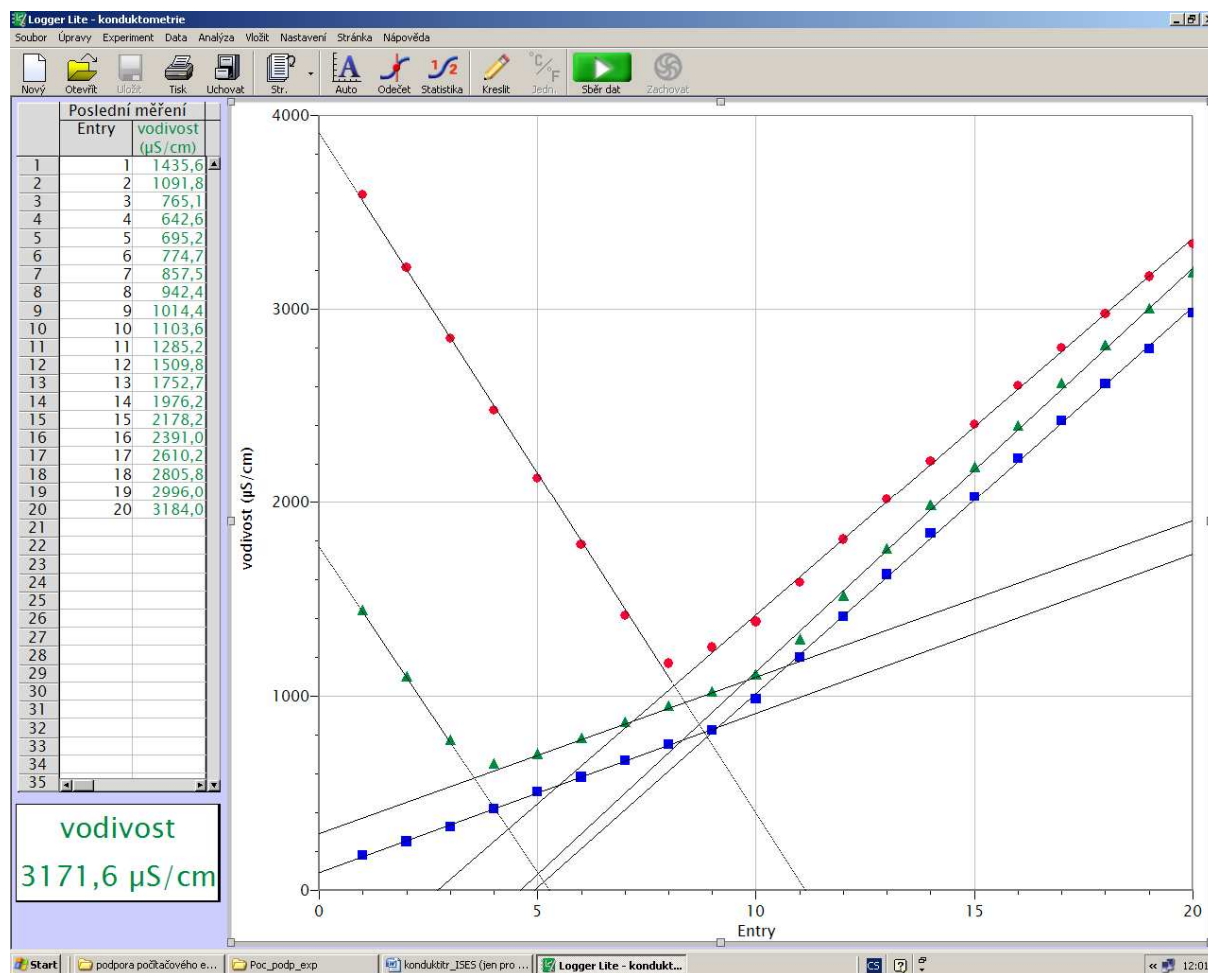
$$n_k = n_z$$

pro kyseliny a zásady stejné sytnosti

$$c_k V_k = c_z V_z$$

kde n_x jsou látková množství, c_x molární koncentrace a V_x objem kyseliny nebo zásady.

Měření a výsledky



Obr. 12: Konduktometrické titrační křivky s vyhodnocením

Poznámka

Obměnou uvedeného experimentu může být např. zmenšení objemového intervalu titračního činidla (zadávat v ml/X, ne desetinným číslem) nebo v obráceném provedení titrace tj. titrovat neznámý roztok NaOH známým roztokem kyseliny apod.

5.7.7 Termometrické určování slučovacích poměrů metodou izomolárních sérií

Úkol

Určit stechiometrický průběh reakce experimentální cestou. Přístup je ilustrací významné metody obecné chemie, užívané především při studiu vzniku komplexů. Poměr, v němž reagují dvě látky, určíme sadou reakcí v různých molárních poměrech tak, aby celkový počet molů obou reagujících složek byl konstantní. Přitom měříme velikost určité změny, která provází reakci (fotometricky, polarimetricky, termometricky, dilatometricky aj.). My zvolíme termometrický přístup, tj. budeme sledovat změny teploty při chemické reakci různých poměrů látkových množství jednotlivých reaktantů.

Pomůcky

Kádinka 100 ml, počítač, [USB teploměr Vernier Go!Temp](#).

Chemikálie

500 ml roztoku NaOH (1 mol/l), 250 ml roztoku HCl (1 mol/l), 250 ml roztoku CuSO₄ (1 mol/l). Všechny roztoky vytemperované na laboratorní teplotu!

Postup

K měření budete používat [teplotní čidlo Vernier Go!Temp](#), pomocí USB konektoru připojte k počítači. Na počítači spusťte program Logger Lite.

V programu Logger Lite zvolte Experiment Sběr dat a změňte mód „časová základna“ na „události se vstupy“. Nic neměňte a klikněte na „Hotovo“. Spusťte měření tlačítkem "Sběr dat".

A) Reakce kyseliny chlorovodíkové s hydroxidem sodným

Nalijte 60 ml roztoku HCl do kádinky (100 ml), ponořte teplotní čidlo do roztoku a po 20 s (ustálení teploty) klikněte na tlačítko "Zachovat" a do objevivšího okna vepište číslo měření "1".

Do kádinky na 100 ml odpipetujte 10 ml roztoku HCl, ponořte do něho teplotní čidlo a přidejte za stálého míchání teplotním čidlem 50 ml roztoku NaOH. Po 20 s (ustálení teploty) klikněte na tlačítko "Zachovat" a do objevivšího okna vepište číslo měření "2".

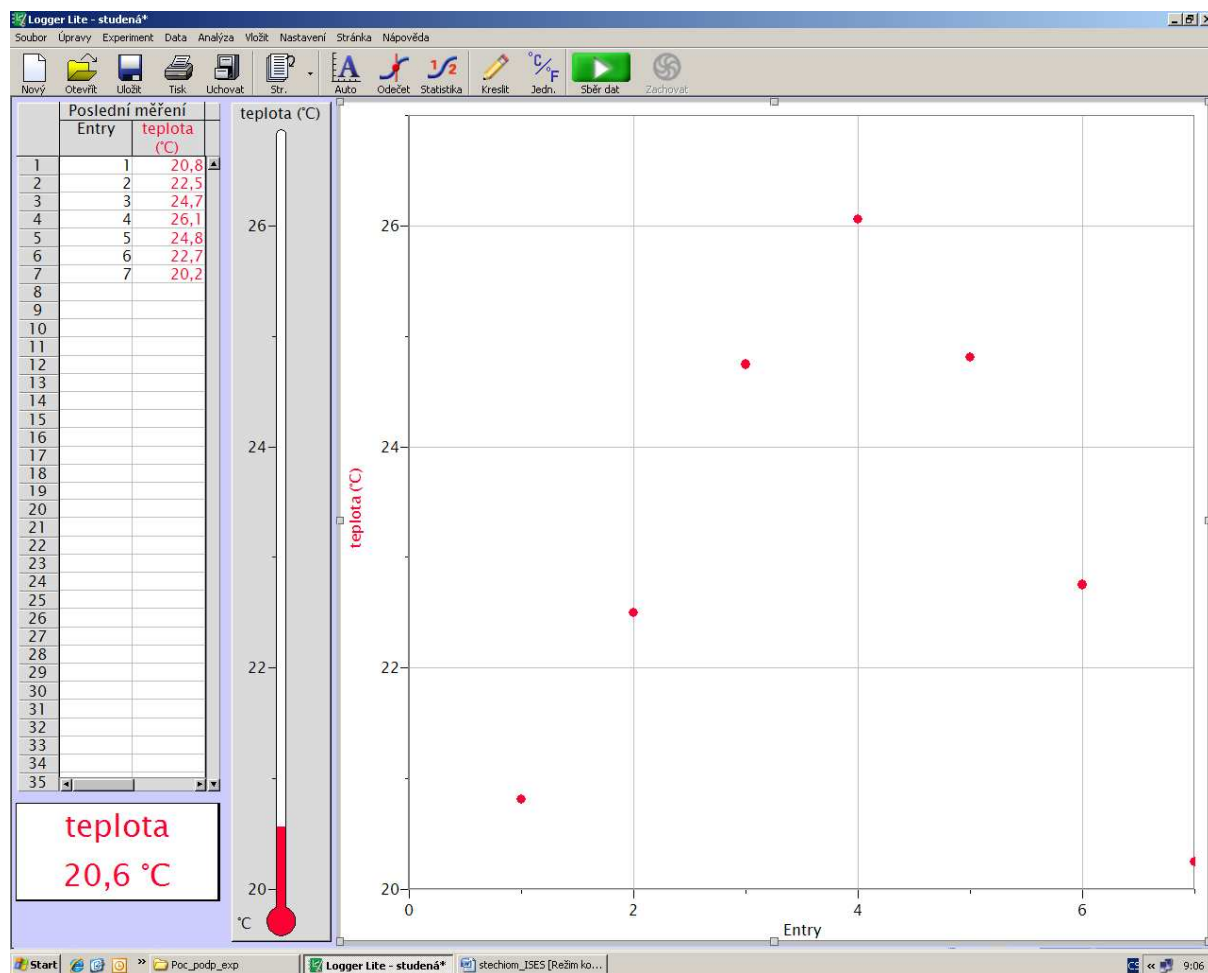
Měření opakujte pro následující objemy roztoků HCl (20, 30, 40, 50 ml) a NaOH (40, 30, 20, 10 ml) - měření číslo 3 až 6.

Posledním měřením (číslo 7) je teplota 60 ml roztoku NaOH.

Ukončete měření tlačítkem "Stop".

Z grafu $T = f(n)$ určete stechiometrický poměr pro reakci HCl - NaOH (při maximální hodnotě teploty) a rovnici reakce zapište.

Měření a výsledky

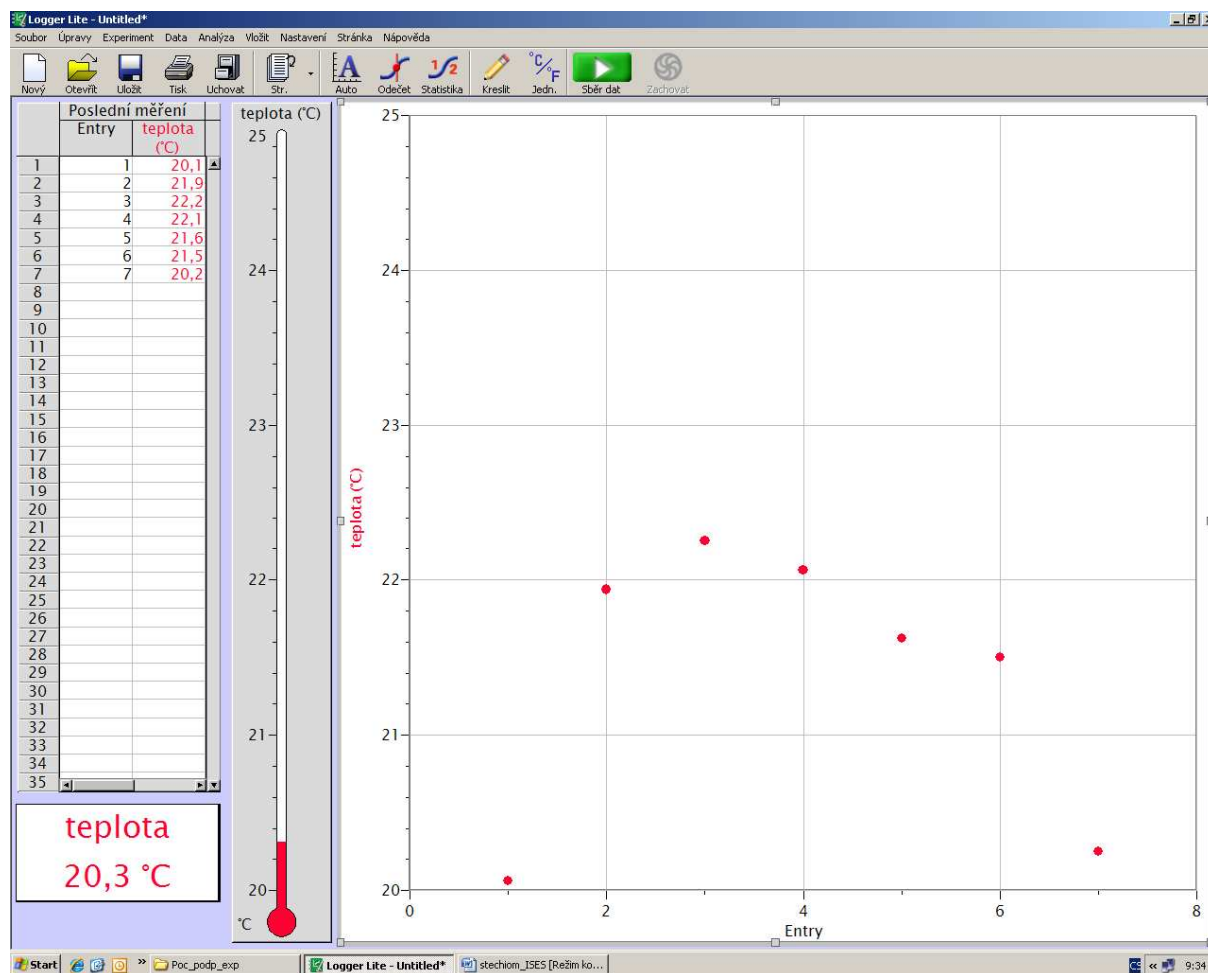


Obr. 13: Graf teplotních změn izomolárních sérií při reakci NaOH s HCl

B) Reakce síranu měďnatého s hydroxidem sodným

Postupujte jak v předcházejícím případě, jen roztok HCl nahraďte roztokem CuSO_4 .

Měření a výsledky



Obr. 14: Graf teplotních změn izomolárních sérií při reakci NaOH s CuSO_4

5.7.8 Závislost vodivosti na koncentraci roztoku

Úkol

Zjistit průběh závislosti vodivosti vodného roztoku NaCl na jeho koncentraci. Ionty Na^+ a Cl^- , které jsou přítomny v roztoku NaCl, umožňují průchod střídavého elektrického proudu roztokem (snižují odpor R roztoku). Hodnota $1/R$ se označuje jako vodivost roztoku. Přípravou sady roztoků o stoupající koncentraci NaCl a proměřením jejich vodivosti zjistíme vliv koncentrace na vodivost roztoku.

Pomůcky

Kádinka 100 cm^3 , pipeta 10 cm^3 , 6 ks odměrných baněk 100 cm^3 , počítač, rozhraní [Vernier Go!Link](#), konduktometr - senzor [Vernier CON-BTA](#).

Chemikálie

Zásobní roztok NaCl ($w = 1\%$), destilovaná voda.

Pracovní postup

I. Proměření závislosti vodivosti roztoku NaCl na jeho koncentraci (sestrojení kalibrační křivky)

Ze zásobního roztoku NaCl odpipetujeme do šesti 100 ml odměrných baněk 0, 2, 4, 6, 8 a 10 ml . Baňky doplníme po značky destilovanou vodou, zazátkujeme a několikerým překlopením promícháme.

K měření budeme používat [školní experimentální systém Vernier](#). Připravte si rozhraní [Vernier Go!Link](#) a konduktoměr - senzor [Vernier CON-BTA](#). Konektor senzoru zapojte do rozhraní Go!Link a to pomocí USB konektoru připojte k počítači. Na počítači spusťte program Logger Lite.

V programu Logger Lite zvolte Experiment Sběr dat a změňte mód „časová základna“ na „události se vstupy“. Nazvěte událost „koncentrace“, zkráceně „konc.“, pole jednotky nechejte prázdné a klikněte na „Hotovo“.

Kliknutím na číselný popis osy X co nejvíce vpravo změňte rozsah grafu vepsáním hodnoty 12.

Spusťte měření kliknutím za zelené tlačítko „Sběr dat“.

Obsah první baňky nalijeme do 100 ml kádinky a ponoříme do ní vodivostní elektrodu. Počkáme zhruba 20 sekund na ustálení měřené hodnoty vodivosti a klikneme na modré kolečko „Zachovat“. V objevivším se okně doplníme hodnotu koncentrace měřeného vzorku.

Elektrodu vyjmeme z roztoku, ponoříme ji do kádinky s roztokem NaCl č. 2 a postupujeme stejně jako v předchozím případě.

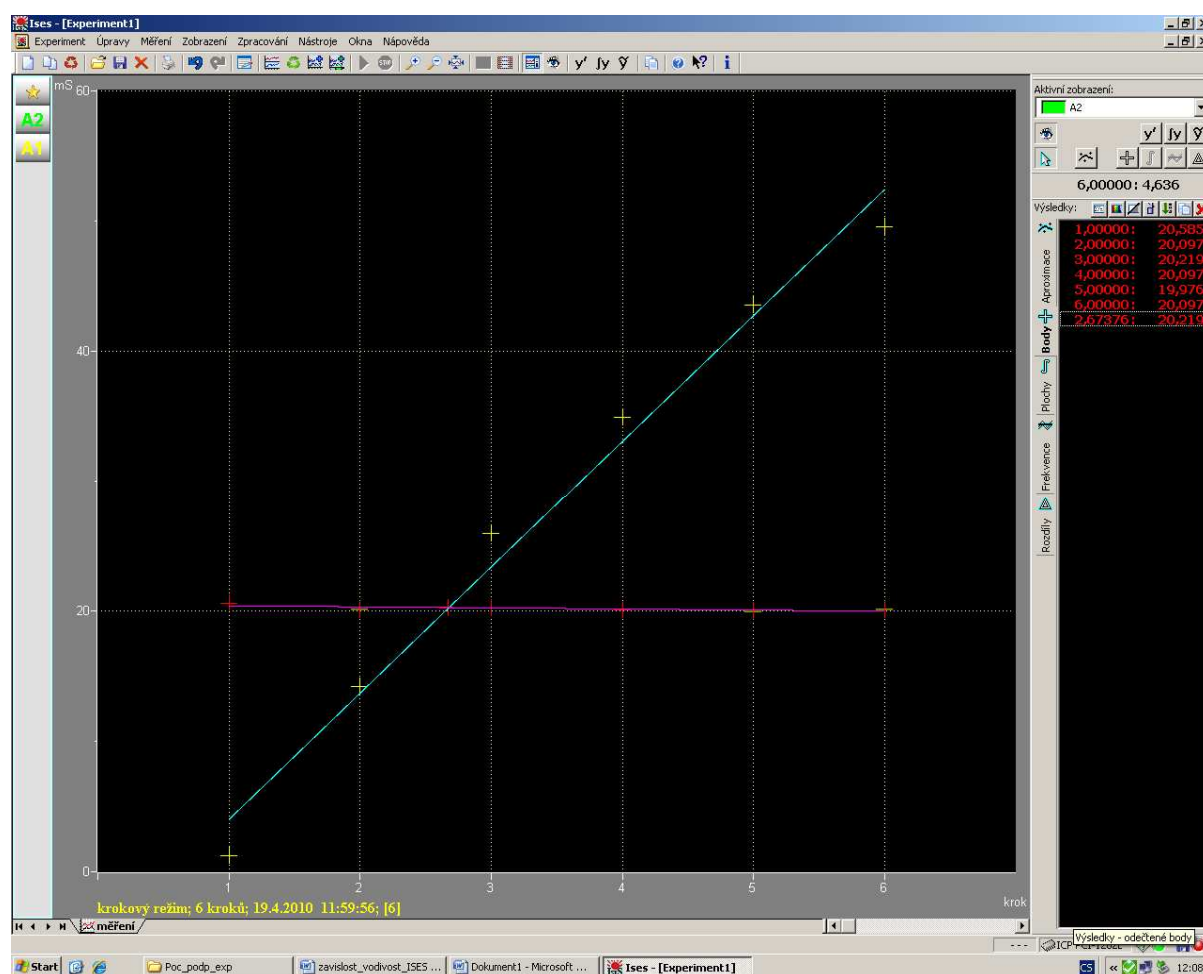
Po ukončení měření zastavíme program červeným tlačítkem "Stop", uchováme naměřená data (např. Ctrl-L) a proložíme naměřenými daty přímkou lineární závislosti (menu "Analýza" -> "Proložit přímkou").

II. Stanovení neznámé koncentrace NaCl

Odměrnou baňku s roztokem NaCl neznámé koncentrace zazátkujte a obsah promíchejte několikerým překlopením. Obsah baňky přelijte do kádinky a do roztoku ponořte elektrodu.

Spustěte měření kliknutím za zelené tlačítko „Sběr dat“. V grafu se nyní bude pohybovat bod (značka) určující měřenou vodivost vzorku. Po ustálení měřené hodnoty můžete provést šet měření vodivosti a získat přímkou odpovídající průměrné vodivosti z provedených měření. Nyní určete koncentraci roztoku pomocí průsečíku této přímky s kalibrační přímkou.

Měření a výsledky



Obr. 15: Průsečík kalibrační přímky s přímkou vytvořenou z šesti měření vodivosti neznámého roztoku NaCl

5.7.9 Závislost vodivosti na teplotě roztoku

Úkol

Určit průběh závislosti vodivosti roztoku NaCl na teplotě. Ionty Na^+ a Cl^- , které jsou přítomny v roztoku NaCl, umožňují průchod střídavého elektrického proudu roztokem (snižují odpor R roztoku). Hodnota $1/R$ se označuje jako vodivost roztoku. Ověříme závislost vodivosti roztoku NaCl na teplotě roztoku.

Pomůcky

Kádinka 100 cm^3 , větší nádoba s horkou vodou a nádobka se studenou vodou pro vytvoření lázně, vařič, počítač, rozhraní [Vernier Go!Link](#), konduktometr - senzor [Vernier CON-BTA](#), [USB teploměr Vernier Go!Temp](#).

Chemikálie

Roztok NaCl ($w = 1\%$)

Pracovní postup

Do kádinky nalijeme roztok NaCl a kádinku umístíme do větší nádoby s horkou nebo studenou vodou.

K měření budeme používat [školní experimentální systém Vernier](#). Připravte si rozhraní [Vernier Go!Link](#) a konduktometr - senzor [Vernier CON-BTA](#). Konektor senzoru zapojte do rozhraní Go!Link a to pomocí USB konektoru připojte k počítači. K počítači také připojíme [USB teploměr Vernier Go!Temp](#) a na počítači spustíme program Logger Lite.

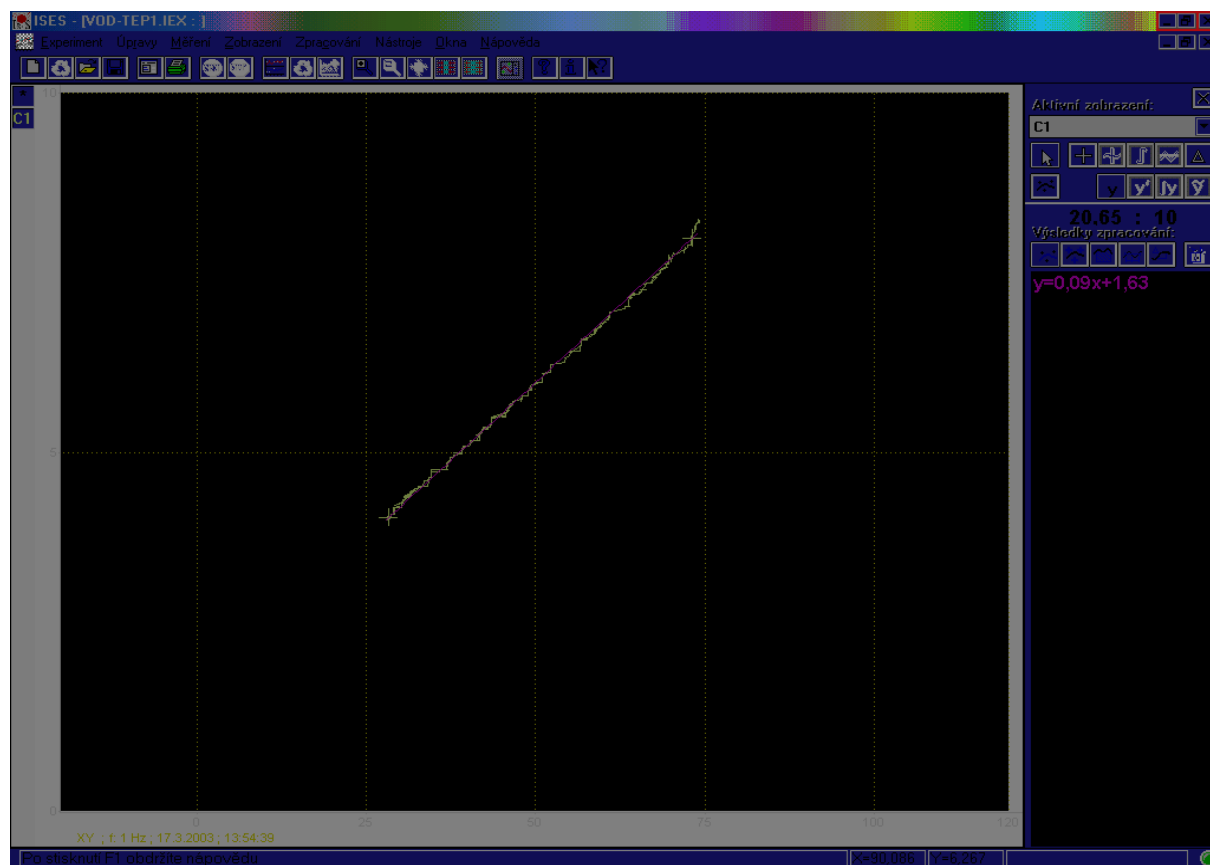
V programu Logger Lite zrušte jeden graf (kliknout na něj a stisknout delete) a u druhého nastavit závislost Con/Temp.

Spustěte měření kliknutím za zelené tlačítko „Sběr dat“.

V průběhu měření přilévejte do vnější nádoby (lázně) k horké vodě po troškách studenou vodu nebo studenou vodu zahřívejte na vařiči. V kádince můžete občas zamíchat roztok pomocí teploměru.

Po ukončení měření popište naměřenou závislost vodivosti roztoku na teplotě.

Měření a výsledky



Obr. 16: Závislost vodivosti roztoku NaCl na teplotě (zahřívání pomocí lázně)

5.7.10 Chemie v kuchyni aneb Jak zjistit co je a co není kyselé? (žákovský miniprojekt)

I. Ze staré kuchařky...

Žebrácká polívka s chlebem (tak nazvaná Gramatika)

*Pokrájej chleba do hrnka, aby chleba něco přes polovic bylo, pak na něj nalij studenou vodu, dej trochu kmínu, osol a nech vařit, až se chléb rozvaří. Pak dej do hrnka jiného jedno vejce, tři lody másla, dva lody cukru a půl žejdlíku husté sladké smetany, dobře to rozmíchej a to do polívky vlij, nech při ustavičném míchání ještě chvilinku vařit, a tak Polívka je hotová. Přejeme dobré chuti!
(Podle "Domácí kuchařky" Magdaleny Dobromily Rettigové)*

Tak jak chutnalo? "Hm, polívka byla vynikající, sytá a dobré sladké chuti"; řekl by mistr kuchař. Ale co by řekl chemik? Pojd'si s námi na takového domácího chemika zahrát!

II. Než půjdeme do kuchyně...

Zajdi za maminkou nebo tatínkem a požádej je, aby ti pomohli vybrat několik vzorků roztoků běžně používaných u vás doma v kuchyni. Vyber vzorky, které se ti zdají kyselé a vzorky, které jsou jejich opakem. Pak je přines do školy na laboratorní cvičení. Dbej na to, jak se vzorky odebírají a přechovávají.

III. A jdeme na to...

Připrav vše potřebné, tzn. kádinky 100 ml, odměrný válec, skleněnou tyčinku pro míchání vzorku v kádince. Připrav tolik kádinek, kolik máš přinesených vzorků. Dbej na to, aby byly všechny omyté destilovanou vodou a suché. Potom si vezmi odměrný válec, pomocí něhož vždy odměř 2 ml vzorku, nalij do připravené kádinky a doplň do 100 ml destilovanou vodou. Z pevných látek musíš vytvořit také roztok. K tomu použiješ 100 ml destilované vody, ve které rozpustíš 2 gramy pevné látky.

IV. Naši by se divili...

Každý roztok, který připravíš, označ štítkem, který bude obsahovat název látky, jak a z čeho byla připravena a podpis toho, kdo látku připravoval. Poté je podle svého mínění a podle zkušeností "z kuchyně" seřaď do řady od vzorku nejkyselejšího až po vzorek, který se ti jeví z chemického hlediska jako jeho

nejvýraznější opak. Takto uspořádanou řadu vzorků nyní označ čísly, kde 1 bude vzorek nejkyselější.

V. Počítač, náš pomocník

Pomocí počítače nyní chemicky zjistíš, jak jsou roztok kyselé. K tomu bude použita stupnice nazvaná pH, stupnice, která v hodnotách od 0 do 14 udává kyselost roztoku. Roztoky s pH od 0 do 7 jsou z chemického hlediska kyselé, roztoky s pH od 7 do 14 jsou z chemického hlediska zásadité, roztok s pH 7 je z chemického hlediska neutrální.

Jak budeme měřit?

K měření budeme používat [školní experimentální systém Vernier](#). Připravte si rozhraní [Vernier Go!Link](#) a senzor [Vernier PH-BTA](#). Konektor senzoru zapojte do rozhraní Go!Link a to pomocí USB konektoru připojte k počítači. Na počítači spusťte program Logger Lite.

V programu Logger Lite zvolte Experiment Sběr dat a změňte mód „časová základna“ na „události se vstupy“. Nazvěte událost „číslo vzorku“, zkráceně „č.“, jednotky nechejte prázdné a klikněte na „Hotovo“.

Klikněte na oblast grafu pravým tlačítkem myši a vyberte „Nastavení grafu“. V záložce „Graf options“ zrušte volbu „Connect points“ a zvolte „Point protectors“. V záložce „Axes options“ zvolte u osy X hodnoty „vlevo“ 0 a „vpravo“ napište číslo odpovídající počtu vzorků. Potvrďte kliknutím na „Hotovo“.

Spusťte měření kliknutím za zelené tlačítko „Sběr dat“.

Nyní pro každý vzorek opakujte:

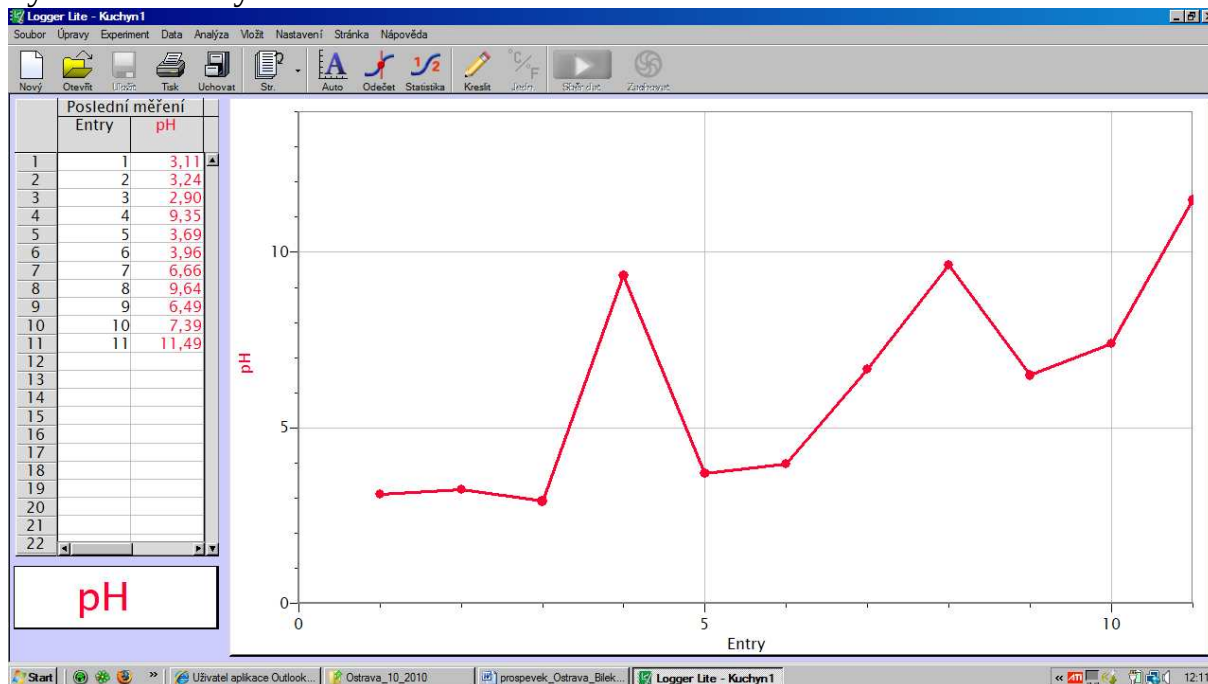
- Omyjte elektrodu senzoru vodou a ponořte ji do kádinky s roztokem.
- Nechte hodnotu pH ustálit (asi 20 sekund) a poté klikněte na modré kolečko „Zachovat“.
- Do okna pak vepište číslo právě měřeného vzorku. V grafu na monitoru počítače se zapíše příslušná hodnota pH.

Po proměření všech vzorků klikni na tlačítko „Zastavit“ a uchovej měření do souboru („Soubor“ – „Uložit jako“).

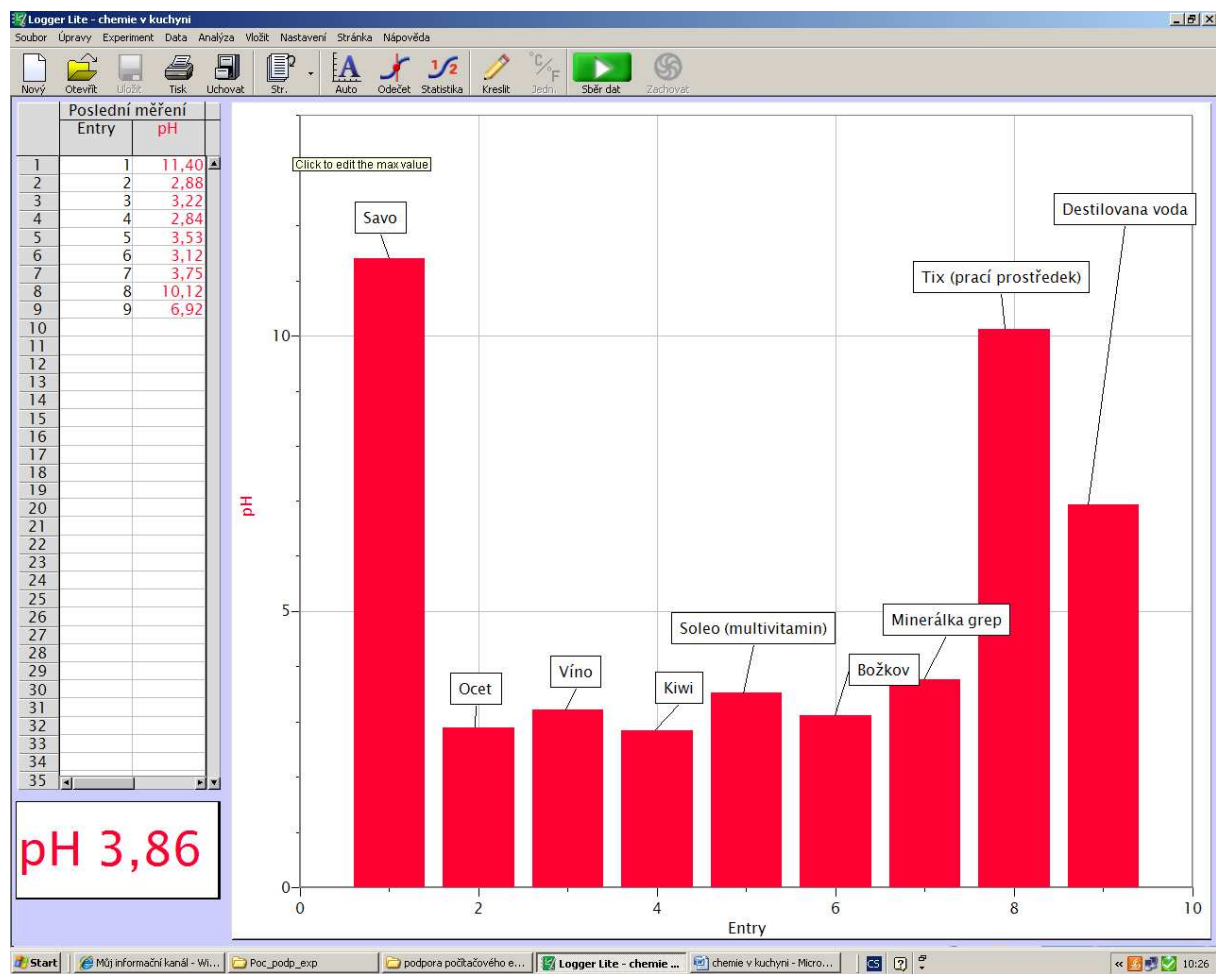
Opláchněte pH elektrodu vodou a uložte ji do skladovacího roztoku.

Měření a výsledky

V grafu na monitoru počítače jsou zaznamenány hodnoty pH jednotlivých vzorků. Porovnejte vzniklý grafický se stupnicí, kterou jste si vytvořili před měřením. Je nebo není vše tak kyselé, jak jste si předpokládali? Pokuste se vysvětlit rozdíly.



Obr. 17: Objektivizovaná stupnice pH pro „chemikálie z kuchyně“ – spojnicový graf



Obr. 18: Objektivizovaná stupnice pH pro „chemikálie z kuchyně“ – sloupcový graf

5.7.11 Teplotní změny při odpařování kapaliny

Úkol

Zjistit velikost a příčiny ochlazování povrchu teplotního čidla při odpařování kapaliny.

Pomůcky

Kádinka 100 ml, počítač, [USB teploměr Vernier Go!Temp](#).

Chemikálie

Různé kapaliny (ethanol, aceton, diethylether, glycerol, voda, toluen, ...) vytemperované na laboratorní teplotu.

Pracovní postup

K počítači připojte [teplotní čidlo Vernier Go!Temp](#). Spusťte program Logger Lite. Program automaticky rozpozná připojené čidlo a sám přednastaví dobu měření na 180 s s frekvencí 2 Hz (bude měřit 2× za sekundu). Tyto hodnoty nám vyhovují, nebudeme je tedy měnit.

Před měřením vyslovte hypotézu o velikosti teplotního poklesu u jednotlivých kapalin (jejich pořadí podle největšího naměřeného ochlazení povrchu čidla) a pokuste se zdůvodnit svoji hypotézu na základě tabelárních dat.

Pro každý vzorek postupně proveďte:

Do kádinky nalijte 50 cm³ vzorku a ponořte do něj teplotní čidlo. Počkejte na ustálení teploty, pak teplotní čidlo vyjměte a spusťte měření zeleným tlačítkem „Sběr dat“. Po skončení měření (ukončí se samo po 180 s) odečteme naměřený rozdíl, tj. pokles teploty. Ten si pro daný vzorek zaznamenejte do tabulky.

Sestavte tabulku, ve které uvedete k jednotlivým kapalinám hodnoty teplotního poklesu při odpařování a dalších, dle vašeho názoru souvisejících hodnot jiných veličin (z chemických tabulek). Zkoumejte závislost teplotního poklesu při odpařování na jednotlivých tabelovaných veličinách.

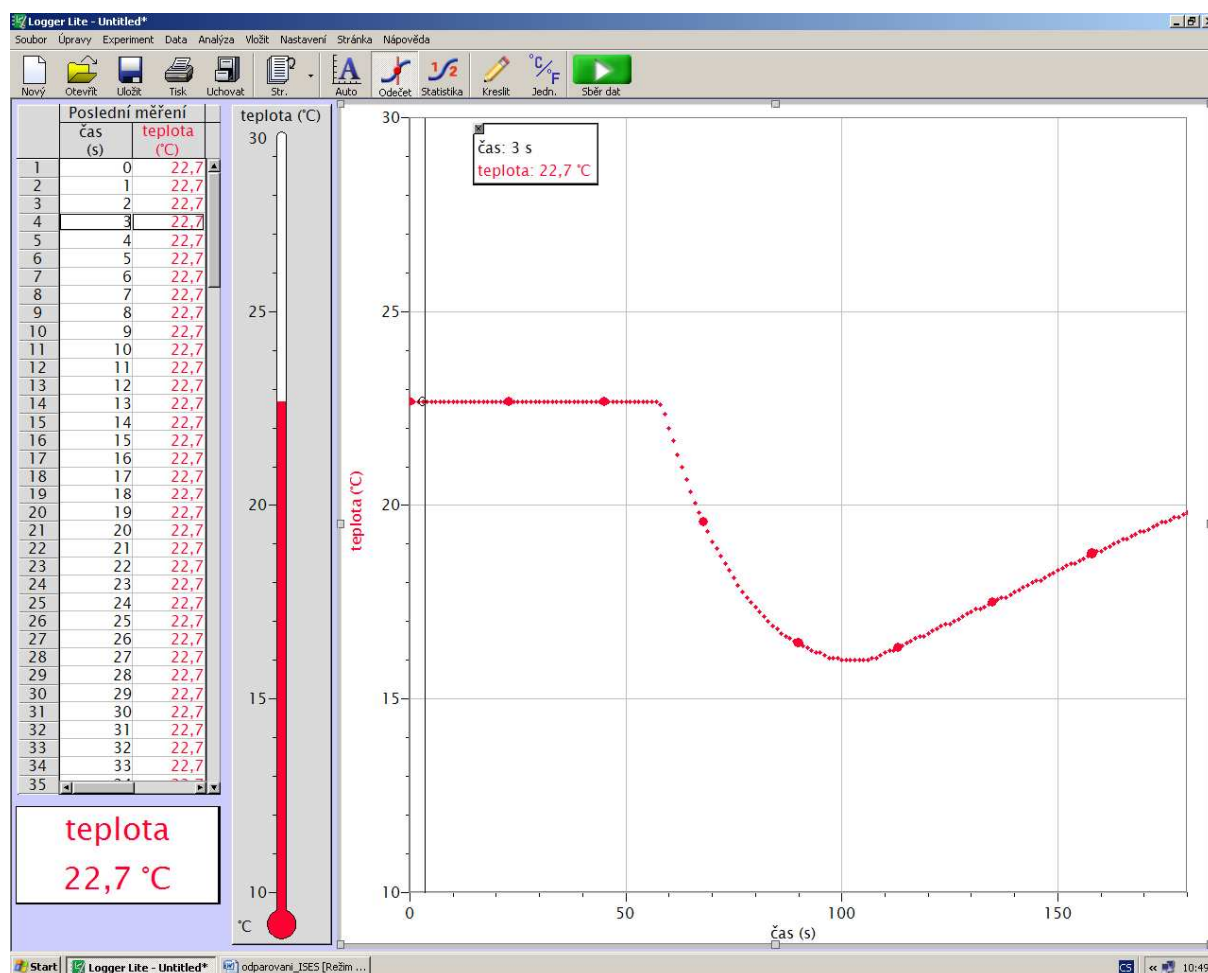
Vysvětlení

Kapalina se na vzduchu vypařuje z tenkého povrchu (např. 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.

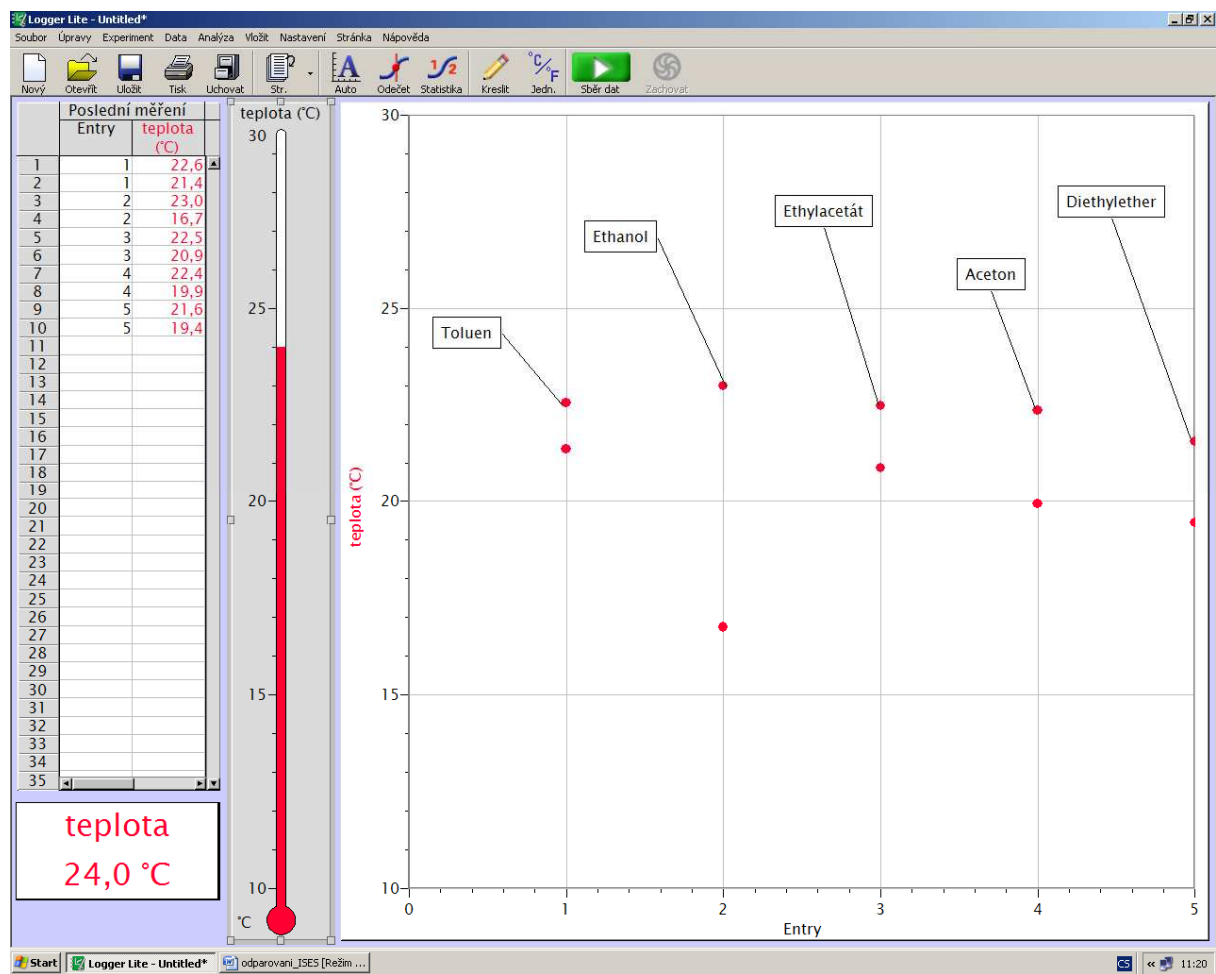
Měření a výsledky

Tab. 1: Vybrané vlastnosti zkoumaných kapalin v porovnání s teplotním poklesem na teplotním čidle

látka	T.v. (°C)	ΔT	Povrchové napětí ($\cdot 10^{-3}$ N/m)
Diethyléter	34,5	3,0	16,4
Aceton	56,3	4,1	23,3
Ethylacetát	77,1	2,6	28,0
Ethanol	78,3	7,2	22,55
Toluen	110,6	1,4	28,4



Obr. 19: Záznam teplotní změny při odpařování kapaliny z povrchu teplotního čidla



Obr. 20: Porovnání teplotních rozdílů u jednotlivých kapalin s využitím krokového měření

5.8 Navrhněte úlohu a procvičte si!

5.8.1 Jiné uspořádání pro měření tepelné kapacity kalorimetru

Cíl

Naučit se připravit laboratorní úlohu s počítačem podporovaným měřením teploty (měření veličiny v závislosti na čase).

Zadání

Navrhněte návod pro určení tepelné kapacity improvizovaného kalorimetru (např. plastového kelímku) s využitím kalorimetrické rovnice pro měření teploty s počítačovou podporou.

5.9 Jiné uspořádání pro získání titrační křivky acidobazické reakce

Cíl

Naučit se připravit laboratorní úlohu s počítačem podporovaným měřením pH (kroková měření).

Zadání

Navrhněte návod pro proměření acidobazické titrace s potenciometrickou (konduktometrickou, termometrickou) indikací bodu ekvivalence.

5.10 Závěrečné úkoly z části Počítačem podporovaný školní chemický experiment

Cíl

Zvládnout měření s vybraným měřícím systémem a umět zařadit úlohu na měření s počítačem do učiva chemie na příslušném stupni vzdělávání.

Zadání

Proveďte měření s počítačem v minimálně třech laboratorních úlohách (nebo demonstračních experimentech) s tím, že jednotlivě (nebo současně – dle možností) postihnete měření alespoň dvou různých veličin a zpracujte příslušné laboratorní protokoly.

Protokoly budou obsahovat:

- 1) Návod k provedení laboratorní úlohy nebo demonstračního experimentu.
- 2) Výsledky s komentářem, grafem naměřených dat, výpočtem a závěrem.
- 3) Zařazení provedeného experimentu do výuky v úrovni obsahové, metodické i organizační formy.

Poznámka k řešení: Návrhy je možné hledat také na Webech dostupných školních měřících systémů, které najdete na adresách:

- <http://www.vernier.cz>
- <http://www.ises.info>
- <http://www.cma.science.uva.nl>
- http://artemis.osu.cz/ComLab/Web-cz/index_cz.htm
- <http://pdf.uhk.cz/kch/CMS/CMS.html>

6 Použitá a doporučená literatura

- [1] Bílek, M. a kol.: IP - COACH a chemický experiment. Liberec: CMA Foundation prostřednictvím MFF UK Praha a PEPEKO, 1995, 130 s.
- [2] Bílek, M. a kol.: Výuka chemie s počítačem. Hradec Králové: Gaudeamus, 1997.
- [3] Bílek, M. et al.: Interaction of Real and Virtual Environment in Early Science Education: Tradition and Challenges. Hradec Králové : Gaudeamus, 2009, 145 s.
- [4] Bílek, M.: Chemické experimenty se systémem ISES. Praha: MFF UK a PC InOut, 1995, 90 s.
- [5] Bílek, M.: ICT ve výuce chemie. Hradec Králové: SIPVZ a Gaudeamus, 2005. 118 s.
- [6] Brestenská, B., Nagy, T., Ganajová, M.: Vyučovanie a učenie sa chémie v modernej škole s podporou informačných a komunikačných technológií. Bratislava: ÚIPŠ, 2002.
- [7] Cyrus, P., Slabý, A., Bílek, M.: Informační technologie v přípravě středoškolských učitelů technických předmětů. Hradec Králové: Gaudeamus, 1997.
- [8] Holec, S. a kol.: Vybrané problémy z didaktiky prírodovedných predmetov. Banská Bystrica: FPV UMB (Projekt Tempus 09272-95), 1999, 211 s.
- [9] Kmeťová, J., Tomeček, O.: Informačné a komunikačné zdroje učiva chémie na gymnáziách. In: Acta Universitatis Mathei Bel, Ser. Chem. 4, Banská Bystrica: FPV UMB, 2000, s. 131 – 135.
- [10] Kričfaluši, D.: Realizace profesní přípravy učitelů chemie v oblasti integrace ICT do vzdělávání. In: Mechlová, E. (ed.): ICTE 2003 – Proceedings, University of Ostrava, Ostrava, 2003, s. 114 – 118.
- [11] Myška, K. (ed.): Informační technologie ve výuce chemie – sborník mezinárodního semináře. Hradec Králové: Gaudeamus, 2004, 240 s.
- [12] Turčáni, M., Bílek, M., Slabý, A.: Prírodovedné vzdelávanie v informačnej spoločnosti. Edícia Prírodovedec č. 115, Nitra : FPV UKF, 2003, 220 s.