

**VYSOKÁ ŠKOLA:
VYSOKÁ ŠKOLA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ V PRAZE**

Rozvojový projekt na rok 2009

Formulář pro závěrečnou zprávu

Program: 1. Program na rozvoj přístrojového vybavení a moderních technologií

Podprogram:

Název projektu:

**Analytické, informační a komunikační technologie při pořizování a analýze
vícerozměrných dat a mikrotechnologické postupy přípravy senzorů**

č. 21/10

Období řešení projektu:

Od: 1. 1. 2009

Do: 31. 12. 2009

Dotace (v tis. Kč)

Celkem:

**Z toho běžné finanční
prostředky:**

**Z toho kapitálové finanční
prostředky:**

Požadavek

3600

2150

1450

Čerpáno

3600

2150

1450

ZÁKLADNÍ INFORMACE

Hlavní řešitel

Kontaktní osoba

Jméno:

RNDr. Miroslava Dubcová, Ph.D.

Miroslava Dubcová

Podpis:

Fakulta/Součást

Fakulta chemicko-inženýrská/Ústav matematiky

Fakulta chemicko-inženýrská/Ústav matematiky

Adresa/Web:

Technická 5, 166 28 Praha 6 / www.vscht.cz

Technická 5, 166 28 Praha 6 / www.vscht.cz

Telefon:

220 445 031

220 445 031

E-mail:

Miroslava.Dubcova@vscht.cz

Miroslava.Dubcova@vscht.cz

Jméno rektora:

Doc. Ing. Josef Koubek, CSc.

Podpis:

Datum:

Razítko školy:

ZPRÁVA O PRŮBĚHU ŘEŠENÍ PROJEKTU

Cíle projektu	Uveďte předem stanovené cíle a u každého z nich uveďte, do jaké míry byl splněn, případně důvod, proč splněn nebyl.
1 Podprojekt a) (viz příloha 1)	Zakoupení programových prostředků pro měření a řízení a inovace laboratorní výuky v předmětech: Programové prostředky pro měření a řízení, Programování a řízení moderních měřicích systémů, Laboratoř měřicí a řídicí techniky, Laboratoř měřicí techniky, Metrologie. Cíl byl zcela splněn.
2 – 5 Podprojekt b)	Rozvoj matematických metod číslicového zpracování signálů a obrazů s aplikací na analýzu kamerových snímků a dat spotřeby energie. Analýza a klasifikace dat z oblasti životního prostředí a dále biomedicínckých signálů a obrazů s využitím funkcionálních transformací a PCA. Realizace systému pro třírozměrné modelování a rozvoj příslušných numerických a zobrazovacích metod včetně implementace virtuální reality. Užití distribuovaného zpracování dat a rozvoj algoritmů pro paralelní výpočty. Cíle byly zcela splněny.
6 Podprojekt c)	Získáním přístupu ke zdrojům fyzikálně-chemických dat vytvořit systém, který studentům umožní následující činnosti <ul style="list-style-type: none"> a) Určení klíčových dat pro řešení termodynamických a kinetických aspektů chemických přeměn z hlediska jejich efektivity, bezpečnosti a vlivu na životní prostředí. b) Volba zdrojů dat v bibliografické a elektronické podobě, možnosti odhadu údajů když chybí experimentální data c) Seznámení s funkcí relačních databází a nalezení volně přístupných zdrojů dat na internetu d) Zadání komplexní úlohy a vyhledání dat pro její řešení v databázi DIPPR v rámci multilicenčního přístupu e) Posouzení spolehlivosti dat získaných z volných zdrojů v porovnání s respektovanou placenou databází. f) Využití přímých experimentálních dat placeného zdroje k predikci jednotlivých vlastností u sloučenin s různými funkčními skupinami a postavením v homologických řadách. g) Rozbor řešení vzorové úlohy pomocí přístupu do databází fyzikálně-chemických údajů. h) Studentova prezentace řešení zadaného projektu na webovské stránce. Cíle byly zcela splněny: zpřístupnění fyzikálně-chemických dat při výuce jako součást řešení problémově orientovaných úloh z oboru aplikované termodynamiky.
7 Podprojekt d)	Úhrada servisního poplatku k trvalé instalaci multi-licence programového systému FLUENT pro účely výuky a vzdělávání a implementace programu ve cvičení hydrodynamických předmětů. Cíl byl zcela splněn.
8 Podprojekt e)	Vybavení laboratoře mobilním XRF spektrometrem. Cíl byl zcela splněn.
9 - 13 Podprojekt f)	V oblasti senzorové techniky <ul style="list-style-type: none"> a) Zpřístupnění mikrotechnologie prostřednictvím laboratorní výuky. b) Rozšíření výuky diagnostiky materiálů a elektrofyzikálních vlastností senzorových vrstev a struktur. c) Příprava a testování senzorů vybraných fyzikálních a chemických veličin. d) Testování biosenzorů, stanovení alkoholu, glukózy a fruktózy, sledování vlivu kontaminujících složek přítomných v potravinách. e) Vytvoření modelových výukových stanic zahrnujících měření, regulaci a vyhodnocování dat. Vytvoření koncepce modelových výukových stanic pro měření, regulaci a vyhodnocování dat. Nákup zařízení investičních prostředků (rotační vývěva, digestoř s protikorozní ochranou, teplotní kalibrátor ISOTECH, evaporátor pro organické látky, případně jiná zařízení, adekvátní pro daný účel). Kompletace experimentálních výukových zařízení s použitím běžných prostředků. Zprovoznění a otestování laboratorních stanic pro měření, regulaci a vyhodnocování dat. Cíle byly zcela splněny.
Plnění kontrolovatelných výstupů	Uveďte stanovené kontrolovatelné výstupy projektu a do jaké míry byly splněny, případně důvod, proč splněny nebyly.
1 Podprojekt a)	Zakoupení licence pro 10 uživatelů NI LabVIEW a zařazení tohoto software do laboratorní výuky. V rámci řešení podprojektu a) byla pořízena multilicence software NI LabVIEW pro 10 uživatelů v počítačové učebně Ústavu fyziky a měřicí techniky (ÚFMT) B 224. Software byl nainstalován a zařazen do výuky bakalářských i magisterských předmětů. Tím byl splněn cíl podprojektu a) včetně kontrolovatelného výstupu řešení. <i>Postup řešení a jeho odůvodnění:</i> Software LabVIEW je na ústavu používán ve výuce již několik let. Jedná se o moderní nástroj umožňující efektivní a rychlý vývoj softwarových aplikací pro měřicí techniku. Zakoupená multilicence zahrnuje možnost nainstalovat software v aktuální vývojové verzi LabVIEW na 10

	<p>počítačů, čímž došlo ke zdvojnásobení dostupnosti prostředí LabVIEW na ÚFMT. Součástí pořizovací ceny software je automatický upgrade produktu po dobu jednoho roku. V roce 2009 došlo k upgradu a bezplatnému zaslání aktualizací 2x (LabVIEW 8.6, LabVIEW 2009). Nové verze LabVIEW obsahují mnoho podstatných vylepšení proti staré verzi. Jsou přidány funkce umožňující spolupráci se systémem Matlab, který je na VŠCHT Praha využíván ve výuce již od prvního ročníku bakalářského studia. Dále je umožněno tvořit programový kód přehledněji a rychleji pomocí tzv. Express funkcí, což je studenty velmi kladně oceňováno. Zdvojnásobení počtu dostupných licencí na ústavu vedlo k efektivnějšímu zapojení studentů do výuky. Každý ze studentů nyní může pracovat samostatně nebo maximálně ve dvojici a nemusí se o počítač a program dělit s více kolegy jako v minulých letech. Nové licence byly zavedeny do výuky již v průběhu letního semestru akademického roku 2008/2009.</p> <p><i>Podíl pracovníků na řešení:</i></p> <p>Koordinaci řešení podprojektu zajistil doc. Hofmann. V rámci řešení projektu byl software nainstalován na všechny počítače v učebně ústavu B 224. Učebna byla začátkem roku doplněna na celkový počet 15 počítačů. Instalaci všech PC včetně instalace ovladačů pro používaný hardware a odladění bezproblémového provozu softwaru LabVIEW v síti VŠCHT Praha zajistil Ing. Kopecký. Nákup software zajistil Ing. Fitl. Zavedení software do výuky a úpravu studijních materiálů (programů) v rámci předmětů (Programové prostředky pro měření a řízení, Programování a řízení moderních měřicích systémů) zajistila Ing. Korbářová a Ing. Fitl. Výuky těchto předmětů se v roce 2009 účastnilo cca 20 studentů.</p>
<p>2 – 5 Podprojekt b)</p>	<p>Úlohy pro Laboratoř oboru Inženýrská informatika a řízení procesů (Segmentace a klasifikace komponent obrazů) a projektů oboru Inženýrská informatika (Predikce časových řad spotřeby energie, Analýza obrazů).</p> <p>Práce pro předmět Zpracování multimedií a projektů oboru Inženýrská informatika (Segmentace a klasifikace EEG záznamů, metody potlačování rušivých složek MR obrazů, analýza reálných datových záznamů).</p> <p>Kamerový systém pro synchronní sběr obrazů s využitím knihovnic modulů MATLABu a třírozměrná vizualizace.</p> <p>Technická a programová realizace výpočetního systému pro distribuované počítání pomocí knihovnic modulů MATLABu s aplikací na analýzu vícekanálových dat.</p> <p><i>Postup řešení:</i></p> <p>V rámci prvního roku akreditovaného a nově zaváděného oboru Aplikovaná inženýrská informatika (http://www.vscht.cz/main/studenti/magistri/fchi_mag_ain_ain.html) byly veškeré informace shrnuty na nové WWW straně ústavu (http://uprt.vscht.cz/) a pro studenty připraveny úlohy a projekty v nově zaváděných předmětech. Zároveň byly aktualizovány informace a úlohy v předmětech stávajících. Nové výsledky jsou obsaženy v následujících aktivitách řešitelského týmu:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Vytvoření nových úloh k lineární a nelineární predikci časových řad v souvislosti s obhájenou disertační prací Ing. A. Pavelky k této problematice (http://dsp.vscht.cz/pavelka/) a práce z oblasti analýzy obrazů (http://uprt.vscht.cz/mudrova) . Dílčí algoritmy byly použity při výuce ve dvou kursech programu ATHENS pro zahraniční studenty v březnu a listopadu 2009 (http://uprt.vscht.cz/node/59, a dále http://uprt.vscht.cz/prochazka/pedag/ATHENSE.htm). 2. Významnou inovací předmětu Zpracování multimedií a vytvoření zcela nového předmětu Zpracování multimediálních signálů v novém oboru Aplikovaná inženýrská informatika (http://student.vscht.cz/predmety/index.php?do=predmet&kod=N445063&skr=2009). Dílčí práce v oblasti zvyrazňování obrazů a analýzy vícekanálových dat byly zveřejněny na konferenci Technical Computing 2009 (spoluorganizátorem byl Ústav počítačové a řídicí techniky VŠCHT Praha) s plnými texty příspěvků této konference i konferenci předchozích dostupnými na adrese http://dsp.vscht.cz/csmug_en.html#2009 rovněž spravované Ústavem počítačové a řídicí techniky VŠCHT Praha včetně diskusní skupiny uživatelů výpočetního systému MATLAB a SIMULINK 3. V rámci rozvoje kamerového systému byl firmou HUMUSOFT zapůjčen systém pro kamerové sledování pohybu kuličky a její počítačové řízení výpočetním systémem MATLAB a SIMULINK. S užitím tohoto systému ve výuce se počítá v dalším roce. 4. S ohledem na přípravu výuky distribuovaného počítání byl zakoupen příslušný programový aparát (Distributed Computing Tbx) pracující se systémem MATLAB a byla vyzkoušena jeho funkčnost a možnost použití v nově inovovaném síťovém prostředí VŠCHT. Ve spolupráci s firmou Springs Systems byla dále ověřena funkčnost široce paralelního zpracování dat na grafických kartách (http://hpc.sprinx.cz/). Pro implementace těchto systémů ve výuce byla zakoupena i příslušná knižní literatura. 5. V rámci tohoto podprojektu byly testovány paralelní výpočty na vzdálených počítačích pomocí programu Mathematica. 6. V souvislosti se zpracováním dat a zaváděním nových předmětů propojujících výpočetní a databázové prostředí byl využit systém MOODLE (http://moodle.vscht.cz), dílčí výsledky zpracování dat jsou dostupné na adrese http://uprt.vscht.cz/kubicekm a bylo pořízeno technické zázemí pro nové předměty zahrnující analýzu biomedicínských signálů. 7. V souvislosti s novým oborem Aplikovaná inženýrská informatika byla vytvořena nová malá učebna ústavu, ve které je počítáno i s bezdrátovým propojením a výukou dílčích předmětů nového oboru s využitím systému MATLAB, jeho knihoven a dalších potřebných programových, výpočetních,

	<p>technických a typografických celků.</p> <p><i>Podíl pracovníků na řešení:</i> Koordinaci řešení podprojektu zajistil prof. Aleš Procházka, na řešení podprojektu se podíleli: Ing. Mudrová, doc. Kukul, Ing. Hošťálková, doc. Kubíček, Ing. Soušková, Ing. Bártová, Ing. Švihlík, RNDr. Dubcová</p>
<p>6 Podprojekt c)</p>	<p>Jednotliví řešitelé budou kromě vlastní výuky komunikovat se svými studenty prostřednictvím sdílených adresářů, ve kterých jim vždy poskytnou studijní materiál, manuály nebo kontrolní otázky k průběžně probírané tematice. Každý studijní týden bude koncipován jako jednotlivý podadresář a bude tak umožněna i snadná kontrola průběhu řešení projektu.</p> <p><i>Postup řešení:</i> V rámci restrukturalizace studia byl na VŠCHT Praha zaveden nový předmět bakalářského stupně Fyzikálně chemické vlastnosti látek a zároveň byl modifikován předmět magisterského studia Odhadové metody pro technologie a životní prostředí. V programu Chemie určeném pro talentované studenty pak byl zaveden předmět Počítačová chemie. Výuka těchto předmětů je uskutečňována v počítačových laboratořích. Cílem těchto předmětů (i když pro různá odvětví chemie a na různých hladinách poznání) je naučit studenty získávat data pro konstrukční návrhy zařízení, optimalizaci stávajících procesů, rozhodovací operace chemických technologií a posuzování vlivu chemikálií na životní prostředí. Kvalita řešení výše zmíněných problémových okruhů závisí především na spolehlivosti a rychlosti výpočtu či nalezení potřebných údajů. Podle našeho názoru řešení odpovídající soudobému poznání spočívá ve využití mezinárodně respektovaných bází fyzikálně-chemických dat dostupných přes internet. Náplní tohoto dílčího projektu bylo umožnit studentům v rámci licenčních přístupů vstup do těchto databází a naučit je s nimi aktivně pracovat při řešení zadaného problému – od jednodušších příkladů až po komplexnější projekty.</p> <p><i>Strategie řešení a výsledky:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. V rámci řešení projektu jsme se rozhodli klást důraz na samostatnou práci studentů s maximálně možným využitím skutečnosti, že studenti absolvují tyto předměty v počítačových laboratořích s napojením na internet. To umožnilo přípravu jednak úloh matematicky obtížnějších, neboť studenti měli možnost využívat výpočetního systému MAPLE, jednak formulovat „neúplná zadání“, kdy student musel úvahou zjistit jaká data mu chybí pro úspěšné řešení a v dalším kroku tato data vyhledat v dostupných databázích. Zároveň bylo možné seznámit studenty s databázemi fyzikálně-chemických dat přístupných na internetu jak bezplatně (např. NIST WebBook Chemie - http://webbook.nist.gov/chemistry/), tak v rámci licenčních přístupů. Některé z těchto databází jsou přístupné na intranetu VŠCHT v rámci multilicencí zajišťovaných Ústřední knihovnou. V řadě praktických případů se potřebná experimentální data nepodaří nalézt, neboť nebyla dosud změřena. Pro účely doplňování chybějících dat a porovnání různých odhadových a korelačních metod vedoucích k jejich spolehlivé predikci byla z finančních prostředků projektu zakoupena vícenásobná licence software DIADEM, který pracuje jako programová nadstavba databáze projektu DIPPR 801. 2. Byl vytvořen český manuál k programovému balíčku Diadem, který umožňuje rychlé seznámení s logikou práce s touto programovou nadstavbou. Elektronická verze manuálu je uložena v souboru diadem_navod.docx a ukázka praktické práce s tímto balíčkem v powerpointové aplikaci priklad_diadem.pptx. V rámci výuky byla vytvořena studentská prezentace prezentace_webbook.ppt jako pomůcka pro práci s freewarovou databázovou aplikací pro získání fyzikálně-chemických dat, kterou mohou studenti využívat i při práci mimo VŠCHT. 3. Byla vytvořena zadání úloh, směřující k vytvoření návyků jak vyhledávat fyzikálně-chemická data v relačních databázích. Ukázky zadávaných projektů vyhledávání dat pro předmět Odhadové metody pro technologie a životní prostředí jsou obsaženy v souboru Diadem_prof_DIPPR801.doc, vzorový příklad studentského projektu v tomto předmětu je uveden v souborech Ethylendiamin.doc a Ethylendiamin.ppt. 4. Doporučené zdroje dat, z nichž některé kromě konstant a tabulkových výsledků umožňují i přesné odečítání z výstupu grafického jsou uvedeny v souboru doporučené_zdroje_dat.doc. 5. Příklady úloh, kdy je formulován problém, ale chybí vstupní data jsou uvedeny v souborech Aceton_zadani.doc, Badatel_caj_zadani.doc, Benzin_nadrz_zadani.doc, Mladý inženýr_benzen_zadani.doc, Mont_Blanc_zadani.doc a Vanova_koupel_zadani.doc. 6. Řešení komplexního studentského projektu, kde student musí prokázat znalost teoretických vztahů, dovednost ve využití programového matematického subsystému, vyhledávání fyzikálně-chemických dat v databázích a konečně prezentaci projektu na veřejně přístupné webovské stránce. Zadání projektu je součástí souboru 3_rocnik_Zadani projektu 2009.ppt a jeho možné řešení je ilustrováno na adrese: http://mboucek.sweb.cz/ 7. Vzoru výstupů z předmětu počítačová chemie spolu s odkazem na „živé“ stránky příkladů jsou uloženy v souboru dippr_multimedialni_aplikace.doc 8. Soubory tvořící výstup projektu jsou uloženy ve vnitřní síti VŠCHT na veřejně dostupné adrese - http://www.vscht.cz/fch/dtb <p><i>Podíl pracovníků na řešení:</i> Koordinaci podprojektu c) zajistil doc. Pavel Chuchvalec. Na řešení podprojektu se podíleli doc. Ivan Cibulka, Ing. Michal Fulem, doc. Jiří Kolafa, Ing. Pavel Morávek a doktorand Ing. Milan Ončák.</p>

7 Podprojekt d)	<p>Prodloužená licence, výukové materiály na www stránkách ústavu.</p> <p>Z prostředků projektu byl uhrazen servisní poplatek k trvalé instalaci akademické multi-licence programového systému FLUENT pro účely výuky počítačové dynamiky tekutin. Díky tomu byla získána nová verze programu ANSYS-FLUENT 12, která vznikla po fúzi dvou nejvýznamnějších softwarových firem v této oblasti. Studenti mají možnost pracovat s nejnovějším dostupným programem v oblasti proudění tekutin. Program ANSYS-FLUENT je využíván studenty bakalářského studia při řešení bakalářských prací a studenty pokračujícího magisterského a doktorandského studia při odborných projektech. Teoretickou i praktickou přípravu pro řešení simulačních úloh z hydrodynamiky a sdílení tepla získají studenti v předmětu Počítačová dynamika tekutin.</p> <p>Výukové materiály, tj. podklady k přednáškám, cvičením a doporučené postupy jsou umístěné na web stránkách Ústavu chemického inženýrství (www.vscht.cz/uchi/ped/cfd). Tyto materiály jsou určeny výhradně pro studenty VŠCHT, proto je stránka dostupná pouze z domény školy.</p> <p><i>Podíl pracovníků na řešení:</i> doc. Milan Jahoda, Ing. Lenka Schreiberová.</p>
8-9 Podprojekt e)	<p>Nákup přístrojů pro vybavení laboratoří. Uvedení zařízení do provozu, ověřovací zkoušky.</p> <p>Nákup přístrojů pro vybavení laboratoří Výběrové řízení na zakázku malého rozsahu na nákup ručního XRF spektrometru bylo vypsané v dubnu 2009, osloveny byly firmy PE Systems s.r.o Praha, PCS spol. s r.o. Praha a Spectro CS, spol. s r.o. Ostrava. Prvně jmenovaná firma nabídku nedodala. Kritéria výběru zahrnovala cenu přístroje, technické parametry (rozsah analyzovaných prvků, citlivost a přesnost) a záruční a pozáruční servis. Z došlých nabídek byl jako nejvhodnější vybrán spektrometr X-MET5100 firmy PCS. Jedná se o přístroj vybavený Rh rentgenkou a velice citlivým polovodičovým detektorem typu Silicon Drift.</p> <p>Uvedení zařízení do provozu, ověřovací zkoušky Spektrometr byl pracovníky dodavatelské firmy dodán a uveden do provozu během srpna 2009. Všechny ověřovací zkoušky proběhly úspěšně a potvrdily plnou funkčnost přístroje. Z hlavních testovaných parametrů lze uvést: meze detekce: od < 1 do 3 ppm přesnost měření: 1 – 10 % rel. rozsah analyzovaných prvků: 12Mg-92U Správná funkce přístroje byla ověřena analýzou různých typů certifikovaných referenčních materiálů. Ruční XRF spektrometr bude pro pedagogické účely využíván zejména v posluchačských laboratořích. Byly proto sepsány podrobné návody pro laboratorní cvičení zahrnující úvod do teorie měření pomocí XRF spektrometrie (deset stran), stručný návod pro základní operace se spektrometrem a analýzu vzorků (devět stran).</p> <p>Využití zařízení pro pedagogické účely Plné zapojení ručního XRF spektrometru do výuky je plánováno od letního semestru školního roku 2009/2010 a to v rámci předmětů, které jsou povinné pro posluchače specializace Analytická chemie (Atomová spektroskopie, Semestrální projekt III) i otevřené pro všechny posluchače VŠCHT (Atomová spektroskopie, Laboratoře z atomové spektroskopie). Již ale v zimním semestru školního roku 2009/2010, tedy okamžitě po uvedení přístroje do provozu, se s ním alespoň ve zkrácené verzi laboratorní úlohy mohli seznámit posluchači předmětů Atomová spektroskopie.</p> <p><i>Podíl pracovníků na řešení:</i> doc. Mestek</p>
10 Podprojekt f)	<p>Kontrolovatelné výstupy:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Nákup zařízení investičních prostředků (rotační vývěva, digestoř s protikorozní ochranou, teplotní kalibrátor ISOTECH, evaporátor pro organické látky) a kompletace experimentálních výukových zařízení s použitím běžných prostředků. 2. Zpřístupnění mikrotechnologie prostřednictvím laboratorní výuky (návik technologických operací, komplexní depoziční zařízení pro tenké vrstvy). 3. Rozšíření výuky diagnostiky materiálů a elektrofyzikálních vlastností senzorových vrstev a struktur (měření teplotní závislosti rezistivity). 4. Příprava a testování senzorů vybraných fyzikálních a chemických veličin. Měření, regulace a vyhodnocování dat. 5. Testování biosenzorů, stanovení alkoholu, glukózy a fruktózy, sledování vlivu kontaminujících složek přítomných v potravinách. 6. Návrh, výroba a testování mikrofluidních zařízení s kapalnou fází (tlakově a elektroosmoticky řízené proudění, distribuce dob prodloužení, měření průtoku, tlaku, elektrického napětí, potenciálu a vodivosti) 7. Vytvoření modelových výukových stanic zahrnujících měření, regulaci a vyhodnocování získaných dat (s vypracovanými vzorovými protokoly). 8. Inovace laboratorní výuky v předmětech: Programové prostředky pro měření a řízení, Programování a řízení moderních měřicích systémů, Laboratoř měřicí a řídicí techniky, Laboratoř měřicí techniky, Metrologie. <p>Plnění výstupů viz příloha 2: Závěrečná zpráva podprojektu f)</p>

Změny v řešení	Pokud došlo v průběhu řešení ke změnám, uveďte je, vysvětlete příčinu, v případě, že jste žádali o jejich povolení MŠMT, uveďte č.j.vyřízení této žádosti.		
	č.	Jednotlivé změny (přidejte řádky podle potřeby)	Zdůvodnění (případně č. j. vyřízení žádosti na MŠMT)
	1		
	2		
	3		
	4		
	5		
Přehled o pokračujícím projektu	Pokud se jedná o pokračující projekt, uveďte, od kdy se realizuje a kolik finančních prostředků již bylo vyčerpáno. V případě, že je plánováno pokračování projektu v dalších letech, uveďte výhled do budoucna.		
	Rok realizace	Čerpání fin. prostředků (souhrnný údaj)	Poznámka (případně výhled do budoucna)

Poznámka: V případě, že potřebujete sdělit další doplňující informace, uveďte je v příloze.

**Specifikace čerpání finanční dotace na řešení projektu
(vyplnit za celý projekt)**

		Přidělená dotace na řešení projektu - ukazatel I (v tis. Kč)	Čerpání dotace (v tis. Kč)
1.	Kapitálové finanční prostředky celkem	1 450	1 450
1.1	Dlouhodobý nehmotný majetek (SW, licence)	0	0
1.2	Samostatné věci movité (stroje, zařízení)	1 450	1 450
1.3	Stavební úpravy	0	0
2.	Běžné finanční prostředky celkem	2150	2150
	Mzdové náklady:		
2.1	Mzdy (včetně pohyblivých složek)	960	960
2.2	Odměny dle dohod o pracích konaných mimo pracovní poměr	0	0
2.3	Odvody pojistného na veřejné zdravotní pojištění a pojistného na sociální zabezpečení a příspěvku na státní politiku zaměstnanosti a přídělky do sociálního fondu	336	326
	Ostatní:		
2.4	Materiální náklady (včetně drobného majetku)	639	327
2.5	Služby a náklady nevýrobní	110	432
2.6	Cestovní náhrady	0	0
2.7	Stipendia	105	105
3.	Celkem běžné a kapitálové finanční prostředky	3600	3600

Bližší zdůvodnění čerpání v jednotlivých položkách (přidejte řádky podle potřeby)

Číslo položky (viz předchozí tab.)	Název výdaje	Částka (v tis. Kč)
1.2	Ruční XRF spektrometr X-MET 5100 (VŠCHT Praha přispěla částkou 196 tis. Kč)	500
1.2	Digestoř DGP	75
1.2	Evaporation Control Unit CU 103 s příslušenstvím	209
1.2	Teplotní kalibrátor Isotech Venus 2140 Site	125
1.2	Rotační vývěva DUO 10MC s příslušenstvím	141
1.2	Mikrofluidní stavebnice	176
1.2	Dávkovací zařízení	128
1.2	Zdroj proudu Keithley	96
2.1	Mzdy pro 43 pracovníků ze 7 ústavů FCHI a FCHT	960
2.3	Odvody byly vyplaceny v nižší částce. V roce 2009 byly odvody 34%, ale my jsme plánovali 35%. Nevyčerpané prostředky na odvody jsme přesunuli do nákladů na služby a náklady nevýrobní	326
2.4	Technické prostředky pro bezdrátovou komunikaci a drobný hmotný majetek (čidlo ke spirometru, tonery)	20
2.4	Technické vybavení pro analýzu obrazů a knižní literatura	11
2.4	Piraniho měrka PKR251+ ventil k vakuové komoře EVN116	49
2.4	5 ks keramický kelímek k evaporátoru	12
2.4	Pracovní deska do chem. laboratoře	31
2.4	Bezpečnostní skříňka na chemikálie	28
2.4	Chladicí lázeň k teplotnímu kalibrátoru	22
2.4	Pt-100 odporový teploměr	11
2.4	Výbojka k laseru + deionizovaná voda	23
2.4	Jednotka pro sběr dat (USB 32 kanálový AD převodník Agilent	40
2.4	Spotřební a konstrukční materiál (stříkačky, ventily, ...)	65
2.4	Drobný hmotný majetek (knihy, toner, kanc. potř. ...) Nevyčerpané prostředky na materiál jsme přesunuli do nákladů na služby a náklady nevýrobní	15
2.5	NI LabVIEW multilicence pro 10 uživatelů	57
2.5	Distributed Computing Server k MATLABu (pro 16 procesorů)	123
2.5	Programové prostředky pro bezdrátovou komunikaci (software pro čidlo ke spirometru)	7
	Programové vybavení pro analýzu obrazů ((Photoshop Extended CS4-11 licenci, Windows 7)	69
2.5	vícenásobná licence software DIADEM (programová nadstavba databáze DIPPR 801)	57
2.5	Servisní poplatek k trvalé instalaci akademické multi-licence systému FLUENT	90
2.5	Premier Service pro software Mathematica	19
2.5	Odborné služby (pokovování vzorku)	5
2.5	Bankovní a kurzovní poplatky	5
2.7	Stipendia pro 21 studentů ze 7 ústavů FCHI a FCHT	105

Příloha 1: Podprojekty

Projekt se skládal z šesti podprojektů

- a) **Programové prostředky pro předměty magisterského studia**
- b) **Informační a komunikační technologie v matematickém zpracování chemicko-inženýrských a bioinženýrských dat**
- c) **Využití multilicenčních přístupů do databází fyzikálně-chemických dat**
- d) **Laboratoř počítačové dynamiky tekutin**
- e) **Vybavení laboratoře mobilních spektrálních analýz**
- f) **Mikrotechnologické postupy přípravy senzorů v oblasti chemie a biochemie**

Příloha 2: Závěrečná zpráva podprojektu f)

Mikrotechnologické postupy přípravy senzorů v oblasti chemie a biochemie

(i) kontrolovatelné výstupy podprojektu

Výstupy podprojektu byly v přihlášce stanoveny následovně:

1. Nákup zařízení investičních prostředků (rotační vývěva, digestoř s protikorozní ochranou, teplotní kalibrátor ISOTECH, evaporátor pro organické látky) a kompletace experimentálních výukových zařízení s použitím běžných prostředků.
2. Zpřístupnění mikrotechnologie prostřednictvím laboratorní výuky (návuk technologických operací, komplexní depoziční zařízení pro tenké vrstvy).
3. Rozšíření výuky diagnostiky materiálů a elektrofyzikálních vlastností sensorových vrstev a struktur (měření teplotní závislosti rezistivity).
4. Příprava a testování senzorů vybraných fyzikálních a chemických veličin. Měření, regulace a vyhodnocování dat.
5. Testování biosenzorů, stanovení alkoholu, glukózy a fruktózy, sledování vlivu kontaminujících složek přítomných v potravinách.
6. Návrh, výroba a testování mikrofluidních zařízení s kapalnou fází (tlakově a elektroosmoticky řízené proudění, distribuce dob prodlení, měření průtoku, tlaku, elektrického napětí, potenciálu a vodivosti).
7. Vytvoření modelových výukových stanic zahrnujících měření, regulaci a vyhodnocování získaných dat (s vypracovanými vzorovými protokoly).
8. Inovace laboratorní výuky v předmětech: Programové prostředky pro měření a řízení, Programování a řízení moderních měřicích systémů, Laboratoř měřicí a řídicí techniky, Laboratoř měřicí techniky, Metrologie.

(ii) splnění kontrolovatelných výstupů podprojektu

ad 1)

Z investičních prostředků bylo nakoupeno: 1) rotační vývěva DUO 10 NC odolná proti korozivním plynům (příslušenství - Piraniho měřka a perfluorether); 2) DG digestoř s protikorozní ochranou 1500 x 900 x h 2950 mm; 3) teplotní kalibrátor ISOTECH Venus 2140 s příslušenstvím pro přesné nastavení teploty při měření elektrických veličin u vzorků senzorů; 4) Organic Molecular Evaporator DE- FR/2.2 - CF38 - shu (příslušenství: řídicí jednotka CU103 s ovládacími prvky pro chod evaporátoru, ISO100-K).

Z běžných prostředků byl pořízen instalační materiál a drobný majetek, které byly použity ke kompletaci experimentálních výukových zařízení. Dále byl zakoupen spotřební materiál k provozu uvedených zařízení. Konkrétně se jednalo např. o pracovní desku do chemické laboratoře, bezpečnostní skříňku na chemikálie, keramické kelímky k evaporátoru a ventil k vakuové depoziční komoře.

ad 2)

Zkompletovaná výuková zařízení byla odladěna a otestována. Vytvořily se nové laboratorní úlohy včetně návodů. Inovovaná laboratorní výuka je připravena pro následující akademický rok. Některé laboratorní úlohy vyžadují zázemí chemické laboratoře (míchání vzorků, syntézy), která musí odpovídat běžným standardům. Z toho důvodu byla provedena kompletní rekonstrukce chemické laboratoře na Ústavu fyziky a měřicí techniky.

2A - Rekonstrukce chemické laboratoře (Ing. Dušan Kopecký, Ph.D.)

Součástí rozvojového projektu MŠMT byl nákup nové laboratorní digestoře pro chemickou laboratoř Ústavu fyziky a měřicí techniky, spojený s kompletní rekonstrukcí těchto prostor.

Stávající chemická laboratoř byla situována v prostorech bývalých toalet, které zde fungovaly v období 1. poloviny 20. stol. V průběhu let tato místnost několikrát změnila svou funkci (pracovna, sklad apod.), což se odrazilo zejména v chaotickém způsobu vedení inženýrských sítí, v současné době pak místnost sloužila jako provizorní pracoviště vybavené desítky let starou digestoří s nefunkčním odtahem a byla používána zejména jako skladiště chemikálií.

Havarijní stav této místnosti byl nadále neúnosný a vzhledem k tomu, že bylo nutné vybudovat nové moderní pracoviště pro přípravu chemických látek používaných při výzkumu chemických vodivostních senzorů, rozhodlo vedení ústavu o kompletní rekonstrukci a zbudování nové chemické laboratoře.

V první fázi rekonstrukce specializovaná firma zlikvidovala nepotřebné chemické látky, které se v prostoru chemické laboratoře nacházely. Dále byla místnost kompletně vyklizena a veškeré vybavení včetně zastaralé digestoře zlikvidováno.

Najatá stavební firma zrušila všechny stávající inženýrské sítě, včetně bývalých odpadů z toalet, a také vybourala nevyhovující podlahu a staré přírůdky tlakového vzduchu.

V druhé fázi rekonstrukce byly v místnosti instalovány nové odpady pro výlevku a digestoř a nataženy inženýrské sítě (voda, elektrika, plyn). Novou podlahu pokryla chemicky odolná dlažba, stěny byly vymalovány a bylo instalováno nové osvětlení. Renovací prošly rovněž dveře, okna i odtah pro digestoř.

Finanční prostředky na veškeré stavební úpravy poskytl Ústav fyziky a měřicí techniky.

Z prostředků rozvojového projektu byla zakoupena digestoř DGP řady FORLAB (firma BLOCK a. s.) vybavená přívodem vody, plynu, elektřiny, odtahem se signalizací, vlastní výlevkou a skříňkou se samostatným odtahem pro skladování chemických látek a chemicky odolnou pracovní deskou. Firma BLOCK rovněž provedla její odbornou instalaci a napojení na ventilaci.

Ústav také poskytl finanční prostředky na nový laboratorní nábytek a vybavení.

V současné době je laboratoř s digestoří intenzivně využívána pro syntézu a úpravu chemických látek používaných při přípravě tenkých vrstev pro chemické vodivostní senzory, dále při řešení bakalářských, magisterských a disertačních prací, a rovněž také při přípravě roztoků chemických látek pro laboratoře předmětů vyučovaných Ústavem fyziky a měřicí techniky.

2B - Depoziční komora pro tenké vrstvy

(Ing. Přemysl Fitl)

V rámci projektu bylo zakoupeno několik komponent do čerpacího systému depoziční komory UFMT.

Tyto komponenty umožní zavést do výuky praktickou demonstraci moderních vakuových technologií a to jak z pohledu přípravy pracovního prostředí (tvorba vakua) tak i z pohledu technologického (depozice vrstvy).

Depoziční komora byla vybavena nízkoteplotním evaporátorem od firmy Creaphys. Toto zařízení je určeno pro přípravu tenkých vrstev organických látek v prostředí vysokého vakua. Technologie nízkoteplotního odpařování je v současnosti v praxi používána například pro tvorbu vrstev v obrazovkách typu OLED nebo pro vrstvy v solárních panelech. Evaporátor byl dodán včetně řídicí jednotky, která umožňuje precizně nastavit pracovní teplotu a kontrolu celého zařízení pomocí PC.

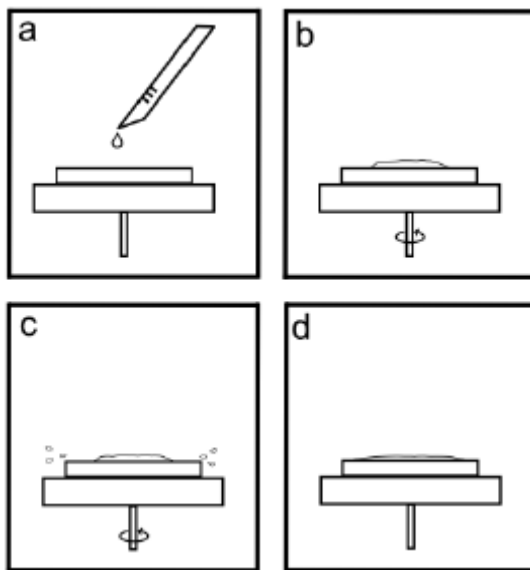
V rámci řešení projektu byla také dosavadní vývěva Pfeiffer DUO 1,5 nahrazena novou vývěvou Pfeiffer DUO 10 MC v chemicky odolném provedení. Nová vývěva má šestinásobnou čerpací rychlost, což umožnilo zvýšení průchodnosti depozičního zařízení. Za stejnou jednotku času je možné vyrobit více vrstev pro senzory používané v rámci studentských laboratoří.

Čerpací systém byl dále také doplněn o vymrazovací vývěvu vyrobenou na zakázku firmou Vakuum Praha. Tato vývěva umožňuje zachytávání agresivních látek vystupujících z depoziční komory před jejich nasátím do předvakuové vývěvy. Tím je zajištěno maximální zvýšení životnosti předvakuové vývěvy.

2C - Příprava tenkých vrstev metodou spin-coating a jejich diagnostika obrazovou analýzou

(Ing. Ondřej Ekrt, Ph.D.)

Laboratorní úloha *Příprava tenkých vrstev metodou spin-coating* je zaměřena na nácvič technologické operace pro vytvoření tenkých organických vrstev z roztoku. Základním předpokladem pro úspěšné zvládnutí úlohy a vytvoření tenké vrstvy je správná volba parametrů spin-coateru a připravení zdrojového roztoku organické látky, který má odpovídající fyzikální vlastnosti (zejména viskozitu). Princip metody spočívá v nanesení roztoku na rotující substrát uvnitř spin procesoru. Během procesu je na substrátu vytvořena tenká vrstva deponované látky, rozpouštědlo se odpaří a odstředí (Obr 1).



Obr 1: Spin coating

Závěrečným krokem technologie bývá velmi často sušení vrstvy při vhodné teplotě. Během sušení se z vrstvy odstraní zbytky rozpouštědla.

Tloušťka vrstev připravených touto metodou se pohybuje řádově ve stovkách nanometrů a je závislá na

celé řadě aspektů. Nejdůležitější je koncentrace zdrojového roztoku, jeho viskozita a frekvence otáček substrátu. Dále pak rychlost vypařování rozpouštědla, množství zdrojového roztoku během nanášení na substrát, doba trvání procesu a mezivrchové napětí (roztok-substrát).

Z hlediska praktického využití vytvořené vrstvy je důležitá adhezivita deponovaného materiálu k danému substrátu. Důsledkem nedostatečné adheze je špatná přilnavost vrstvy k povrchu substrátu, což vede k obtížím při manipulaci. Přilnavost lze ovlivnit např. důkladným očištěním substrátu bezprostředně před deposicí.

ad 3)

3A - Teplotní měření základních elektrofyzikálních vlastností materiálů“ (V první etapě byla vybudována úloha: „Charakterizace a měření tepelné závislosti rezistivity elektrovedných materiálů v tenkých vrstvách“)

(Ing. Josef Náhlík, CSc; Ing. Martin Strnad)

Je známo, že vedení elektrického proudu v materiálech se děje různými mechanismy. Jde v zásadě o různé mechanismy pohybu náboje pod vlivem elektrického pole. Rezistivita (měrný elektrický odpor) materiálu závisí na koncentraci volných nosičů náboje a jejich driftové pohyblivosti (rychlost nosičů v jednotkovém elektrickém poli). Teplotní závislost rezistivity jako integrální charakteristiky materiálu je tedy výslednicí teplotní závislosti koncentrace a pohyblivosti. Závislost konkrétního mechanismu vzniku volných nosičů náboje na teplotě a konkrétního mechanismu pohybu nosiče v elektrickém poli je zpravidla charakteristická, a tak lze naopak z charakteru tepelné závislosti rezistivity materiálu zpětně usuzovat na převládající mechanismus vodivosti a tento mechanismus pak eventuálně i cíleně ovlivňovat.

Základním cílem řešení bylo, aby měření teplotní závislosti rezistivity materiálů proniklo ve větší míře do výukového procesu a studenti se naučili nejen měření efektivně provádět, ale také jeho výsledky “smysluplně“ interpretovat. Problematická je časová náročnost teplotních měření v korelaci s přesností měření. Proces lze zkrátit jen používáním kvalitních profesionálních zdrojů tepla a důsledným nasazením výpočetní techniky jak v procesu vlastního měření, tak vyhodnocování. Základní měření a vyhodnocení přitom musí být realizovatelné v časovém rozpětí dvou výukových hodin (2x50 min)

Přesnému měření rezistivity materiálů (od vodičů až po vysokoohmové materiály) je v Laboratoři elektrofyzikální diagnostiky materiálů věnována náležitá pozornost (studenti měří rezistivitu s přesností pod 1 % z měřené hodnoty).

Teplotní měření byla však dosud prováděna pouze improvizovaně v teplém vzduchu generovaném vysoušečem vlasů se svépomocně zabudovanou manuální regulací teploty, neboť v laboratoři chyběl jiný kvalitní zdroj tepla. Cílem projektu bylo tento stav změnit a měřit i ve výuce základní teplotní charakteristiky (teplotní koeficient odporu apod.) - např. elektrovedných materiálů - rovněž s přesností lepší než 1 %.

Zvolená koncepce a postup řešení:

Důležitými parametry zdroje tepla je přesnost a rovnoměrnost nastavení teploty ve sledovaném prostoru v kontrastu s rychlostí ustálení tepelných poměrů. Důležitá je i možnost komunikace zařízení s počítačem - možnost počítačového nastavování a snímání měřených veličin.

Ve studentských laboratořích hraje svou roli i mobilita zařízení – měřicí úlohu je třeba operativně postavit i demontovat. Jinak obvyklé požití sušáren a pecí je těžkopádné – zpravidla nejsou určeny k častému přenášení a neumožňují použití teplot pod teplotu okolí.

Jako velmi solidní se ukázala volba založená na laboratorním kalibrátoru fy. ISOTECH Venus 2140 S s příslušenstvím. Ve válcovém prostoru s průměrem cca 35 mm a délkou 157 mm je nastavitelná teplota v intervalu -35 až 140 °C s dobou ustálení cca 10 min. Měřený objekt je do tohoto prostoru zasouván buď přímo, nebo jsou k dispozici speciální zásuvné jednotky s velmi dobrým a rovnoměrným přenosem tepla případně i s možností použití míchané vody, lihu či oleje jako přenosového stabilizačního média.

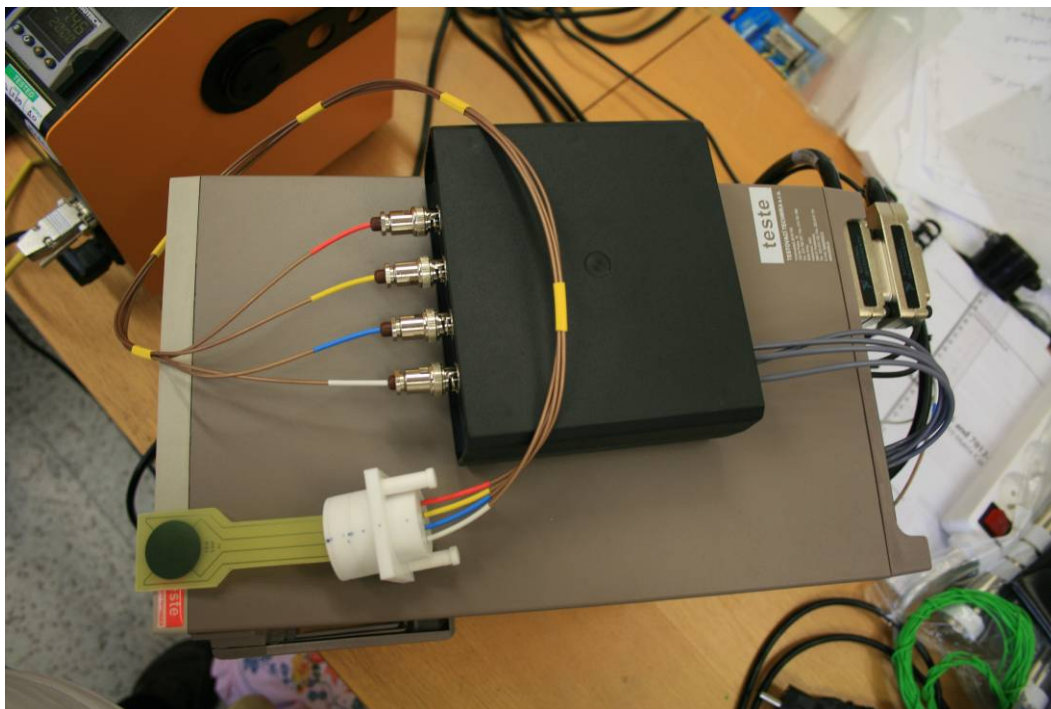
Přednastavení teploty a monitoring teploty lze provádět jak z panelu přístroje tak pomocí jednoúčelového programu dodávaného s přístrojem s možností jednoduchého programování teplotních bodů, které přístroj po startu programu postupně nastavuje. Pro komunikaci s řídicí jednotkou (počítačem) je přístroj vybaven rozhraním RS 422 s dodávanou hardwarovou konverzí na RS 232.

Dodávaný program má ovšem jen demonstrační charakter. Je sice psán v prostředí NI LabView, ale výrobce zcela nepochopitelně neposkytuje zdrojový kód programu, a tak tento program nelze použít pro spolupráci s jinými automatizovanými systémy a pro nasazení kalibrátoru do měřicího systému je třeba za úplatu nechat prodejcem vytvořit program na zakázku nebo nastudovat systém řízení přístroje po interní sběrnici RS 422 s komunikačním protokolem MODBUS a poté vytvořit program vlastní. S ohledem na omezené prostředky jsme byli nuceni jít cestou vlastní tvorby řídicího programu.

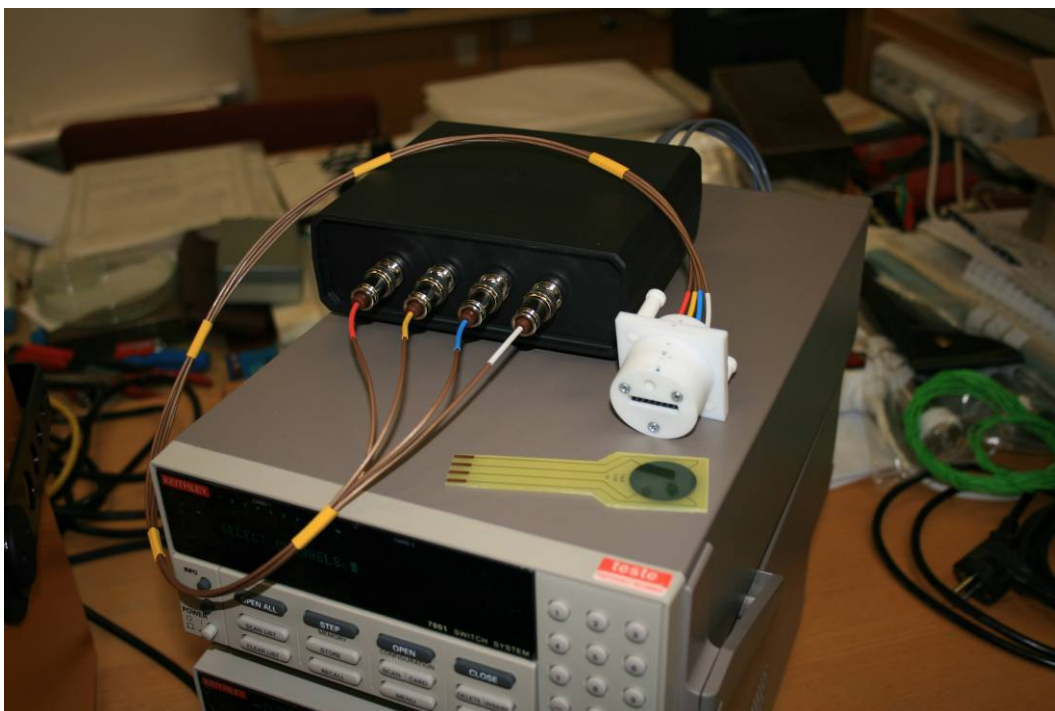
Dále bylo třeba zajistit, aby vzorek testovaného materiálu byl v termostatovaném prostoru vhodně fixován a současně bylo možné ho jednoduchým ale dobře definovaným způsobem připojit k měřicímu systému pro měření rezistivity zvoleného typu vzorku (v našem případě metodou Van der Pauw).

V rámci řešení projektu byl proto navržen a realizován speciální držák vzorků (v první etapě pro měření teplotní závislosti rezistivity měděné fólie desek plošných spojů (DPS), nebo pro obecné vzorky ve tvaru desek, fólií a vrstev se stavitelným kontaktním systémem na DPS pro čtvercové vzorky s rozměry 5x5 až 12x12 mm). Držák vzorků je vyroben z teflonových dílů a je z jedné strany opatřen konektorem typu „slot“ pro snadnou výměnu vzorků. Z druhé strany je pak vyvedena čtveřice koaxiálních kabelů s PTFE izolací zakončených BNC konektory pro jednoduché a operativní připojení k univerzální sestavě přístrojů s křížovým reléovým polem tak,

aby mohla být automaticky realizována metoda Van der Pauw pro měření rezistivity.



Obr. 2. Vzorek DPS zasunutý ve slotu teflonového přípravku zapojený do měřicího systému BNC konektory



Obr. 3. Vzorek DPS před zasunutím do slotu teflonového přípravku zapojeného do měřicího systému BNC konektory

Celek držáku se vzorkem byl navržen a realizován tak, aby byl vhodný k přímému zasunutí do válcové tepelné komory termostatu ISOTECH a umožňoval současně i monitoring teploty v bezprostřední blízkosti vzorku. Teflonový držák vzorků a jeho připojení do měřicího systému dokumentují obr. 2, 3 a 4.

Při praktických zkouškách systému se ukázalo, že ustalování teploty atmosféry ve válcovém prostoru probíhalo podstatně pomaleji než ustálení teploty samotného kovového válce termostatu. Proto byl k držáku vzorku přimontován ještě miniventilátor. Nucená cirkulace vzduchu v termostatovaném prostoru přispívá jak ke zrychlení ustalování, tak k homogenizaci tepelných poměrů v termostatovaném prostoru.

Termostat tedy byl začleněn do automatizovaného pracoviště pro měření rezistivity materiálů jak po stránce hardwarové tak programové. V první etapě byl vytvořen a odladěn program pro automatizované měření teplotního koeficientu odporu (TKR) měděné fólie.

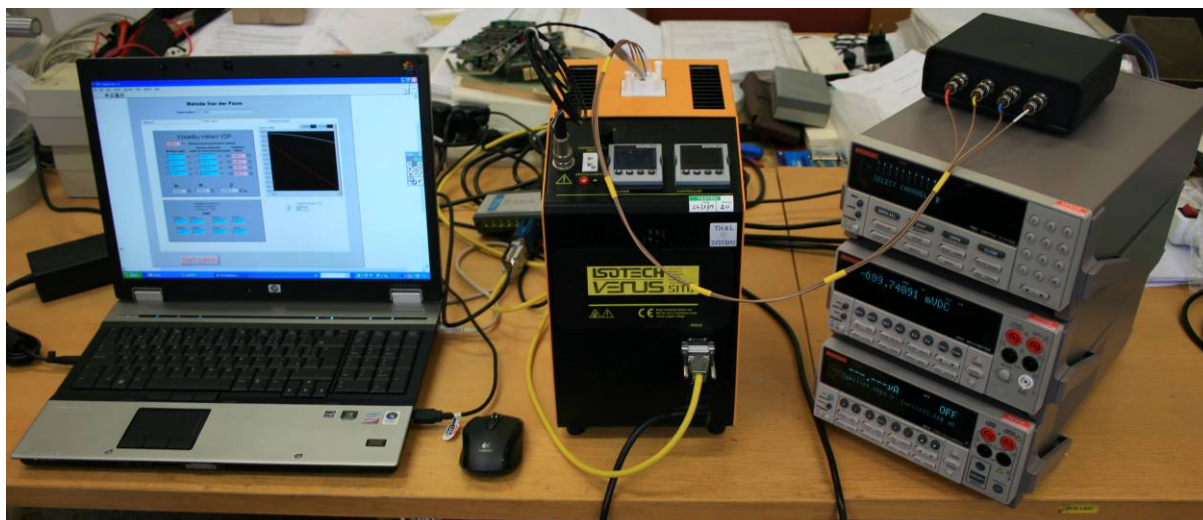
Experiment je řízen jednotkou HP 8730w k řízení se využívá konverze rozhraní USB 2.0 této jednotky na rozhraní typu RS232c (ke komunikaci s termostatem) a na rozhraní GPIB (pro řízení univerzální sestavy programovatelného zdroje, multimetru a křížového spínacího pole fy. Keithley). Řídicí program je vytvořen v prostředí NI LabView 8.5.

Vlastnosti a použití výsledků řešení

Z univerzální sestavy přístrojů Keithley, termostatu Isotech a řídicí jednotky HP8730w lze operativně sestavit úlohu pro automatizované měření teplotního koeficientu odporu elektrovedné mědi na DPS, viz obr. 3.

Po zapnutí všech přístrojů a spuštění řídicího programu je třeba nejdříve zadat na virtuálním ovládacím panelu řídicí jednotky název vzorku (datum se po spuštění doplňuje automaticky), měřicí proud [mA], tloušťku fólie [m], posloupnost teplotních bodů [°C], přípustnou diferenci přednastaveného teplotního bodu a skutečně nastavené teploty [°C], maximální přípustnou dobu ustalování každého z teplotních bodů odvozenou od celkové doby, která je vyhrazena pro měření a stupeň aproximačního polynomu jímž má být teplotní závislost rezistivity fitována. Poté se provede start měření.

Program odešle termostatu požadavek na nastavení teploty prvního teplotního bodu a dále monitoruje skutečnou hodnotu teploty v těsné blízkosti vzorku (lze sledovat dynamický graf na panelu řídicí jednotky). Poté co je diference skutečné a přednastavené teploty menší než diference povolená úvodem, nebo poté co je dosažena maximální doba ustálení (záleží na tom která událost nastane dříve) je provedeno automatické změření rezistivity metodou VDP (všechny naměřené a vypočtené hodnoty jsou zobrazovány řídicí jednotkou). Po dokončení měření a uložení naměřených a vypočtených hodnot následuje odeslání požadavku na nastavení druhého přednastaveného teplotního bodu. Postup se tak cyklicky opakuje, dokud nejsou vyčerpány všechny teplotní body v seznamu. Po proběhnutí posledního měřicího cyklu je provedena jednak lineární regrese a odečten TKR a jednak fitování polynomem přednastaveného stupně a zobrazením jeho koeficientů. Současně je stanoven i zobrazen koeficient spolehlivosti obou aproximací. Všechna naměřená a vypočtená data jsou pro případné dodatečné



Obr. 4. Sestavený měřicí systém pro měření TKR

přehodnocení automaticky archivována ve dvou textových souborech. Buď všechny nastavené proudy a odečtená napětí, vypočtené pomocné hodnoty odporu a vypočtená rezistivita včetně korekce na případnou drobnou nesymetrii vzorku nebo jen výsledné hodnoty rezistivity a odpovídající TKR.

Úkolem studenta bude porovnat TKR v daném rozsahu teplot s hodnotou udávanou v renomovaných literárních pramenech a seriózně diskutovat pravděpodobné příčiny zjištěných rozdílů.

ad 4)

Stávající laboratorní úloha "Měření parametrů RLC-obvodů" byla doplněna o testování nově připravených kapacitních a induktivních senzorů polohy. Dále byl vytvořen a otestován senzor vlhkosti založený na krystalovém rezonátoru s polypyrrrolovou sorpční vrstvou. Senzor bude využíván v rámci stávající laboratorní úlohy " Využití krystalových rezonátorů pro detekci plynů". Výuka v laboratořích z fyziky byla pro nadcházející akademický rok doplněna o novou úlohu "Světelné zdroje - měření a porovnání jejich vlastností", ve které se kromě světelných zdrojů testuje senzor intenzity osvětlení (Luxmetr). Problematika zpracování výstupního signálu (vyhodnocování dat) je obsažena v úloze "Operační zesilovač".

4A Světelné zdroje - měření a porovnání jejich vlastností
(Dr. Jana Jirešová, Mgr. Jaromír Seidl)

Otázka účinnosti používaných světelných zdrojů je dnes velmi aktuální jak pro studenty technických oborů, tak i pro širokou veřejnost. Laboratorní práce na toto téma je tedy pro studenty atraktivní a zároveň rozšiřuje jejich znalosti v oboru optiky.

Cílem řešení bylo vytvoření laboratorní úlohy pro studenty tak, aby doplnila látku vyučovanou v základním kurzu fyziky v oblasti optiky, zejména fotometrie. Laboratorní práce může být pro studenty zajímavá i z hlediska zhodnocení ekonomických nákladů na různé osvětlovací zdroje a posouzení jejich výhodnosti mimo jiné i v souvislosti s nařízením Evropské komise č. 244/2009, z kterého vyplývá, že od září 2009 je ve všech členských státech EU zahájen postupný proces přechodu od matných i čirých žárovek a halogenových žárovek na úsporné kompaktní zářivky a další nízkoenergetické světelné zdroje.

V připravené úloze se studenti v rámci přípravy na laboratorní práci seznámí se základními fotometrickými veličinami a s principem funkce nejběžnějších světelných zdrojů. Naučí se zkonstruovat fotometrický diagram, pracovat s grafem v polárních souřadnicích. Po absolvování práce dokážou na základě vlastní zkušenosti posoudit účinnost jednotlivých zdrojů světla a jejich energetickou výhodnost.

Postup řešení

Zařízení pro laboratorní úlohu do základních laboratoří prochází rukama stovek studentů ročně a musí být tedy robustní a odolné. S ohledem na to byla vytvořena optická lavice s luxmetrem (CEM DT 1308) umožňujícím měřit osvětlení v různých vzdálenostech od zdroje světla a s výměnnými zdroji světla, které je možno natáčet v rozsahu 180° (obr. 5). Jednotlivé zdroje světla jsou zabudované v kompaktních přípravcích, aby odpadla nutnost manipulace s křehkými součástmi. Pro měření byly zvoleny následující zdroje světla: žárovka 40W čirá, kompaktní úsporná zářivka 8W, která podle výrobce odpovídá 40W žárovce a světelný zdroj na bázi LED 10W. Skutečně odebraný příkon je měřen wattmetrem MEROX PM30_F.

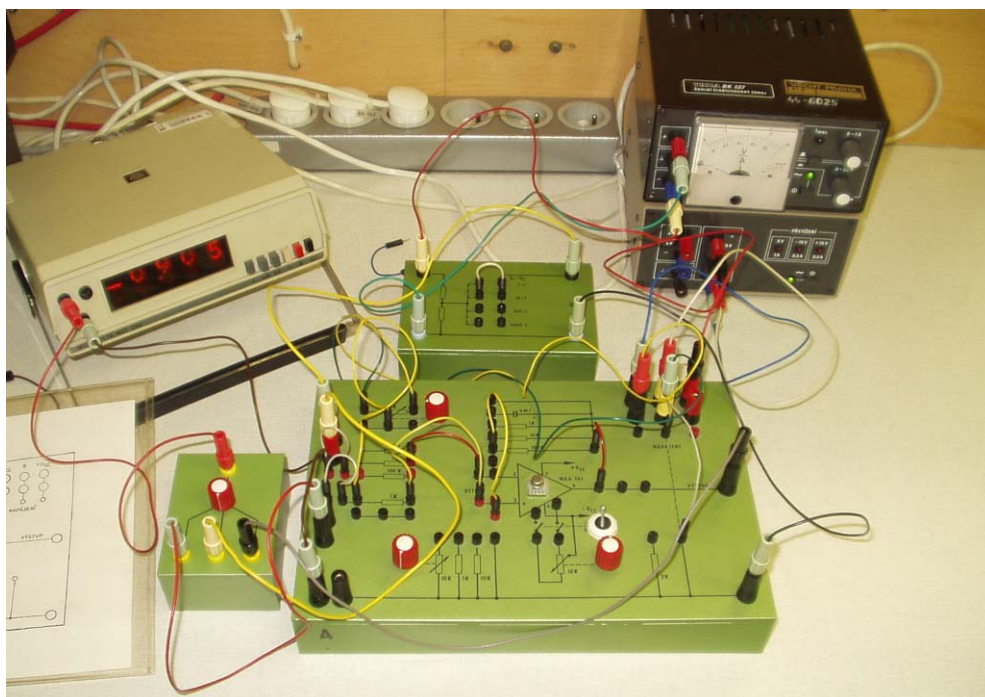
Pro studenty byl připraven stručný úvod do problematiky a návod pro měření. Zařízení bylo otestováno, celá úloha byla proměřena a byl vypracován vzorový protokol. Návod k úloze i vzorový protokol jsou uvedeny v příloze.



Obr. 5: Optická lavice s otáčivým zdrojem světla a luxmetrem

4B Operační zesilovač (Ing. Ladislav Fišer, Ph.D.)

Protože operační zesilovač (dále jen OZ) je stále základní součástka pro zpracování signálu senzoru a jeho úpravu a unifikaci pro A/D převodník či přenos, byla úloha, ve které se studenti seznamují se základními vlastnostmi a zapojeními OZ, inovována a zařazena do „Laboratoře oboru Inženýrská informatika“. Úloha je koncipována tak, že zapojení je připraveno na základním panelu a studenti mohou jednoduše, pomocí propojovacích vodičů s mikrobanánky, sestavovat základní zapojení OZ a testovat jejich vlastnosti. Na dalších pomocných panelech jsou připraveny pomocné obvody, jako odporový dělič napětí, či prepínač měřících míst. Základní představu o popisované úloze je možné si udělat z fotografie.



Úloha je koncipována tak, že se skládá ze dvou bloků, které lze experimentálně zvládnout za 3 vyučující hodiny, takže ji lze vyučovat buď jako dvě práce po třech hodinách, nebo jako jednu šestihodinovou práci.

Pro úlohu byl přepracován (digitalizován) návod, který je k dispozici na <http://www.vscht.cz/ufmt/cs/index.html>

Funkčnost celé úlohy byla ověřena autorem inovace (původní úloha byla navržena Ing. Macháčem pro Laboratoř oboru 2) a je doložena vzorovým protokolem.

ad 5)

5A - Laboratorní stanice pro stanovení analytů biosenzory

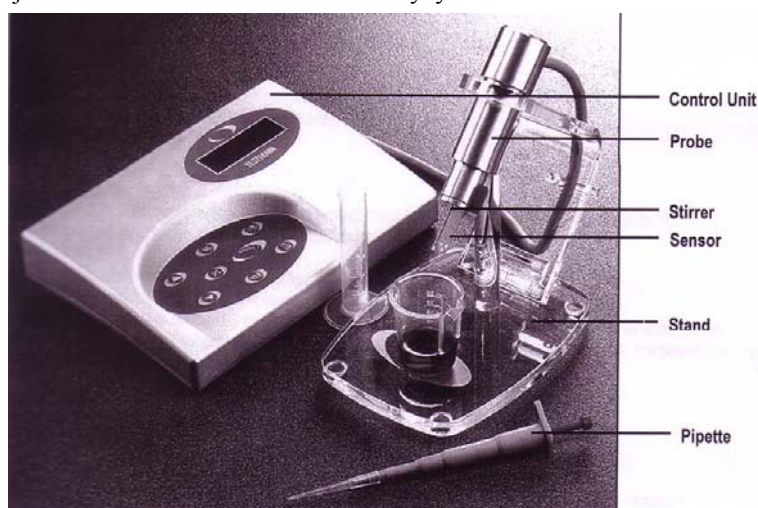
(doc. Ing. Helena Uhrová, CSc.)

Koncentrace vybraných analytů se stanovuje pomocí biosenzorů s imobilizovanými enzymy, specifickými pro vybraný analyt. Biosenzory zjednodušují tradiční techniku biochemické analýzy.

Laboratorní stanice Senzytec umožňuje měřit koncentraci několika analytů (cukrů, kyselin, lipidů, etanolu) jednorázovými biosenzory. Systém se skládá z kontrolní jednotky a kompaktního elektrodového systému, tvořeného sondou s biosenzorem (viz obr.).

Měřený vzorek, přidávaný mikropipetou do měřicího pufru, je rozpoznán enzymem imobilizovaným na povrchu biosenzoru. Elektrochemický signál vznikající při enzymatické reakci je převeden na elektrický signál a zpracován kontrolní jednotkou. Signál je přímo úměrný koncentraci analytu. Zjištěná koncentrace se zobrazuje na displeji kontrolní jednotky.

V zadní části kontrolní jednotky je RS-232 sériový port pro připojení počítače. Zdrojový adaptér (9-12 VDC, 1 A) slouží k dobíjení interních baterií kontrolní jednotky.



ad 6)

Návrh, výroba a testování mikrofluidních zařízení s kapalnou fází (Dalimil Šnita, Michal Příbyl, Zdeněk Slouka)

6A – Charakteristiky elektroosmotického čerpadla

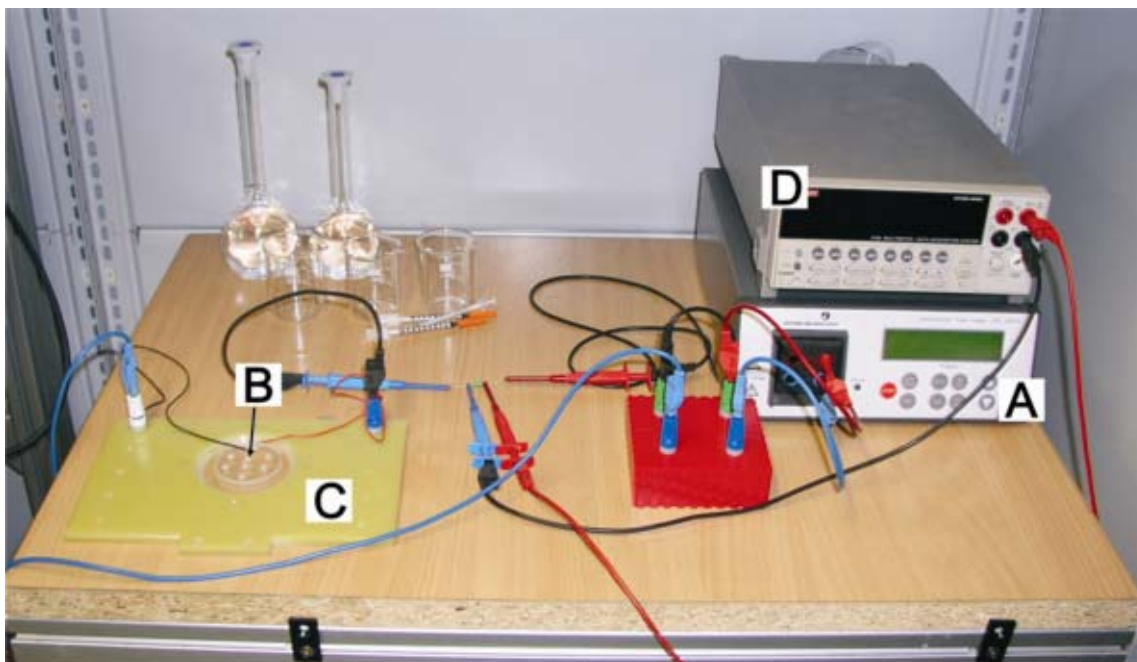
Elektroosmózu neboli elektroosmotickou konvekci je možno charakterizovat jako konvektivní tok tekutiny vyvolaný gradientem elektrického potenciálu. Na mikrokanálový systém tedy není nutné vkládat tlakový spád, což je důležité zejména s ohledem k faktu, že průměr mikrokanálků je obvykle velmi malý, a tudíž potřebný tlakový spád velmi vysoký. V mikrofluidních systémech je možno vybudit elektroosmotickou konvekce vždy, když stěny mikrokanálku váží elektrický náboj (sklo i většina běžných plastů), tekutina vyplňující mikrokanálky obsahuje pohyblivé nosiče elektrického náboje (ionty) a teče ke stěnám kanálků je vloženo elektrické pole dostatečné intenzity. Na rozdíl od konvekce vyvolané tlakovým spádem, je možno elektroosmózu využít k adresování tekutin ze zdrojového místa na místo cílové vhodnou orientací vloženého elektrického pole.

Elektroosmotická čerpadla jsou v současné době hojně využívána v mikrofluidních a nanofluidních systémech pro cílené adresování reaktantů. Je s možné se s nimi setkat v takzvaných laboratořích na čipu určených zejména pro různá rychlá diagnostická stanovení biologických markerů.

Cílem bylo vytvoření laboratorní úlohy pro studenty, která bude vhodným způsobem rozšiřovat jejich znalosti v oblasti chemického inženýrství, elektrochemie a mikrofluidiky. Elektroosmotická čerpadla jsou součástí řady moderních přístrojů s velmi vysokou přidanou hodnotou, jejichž konstrukce a uvedení do praxe je doménou pouze několika předních světových výrobců v diagnostické, senzorické a chemicko-inženýrské oblasti. Studenti tak získají znalosti a dovednosti, které nemají možnost získat na jiném pracovišti v České republice. Jejich širší rozhled může napomoci jejich uplatnění po ukončení studií zejména s ohledem na přenos inovací do technologické praxe.

Postup řešení

Koncepce laboratorní úlohy vychází ze zkušenosti pracoviště Ústavu chemického inženýrství, které se dlouhodobě orientuje na výzkum rozmanitých mikrofluidních systémů. Elektroosmotické dávkování bylo na pracovišti studováno teoreticky i experimentálně, což dokládá řada vědeckých publikačních výstupů. Experimentální aparatury, které byly vyvinuty v minulosti na našem pracovišti, posloužily jako základ pro vytvoření nové laboratorní úlohy.



Obr. 6: Fotografie zařízení pro měření elektroosmotického toku.

Bylo navrženo a vyvinuto laboratorní zařízení, které umožňuje určit elektroosmotické vlastnosti čipů při čerpání vodných elektrolytů. Zvolená metoda je založena na monitorování elektrického proudu protékajícího mikrofluidním kanálem při čerpání různě koncentrovaných elektrolytů. Při skokové změně koncentrace čerpaného elektrolytu je možno z doby poklesu či nárůstu protékajícího elektrického proudu určit rychlost elektroosmotické konvekce, elektroosmotickou mobilitu a zeta-potenciál v daném zařízení. Hlavními součástmi zařízení (obr. 6) jsou: zdroj stejnosměrného napětí, jednorozměrný mikročip, platforma určená pro uchycení čipu a jeho napojení ke zdroji napětí, multimetr pro zaznamenávání protékajícího proudu a počítač pro sběr a vyhodnocení dat. Mikrofluidní čip a platforma pro uchycení čipu byly vyvinuty pro potřeby projektu v naší laboratoři.

Teoretické podklady pro studenty, cíle práce, zásady bezpečnosti práce, způsob použití měřicí aparatury, postup měření a postup vyhodnocení experimentálních výsledků jsou uvedeny v příloze.

6B – Segmentovaný tok v mikrofluidních systémech a měření tlakové ztráty

Velká skupina mikrofluidních zařízení pro uskutečňování chemických transformací, procesů sdílení hmoty nebo procesů kombinovaných využívá takzvaný segmentovaný tok dvou nemísitelných tekutin. Například pomocí mikrokanálového spojení typu T, jsou vytvářeny disperze – emulze nebo pěny, kdy jednotlivé mikrokapky nebo mikrobubliny vyplňují téměř celý průměr mikrokanálu a jsou od sebe odděleny druhou fází. Do jedné z fází bývají

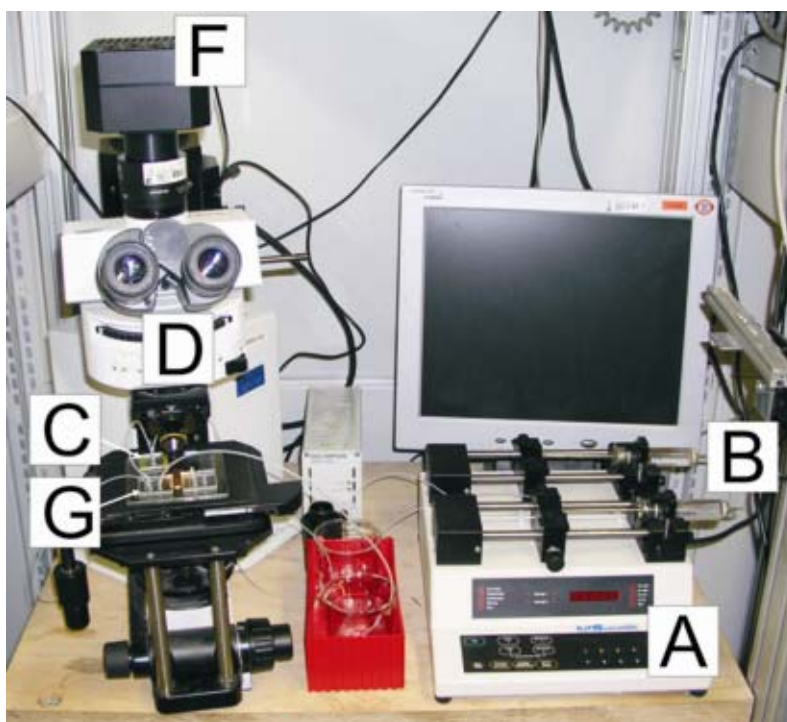
přidávány stabilizátory disperzí, aby uvnitř mikrokanálů byla minimalizována samovolná koalescence kapek či bublin. Uvnitř mikrokanálů je tak vytvořena velká mezifázová plocha. Zároveň je dosahováno vysoké intenzity sdílení hmoty mezi fázemi a rychlé homogenizace uvnitř každého segmentu kapalné či plynné fáze. V průtočných mikrozařízeních využívajících segmentovaný tok je rovněž omezena Taylorova disperze, která v systémech s jednofázovým tokem způsobuje rozmývání koncentračních front. Segmentovaného toku je možno efektivně využít například při stanovení kinetických konstant enzymových reakcí, zmnožení molekul DNA, syntéze organických molekul nebo výrobě monodisperzních pevných částic. Pokud je v mikrokapkách uskutečňována chemická reakce, je možné na systém mikrokapek pohlížet jako na systém za sebou se pohybujících mikroreaktorů.

Cílem bylo vytvoření nové laboratorní úlohy pro studenty, která bude odrážet moderní trendy v chemickém inženýrství. Mikrofluidní reaktory se segmentovaným tokem tvoří významnou třídu mikrozařízení, do které se vkládají velké naděje z hlediska dosahování požadovaných stupňů konverze a selektivity pro uskutečňování řady chemických transformací a biotransformací. Ačkoliv doposud není známo komerční zařízení s výjimkou speciálních senzorů, které by segmentovaného toku využívalo, je možno očekávat, že v nejbližších letech dojde k prudkému rozvoji v této oblasti.

Studenti se budou moci seznámit s principem vytváření segmentovaného toku typu kapalina-kapalina v mikrofluidních čípech a s možností opětovného rozdělení emulze na dalším typu mikrofluidního čipu. Studenti budou moci rovněž určit velikost tlakové ztráty v mikrofluidních kanálech různé světlosti při dávkování elektrolytů hydrostatickým čerpadlem. Velikost zjištěné tlakové ztráty bude srovnána s teoretickými předpoklady.

Postup řešení

Koncepce experimentální aparatury vychází z experimentálních a teoretických poznatků o generování segmentovaného toku typu kapalina-kapalina, opětovném rozdělování emulzí a o predikci tlakových ztrát při čerpání tekutin trubkovými systémy. Hlavními součástmi zařízení (obr. 6) jsou: lineární dávkovač se dvěma nezávislými posuny, speciální injekční stříkačky, mikročip pro generování segmentovaného toku, optický mikroskop, osvětlovací zařízení, fotoaparát, mikročip pro rozdělení emulze, U-manometr pro měření tlakové ztráty a počítač pro sběr dat. Z prostředků projektu bylo zakoupeno přesné dávkovací zařízení se dvěma nezávislými lineárními posuny, do kterých jsou vkládány speciální injekční stříkačky obsahující požadované tekutiny (vodu a rostlinný olej). Pro potřeby projektu byly vyrobeny mikrofluidní čipy pro generování segmentovaného toku, pro opětovné rozdělení emulze a pro měření tlakových ztrát včetně speciálního U-manometru.



Obr. 7: Fotografie zařízení pro generování segmentovaného toku a opětovné rozdělení emulze.

Princip vytváření segmentovaného toku typu kapalina-kapalina spočívá na pravidelné odtrhávání bublinek jedné kapalné fáze do fáze druhé v mikrofluidním čipu, který obsahuje křížení mikrokanálků typu X. První fáze je vedena centrálním kanálem a druhá je přiváděna dvěma kanály bočními. V posledním kanále je při vhodném nastavení průtoku možno pozorovat segmentovaný tok. Sledování vzniku dvoufázového toku umožňuje mikroskop opatřený digitálním fotoaparátem. Lze zachytit tvary segmentů v jednotlivých fázích vzniku a během pohybu segmentů mikrokanálem. K opětovnému rozdělení emulze dochází na jiném čipu, který využívá různé smáčivosti materiálu mikročipu (polydimethylsiloxanu) použitými tekutinami (olej, voda). Mikročip obsahuje jeden hlavní kanál a řadu kanálků bočních s velmi malou světlostí. Olej smáčí povrch materiálu lépe než voda, a proto přednostně odtéká malými bočními kanály. V hlavním kanále zůstává především voda. Posledním měřením na výše popsané aparatuře je měření tlakové ztráty při čerpání vody hydrostatickým čerpadlem (lineárním dávkovačem) mikrokanálky různého

průřezu. Pro tento typ měření byl vyvinut mikročip s mikrokanálky různé světlosti a s možností připojení U-manometru. Pro zvolený průtok lze na manometru odečíst tlakovou ztrátu, kterou je dále možno porovnat s teoretickým předpokladem daným Hagenovou-Poiseuilleovou rovnicí.

Teoretické podklady pro studenty, cíle práce, zásady bezpečnosti práce, způsob použití měřicí aparatury, postup měření a postup vyhodnocení experimentálních výsledků jsou uvedeny v příloze.

Závěr podprojektu f

Řešitelský kolektiv splnil veškeré vytyčené cíle. Vytvořily se modelové výukové stanice zahrnující měření, regulaci a vyhodnocování získaných dat (**ad 7**). Vypracované vzorové protokoly jsou v příloze této zprávy. Tím se inovovala laboratorní výuka ve vybraných předmětech (**ad 8**).