

Závěrečná zpráva řešitele projektu NVS IP 2021

Řešitel (jméno vč. titulů)	Václav Petrák, <i>Ing., Ph.D.</i>
Název projektu	Ramanova spektroskopie pro biomedicínské aplikace
Katedra (pracoviště) FBMI	Katedra přírodovědných oborů
Adresa pracoviště	náměstí Sítná 3105, Kročehlavy, 272 01 Kladno
E-mail adresa	vaclav.petrak@fbmi.cvut.cz
Telefon	725 878 390

Slovní hodnocení

A. Výsledky řešení projektu v porovnání s vytyčenými cíli, zejména:

Odborný či pedagogický přínos projektu pro FBMI, míra inovace.

Realizovaný projekt zpřístupňuje studentům problematiku Ramanovy spektroskopie a zpracování nahraných spekter. Ramanova spektroskopie se používá v řadě vědních oborů k identifikaci a studiu složení materiálů. Metoda využívá Ramanův jev, ke kterému dochází při interakci světla s elektrony zkoumaného materiálu. V posledních letech se významně rozšířilo využití Ramanovy spektroskopie v biomedicínském výzkumu a začíná prosazovat i v klinických aplikacích. Očekáváme že, se mnoho absolventů FBMI ČVUT s metodou Ramanovy spektroskopie ve své budoucí kariéře setká. Přestože je Ramanova spektroskopie principiálně jednoduchá metoda, specializované laboratorní je přístroje jsou drahé, vyžadují pečlivou kalibraci a obecně není studentům v běžných kurzech přístupná. Pro nezkušené uživatele je analýza dat obtížná a časově náročná. Spektroskop v tomto projektu byl sestaven na základě volně šiřitelné dokumentace OpenRAMAN, za použití běžně dostupných materiálů (Thorlabs)

Přínos projektu je primárně pedagogický. V projektu jsme realizovali jednoduchou variantu Ramanova spektroskopu z jednotlivých komponent. Jednoduchost uspořádání usnadňuje pochopení funkce jednotlivých částí systému i pochopení fyzikálního principu metodu. Zařízení umožní provedení širokého spektra experimentů a bude vhodné pro výuku optiky, chemie a nanotechnologií v bakalářských i magisterských studijních programech. Získaná data budou sloužit k pochopení typických komponent Ramanova spektra, včetně běžně se vyskytujících nežádoucích částí spektra (artefaktů). Cílovou skupinou jsou studenti bakalářských a magisterských studijních programů. Hlavní inovace spočívá ve zpřístupnění pokročilé spektroskopické metody studentům formou, které je názorná a snadno přístupné. S tímto spektroskopem je možné nechat studenty volně experiment a ladit systém.

Udržitelnost výsledků projektu v letech 2022-2023.

Udržitelnost na rok 2022 až 2023 je plánovaná. Projekt je plánován s výhledem na dlouhodobou udržitelnost. Optické komponenty, ze kterých se spektroskop skládá mají dlouhodobou životnost. Chemikálie a kyvety by měli stačit na několik let cvičení a jsou relativně levné. Z hlediska udržitelnosti je důležitá kalibrace systému, o kterou se bude starat hlavní řešitel projektu. V málo pravděpodobném případě poškození systému budou součástky k opravě dílčích částí hrazeny z prostředků KPO.

Odborná úroveň projektu.

Řešitelský tým při sestavování spektroskopu využíval dlouholeté zkušenosti s Ramanovou spektroskopií a spektroskopickými metodami obecně. Hlavní řešitel má s metodou Ramanovy

spektroskopie více než 10 let zkušenosti, které vedly k několika impaktovaným publikacím^{1,2}. Zároveň má zkušenosti s výukou studentů v oblasti experimentálních měření i analýzy a zpracování dat. Typy umožnilo připravit úlohy tak aby dobře odrážely běžné postupy měření i problémy se kterými se studenti mohou v praxi setkat.

Přínos řešení projektu pro osobní rozvoj řešitele, jeho pracoviště a plnění strategického záměru a plánu realizace SZ ČVUT a ČVUT FBMI (2021-2025)

Řešení projektu zvýšilo odborné kompetence řešitele v oblasti optických systémů Ramanovy spektroskopie. Při řešení projektu řešil například správné umístění optických prvků, zarovnávání optických komponentů a správnou kalibraci přístroje. Tím získal zkušenosti i v těchto činnostech, které obvykle nejsou u komerčních přístrojů potřeba. Příprava úloh zvýšila pedagogické kompetence řešitele.

Projekt je přínos pro plnění strategického záměru a plánu realizace strategického záměru ČVUT, které má za cíl zapojovat praxi do výuky a využití znalostí v praxi. Dalším definovaným cílem strategického záměru je zvyšovat kvalitu a úspěšnost studia. Projekt přináší studentům snadno přístupnou formou spektroskopickou metody, se kterou se mohou setkat v praxi. Díky atraktivní „hands-on“ formě připravených cvičení je zvýšená šance vzbudit u studentů zájem o téma Ramanovy spektroskopie.

B. Využitelnost výsledků řešení, vč. využití technického a přístrojového vybavení, pro rozvoj vzdělávání na FBMI:

(konkrétně rozepsat, do kterých předmětů, oborů/programů, kdy a v jaké míře bude projekt využit)

F7PMINAN-N Nanotechnologie a nanomateriály

Předmět je součástí studijního plánu 1. ročníku navazujícího studijního programu Biomedicínská a klinická informatika se specializace Nanotechnologie. V předmětu získávají studenti přehled o principech a aplikacích v interdisciplinární oblasti biofotoniky spojující poznatky fyziky, optiky a biologie. Předmět bude poprvé vyučován v letním semestru akademického roku 2021/2022.

Doplnění plánovaných přednášek na základě výsledků projektu Ramanova spektroskopie pro biomedicínské aplikace:

Ramanova spektroskopie v nanomedicíně: Jak souvisí velikostí částic a mechanickými vlastnostmi nančástic. Ramanova spektroskopie uhlíkových materiálů. Povrchem zesílená Ramanova spektroskopie (SERS),

Doplnění plánovaných cvičení

Ramanova spektroskopie: Uspořádání a kalibrace Ramanova spektroskopu. Zarovnání mřížky pro daný spektrální rozsah. Měření Ramanových spekter molekuly. Monitorování kinetiky chemické reakce. Identifikace směsi několika látek. Kvantifikace množství měřené látky. Nejčastější problémy při měření a jejich eliminace

Zpracování dat z Ramanovy spektroskopie: Identifikace píků. Fitování spekter. Příklady typických artefaktů a jejich odstranění.

¹ Petrák, Václav, et al. "Fabrication of porous boron-doped diamond on SiO₂ fiber templates." Carbon 114 (2017): 457-464.

² Gandara-Montano, Gustavo A., et al. "Large optical phase shifts in hydrogels written with femtosecond laser pulses: elucidating the role of localized water concentration changes." Optical Materials Express 7.9 (2017): 3162-3180.

F7PMIPBF-N Pokročilá biofotonika

Předmět je součástí studijního plánu 2. ročníku navazujícího studijního programu Biomedicínská a klinická informatika se specializace Nanotechnologie. V předmětu získávají studenti přehled o principech a aplikacích v interdisciplinární oblasti biofotoniky spojující poznatky fyziky, optiky a biologie. Předmět bude poprvé vyučován v zimním semestru akademického roku 2022/2023.

Výukové pomůcka bude využita na přednášce Spektroskopie: Luminiscence (Fluorescence, Fosforescence), FTIR, **Ramanova spektroskopie**.

Ramanův spektroskop sestavený v tomto projektu bude využit v tomto projektu bude využit během cvičení ve 3. týdnu semestru: *Spektrofotometrické stanovení koncentrace látek v tělních tekutinách. **Využití Ramanovy spektroskopie pro identifikaci látek.***

17PBOOF Optika fyzikální

Předmět je součástí studijního plánu 2. ročníku bakalářského studijního oboru Optika a optometrie. Předmět se podrobně zabývá základy tzv. fyzikální optiky a jejích aplikací v technice a biomedicíně. Pomůcka bude poprvé využita při vyučování předměty v zimním semestru akademického roku 2022/2023.

Výukové pomůcka bude využita na přednášce Spektroskopie: Luminiscence (Fluorescence, Fosforescence), FTIR, **Ramanova spektroskopie**.

Ramanův spektroskop sestavený v tomto projektu bude využit v tomto projektu bude využit během cvičení ve 3. týdnu semestru: *Spektrofotometrické stanovení koncentrace látek v tělních tekutinách. **Využití Ramanovy spektroskopie pro identifikaci látek.***

Ramanův spektroskop sestavený v tomto projektu bude využit v tomto projektu bude využit během cvičení ve 12. týdnu semestru: *Spektrometrická měření **s využitím Ramanovy spektroskopie.***

F7PMINNI-N Nanoinformatics

Předmět je součástí studijního plánu 2. ročníku navazujícího studijního programu Biomedicínská a klinická informatika se specializace Nanotechnologie. V předmětu získávají studenti přehled o principech a aplikacích v interdisciplinární oblasti biofotoniky spojující poznatky fyziky, optiky a biologie. Předmět bude poprvé vyučován v letním semestru akademického roku 2022/2023.

Spektra Ramanovy spektroskopie budou sloužit pro cvičení metodám vyučovaným v rámci předmětu.

C. Způsob využití s finančních prostředků poskytnutých na projekt:

Přesný a úplný popis využití finančních prostředků včetně případných změn

Materiální náklady (včetně drobného majetku):

Položka	Cena za jednotku Kč	Počet jednotek	Cena celkem Kč
Součástky pro stavbu optické sestavy			
f = 19.0 mm Ø1/2" Achromatic Doublet ARC: 400 - 700 nm	1 556	2	3 112
f = 50.0 mm Ø1" Achromatic Doublet ARC: 400 - 700 nm	2 288	1	2 288
9-Piece Color-Coded Hex Key Set, Metric	702	1	702
SM1-Threaded 30 mm Cage Plate, 0.35" Thick, 2 Retaining Rings, M4 Tap	476	2	952
30 mm Cage Mounting Bracket	421	2	842
30 mm Cage Plate with Ø1/2" Double Bore M4 Tap	658	2	1 316

30 mm Cage Plate with Ø1" Double Bore M4 Tap	527	2	1 053
30 mm Cage Plate, Ø1.2" Double Bore for SM1 and C-Mount Lens Tubes	622	1	622
Collimated Laser-Diode-Pumped DPSS Laser Module 532 nm 4.5 mW Round Beam Ø11 mm Housing	4 850	1	4 850
Cage Rotation Mount for Ø1" Optics SM1 Threaded M4 Tap	2 464	1	2 464
Ø1" SM1-Mounted Frosted Glass Alignment Disk w/Ø1 mm Hole	984	2	1 968
Ø1" Longpass Dichroic Mirror 550 nm Cut-On	5 156	1	5 156
Cage Assembly Rod 1" Long Ø6 mm	147	2	293
Cage Assembly Rod 1.5" Long Ø6 mm	170	2	340
Cage Assembly Rod, 2" Long, Ø6 mm	177	2	354
Cage Assembly Rod 3" Long Ø6 mm 4 Pack	728	1	728
Cage Assembly Rod, 6" Long, Ø6 mm	251	2	502
Ø25.0 mm Premium Longpass Filter Cut-On Wavelength: 550 nm	4 912	1	4 912
Fixed Ø1" Mirror Mount M4 Tap	482	2	964
Ruled Reflective Diffraction Grating 1200/mm 500 nm Blaze 25 x 25 x 6 mm	3 294	1	3 294
Kinematic Mirror Mount for Ø1" Optics	1 124	3	3 371
5 VDC Regulated Power Supply 2.5 mm Phono Plug 230 VAC	2 601	1	2 601
f=-20 mm H=15 mm L=17 mm N-BK7 Plano-Concave Cylindrical Lens ARC: 350-700 nm	2 251	1	2 251
Ø 600 µm, 0.50 NA, SMA-SMA Fiber Patch Cable, Low OH, 2 Meters	2 601	1	2 601
50 mm EFL f/2.8 for 2/3" C-Mount Format Cameras with Lock	5 979	1	5 979
Ø1" Protected Aluminum Mirror	1 510	1	1 510
Ø1" Mounted Slit 50 ± 3 µm Wide 3 mm Long	2 864	1	2 864
M4 x 0.7 Stainless Steel Cap Screw 6 mm Long 50 Pack	194	1	194
M4 x 0.7 Stainless Steel Cap Screw 10 mm Long 50 Pack	201	1	201
M4 x 0.7 Stainless Steel Cap Screw 12 mm Long 50 Pack	209	1	209
Adapter with External M27 x 0.5 Threads and Internal SM1 Threads	616	1	616
SM1 Lens Tube Without External Threads, 1/2" Long, Two Retaining Rings Included	376	1	376
SMA Fiber Adapter Plate with External SM1 (1.035"-40) Threads	884	2	1 768
Spanner Wrench for SM1-Threaded Retaining Rings, Graduated Scale with 0.1"	800	1	800
M4 x 0.7 Nylon-Tipped Setscrew 4 mm Long 10 Pack	345	2	691
#8 Washer M4 Compatible Stainless Steel 100 Pack	101	1	101
Ø1" N-BK7 Broadband Precision Window AR Coated: 350 - 700 nm t = 5 mm	2 646	1	2 646
3D tištěné polymerní komponenty			
Výroba polymerních součástek na optický setup metodou 3D tisku	3 025	1	3 025
Hliníkové komponenty			
Výroba hliníkových součástek na optický setup	12 517	1	12 517
Senzory			
Kamera FLIR (BFS-PGE-31S4M-C) pro snímání signálu	20 224	1	20 224
IT a kancelářské potřeby			
Kancelářské potřeby	366	1	366
Mechanická klávesnice	2 698	1	2 698
Myš	635	1	635

Služby a náklady nevýrobní povahy:

Položka	Cena Kč
Jazyková korektura	1 816

Rozpočet

1 Kapitálové finanční prostředky:					
		Požadavek dotace z IP (tis.Kč):	Přidělená dotace na IP z MŠMT (tis.Kč):	Čerpání přidělené dotace (tis. Kč):	
1.1	Dlouhodobý nehmotný majetek (SW, licence):	0	0	0	
1.2	Samostatné věci movité (stroje, zařízení):	0	0	0	
	Celkem:	0	0	0	
2 Běžné finanční prostředky celkem					
	Osobní náklady:	Požadavek dotace z IP (tis.Kč):	Přidělená dotace na IP z MŠMT (tis.Kč):	Čerpání přidělené dotace (tis. Kč):	Čerpání spoluúčasti katedry (tis. Kč):
2.1	Mzdy (včetně pohyblivých složek):	4	4	4	0
2.2	Odměny dle dohod o pracích konaných mimo pracovní poměr:	0	0	0	0
2.3	Odvody pojistného na veřejné zdravotní pojištění a pojistného na sociální zabezpečení a příspěvku na státní politiku zaměstnanosti a přídělí do sociálního fondu:	1	1	1	0
	Celkem:	5	5	5	0
	Ostatní:	Požadavek dotace z IP (tis.Kč):	Přidělená dotace na IP z MŠMT (tis.Kč):	Čerpání přidělené dotace (tis. Kč):	Čerpání spoluúčasti katedry (tis. Kč):
2.4	Materiální náklady (včetně drobného majetku):	101	0	105	0
2.5	Služby a náklady nevýrobní:	0	0	2	0
2.6	Cestovní náhrady:	0	0	0	0
2.7	Stipendia:	6	0	0	0
	Celkem:	107	107	107	0
3	Celkem běžné a kapitálové finanční prostředky:	112	112	112	0

Zdůvodnění změn rozpočtu

- **2.4 Materiální náklady:** Plánovaná částka 101 tis. Kč, skutečně čerpáno 105 tis. Kč. Důvodem je zdražení kamery FLIR, která slouží jako senzor. Ke zdražení došlo během běhu projektu.
- **2.5 Služby a náklady nevýrobní:** Plánovaná částka 0 Kč, skutečně čerpáno 2 tis. Kč. Původně měli dělat nezávislou revizi textu studenti. Kvůli nezájmu studentů o práci na projektu byla práce realizovaná formou DPP.
- **Stipendia:** Plánovaná částka 6 tis. Kč, skutečně čerpáno 0 tis. Kč. Na projekt se oproti původnímu plánu nepřihlásil žádný student.

Zpráva včetně příloh a prezentace poté bude uveřejněna na: <https://www.fbmi.cvut.cz/ip>

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem uvedl správně všechny výše uvedené odborné a ekonomické náležitosti projektu a že projekt a jeho obsah je mým tvůrčím řešením (nebo společným řešením řešitelského týmu).

10.1.2022

datum



podpis řešitele/ky projektu