

SOFTWARE PRO ANALÝZU LABORATORNÍCH MĚŘENÍ Z FYZIKY

P. Novák, J. Novák, A. Mikš

Katedra fyziky, Fakulta stavební, České vysoké učení technické v Praze

Abstrakt

V rámci přechodu na model strukturovaného studia byla na Fakultě stavební ČVUT v Praze mimo jiné provedena zásadní inovace výuky experimentální fyziky ve formě nových fyzikálních laboratorních měření pro studenty bakalářského a magisterského studia s využitím moderních měřících přístrojů a metod. Pro nové úlohy bylo třeba vytvořit vhodný software pro počítačové zpracování a vyhodnocení měřených dat. Pro vytvoření tohoto software byl zvolen systém MATLAB.

1 Úvod

Na technických univerzitách jsou nezbytnou a velmi potřebnou součástí výuky fyziky laboratorní cvičení. Cílem těchto cvičení je prohloubit teoreticky nabyté vědomosti studentů na praktických úlohách a příkladech z technické praxe. V souvislosti s přechodem na model strukturovaného studia byla na Fakultě stavební ČVUT v Praze navržena nová koncepce výuky fyziky pro nově zavedené obory bakalářského studia a byly provedeny změny v obsahu vyučované látky i počtu hodin výuky pro různé studijní programy a obory studia. Byla též provedena zásadní inovace výuky experimentální fyziky ve formě fyzikálních laboratorních měření pro studenty bakalářského a magisterského studia. V rámci tohoto procesu došlo k modernizaci přístrojového vybavení laboratoří katedry fyziky pro výuku praktické fyziky a do výuky byly zavedeny zcela nové laboratorní úlohy zaměřené na moderní měřící metody využívající digitální měřící přístroje [1]. Spolu se zavedením těchto nových laboratorních úloh bylo třeba vytvořit vhodný podpůrný software pro počítačové zpracování a vyhodnocení měřených dat.

2 Software pro analýzu laboratorních měření z fyziky

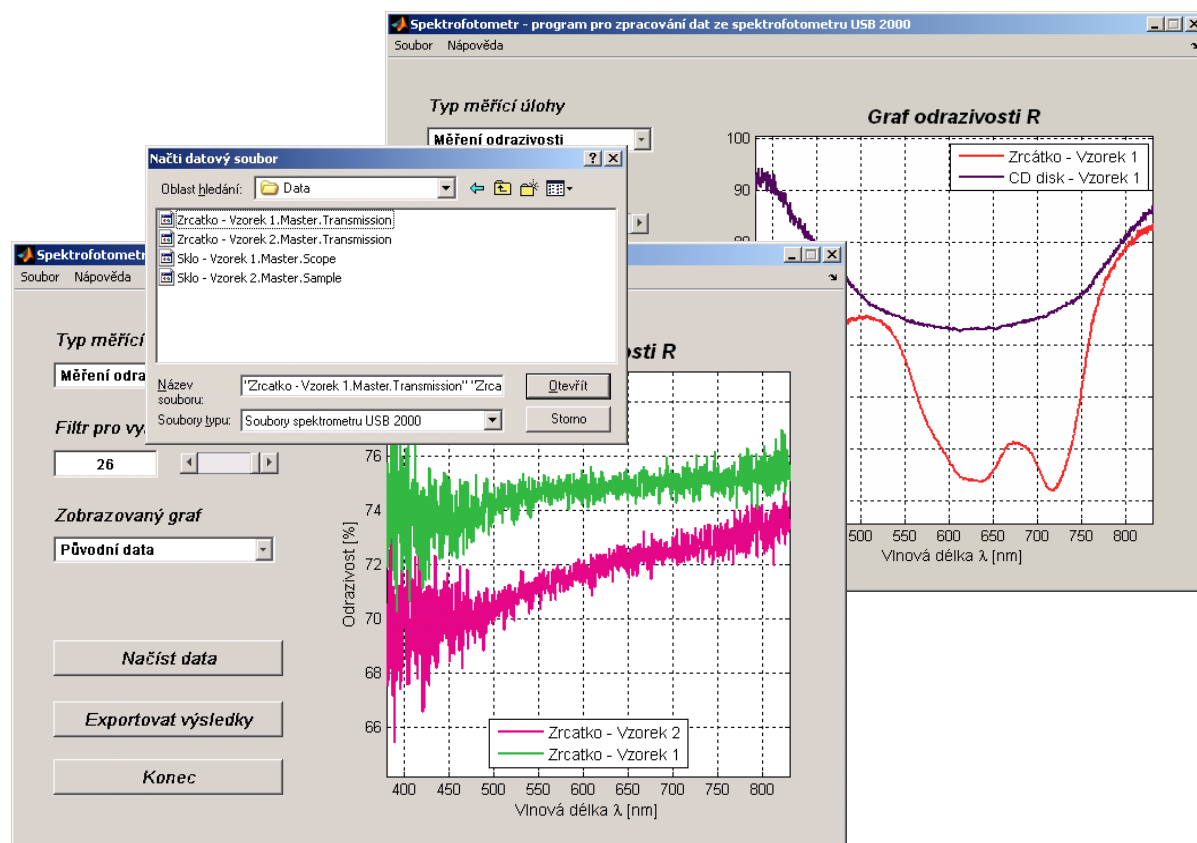
V rámci modernizace laboratoří katedry fyziky vznikly mimo jiné dvě nové laboratorní úlohy, které se zabývají měřením optických vlastností materiálů a světelných zdrojů [2-4] a úloha která se zabývá měřením a určováním tvaru ploch. V první laboratorní úloze se jedná o měření propustnosti a odrazivosti materiálů a o určování spektrální charakteristiky světelných zdrojů. Pro měření optických vlastností materiálů je využíván digitální spektrofotometr USB 2000 od firmy Ocean Optics, s příslušenstvím (Obr.1).



Obr. 1 Spektrofotometr USB 2000, sestava pro měření propustnosti

Spektrofotometr je připojen k počítači pomocí USB portu a vlastní měření je prováděno pomocí počítače s využitím ovládacího software, který byl dodán spolu se spektrofotometrem. V rámci tohoto počítačového programu lze nastavovat různé parametry citlivosti CCD senzoru (integrační doba, korekce elektrického šumu), nastavovat referenční a temné spektrum pro měření propustnosti resp. odrazivosti materiálů a snímat výsledné spektrum, které lze uložit do souboru. Bohužel ovládací program neumožňuje ukládat grafické výstupy (měřená data ukládá pouze do svého specifického datového souboru) a také neumožňuje jednoduchým způsobem dále pracovat s naměřenými daty (např. zobrazit více měření do jednoho grafu, provádět dodatečné vyhlazení grafu pomocí různých filtrů atd.). Z těchto důvodů bylo nutné vytvořit počítačovou aplikaci, která by umožnila jednoduchým způsobem provádět zpracování a vizualizaci měření s následnou možností exportu zpracovaných dat ve formě grafických výstupů. Tato aplikace by měla studentům usnadnit provádění porovnání několika testovaných materiálů a umožnit využití získaných grafických výstupů ke zpracování protokolu o měření.

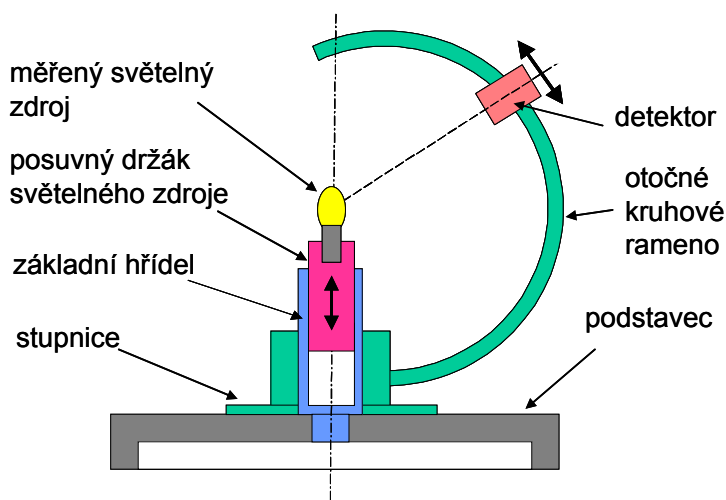
Pro vytvoření tohoto software byl použit systém MATLAB [3,5], který umožňuje poměrně jednoduše provést zpracování dat a vytvářet požadované grafické výstupy a zároveň je volně přístupný všem studentům a zaměstnancům ČVUT v Praze. Na obr. 2 je zobrazeno okno vytvořeného programu, který byl vytvořen s využitím Graphical User Interface MATLABu [5]. Program umožňuje přímé načtení datových souborů vytvořených pomocí ovládacího software spektrofotometru a jejich další zpracování. V rámci programu je možno aplikovat vyhlazovací filtr a zpracovaná data následně exportovat do zvoleného adresáře, kde jsou uložena ve formě obrázků ve formátu JPEG a dále jako objekty Matlab Figure, které lze případně dále upravovat v MATLABu.



Obr. 2: Program pro vyhodnocení měření spektrofotometrem USB 2000

Druhá nově vytvořená úloha se zaměřuje na zjišťování optických charakteristik světelných zdrojů. V rámci této úlohy je prováděno měření prostorové vyzařovací charakteristiky různých světelných zdrojů.

Měření je prováděno s pomocí fotogoniometru Meopta (obr.3). Měření probíhá na stanovené síti úhlů v prostoru tj. ve vodorovné rovině (pohyb otočného ramene fotogoniometru) a ve svislé rovině (posuv detektoru po otočném rameni) a studenti provádí záznam naměřených hodnot intenzity světla v daném směru do předem připravené tabulky MS Excel.



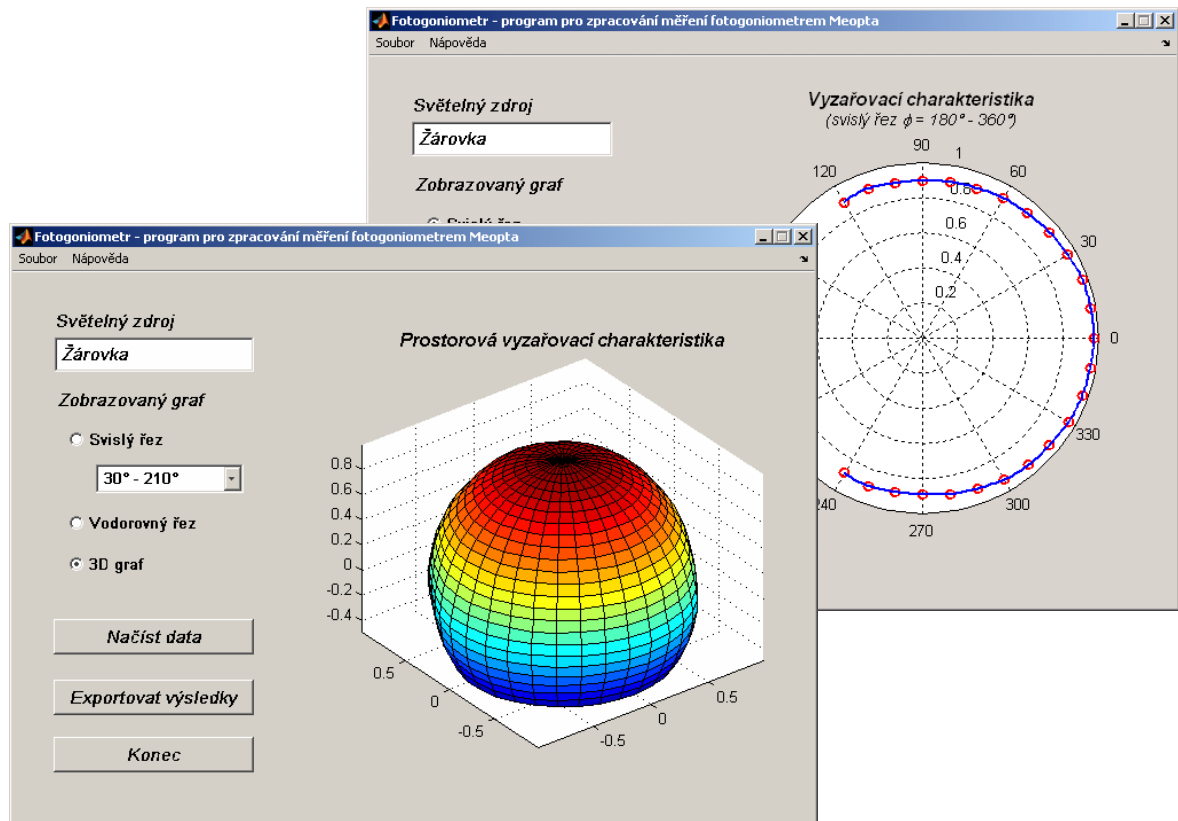
Obr. 3: Fotogoniometr Meopta

Tabulka pro zápis měřených dat je zobrazena na obr.4. Pro vyhodnocení měření byl vytvořen program, který umožní načíst data z tabulky uvedené na obr.3 a provede jejich grafické zpracování. Program umožňuje zobrazit svislé řezy v různých rovinách, vodorovný řez nebo trojrozměrný graf prostorové vyzářovací charakteristiky světelného zdroje.

Prostorová vyzářovací charakteristika														
Světelný zdroj:		Žárovka												
Úhel ve vodorovné rovině														
	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	
Úhel ve svislé rovině	0	0,369	0,369	0,369	0,369	0,369	0,369	0,369	0,369	0,369	0,369	0,369	0,369	
	10	0,37	0,369	0,372	0,37	0,368	0,366	0,367	0,368	0,368	0,37	0,369	0,368	0,37
	20	0,366	0,371	0,369	0,37	0,368	0,365	0,366	0,369	0,369	0,369	0,366	0,366	0,366
	30	0,364	0,367	0,366	0,368	0,363	0,362	0,364	0,368	0,37	0,369	0,365	0,36	0,364
	40	0,36	0,366	0,371	0,366	0,359	0,357	0,362	0,368	0,369	0,367	0,362	0,356	0,36
	50	0,357	0,364	0,366	0,363	0,356	0,356	0,362	0,364	0,366	0,367	0,36	0,351	0,357
	60	0,354	0,367	0,368	0,364	0,357	0,352	0,361	0,367	0,366	0,363	0,358	0,349	0,354
	70	0,355	0,367	0,368	0,368	0,356	0,345	0,356	0,361	0,363	0,367	0,358	0,344	0,355
	80	0,356	0,366	0,366	0,365	0,355	0,342	0,36	0,364	0,364	0,365	0,356	0,342	0,356
	90	0,361	0,371	0,369	0,372	0,36	0,337	0,363	0,37	0,369	0,373	0,362	0,339	0,361
	100	0,366	0,374	0,373	0,373	0,362	0,337	0,363	0,371	0,368	0,369	0,361	0,34	0,366
	110	0,364	0,367	0,37	0,368	0,357	0,339	0,357	0,366	0,363	0,364	0,356	0,344	0,364
	120	0,359	0,365	0,366	0,364	0,356	0,336	0,355	0,362	0,362	0,361	0,354	0,339	0,359

Obr. 4: Datová tabulka pro zpracování měření pomocí fotogoniometru

Stejně jako u programu pro spektrofotometr, umožňuje tento program export grafů do zvoleného adresáře ve formě JPEG obrázků a dále jako objekty Matlab Figure. Okno programu je zobrazeno na obr. 5.



Obr. 5 Program pro vyhodnocení měření fotogoniometrem Meopta

Třetí nově vytvořená laboratorní úloha se zabývá měřením tvaru ploch. Měření se provádí pomocí 3D souřadnicového měřicího stroje a pro sférické plochy je užíván sférometr. Souřadnicové měřicí zařízení bylo pro výukové účely vytvořeno pomocí křížového stolku ve vodorovné rovině xy , který umožňuje pohyb ve dvou kolmých osách pomocí mikrometrických šroubů.

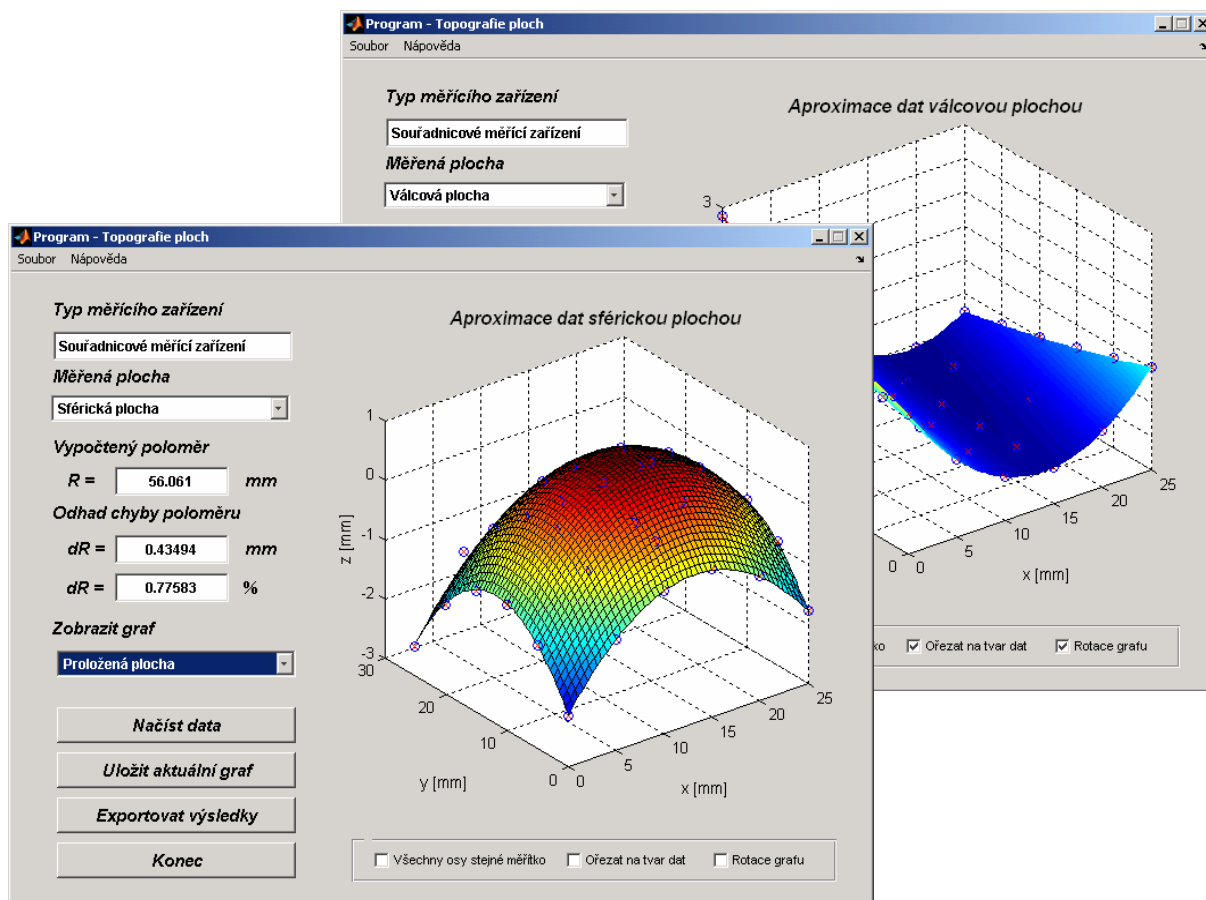


Obr. 6: Souřadnicové měřicí zařízení a sférometr

Třetí osa (osa z) kolmá k rovině stolku je realizována pomocí digitálního úchylkoměru pevně upnutého v mechanickém držáku. Obrázek souřadnicového měřicího zařízení a sferometru jsou znázorněny na obr. 6.

	0	5	10	15	20	25
0	1,152	0,535	0,311	0,412	0,707	1,233
5	0,443	-0,207	-0,348	-0,223	0,057	0,604
10	0,048	-0,48	-0,683	-0,579	-0,271	0,363
15	0,03	-0,513	-0,711	-0,568	-0,293	0,344
20	0,295	-0,233	-0,425	-0,321	-0,019	0,626
25	0,876	0,344	0,159	0,257	0,582	1,253

Obr. 7: Tabulka dat při měření souřadnicovým měřicím zařízením



Obr. 7: Aplikace pro vyhodnocení měření tvaru ploch

Studenti provádí měření poloměru křivosti sférických a válcových ploch. Naměřená data zpracují do formy tabulek MS Excel. S použitím systému MATLAB byl vytvořen počítačový program, který umožňuje načíst měřená data, uložená ve formě tabulek MS Excel a provést zpracování měření tj. proložit naměřenými daty vhodnou plochu, vypočítat poloměr měřené plochy a odhadnout chybu měření poloměru. Na obr.7 je ukázána tabulka dat v MS Excel, kterou studenti vyplňují při měření souřadnicovým měřicím zařízením. Tato tabulka vstupuje jako datový soubor do nově vytvořené aplikace, která provádí analýzu a vyhodnocení dat. Okno vytvořené aplikace je zobrazeno na obr.8.

Výstupy programu je možno uložit ve formě tabulky MS Excel s vypočtenými hodnotami poloměru křivosti plochy a odhadem chyby měření, dále je možno exportovat grafické výstupy ve formě obrázku ve formátu JPEG a souboru Matlab Figure.

3 Závěr

V práci byly s využitím prostředí MATLAB vytvořeny počítačové aplikace, které umožňují analýzu a vizualizaci nových měření prováděných v rámci laboratorních cvičení z fyziky. Vytvořené aplikace umožňují načíst data získaná při měření, provést analýzu a zobrazení různých charakteristik měření a umožňují exportovat jak grafické výstupy tak i výsledky ve formě datového souboru.

Práce byla vypracována v rámci projektu MSM6840770022 Ministerstva školství ČR.

Literatura

- [1] Mikš, A. - Novák, J. - Novák, P.: Innovation of Laboratory Experiments from Physics. Physical and Material Engineering 2005. Praha: CTU in Prague, 2005, s. 114-116.
- [2] Mikš, A. - Novák, J. - Novák, P.: Measurements of Photometric Parameters of Light Sources and Optical Properties of Materials. Physical and Material Engineering 2005. Praha: CTU in Prague, 2005, s. 250-252.
- [3] Novák, J. - Novák, P.: Computer Modelling in Physics Using Matlab. Proceedings of International Workshop: Physical and Material Engineering 2005. Praha: Czech Technical University in Prague, 2005, s. 136-138.
- [4] Mikš, A. – Novák, J.: Aplikovaná optika 10. Vydavatelství ČVUT, Praha 2000.
- [5] Novák, J. - Pultarová, I., Novák, P.: Základy informatiky - Počítačové modelování v MATLABu. Vydavatelství ČVUT, Praha 2005.

Ing. Pavel Novák, Katedra fyziky, Fakulta stavební ČVUT v Praze, Thákurova 7, 166 29 Praha 6.
tel: 224354345, fax: 233333226, e-mail: xnovakp9@fsv.cvut.cz

Ing. Jiří Novák, PhD., Katedra fyziky, Fakulta stavební ČVUT v Praze, Thákurova 7, 166 29 Praha 6.
tel: 224354345, fax: 233333226, e-mail: novakji@fsv.cvut.cz

Prof.RNDr.Antonín Mikš,CSc., Katedra fyziky, Fakulta stavební ČVUT, Thákurova 7, 166 29 Praha 6
tel: 224354948, fax: 233333226, e-mail: miks@fsv.cvut.cz