



mpc
METODICKO-PEDAGOGICKÉ CENTRUM



Európska únia
Európsky sociálny fond

Moderné vzdelávanie pre vedomostnú spoločnosť / Projekt je spolufinancovaný zo zdrojov EÚ

Mikuláš Bartal

Jednoduché prístrojové metódy

v školskom chemickom laboratóriu

Osvedčená pedagogická skúsenosť edukačnej praxe

Bratislava, 2013

Vydavateľ: Metodicko-pedagogické centrum, Ševčenkova 11,
850 01 Bratislava

Autor OPS/OSO: Mikuláš Bartal

Kontakt na autora: Stredná odborná škola chemická, Vlčie hrdlo 50, Bratislava
mikulas.bartal@gmail.com

Názov OPS/OSO: Jednoduché prístrojové metódy
v školskom chemickom laboratóriu

Rok vytvorenia OPS/OSO: 2013

Odborné stanovisko vypracoval: Mgr. Marta Remetová

Za obsah a pôvodnosť rukopisu zodpovedá autor. Text neprešiel jazykovou úpravou.

Táto osvedčená pedagogická skúsenosť edukačnej praxe/osvedčená skúsenosť odbornej praxe bola vytvorená z prostriedkov národného projektu Profesionálny a kariérový rast pedagogických zamestnancov. Projekt je financovaný zo zdrojov Európskej únie.

Kľúčové slová

modernizácia školského chemického laboratória, laboratórne prístroje, inštrumentálna analýza, chemické pokusy s prístrojmi, laboratórna technika, analytická chémia, analýza vzoriek, vyhodnotenie výsledkov v elektronickej forme, laboratórne prístroje riadené počítačom

Anotácia

Všetky vedecké odbory sa neustále rýchlo vyvíjajú a toto tvrdenie obzvlášť platí v prírodovedných disciplínach. Vyučovanie chémie a najmä jej praktickej časti, sa v posledných rokoch výrazne zmenilo. Objavili sa nové zákony, upravujúce prácu s chemikáliami, ktoré ovplyvnili aj činnosti učiteľov chémie v chemických školských laboratóriách. Prierezová téma, environmentálna výchova, neustále pripomína škodlivosť a nebezpečnosť niektorých chemických faktorov. Tieto dve hlavné hybné sily vplývajú aj na charakter práce v školských laboratóriách a vývojom vedy a techniky, postupne, chemikálie nahrádzajú moderné prístroje. Tie nielen ušetria finančné prostriedky a životné prostredie tým, že klesá množstvo použitých chemických látok, ale zvyšujú i časovú efektívitu a presnosť práce.

OBSAH

Úvod

1 Špeciálna časť	6
1.1 Zoznámenie sa s prístrojovou technikou Pasco®	6
1.2 Skúmanie fyzikálnochemických vlastností kvapalín	8
1.3 Analytické skúmanie roztokov	13
1.4 Určovanie fyzikálnych vlastností tuhých látok	18
2 Laboratórne metódy	21
2.1 Síran železnatý	21
2.2 Výmenník tepla	25
3 Súhrn možností iných meraní	28

Záver

ÚVOD

Nedávno sa objavila úplne nová laboratórna technika, vyvinutá predovšetkým pre školské laboratóriá, ktorá vyriešila i tú najväčšiu prekážku: finančnú dostupnosť pre školské zariadenia. Technika **Pasco**® umožňuje realizovať nekonečnú paletu prác, pričom je jednoduchá na obsluhu a údržbu a je spojená s počítačovým programom, čiže poskytnuté výsledky sú priamo spracovateľné i v elektronickej podobe.

Hlavným cieľom tejto práce je poskytnutie nápadov k tomu, ako je možné nahradiť neaktuálne/zakázané chemické pokusy a laboratórne práce inovatívnymi, modernými postupmi. Každá práca je spracovaná formou pracovného listu, čiže žiaci jednotlivé výtlačky môžu použiť aj ako surové protokoly, do ktorých majú možnosť zapísať namerané údaje, pozorovania.

Práca pedagógom poskytuje presné postupy a návody na laboratórne cvičenia, ktoré vďaka novej techniky dostávajú úplne iný rozmer. Často veľmi neaktuálne, až staromódne zariadené laboratóriá sa oživia, objavia sa počítačom riadené zariadenia, ktoré oslovia i tých žiakov, pre ktorých bola chémia iba neaktuálnou a žiaľ, dnes veľmi nepodporovanou vedou.

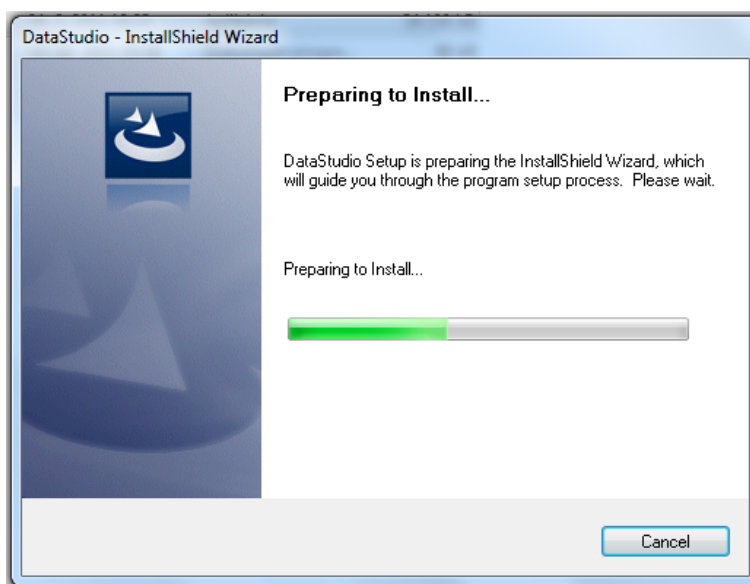
Skúsenosti s touto technikou v Strednej odbornej škole chemickej v Bratislave sú veľmi pozitívne a mnohé moduly sú zavedené do bežnej praxe, používajú sa na laboratórnych cvičeniach. Je možné veľmi kladne hodnotiť aj možnosť transportu údajov z riadiaceho softvéru do iných programov, ktoré takto sa následne môžu upravovať, spracovať a prepočítavať.

Vzhľadom na nízku hmotnosť a objem techniky, je prenosná, čiže sa môže používať i v obyčajných učebniach, bez laboratórneho zariadenia, alebo dokonca i v teréne, napríklad pri potoku, jazere pri environmentálnych skúmaníach.

1 ŠPECIÁLNA ČASŤ

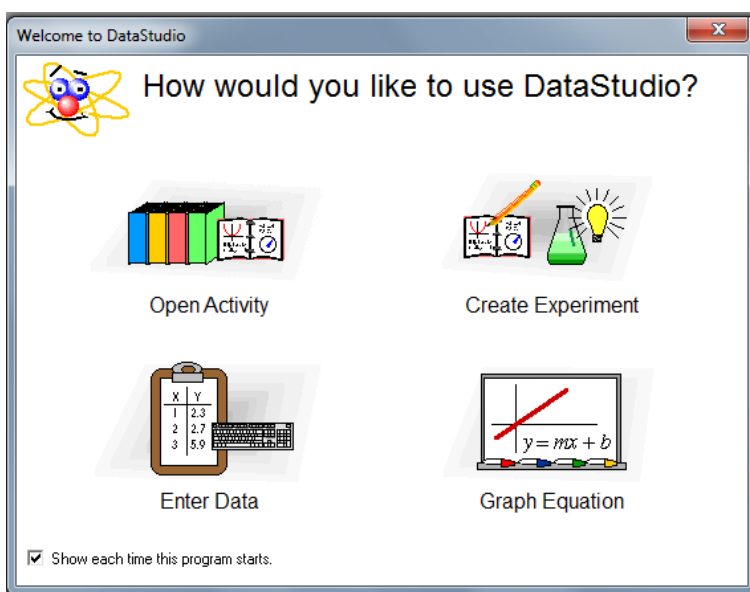
1.1 Zoznámenie sa s prístrojovou technikou Pasco®

Najdôležitejšou súčasťou laboratórnych meracích zostáv Pasco® je vždy praktický mini - notebook, čiže prenosný osobný počítač s menšími rozmermi. Do počítača sa najprv nainštaluje všeobecný ovládací softvér s názvom DataStudio. Verzia pre školy je voľne dostupná, napríklad na webovej stránke <http://www.pasco.com/support/downloads/datastudio-update.cfm>. Po stiahnutí inštaláčného programu do počítača sa na súbor dvakrát klikne, čím sa pustí inštalácia. Objaví sa okienko, informujúce o pustení inštalácie. Proces je veľmi jednoduchý, iba dvojkrokový.



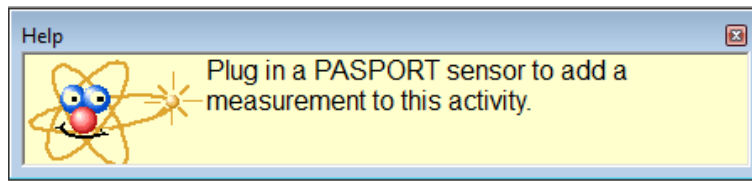
okienko prípravy inštalácie softvéru DataStudio

Po ukončení inštalácie sa pustí program DataStudio dvojitým kliknutím na ikonku softvéru, pričom sa objaví tabuľka s možnosťami pokračovania práce.



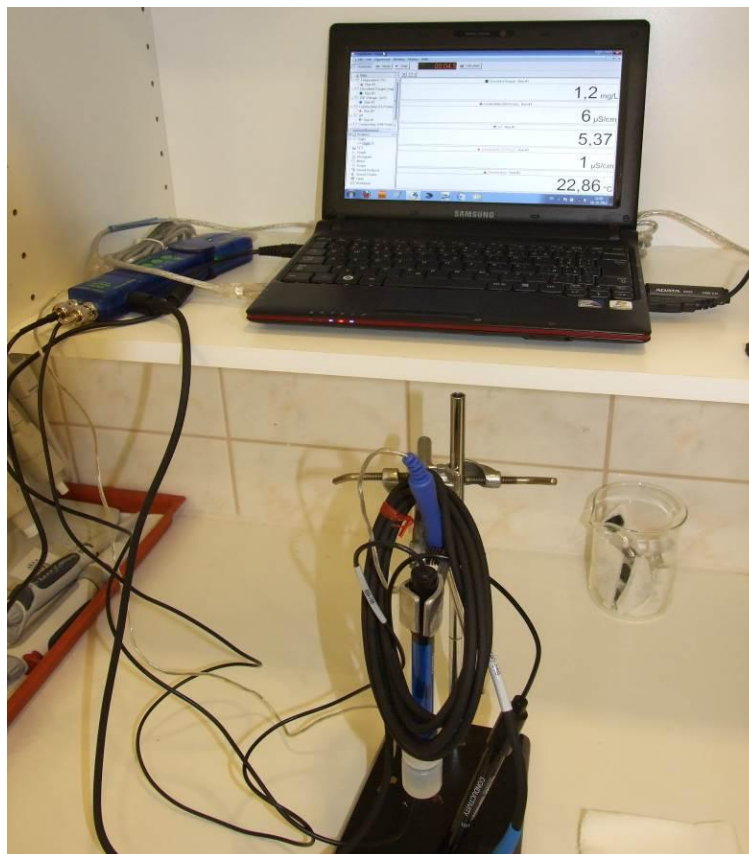
okienko softvéru DataStudio pred začatím pokusu

Zvolí sa možnosť vytvorenia experimentu. Počítač vyzve používateľa, aby pripojil merací modul a začal s meraním vybraných ukazovateľov.



výzva softvéru DataStudio, aby sa zapojil daný senzor

Typická základná zostava v laboratóriu je súprava pre environmentálne merania, čiže teploty, pH, vodivosti a rozpusteného kyslíka. Zostava sa skladá z počítača so softvérom DataStudio, z takzvaného USB linku (PS-2100A) a zo senzorov kvality vody (PS-2169), ktoré sú zapojené do PasPortu, čiže do medzičlánku, ktorý spája a transportuje merané signály do počítača.



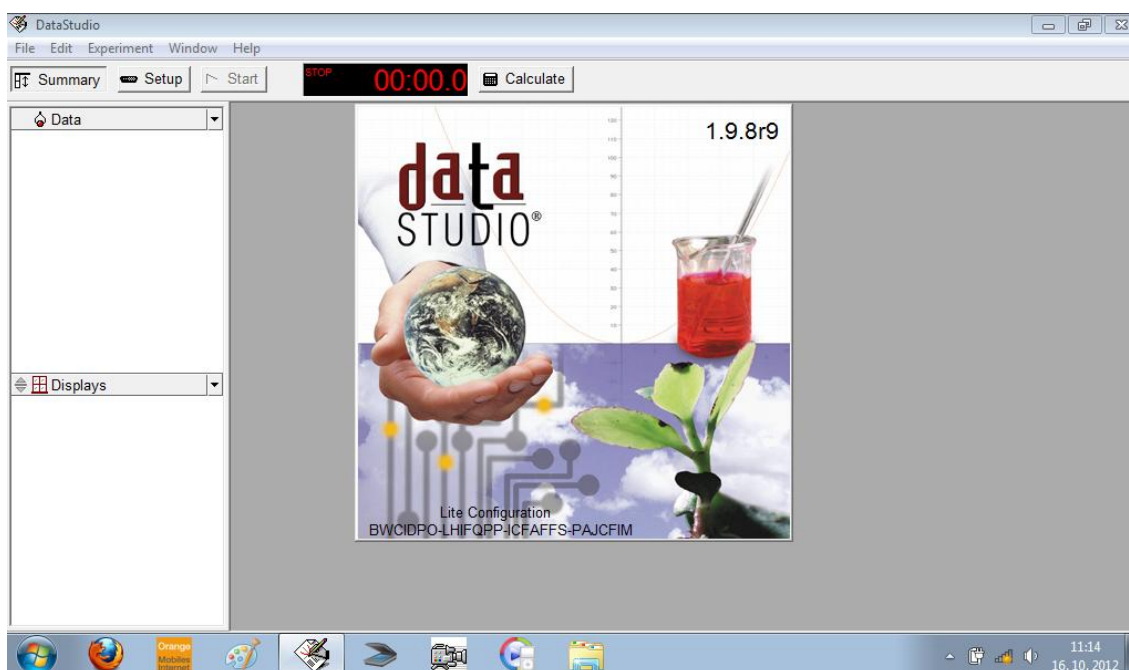
menší prenosný počítač a senzory súpravy s názvom kvalita vody

Po ukončení meraní sa záznamy uložia buď priamo v DataStudiu, alebo sa údaje transportujú do vhodného programu na vyhodnotenie, napríklad do MS-Excel.

Pri tvorbe dátových súborov porovnávacou metódou je možné využiť špeciálnu funkciu DataStudia, pomocou ktorej sa vytvorí kalibračná závislosť. Neznáme vzorky potom program automaticky prepočítava pomocou rovnice kalibračnej čiary.

1.2 Skúmanie fyzikálnochemických vlastností kvapalín

Na laboratórny stôl sa položia dve kadičky. Do jednej kadičky sa naleje 100 ml ľadovej vody a do druhej 100 ml horúcej vody. V počítači sa pustí program DataStudio.



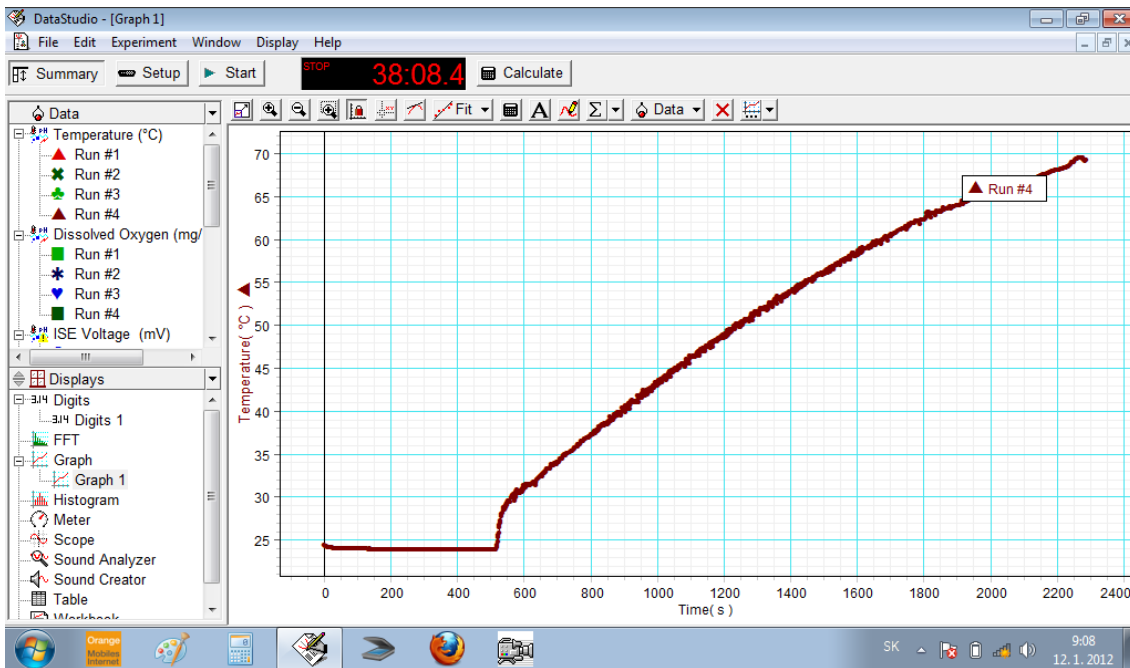
úvodné okienko softvéru DataStudio

Do USB vstupu sa zapojí USB link (PS-2100A) s PasPortom, do ktorého je zapojený senzor pre meranie **teploty** (PS-2125). Po tom, ako softvér rozpoznal meracie zariadenie, sa kovová časť senzora ponorí do ľadovej vody a meranie sa aktivuje voľbou ponuky START. Po ustálení teploty sa senzor preniesie do horúcej vody (aby sa docielila potrebná presnosť merania, ako nádoby sa môžu použiť termosky). V prípade, ak sú teploty odlišné ako 0°C a 100 °C, teplota sa v softvéri nastaví cez ponuku SETUP.



teplotný senzor

V každom školskom laboratóriu sa nachádza chladič typu rúrka v rúrke. Pod chladič sa umiestni vyvíjač pary (napríklad banka s vodou na elektrickom variči). Do nádoby sa umiestni malé ponorné čerpadlo (napríklad akvaristické), ktoré cirkuluje chladiacu vodu v plášti chladiča. K vývodu chladiacej vody sa pripevní teplotný senzor. Zariadenie sa uvedie do prevádzky a sledujú sa zmeny teplôt v závislosti od času. Ak je chladenie dostatočné, teplota chladiacej vody stúpa pomaly a konštantne.



výsledná krivka vývoja teploty v závislosti od času

Do PasPortu sa zapojí senzor **pH** (PS-2102). Do kadičky sa odmeria 100 ml roztoku kyseliny chlorovodíkovej s koncentráciou 0,1 mol/l. Kadička sa umiestni na elektromagnetickú miešačku a do roztoku sa pridá miešadlo (magnet obalený sklom, alebo plastom). Pustí sa meranie pH a zároveň sa miešanie nastaví na asi 100 otáčok/minútu. Z byrety sa rovnomerne pridáva roztok hydroxidu sodného s koncentráciou 0,1 mol/l. Objem sa zaznamenáva v závislosti od času.

Určí sa objem hydroxidu sodného, potrebný na neutralizáciu kyseliny chlorovodíkovej. Hodnotí sa bod ekvivalencie. Veľmi zaujímavým skúmaním je pozorovanie, okrem pH hodnoty, aj teploty. V tomto prípade pridávanie neutralizačného roztoku musí byť postupné, prerušované a reakcia sa musí uskutočniť v izolovanej sústave (termoska).



zostava na sledovanie pH a teploty

Koncentrácia rozpusteného **kyslíka** je dôležitým ukazovateľom pri hodnotení samočistiaceho procesu prírodných vôd. V izolovanom prostredí je možné charakter

tohto javu pozorovať v akváriách. Ak je v systéme dobre pracujúce čerpadlo, ktoré okrem cirkulovania vody do systému dostane aj kyslík, voda akvária zostane dlhodobo čistá. V opačnom prípade dochádza k eutrofizácii. Do PasPortu sa zapojí senzor pre meranie rozpusteného kyslíka (PS-2108).



senzor rozpusteného kyslíka

Senzor sa umiestni do prevarenej a vychladnutej destilovanej vody. Koncentrácia kyslíka je nulová, alebo veľmi nízka. Teraz sa senzor umiestni do destilovanej vody, cez ktorú sa prečerpával vzduch (napríklad pomocou malého vzdušného čerpadla a premývačky plynu).



nasýtenie vody kyslíkom

Zmeria sa koncentrácia rozpusteného kyslíka vo vode. Hodnota by sa mala priblížiť k 100 %. Ak sú hodnoty príliš odlišné, senzor sa musí kalibrovať a v softvéri sa musia nastaviť tieto dva body na hodnoty 0 % a 100 %.

Sledovanie koncentrácie rozpusteného kyslíka je možné realizovať i dlhodobejšie, najmä v už spomínanom akváriu. Softvér DataStudio je schopný zaznamenávať hodnoty nepretržite, 24 hodín denne. Môže sa porovnávať koncentrácia kyslíka pri zapnutej a vypnutej cirkulácii vody v akváriu. Zariadenie je tak citlivé, že je možné ho využiť aj pri stanovení množstva vznikajúceho kyslíka pri rôznych chemických reakciách.

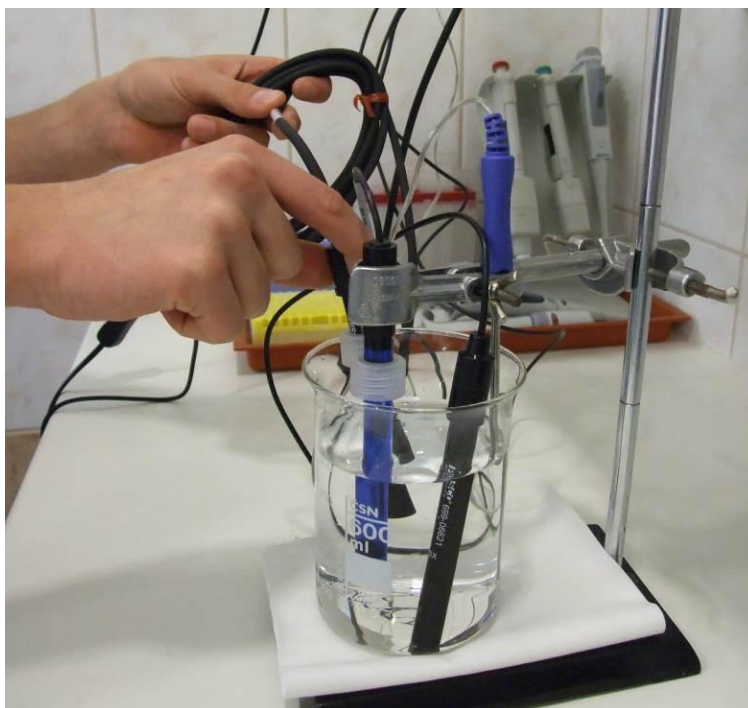
K základným fyzikálnochemickým vlastnostiam roztokov patrí aj schopnosť viesť elektrický prúd. V chémii sa tento ukazovateľ najčastejšie spomína ako **vodivosť**, konduktivita. Do PasPortu sa zapojí senzor vodivosti (PS-2116A).



senzor elektrickej vodivosti

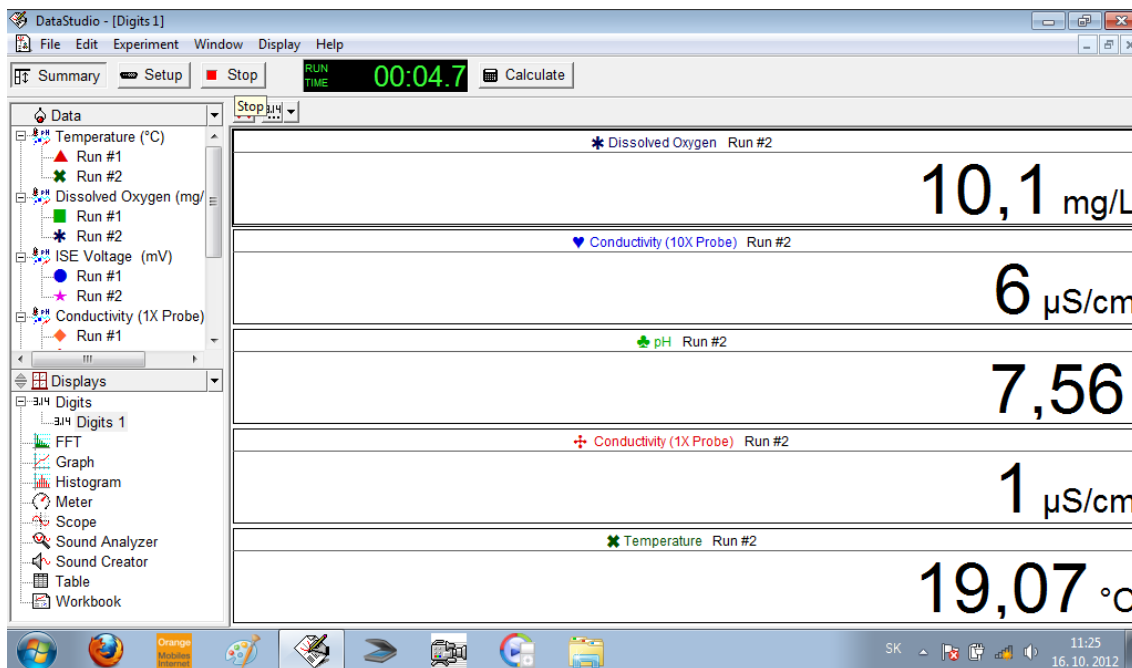
Elektróda sa ponorí do destilovanej vody o odmeria sa elektrická vodivosť v $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Potom sa v systéme rozpustí 0,1 g chloridu sodného. Po ustálení vodivosti sa rozpustí ďalších 0,1 g látky a takto sa postupuje opakovanie, niekoľkokrát. Po ukončení merania sa zostrojí krivka závislosti vodivosti od množstva rozpustenej látky.

Ideálnym riešením je zapojenie PasPortu so všetkými meracími senzormi, opísanými v tejto kapitole. Táto zostava nepretržite a súčasne dokáže merať a zaznamenávať teplotu, pH, vodivosť a koncentráciu rozpusteného kyslíka v kvapalnej sústave. Môže sa tak monitorovať stav napríklad akvária, roztoku s chemickou reakciou a podobne.



všetky meracie senzory kvality vody v jednej sústave

Vzhľadom na nízku hmotnosť zariadení sú využiteľné aj pri monitorovaní životného prostredia, najmä čo sa týka vodnej zložky. V rámci environmentálnej výchovy sa senzory môžu využiť pri sledovaní vlastností povrchových vôd.



meracie okienko softvéru DataStudio pri pozorovaní štyroch ukazovateľov vody naraz

Ak sa jedná o systémy s určitým prietokom (potoky, rieky), je veľmi praktickou pomôckou aj **prietokomer**. Do PasPortu sa zapojí prietokomer s teplomerom (PS-2130). Koniec (vrtuľa) zariadenia sa ponori do vodného toku. V DataStudiu sa zvolí ponuka START, pričom počítač začne zhromažďovať dáta o prietoku v $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. Okrem toho sa zaznamenáva aj teplota vody.



sledovanie prietoku ku Malého Dunaja

Zaujímavým údajom je meranie prietoku v rôznych hĺbkach a v rôznych vzdialenostiach od brehu. Teleskopická tyč prietokomera je vybavená stupnicou, na ktorej je možné priamo odčítať hĺbku vody.

Meranie základných fyzikálnochemických parametrov kvapalín môže poskytnúť zaujímavé údaje v školskom chemickom laboratóriu. Jedinečnosťou tejto techniky spočíva v tom, že všetky štyri uvedené parametre sa merajú súčasne, údaje zhromažďuje ten istý počítačový softvér, čo umožňuje jednoduché hľadanie súvislostí a závislostí medzi jednotlivými znakmi.

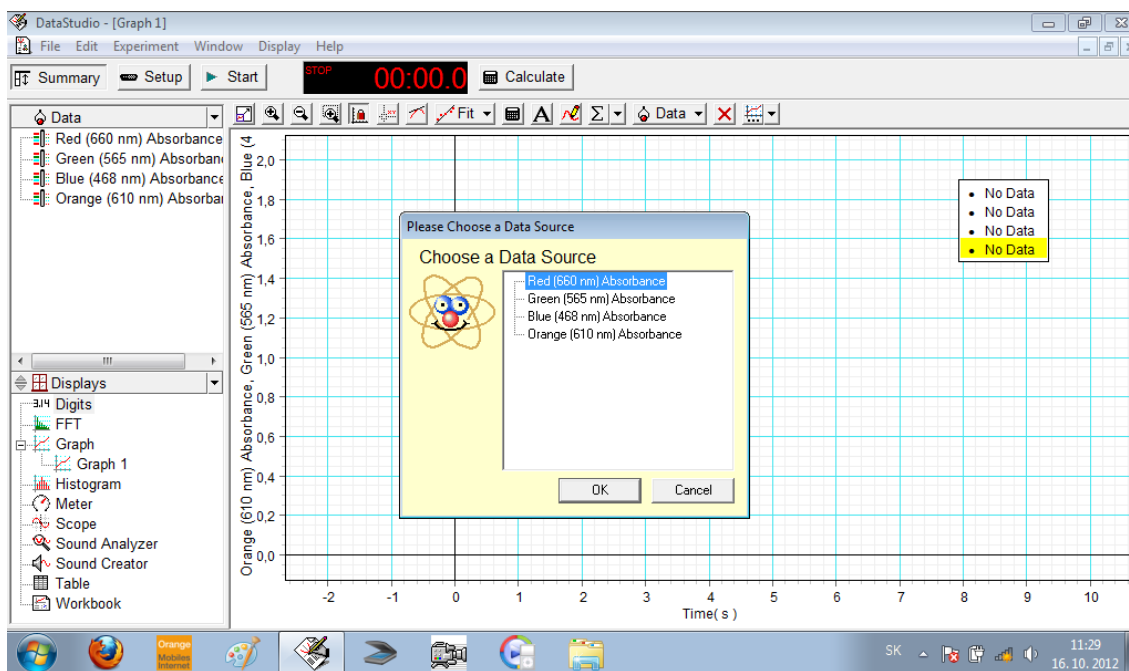
1.3 Analytické skúmanie roztokov

Analytická chémia predstavuje špeciálny odbor chémie, ktorý je typický skôr pre laboratórne cvičenia v odborných školách technického zamerania. Posledné roky v mnohých školách sa stalo módou vyučovanie formou projektov. V oblasti chémie tieto školské projekty majú najčastejšie charakter skúmania, analýz. Najspoľahlivejšou a zároveň v každom školskom laboratóriu realizovateľnou metódou skúmania sú dôkazové reakcie, poskytujúce farebné komponenty. Žiaľ často krát charakter výsledkov je iba kvalitatívny a koncentrácia stanovovanej zložky sa nerieši. Tento absentujúci krok rieši jednoduchý **kolorimeter** Pasco®, kvantifikujúci intenzitu zafarbenia roztokov, ktorá je často závislá od koncentrácie.



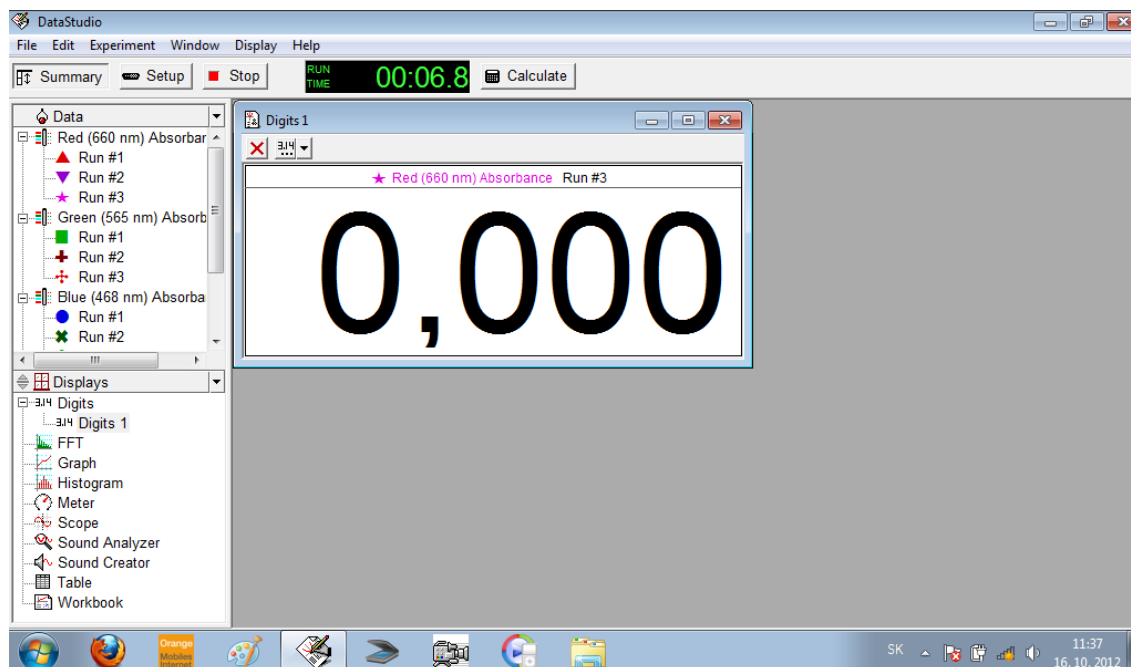
zapojený kolorimeter

Do USB linku (PS-2100A) sa zapojí kolorimeter, ktorý po výzve softvéru sa zapojí do USB portu počítača. Zvolí sa vhodná vlnová dĺžka merania výberom z preddefinovanej tabuľky a otvorí sa okienko digitálneho zobrazovania absorpcie.



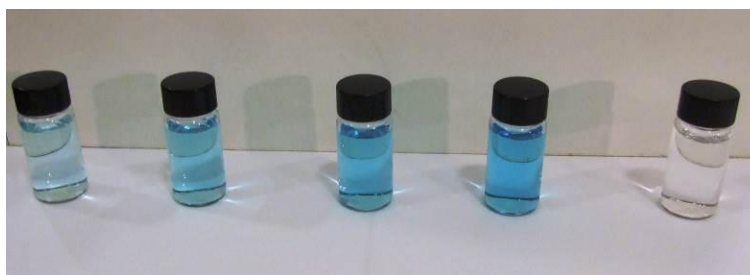
okienko softvéru DataStudio pre výber vhodnej vlnovej dĺžky

Ku kolorimetru sú v dodané štandardizované fľaštičky, kyvety. Do kyvety sa najprv vždy naleje takzvaný slepý pokus, čiže vzorka, ktorá neobsahuje skúmanú látku, iba maticu a činidlá. Stlačí sa zelené tlačidlo na zariadení, ktoré nastaví nulovú pozíciu absorbancie, čiže priepustnosť, transmisia je 100 %. Prístroj je po kliknutí myšou na START pripravený na meranie.



digitálne zobrazovanie absorbancie pri vlnovej dĺžke 660 nm

Pripravujú sa roztoky obsahujúce rôzne koncentrácie (nízke, zafarbenie roztokov má byť na hranici vizuálnej pozorovateľnosti) meďnatého a železitého katiónu. K roztokom meďnatého katiónu sa pridá 1 ml koncentrovaného roztoku amoniaku a k roztokom železitého katiónu 1 ml 10 % roztoku thiokyanatanu draselného. Vzniknú farebné roztoky, vhodné na kolorimetrické meranie.



intenzita zafarbenia roztokov závisí od koncentrácie fosforu

Ak sa roztoky pripravujú starostlivo a presne, absorbancie sa môžu použiť ako referenčné hodnoty pre jednotlivé koncentračné úrovne. Následne porovnávacou metódou sa môže určiť koncentrácia týchto elementov v neznámom roztoku, čiže vo vzorke.

Samotné meranie absorbancií, čiže miery pohlcovania svetelného lúča v roztoku sa realizuje v dvoch jednoduchých krokoch. Ampulky sa naplnia analyzovanými roztokmi a dobre sa očistia papierovou vatou. Potom sa po jednom vložia do prístroja a po uzavretí malého poklopu sa odčíta hodnota absorbancie z obrazovky počítača.



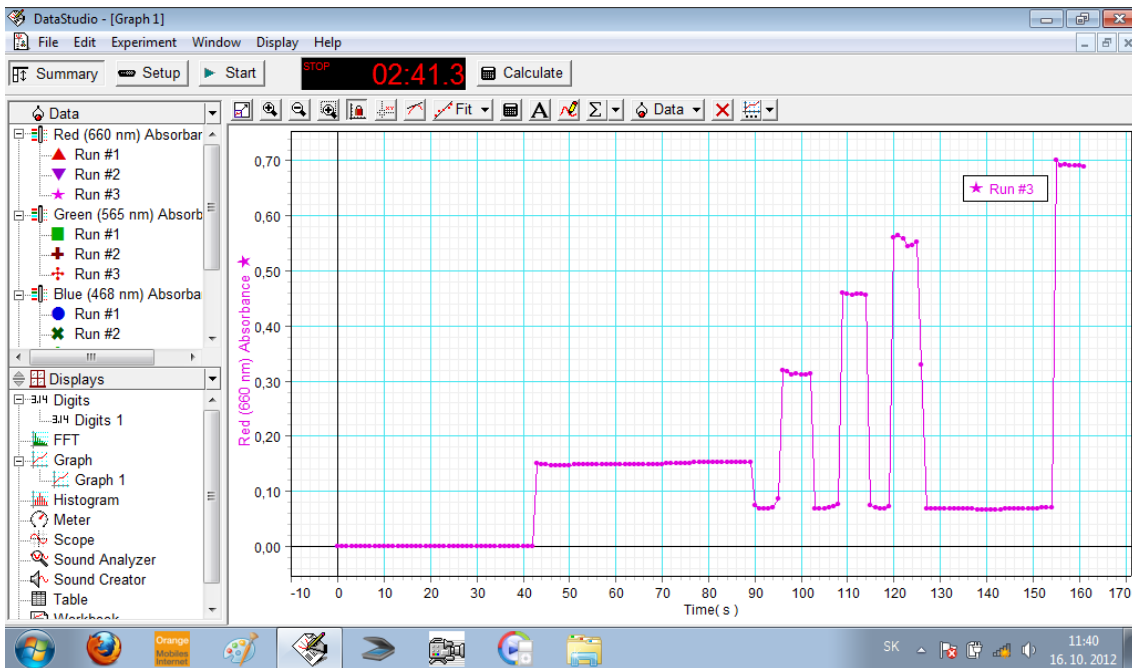
vkladanie kvetky do kolori metra



dôležité je správne umiestnenie kvetky, ktorá sa musí pred meraním očistiť

Prístroj meria súčasne pri všetkých vlnových dĺžkach (preddefinovaných), čiže je možná spätná kontrola citlivosti jednotlivých vlnových dĺžok na skúmaný farebný komplex. Ak sa hodnoty absorpcií vynesú na grafický systém v závislosti od vlnovej dĺžky, vznikne orientačné spektrum skúmanej látky vo viditeľnej oblasti spektra.

Okrem digitálneho zobrazenia absorpcií počítač údaje automaticky zaznamenáva aj do grafu. Tento spôsob zobrazenia má výpovednú hodnotu najmä vtedy, ak sa skúma stabilita látok, alebo rýchlosť reakcií. Otestovať sa to dá napríklad reakciou kyseliny chlorovodíkovej s tiosíranom sodným. Pripravujú sa roztoky s rovnakou koncentráciou, ktoré sa následne riedia na polovičnú koncentráciu a ďalej opäť na polovičnú. Takto sa postupuje až kým nevzniknú roztoky, ktoré už vôbec nereagujú. Z jednotlivých koncentračných úrovní sa odoberú 2 ml a zmiešajú sa priamo v ampulkách prístroja. Okamžite, po premiešaní sa ampulky vložia do prístroja a sleduje sa čas, ktorý je potrebný na vznik opalescencie. Výstupom je závislosť času od koncentrácie reaktantov.



výsledný graf prognózy absorpcií pri meraniach

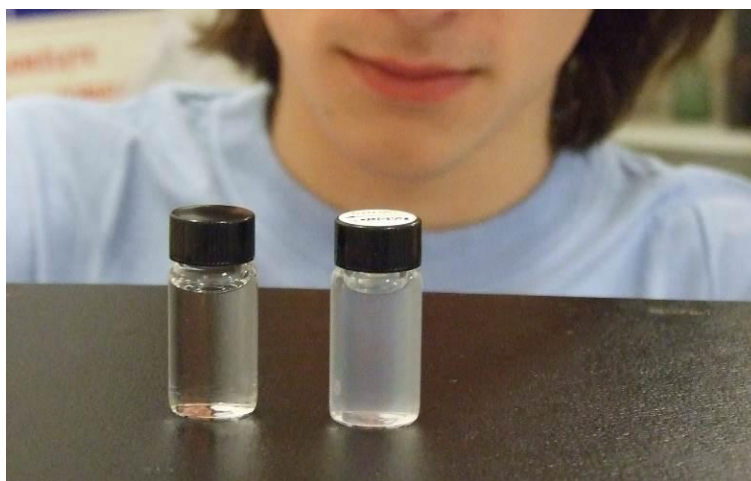
Ak sa sleduje, naopak, nestabilita látok, je potrebné sledovať absorbcziu takého systému, ktorý postupne stráca počiatočnú intenzitu zafarbenia, ako je napríklad fenolftaleín v silne alkalickom prostredí.



údaje sa odčítavajú priamo z obrazovky počítača

Systém Pasco® ponúka možnosť kvantifikácie aj miery zakalenia. Pri takýchto metódach sa použije modul s názvom **turbidimeter** (PS-2122), ktorý sa zapája podobne ako kolorimeter. K prístroju je štandardne dodaná aj kalibračná súprava roztokov s určitým zakalením.

Veľmi vďačnou a zároveň dostatočne citlivou a presnou metódou je stanovenie rozpustených chloridov turbidimetrickou analýzou.



štandardné roztoky pre kalibráciu turbidimetra

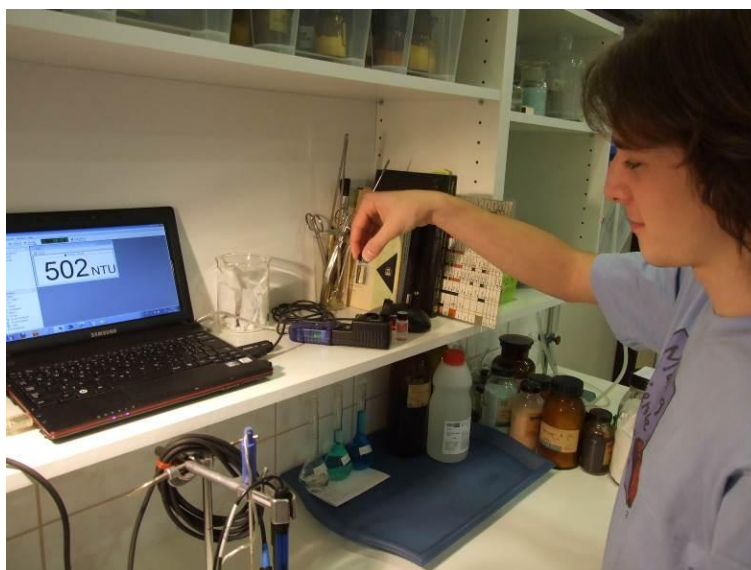
Do fliaštičiek turbidimetra sa pripraví rôzne koncentrácie chloridu sodného (samozrejme nízke koncentrácie na úrovni niekoľkých mg Cl⁻/l). K roztokom sa pridajú 3 kvapky 1 % roztoku dusičnanu strieborného. Vznikne málo rozpustná zlúčenina, chlorid strieborný. Roztoky sa zároveň zakalí.



turbidimeter v prevádzke

Ak kalibračné (nastavovacie) roztoky boli pripravené dostatočne presne, vystupujúce údaje je možné použiť na zostrojenie kalibračnej krivky, na základe ktorej sa môže určiť koncentrácia neznámeho roztoku, vzorky.

Okrem sekundárneho merania miery zakalenia je možné tento modul využiť aj na pozorovanie rýchlosti sedimentácie. Skúmajú sa málo rozpustné látky, ktoré sa miešaním rozptýlia v rozpúšťadle, zvyčajne vo vode. Potom sa nádobka vloží do prístroja a zaznamenáva sa čas, potrebný na úplnú sedimentáciu. Údaje miery zakalenia opäť budú závislé od času.



kvantifikácia zakalenia roztoku

1.4 Určovanie fyzikálnych vlastností tuhých látok

Systém Pasco® rieši i pre školy veľmi netypické, až neštandardné merania. Príkladom môže byť určenie miery, alebo intenzity **rádioaktivity** tuhých látok. Ako určite je každému jednoznačne zrejmé, používanie rádioaktívnych materiálov v školách je úplne zakázané. I napriek tomuto zákazu existuje pestrá paleta využitia Geiger-Müllerovho počítača v školských chemických laboratóriách. Ku spojzdneniu prístroja je potrebný špeciálny adaptér (PS-2159), ktorý sa zapojí do USB linku. S touto sústavou sa spojí samotná Geiger-Müllerova trubica (PS-2166).



zapojenie Geiger-Müllerovho počítača do počítača

Pri meraniach s týmto zariadením je kľúčové zachovanie konštantnej vzdialenosti prístroja od skúmaného objektu, nakoľko hrúbka vzduchovej prekážky môže ovplyvniť počet dopadajúcich častíc.

Po otvorení softvéru v počítači sa zapojí adaptér s prístrojom. Počítač rozpozná zariadenie a vyzve používateľa, aby zadal spôsob zobrazenia údajov. Zvolí sa štvrté políčko, pri ktorom sa zobrazuje počet dopadov rádioaktívnych častíc do trubice za jednotku času. Samozrejme počet impulzov je zďaleka menší ako skutočný počet. Tieto zariadenie nemajú vysokú účinnosť, podľa testov, ktoré boli požiadané Európskym Lýceom v Bratislave, sú na úrovni 0,05 %. S týmto údajom je ale možné počítať pri meraniach a namerané údaje následne korigovať. Presnosť merania



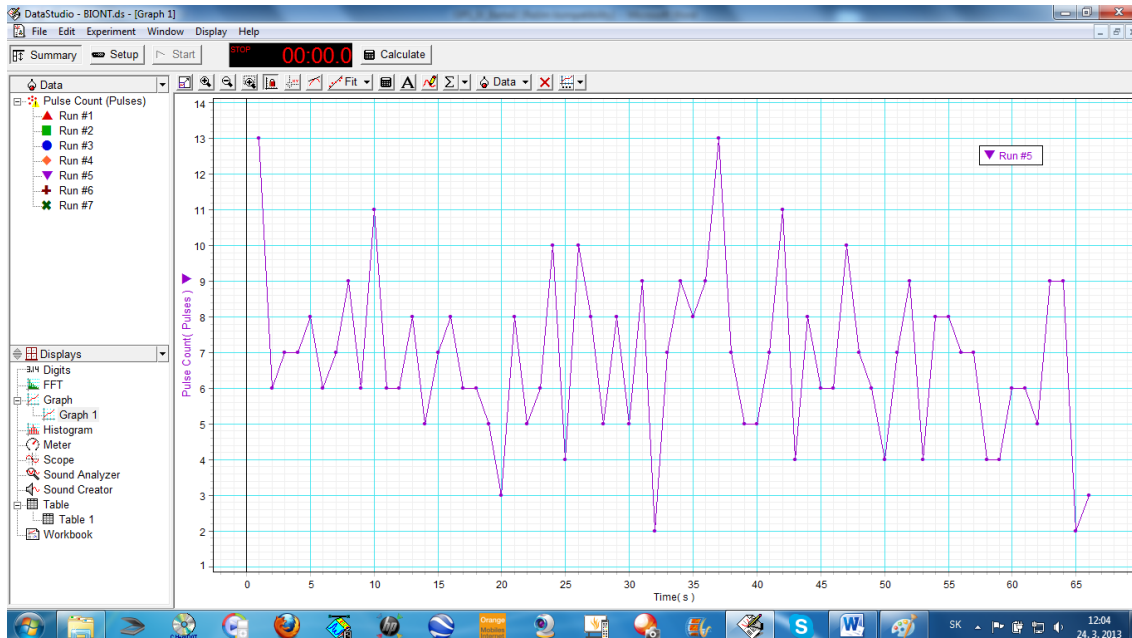
kalibrácia zariadenia na štandardné rádioaktívne žiariče s veľmi nízkou aktivitou

Pri meraniach sa najprv stanoví žiarenie pozadia. Prístroj sa položí do stabilnej polohy a pustí sa meranie. Žiarenie sa sleduje 60 sekúnd. Vypočíta sa priemer dopadov za sekundu. V Bratislave sa stanovila hodnota $0,25 \text{ s}^{-1}$. Jednotkou merania je Bq, čiže počet impulzov za sekundu. Teraz sa pristupuje k meraniu aktivity vzoriek. Najvodnejšími vzorkami sú materiály, obsahujúce draslík. Vzorky ale musia byť pred meraním upravené, zahustené. Niektoré minerálne vody s vysokým obsahom draslíka, alebo banány, huby či samotné anorganické zlúčeniny draslíka môžu obsahovať i rádioaktívny izotop tohto prvku. Minerálne vody sa upravujú úplným odparením vody a následným získaním solí.

Pulse Count Run #1		Pulse Count Run #2		Pulse Count Run #3		Pulse Count Run #4		Pulse Count Run #5		Pulse Count Run #6		Pulse Count Run #7	
Time (s)	(Pulses)	Time (s)	(Pulses)	Time (s)	(Pulses)	Time (s)	(Pulses)	Time (s)	(Pulses)	Time (s)	(Pulses)	Time (s)	(Pulses)
1.000000	1.0	1.000000	0.0			1.000000	2.0	1.000000	13.0	1.000000	0.0	1.000000	4.0
2.000000	0.0	2.000000	0.0			2.000000	0.0	2.000000	6.0	2.000000	1.0	2.000000	1.0
3.000000	1.0	3.000000	1.0			3.000000	1.0	3.000000	7.0	3.000000	0.0	3.000000	2.0
4.000000	0.0	4.000000	0.0			4.000000	0.0	4.000000	7.0	4.000000	0.0	4.000000	5.0
5.000000	0.0	5.000000	0.0			5.000000	2.0	5.000000	8.0	5.000000	0.0	5.000000	3.0
6.000000	0.0	6.000000	0.0			6.000000	4.0	6.000000	6.0	6.000000	0.0	6.000000	5.0
7.000000	0.0	7.000000	0.0			7.000000	2.0	7.000000	7.0	7.000000	0.0	7.000000	5.0
8.000000	0.0	8.000000	0.0			8.000000	1.0	8.000000	9.0	8.000000	0.0	8.000000	4.0
9.000000	0.0	9.000000	1.0			9.000000	3.0	9.000000	6.0	9.000000	1.0	9.000000	2.0
10.000000	0.0	10.000000	1.0			10.000000	0.0	10.000000	11.0	10.000000	0.0	10.000000	2.0
11.000000	0.0	11.000000	2.0			11.000000	5.0	11.000000	6.0	11.000000	1.0	11.000000	9.0
12.000000	0.0	12.000000	1.0			12.000000	3.0	12.000000	6.0	12.000000	0.0	12.000000	3.0
13.000000	0.0	13.000000	1.0			13.000000	3.0	13.000000	8.0	13.000000	1.0	13.000000	5.0
14.000000	0.0	14.000000	2.0			14.000000	2.0	14.000000	5.0	14.000000	0.0	14.000000	4.0
15.000000	0.0	15.000000	0.0			15.000000	4.0	15.000000	7.0	15.000000	2.0	15.000000	6.0
16.000000	0.0	16.000000	3.0			16.000000	1.0	16.000000	8.0	16.000000	1.0	16.000000	3.0
17.000000	0.0	17.000000	1.0			17.000000	1.0	17.000000	6.0	17.000000	0.0	17.000000	1.0
18.000000	1.0	18.000000	1.0			18.000000	0.0	18.000000	6.0	18.000000	0.0	18.000000	5.0
19.000000	1.0	19.000000	1.0			19.000000	1.0	19.000000	5.0	19.000000	1.0	19.000000	7.0
20.000000	0.0	20.000000	1.0			20.000000	0.0	20.000000	3.0	20.000000	0.0	20.000000	3.0
21.000000	1.0	21.000000	0.0			21.000000	1.0	21.000000	8.0	21.000000	0.0	21.000000	9.0
22.000000	0.0	22.000000	0.0			22.000000	0.0	22.000000	5.0	22.000000	2.0	22.000000	6.0
23.000000	3.0	23.000000	2.0			23.000000	3.0	23.000000	8.0	23.000000	0.0	23.000000	4.0
24.000000	0.0	24.000000	1.0			24.000000	1.0	24.000000	10.0	24.000000	0.0	24.000000	6.0
25.000000	1.0	25.000000	0.0			25.000000	1.0	25.000000	4.0	25.000000	0.0	25.000000	2.0
26.000000	1.0	26.000000	2.0			26.000000	3.0	26.000000	10.0	26.000000	0.0	26.000000	4.0
27.000000	0.0	27.000000	1.0			27.000000	0.0	27.000000	8.0	27.000000	0.0	27.000000	4.0

výstup merania aktivity v programe DataStudio

Najvyššia aktivita, ktorá sa namerala v školskom prostredí bola vo vzorke chloridu draselného s priemernou hodnotou 0,40 Bq. Meranie sa uskutočnilo z bezprostrednej blízkosti a hrúbka vrstvy látky bola 1,5 cm. Ak sa výsledok upraví podľa účinnosti, aktivita vychádza na 800 Bq. Pri presnejších meraniach sa výsledok udáva v Bq/kg, Bq/m² alebo v Bq/l.



grafické znázornenie impulzov v programe DataStudio



meranie aktivity chloridu draselného

Podobne zaujímavým meraním je určenie sily **magnetického poľa**. Skúmanie je prospešné pri pozorovaniach kovov s magnetickými vlastnosťami. Dvojosový senzor magnetického poľa (PS-2162) umožňuje sledovanie magnetických polí. Zapája sa do USB linku a následne do počítača. Ako v predchádzajúcom prípade, aj teraz je veľmi dôležitá štandardná vzdialenosť vzorky od prístroja.

Softvér používa jednotky gauss, alebo mT (militesla). Po zapojení prístroja sa pomocou zeleného tlačidla, priamo na senzore, nastaví nulová pozícia. Následne sa k prístroju priloží vzorka s magnetickými vlastnosťami. V závislosti od pólu, ktorá je bližšie k prístroju, sa objavia negatívne alebo pozitívne čísla, priamo použiteľné na hodnotenie

magnetických vlastností. V ponuke SETUP je možné upraviť jednotky, podľa požiadavky operátora.



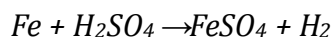
zapojenie dvojosového senzoru magnetického pola

2 LABORATÓRNE METÓDY

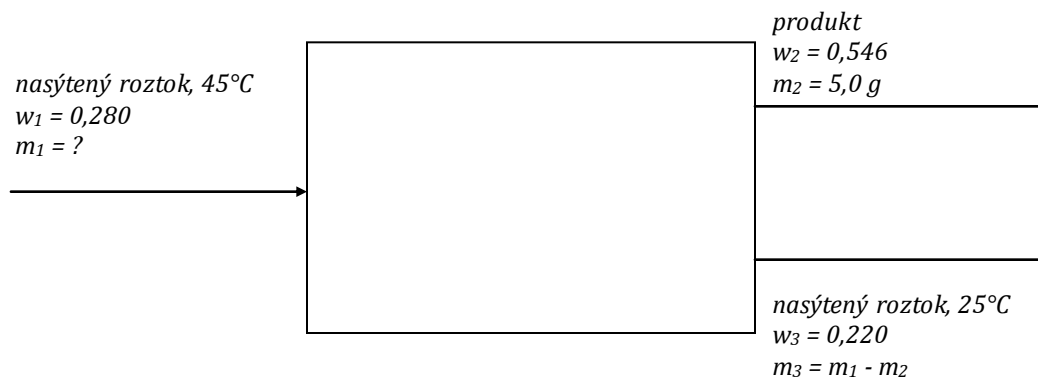
2.1 Síran železnatý

Heptahydrát síranu železnateho je dôležitá anorganická zlúčenina, triviálne nazývaná ako zelená skalica. Používa sa v poľnohospodárstve a v chemickom priemysle ako základná, východisková látka pri rôznych reakciách. Laboratórna príprava tejto látky prezentuje základy anorganickej syntézy, následná výstupová kontrola vystihuje dôležitosť presnej a precíznej práce v školskom chemickom laboratóriu.

Zadaním je pripraviť 5,0 g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ochladením nasýteného roztoku tejto zlúčeniny pri 45 °C na 25 °C. V prvom kroku sa zoznámia s chemickou reakciou syntézy.



Z rozsahu chemickej reakcie sa vypočíta, aké množstvo H_2SO_4 a Fe prášku je potrebné do reakcie dodať, aby vzniklo žiadané množstvo $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Pred týmto krokom je nevyhnutné preskúmať bilančnú schému kryštalizácie.



Hmotnostné zlomky sa určia na základe krivky rozpustnosti produktu z chemických tabuliek. Hmotnosť nasýteného roztoku sa vypočíta podľa nasledovného vzorca:

$$m_1 \cdot w_1 = m_2 \cdot w_2 + m_3 \cdot w_3$$

V ďalšom kroku sa, pomocou hmotnostného zlomku, vypočíta, aké celkové množstvo FeSO_4 bude obsahovať nasýtený roztok tejto látky pri 45°C .

$$w_{\text{FeSO}_4} = m_{\text{FeSO}_4} / m_{\text{roztoku FeSO}_4}$$

Teraz, keď už je presne známe i množstvo celkového množstva zlúčeniny, sa pristupuje k počítaniu rozsahu chemickej reakcie.

$$\xi_{\text{FeSO}_4} = n_{\text{FeSO}_4} / \nu_{\text{FeSO}_4}$$

Z chemickej reakcie je zrejmé, že vypočítaný rozsah je platný pre všetky reaktanty. Prepočítať látkové množstvo na hmotnosť v prípade Fe nie je problém. Avšak pri H_2SO_4 je potrebné brať do úvahy i fakt, že táto látka je k dispozícii vo forme 96 % roztoku. Z uvedenej konštatácie vyplýva, že sa použije okrem prepočtu na hmotnosť, aj prepočet na objem.

$$n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = m_{\text{H}_2\text{SO}_4} / M_{\text{H}_2\text{SO}_4}$$

$$\rho_{\text{H}_2\text{SO}_4} = m_{\text{H}_2\text{SO}_4} / V_{\text{H}_2\text{SO}_4}$$

$$w_{\text{H}_2\text{SO}_4} = m_{\text{H}_2\text{SO}_4} / m_{\text{roztoku H}_2\text{SO}_4}$$

Do systému je potrebné i pridanie H_2O . Množstvo sa vypočíta z celkovej bilancie.

$$m_{\text{Fe}} + m_{96\% \text{H}_2\text{SO}_4} + m_{\text{H}_2\text{O}} = m_{\text{nas. rozt. FeSO}_4} + m_{\text{H}_2}$$

Hmotnosť vzniknutého vodíka je zanedbateľná. V tejto fáze sú známe všetky potrebné údaje, pristupuje sa k samotnej syntéze. Do dvojhrdlej banky sa nasype vypočítané množstvo Fe. Banka sa spojí so spätným chladičom a opatrne, cez menší otvor banky sa nadávkuje vypočítané množstvo H_2SO_4 , ktorá sa predtým zriedila s vypočítaným množstvom H_2O . Otvor sa uzatvorí zátkou a banka sa umiestni do vodného kúpeľa, s teplotou 45°C . Teplota sa neustále sleduje so **senzorom teploty** (PS-2125). Vývoj teploty sa zaznamenáva v grafickom systéme v programe DataStudio. Banka sa občas opatrne premieša.

V momente, keď rozpustilo celé množstvo Fe, sa reakcia ukončí. Vzniknutý tyrkysovo-zelený roztok sa prefiltruje cez skladaný filtračný papier do kryštalizačnej misky. Do misky sa umiestni teplotný senzor (PS-2125) a sleduje sa teplota, kým neklesne na 25°C .

Vzniknuté kryštály sa oddelia podtlakovou filtráciou na Büchnerovom lieviku. Produkt sa opatrne vysuší medzi vrstvami filtračných papierov, potom sa nasype do fľašky na prášky. Čistota sa vizuálne overí pozorovaním vzniknutých kryštálikov pod mikroskopom. Ak sa počas syntézy nekontrolovane vstupne teplota systému, vznikajú iné štruktúry, ktoré je možné pozorovať i voľným okom.



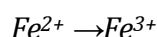
*pred prácou je výhodné teplotný senzor nakalibrovat'
pomocou overeného teplomera*

V ďalšom štádiu sa overí analytická čistota pripraveného $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Najprv sa pripraví kalibračné roztoky z takej zlúčeniny Fe, ktorá má stále zloženie, nerozkladá sa, nie je hygroskopická a nereaguje so zložkami vzduchu. Pripraví sa štandardný roztok s koncentráciou Fe 1000 mg/l. Vhodným riedením sa pripraví pracovný roztok Fe s koncentráciou 10 mg/l. Z tohto roztoku sa už pripravujú kalibračné roztoky do odmerných baniek s objemom 50 ml podľa tabuľky.

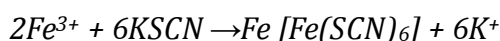
koncentrácia Fe [mg/l]	pipetovaný objem z pracovného roztoku [ml]	pridané množstvo H_2O [ml]	pridané množstvo 10 % HCl [ml]
0,0	0,0	25,0	2,5
0,1	0,5	24,5	2,5
0,2	1,0	24,0	2,5
0,4	2,0	23,0	2,5
0,8	4,0	21,0	2,5
1,6	8,0	17,0	2,5

Pripraví sa i vzorka. Naváži sa také množstvo skúmaného produktu, ktoré obsahuje presne 1000 mg Fe. Rozpustí sa v 1 l destilovanej vody. Z tohto roztoku sa pipetuje 1 ml do 100 ml odmernej banky. Z tohto pracovného roztoku sa pipetuje 5,0 ml do 50 ml odmernej banky. Pridá sa 20 ml destilovanej vody a ďalej sa postupuje ako pri kalibračných roztokoch.

Ku všetkým roztokom sa pridá 0,2 ml 0,5 % roztoku KMnO_4 . Roztoky sa nechajú stáť minimálne 10 minút.



Po uvedenej reakcii sa pridá 2,5 ml 10 % roztoku KSCN, objem v bankách sa upraví na 50 ml a obsah sa dôkladne premieša.





metóda je realizovateľná i s použitím mikro množstiev priamo v kvetkách

Intenzita zafarbenia sa preskúma s pomocou kolorimetra (PS-2121). Z jednotlivých vzoriek sa odleje potrebné množstvo do nádobiek prístroja, ktoré sa po očistení papierovou vatou, po jednom vložia do prístroja. Intenzita sa meria pri všetkých voliteľných vlnových dĺžkach naraz.



pred začatím merania sa prístroj vynuluje stlačením zeleného tlačidla na samotnom prístroji tak, že v optickej dráhe sa nachádza slepý pokus

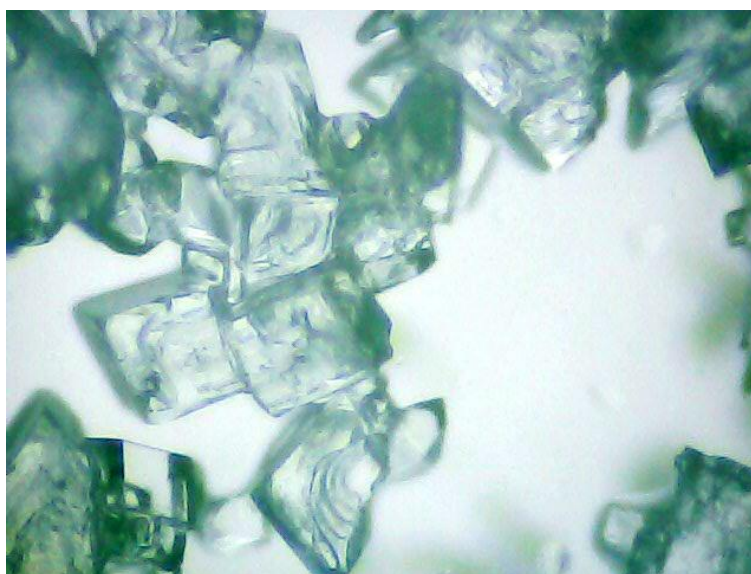
Pozoruje sa, pri ktorej vlnovej dĺžke je najvyššia intenzita absorpcie svetelných lúčov. Na sústavu osí x a y sa nanesú údaje, pričom na osi x budú koncentrácie jednotlivých kalibračných roztokov a na osi y hodnoty absorbancií. Z tejto kalibračnej krivky sa odčíta koncentrácia Fe v skúmanom roztoku.

Spätným výpočtom sa zistí aké množstvo Fe obsahuje zlúčenina, pripravená anorganickou syntézou. Táto experimentálne stanovená koncentrácia sa porovná s

množstvom Fe, ktoré podľa hmotnostného zlomku musí byť v $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Vzhľadom na presnosť analytickej metódy by toto číslo v % nemalo byť odlišné o viac ako 0,1 %. Ak je rozdiel väčší, je to náznakom toho, že pripravená látka nie je dostatočne čistá, alebo roztoky neboli správne pipetované. Tiež je dôležité, aby kalibračná závislosť bola lineárna a R^2 nebola nižšia ako 0,980.



*meranie absorbcíí,
pri rôznych vlnových dĺžkach súčasne*



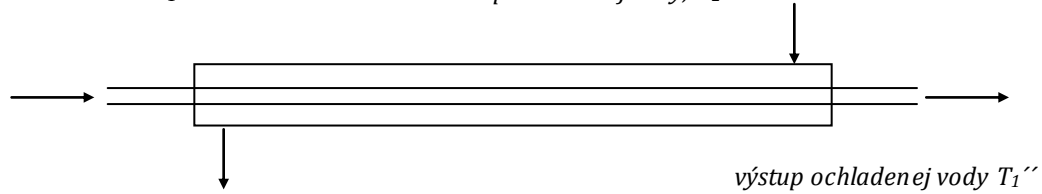
*kryštály heptahydrátu síranu železnatého pod mikroskopom,
skúmanie čistoty produktu*

2.2 Výmenník tepla

Laboratórny chladič, jednoduchý výmenník teple typu rúrka v rúrke je ideálna pomôcka pre pozorovanie **prechod tepla** z teplejšej kvapaliny cez steny chladiča do chladiaceho média. Vymenené teplo sa počíta z údajov nameraných teplôt. Pri tejto práci sa pracuje naraz až so štyrmi teplotnými senzormi. Zariadenia (PS-2125) sa zapoja do PasPortu, buď paralelne, alebo do samostatných vetiev.

vstup vody na chladenie T_1'

vstup chladiacej vody, T_2'



výstup chladiacej vody, T_2''

Počas celej práce sa zabezpečí konštantný prietok jednotlivých prúdov s konštantnou teplotou. Rýchlosti tokov sa stanovujú odmeraným pretečeným objemom v závislosti od času a teplota jednotlivých vstupov a výstupov pomocou teplotných senzorov. Ak nie sú k dispozícii štyri senzory, podľa potreby sa niektoré nahradia klasickými teplomerami.

Ešte pred experimentom sa odmeria dĺžka chladiča, vnútorný a vonkajší priemer. **Vymenené teplo** sa počíta podľa vzorca nižšie.

$$^{\circ}Q = ^{\circ}m_1 \cdot c_p \cdot (T_1' - T_1'') = ^{\circ}m_2 \cdot c_p \cdot (T_2'' - T_2')$$

- kde $^{\circ}Q$ je vymenené teplo [$\text{J} \cdot \text{s}^{-1}$]
 $^{\circ}m_1$ je hmotnostný tok vody na chladenie [$\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$]
 $^{\circ}m_2$ je hmotnostný tok chladiacej vody [$\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$]
 c_p je špecifická tepelná kapacita vody [$4187 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$]
 T_1' je termodynamická teplota vstupujúcej teplej vody [K]
 T_1'' je termodynamická teplota ochladenej vody [K]
 T_2' je termodynamická teplota vstupujúcej chladiacej vody [K]
 T_2'' je termodynamická teplota vystupujúcej chladiacej vody [K]

Hmotnostný tok sa počíta podľa vzorca nižšie.

$$^{\circ}m = \rho \cdot ^{\circ}V$$

- kde $^{\circ}m$ je hmotnostný tok [$\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$]
 ρ je hustota vody [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]
 $^{\circ}V$ je objemový prietok [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]

Rýchlosť toku sa počíta na základe ďalšieho vzorca.

$$^{\circ}V = V / t$$

- kde $^{\circ}V$ je rýchlosť toku [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]
 V je objem [m^3]
 t je čas [s]

V ďalšom kroku sa už počíta výsledný ukazovateľ, čiže **súčiniteľ prechodu tepla**.

$$K = ^{\circ}Q / (S \cdot \Delta T_s)$$

- kde K je súčiniteľ prechodu tepla [$\text{J} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$]
 $^{\circ}Q$ je vymenené teplo [$\text{J} \cdot \text{s}^{-1}$]

S je plocha kontaktu dvoch médií [m^2]
 ΔT_s je stredná teplota [K]

Plocha kontaktu dvoch skúmaných médií sa počíta nasledovne.

$$S = \frac{\pi \cdot l \cdot (d_1 + d_2)}{2}$$

kde S je plocha kontaktu [m^2]
 l je dĺžka chladiča [m]
 d_1 je vnútorný priemer rúrky chladiča [m]
 d_2 je vonkajší priemer rúrky chladiča [m]

K úplnosti výpočtu sa vypočíta i **stredná hodnota teploty** podľa nižšieho vzorca.

$$\Delta T_s = \frac{(T_1' - T_2'') + (T_1'' - T_2')}{2}$$

kde ΔT_s je stredná teplota [K]
 T_1' je termodynamická teplota vstupujúcej teplej vody [K]
 T_1'' je termodynamická teplota ochladenej vody [K]
 T_2' je termodynamická teplota vstupujúcej chladiacej vody [K]
 T_2'' je termodynamická teplota vystupujúcej chladiacej vody [K]

Tento pokus sa môže realizovať pri rôznych teplotách a prietokoch a takisto s rôzne dlhými chladičmi.



zložitý potrubný systém modelu úpravné vody, vytvorený v rámci projektu Krimichémia, kde hodnota súčiniteľa prestupu tepla je dôležitým ukazovateľom procesu

3 SÚHR MOŽNOSTÍ INÝCH MERANÍ

Malé laboratórne prístroje série Pasco® je možné využiť i pri rôznych iných prácach v školskom chemickom laboratóriu. Zaujímavým modulom je **senzor extrémnych teplôt** (PS-2134), ktorý dokáže stanoviť napríklad i teplotu všetkých častí plameňa. Rozsah merania je od -200 do 1000 °C. Termočlánok sa skladá zo senzoru Ni-Cr/Ni, pričom presnosť merania je ± 3 °C, rozlíšenie 0,5 °C. Opakom tohto modulu je **bezkontaktný teplomer** (PS-2197), ktorý meria teplo vyžarované predmetmi. Je využiteľný napríklad pri syntézach v laboratóriu, senzor sa nasmeruje na reakčnú banku a jednoduchým stlačením spínača sa okamžite zistí aktuálna teplota reakčnej zmesi. Teplota sa môže snímať i kontinuálne. Merací rozsah prístroja je -70 °C až 380 °C a presnosť až $\pm 0,5$ °C.



pri biotechnologických procesoch je potrebné sledovanie teploty v rôznych častiach reakčnej nádoby, bezkontaktný spôsob je v tomto prípade ideálny

Najideálnejšou súpravou pre školské chemické laboratóriá je sústava senzorov, označená ako **všeobecná chémia** (PS-2170). Po zapojení do USB linku súčasne meria pH, absolútny tlak a napätie. Ak sa pH meria v tuhých vzorkách, ako napríklad v pôde, pripojí sa **plochá pH elektróda** (PS-2182).

Pri chemických reakciách často vznikajú produkty, stanoviteľné **iónovo- selektívnymi elektródami**. K senzoru všeobecná chémia (PS-2170) je možné pripojiť nižšie uvedené elektródy.

<i>kód elektródy</i> <i>Cl</i>	<i>meraný ukazovateľ</i>	<i>využitie</i>
6717	amoniak	sledovanie rozkladných procesov
6726	oxid uhličitý	sledovanie spaľovacích reakcií
6727	vápnik	stanovenie tvrdosti vody
6732	chlór	dôkaz voľného chlóru v pitnej vode
6736	olovo	pozorovanie znečisťovania územia
6728	fluór	prieskum obsahu fluoridov v dentálnych výrobkoch

6735	dusičnany	dôkaz kontaminácie podzemných vôd poľnohospodárskou činnosťou
6733	draslík	stanovenie draslíka v substrátoch pre izbové rastliny
6734	sodík	stanovenie sodíka v minerálnych vodách

Pri oxidačno-redukčných titráciách, alebo procesoch je zaujímavou pomôckou **ORP elektróda** (CI-6716).

Čoraz väčší dôraz sa kladie na biotechnologické procesy, ich využitie a vývoj v tejto oblasti. **Senzor etanolu** (PS-2194) je prístroj, ktorý deteguje a kvantifikuje etanol v plynnom skupenstve, napríklad pri procesoch kvasenia. Merací rozsah je od 0 do 3 % s presnosťou 20 % nameranej hodnoty.

Síce téma fotosyntézy je skôr učivom biológie, zakladá sa aj na chemických zmenách. Práce pri demonštrácii alebo pri vysvetľovaní tohto procesu je dobrým pomocníkom **senzor plynného kyslíka** (PS-2126A). Prístroj automaticky kompenzuje hodnoty v závislosti od aktuálnej teploty, rozlišuje už koncentrácie $\pm 0,024$ % a meria v celom rozsahu 0 - 100 %.

Pri niektorých reakciách vzniká aj plynný oxid uhličitý. Koncentráciu vzniknutého plynu v určitom objeme je možné merať **senzorom plynného oxidu uhličitého** (PS-2110). Meria v rozsahu 1 - 100 000 mg/dm³ s presnosťou 10 % z nameranej hodnoty.



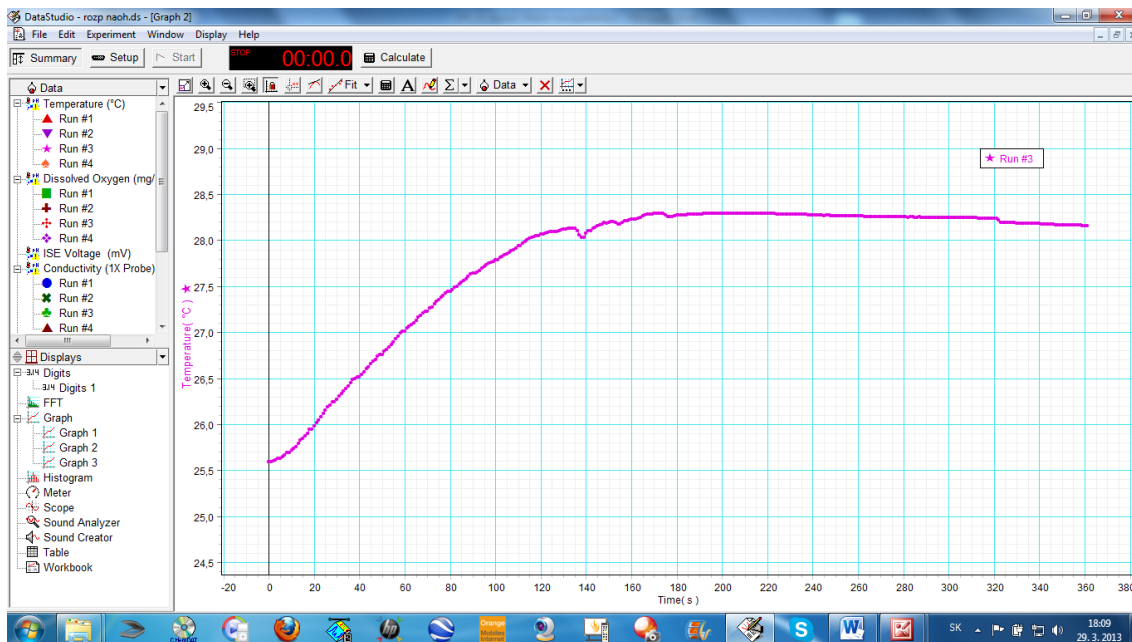
prenosná analytická technika sa otestovala i počas expedícií pri monitorovaní kvality vody Dunaja

Chemické pokusy sa často demonštrujú v prednáškových sálach, v konferenčných miestnostiach a podobne. Žiaci, sediaci v predných radoch majú šťastie, uvidia každý detail, avšak čím ďalej sa nachádza divák od demonštračného stola, tým viac mu unikajú dôležité časti. Tento problém rieši **interaktívna tabuľa**, vynález, ktorý ovplyvnil celé školstvo. Takéto zobrazovacie médiá sú spätateľné i s prenosnými počítačmi, čo znamená, že aj s technikou Pasco®. Učiteľovi sa takto otvára nová dimenzia pri demonštrácii meraní, skúmaní a pokusov. Žiaci zreteľne a veľmi kvalitne môžu

pozorovať priebeh celej práce, program DataStudio zobrazí grafické, digitálne a iné formy hodnotenia daného signálu zapojeného prístroja.



demonštrácia zmien teploty, pH, rozpustnosti a rozpusteného kyslíka v roztoku pri rozpúšťaní rôznych zlúčenín



krivka znázorňujúca zvyšovanie a následné ustálenie teploty (bod ekvivalencie), pri neutralizácii kyseliny sírovej, roztoku m hydroxidu draselného

Pri plánovaní laboratórnych prác sa naplánujú i materiály, ktoré budú počas experimentov používať. Nie je to inak ani s prístrojovou technikou. Pri hľadaní najefektívnejšieho riešenia je potrebné uvažovať nasledovne:

- pokusy budú zamerané na environmentálnu chémiu (environmentálna súprava),
- pokusy budú demonštrovať chemické deje (chemická súprava),
- pokusy budú mať fyzikálno-chemický charakter (špeciálne prístroje),
- pokusmi sa budú analyzovať materiály (analytické prístroje).

ZÁVER

Malé **laboratórne prístroje** sa objavili i v školských laboratóriách. Ešte musí prejsť dlhá doba k tomu, aby sa stali bežnou súčasťou vyučovacieho procesu, avšak ich praktickosť, rozmery a aj cena umožňujú, aby mohli byť dostupné pre každú školu.

Prácu s chemickými látkami, efektívne pokusy a demonštráciu rôznych javov pravdepodobne nikdy úplne nevytlačia interaktívne pomôcky a tak je to správne. Chemické školské laboratórium nemôže existovať bez prvkov, zlúčenín, indikátorov, organických rozpúšťadiel. Prístrojová technika má za úlohu pomáhať pri interpretácii výsledkov a zobrazovať výstupy prác elegantnejším spôsobom. Vývoj nie je možné zastaviť. Dnes nie je potrebné kresliť kalibračné krivky pravítkom na milimetrový papier, vyrieši to počítačový softvér, napríklad i **DataStudio**. Na druhej strane nie je - z hľadiska didaktiky - vhodné používať iba interaktívne pomôcky pri výučbe predmetu chémia. Nezabudnime na to, že chémia je zážitková veda, ktorá skutočnú zmyslupnosť odhalí iba v laboratóriu.

Školské laboratórium je práve tým miestom v živote budúcich chemikov, ktoré ich ovplyvní na dráhe výberu budúceho povolania, a to buď pozitívne, alebo negatívne. V tomto procese má výnimočnú moc aj učiteľ chémie, pričom zrkadlom jeho práce je práve spomínané laboratórium.



*popularizácia chémie je úlohou každého učiteľa chémie
a práve moderná laboratórna technika môže byť tým správnym
prostredkom tel'om záujmu žiaka*