

# Fyzikální ústav

Akademie věd ČR, v. v. i.

# Výroční zpráva

o činnosti a hospodaření  
za rok



# 2017



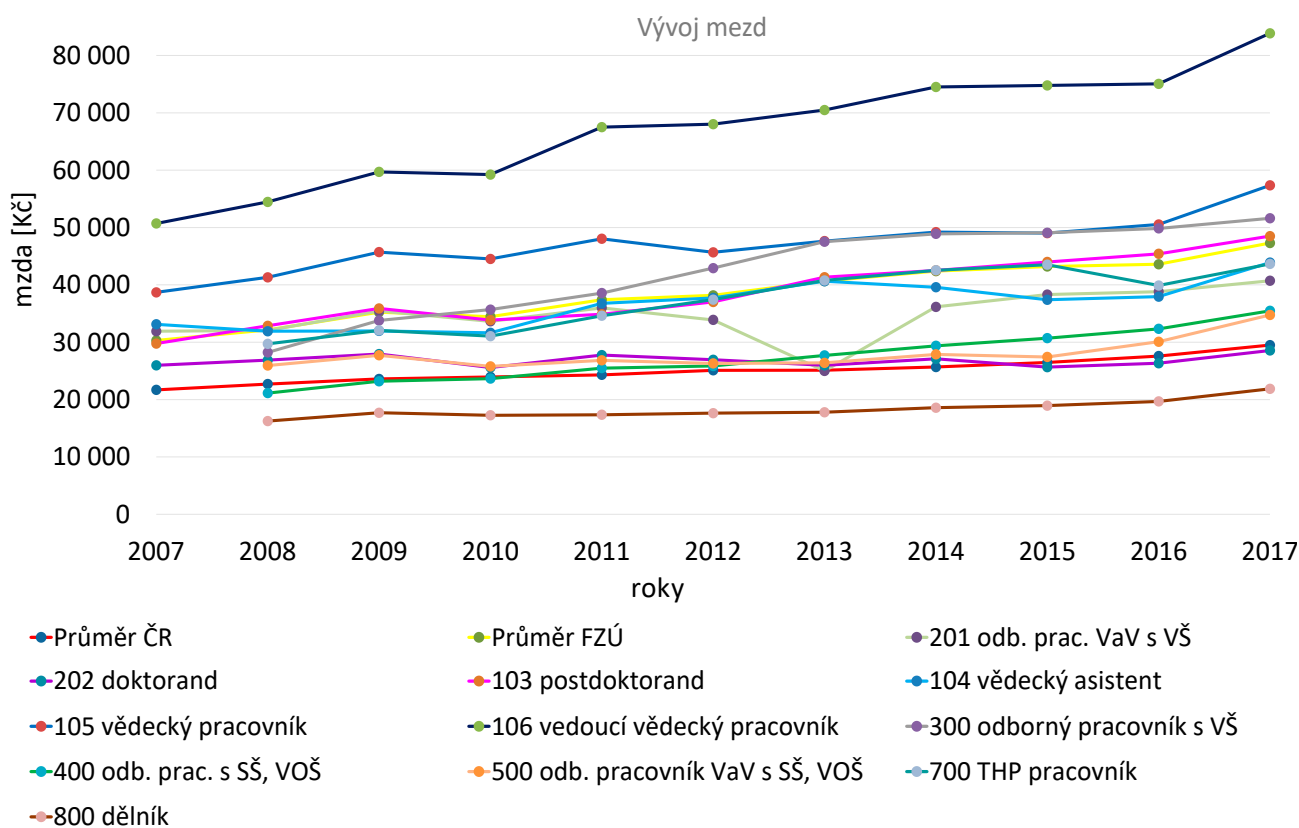


Dne 1. 1. 2007 se Fyzikální ústav AV ČR (FZÚ) stal veřejnou výzkumnou institucí. Za rok 2017 tedy předkládáme již jedenáctou výroční zprávu o činnosti a hospodaření v tomto formátu. Díky svému obsahu a rozsahu jsou výroční zprávy přehledným zdrojem velmi cenných dat a umožňují dobře sledovat trendy, k nimž ve vývoji instituce a jejího směřování dochází. Jelikož jsem od dubna 2017 vystřídal prof. Jana Řídkého ve funkci ředitele FZÚ po jeho desetiletém působení v čele naší instituce, rád bych v rámci svého prvního úvodu k výroční zprávě využil dostupných dat, která se v předchozích výročních zprávách podařilo shromáždit, a představil několik zajímavých skutečností ve vývoji FZÚ, k nimž došlo v průběhu uplynulého desetiletí.

Nejprve bych se ale chtěl věnovat několika skutečnostem, které nastaly přímo v uplynulém roce 2017. Pracovníci FZÚ publikovali více než 600 prací v mezinárodních recenzovaných impaktovaných časopisech, jednadvacet těch nejzajímavějších napříč všemi šesti sekcemi FZÚ pak podrobněji představujeme na stranách 130 až 150. Mezi nejzajímavější a nejcennější výsledky bezesporu patří nová metoda lokalizace vodíkových atomů pomocí elektronové difrakce, kterou se podařilo vyvinout Lukáši Palatinusovi a jeho týmu a která byla prezentována dokonce i na obálce časopisu Science (výsledek č. 9 na str. 138). Dále mohu jmenovat vynikající přehledový článek P. Lejčka, V. Paidara z FZÚ a M. Šoba z Masarykovy univerzity o segregaci příměsí na hranicích zrn a jejím vlivu na křehkost materiálu (výsledek č. 3 na str. 132). Z oblasti fyziky elementárních částic mohu zmínit objev anizotropie kosmického záření s nejvyššími energiemi na Observatoři Pierra Augera (výsledek č. 2 na str. 132).

Fyzikální ústav AV ČR byl v roce 2017 i nadále velmi úspěšný v získávání účelového financování, kde jsou pro nás v posledních letech klíčové projekty v rámci Operačního programu Věda, výzkum a vzdělávání (OP VVV). Zde bych chtěl jmenovat projekt HiLASE Centre of Excellence (HiLASE CoE), který je podpořen jak z OP VVV, tak přímo ze zdrojů Evropské komise v rámci programu Horizon 2020. Jde o jediný projekt v České republice a pouze jeden z deseti v celé Evropě, který byl financován ve druhé fázi výzvy Widespread Teaming. V rámci HiLASE CoE jde o úzkou spolupráci a přenos dobré praxe a zkušeností ze špičkového centra Central Laser Facility (CLF) fungujícího v rámci Science and Technology Facilities Council (STFC) ve Velké Británii. V samém závěru roku 2017 pak byly vyhlášeny výsledky největší investiční výzvy celého OP VVV – výzvy Excelentní výzkum. FZÚ přihlásil dva projekty, ADONIS a SOLID21. Projekt ADONIS s objemem dotace přes 1,3 miliardy Kč je zaměřen na průběžné vylepšování parametrů vysoce výkonových laserů a rozšiřování uživatelského přístupu v rámci laserového centra ELI Beamlines. Projekt ADONIS byl vybrán mezi dvacet financovaných projektů této výzvy, díky tomu byl zahájen od 1. 1. 2018 a potrvá do konce října roku 2022. Projekt SOLID21 s objemem dotace těsně pod 600 miliónů korun je klíčový pro rozvoj fyziky pevných látek v rámci FZÚ a jeho předmětem je mimo jiné vybudování moderního nového pavilonu se špičkovými laboratořemi v areálu na Slovance. Projekt SOLID21 se umístil jako první v tzv. zásobníku náhradních projektů, tedy projektů doporučených k financování, na které ovšem nepostačovala původní alokace výzvy ve výši 8 miliard Kč. Víím, že výroční zpráva by se měla vztahovat k roku 2017, ale zároveň nedokážu odolat pokušení sem uvést další skvělou zprávu – shodou okolností k dnešnímu dni oznámilo Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy ČR navýšení alokace výzvy Excelentní výzkum na 11,8 miliardy Kč a zároveň očekávané financování projektů ze zásobníku. Mezi nimi je specificky jmenována fyzika pevných látek. Financování projektu SOLID21 je tak podle mého názoru téměř jisté a věřím, že v průběhu roku 2018 bude jeho řešení úspěšně zahájeno.

A nyní již k slíbené statistice posledního desetiletí. Od roku 2007 do roku 2017 FZÚ narostl ve všech aspektech – zvýšil se počet pracovníků, znásobil se provozní i investiční rozpočet a vzrostly mzdy. Tato tvrzení bych měl



podpořit konkrétními čísly. Na konci roku 2007 měl FZÚ 617 přepočtených úvazků zaměstnanců, na konci roku 2017 pak 1069, jde tedy o nárůst o více než 70 %. Jistě, velká většina nových úvazků vznikla v rámci laserových center ELI Beamlines a HiLASE, pro jejichž realizaci byl opět zásadní příspěvek z operačních programů, ale více než 100 nových přepočtených úvazků je rozloženo mezi ostatními sekcemi. Ještě kontrastnější je situace s ohledem na růst rozpočtu FZÚ. V roce 2007 činil celkový provozní rozpočet FZÚ (bez investic) 456 miliónů Kč, v roce 2017 pak 1094 miliónů Kč, zde je tedy nárůst o přibližně 140 %. Velmi významně se přitom změnila i struktura rozpočtu – v roce 2007 činila institucionální dotace AV ČR 65 %, v roce 2017 pak už jen 35 %. To znamená, že 65 % našeho rozpočtu zajišťujeme prostřednictvím účelového financování, tedy grantů, které typicky musíme obnovovat s tříletou a jen občas delší periodou. Taková struktura rozpočtu klade neobyčejné nároky nejen na naše vědecké pracovníky, ale i na administrativu. Nepochybně ale je, že FZÚ i v tomto prostředí prosperuje. Větší podíl institucionálního rozpočtu by jistě byl prospěšný a umožnil by dedikovat větší část kapacit vědeckých pracovníků na vlastní bádání, nikoli na administrativu spojenou s granty. Ještě zmíním pro ilustraci velikost investičního rozpočtu (tedy zejména nové přístroje a stavby). V roce 2007 šlo o 117 miliónů Kč, v roce 2017 o 803 miliónů, přičemž opět zcela zásadní je naše účast v programech OP VVV, která přinesla 691 mil. Kč (ze značné části určených na dokončení ELI Beamlines).

Je pozoruhodné, že tohoto pozitivního rozvoje se podařilo dosáhnout na pozadí komplikované situace našeho zřizovatele, Akademie věd ČR. Rozpočet AV ČR od roku 2009 klesal, minima dosáhl v roce 2014 a teprve v roce 2017 konečně opět vyšplhal na úroveň roku 2009. I v tomto kontextu je zajímavé popsat podrobněji růst mezd, k němuž na FZÚ ve sledovaném období 2007–2017 došlo. Průměrná měsíční mzda v České republice vzrostla z 21 692 Kč na 29 504 Kč, šlo tedy o nárůst o 36 %. Na FZÚ průměrný měsíční výdělek (hrubá mzda včetně

všech odměn) vzrostl z 30 317 Kč na 47 298 Kč, šlo tedy o nárůst o 56 %. Až na několik výjimek (možná hodných hlubší analýzy) mzdy v jednotlivých kategoriích rostly kontinuálně, jak je vidět na přiloženém grafu. Dobře patrný je výrazný pozitivní skok ve všech kategoriích v roce 2017, kdy značné navýšení institucionální dotace AV ČR ve výši 25 miliónů Kč (v důsledku velmi kvalitního výsledku FZÚ v Hodnocení AV ČR za léta 2010–2014) bylo celé převedeno do růstu mezd. Za úspěch považuji růst mezd postdoktorandů o 62 %, naopak poněkud zarážející je růst mezd doktorandů o pouhých 10%, kde svoji roli jistě sehrála skutečnost, že mnoho doktorandů čerpá prostředky z fondu ředitele, kde částky této podpory nebyly delší dobu valorizovány.

V závěru svého textu bych se rád zastavil ještě u jednoho dalšího aspektu naší činnosti. To, že se Fyzikálnímu ústavu dobře daří i v mezinárodním srovnání, potvrzuje i v posledních letech rychle rostoucí internacionalizace našeho ústavu. FZÚ se stává atraktivní institucí zejména pro nadějně mladé vědecké pracovníky zcela bez ohledu na geografickou příslušnost. Mladí postdoktorandi přicházejí z celého světa. Věřím, že díky vědecké excelenci našich zaměstnanců a zároveň díky výše popsanému příznivému růstu mezd, nejsou výjimkou noví kolegové přicházející ze západní Evropy, Spojených států či z nejrozvinutějších zemí jihovýchodní Asie. Zatímco ještě v roce 2010 pocházelo ze zahraničí jen 18 % vědeckých a výzkumných pracovníků na FZÚ, na konci roku 2017 již tento podíl činil přes 31 %. Mezi postdoktorandy pak již zahraniční kolegové a kolegyně v současné době převládají (55 % zahraničních). Tomuto trendu postupně přizpůsobujeme i chod ústavu a jeho administrativy, je zcela nezbytné, aby se zahraniční kolegové cítili na FZÚ vítáni i bez znalosti českého jazyka.

Mám za to, že výše popsané skutečnosti potvrzují, že Fyzikálnímu ústavu se přes relativně nepříznivé podmínky vědy a výzkumu v České republice i přes obtížnou pozici Akademie věd ČR v uplynulém desetiletí mimořádně dařilo a v mnoha směrech došlo k jeho výraznému rozvoji. Za tento vynikající úspěch pak děkuji předchozímu řediteli FZÚ prof. Janu Řídkému, ale rovněž všem zaměstnancům FZÚ – tedy nejen vědcům, ale i všem technickým, administrativním a podpůrným pracovníkům. Bez jejich nadšení, bez jejich vytrvalé práce a výjimečného nasazení pro zajištění dobrého jména FZÚ bych rozhodně nemohl končit tento úvod tak optimisticky.

V Praze, 21. 5. 2018

Michael Prouza

*RNDr. Michael Prouza, Ph.D. je ředitelem Fyzikálního ústavu AV ČR, v. v. i., od 1. 4. 2017. Prof. Jan Řídký, DrSc., působil ve funkci ředitele FZÚ do 24. 3. 2017, od 25. 3. do 31. 3. 2017 byl pověřen řízením FZÚ.*





# Výroční zpráva o činnosti a hospodaření za rok 2017

■ **Zpracovatel:** Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i.  
IČO: 68378271

■ **Sídlo:** Na Slovance 1999/2  
182 21 Praha 8  
tel.: (+420) 266 052 110  
fax.: (+420) 286 890 527  
e-mail: [secretary@fzu.cz](mailto:secretary@fzu.cz)  
<http://www.fzu.cz>

■ **Zřizovatel:** Akademie věd ČR

Dozorčí radou pracoviště projednáno dne 5. 6. 2018

Radou pracoviště schváleno dne 12. 6. 2018

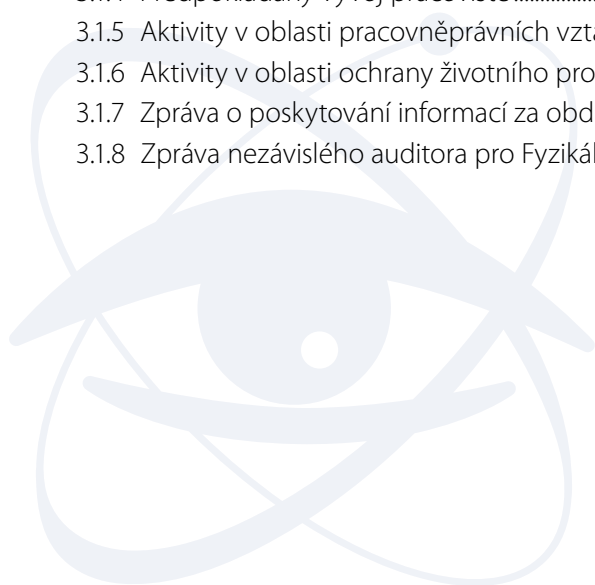
V Praze dne 12. 6. 2018



# Obsah

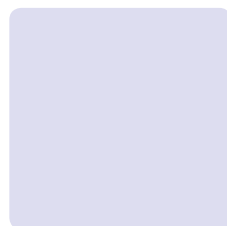
<b>1. Informace o složení orgánů veřejné výzkumné instituce a o jejich činnosti</b> .....	9
<b>1.1 Složení orgánů pracoviště</b> .....	10
1.1.1 Rada pracoviště .....	10
1.1.2 Dozorčí rada pracoviště.....	11
1.1.3 Změny ve složení orgánů .....	11
<b>1.2 Informace o pracovišti</b> .....	12
1.2.1 Rada pracoviště.....	12
1.2.1 Dozorčí rada pracoviště.....	14
1.2.3 Informace o změnách zřizovací listiny.....	19
1.2.4 Domácí a zahraniční ocenění zaměstnanců.....	19
1.2.5 Dvořákova přednáška 2017 .....	20
1.2.6 Základní informace o pracovišti.....	20
1.2.7 Další specifické informace o pracovišti .....	22
<b>1.3 Přehled oddělení a skupin</b> .....	24
<b>1.4 Struktura pracoviště</b> .....	25
1.4.1 Struktura vědeckých sekcí FZÚ v roce 2017 .....	26
1.4.2 Základní personální údaje .....	27
<b>2. Hodnocení hlavní činnosti</b> .....	29
2.1 Sekce fyziky elementárních částic v roce 2017 .....	30
2.2 Sekce fyziky kondenzovaných látek v roce 2017 .....	38
2.3 Sekce fyziky pevných látek v roce 2017 .....	48
2.4 Sekce optiky v roce 2017 .....	64
2.5 Sekce výkonových systémů v roce 2017 .....	70
2.6 Sekce realizace projektu ELI Beamlines v roce 2017.....	86
2.7 Projekty programů EU řešené na pracovišti v roce 2017 .....	101

<b>2.8 Spolupráce s vysokými školami v roce 2017</b> .....	106
2.8.1 Spolupráce s VŠ na uskutečňování bakalářských, magisterských a doktorských studijních programů .....	106
2.8.2 Pedagogická činnost pracovníků ústavu .....	107
2.8.3 Vzdělávání středoškolské mládeže .....	107
2.8.4 Spolupráce pracoviště s VŠ ve výzkumu.....	107
2.8.5 Doktorandi a diplomanti, kteří vypracovali doktorskou či diplomovou práci ve Fyzikálním ústavu AV ČR a obhájili ji v roce 2017 .....	108
2.8.6 Společná pracoviště ústavu s účastí VŠ .....	112
2.8.7 Akreditované programy .....	113
<b>2.9 Popularizace, konference, hosté, dohody</b> .....	115
2.9.1 Nejvýznamnější popularizační aktivity pracoviště .....	115
2.9.2 Akce s mezinárodní účastí, které pracoviště organizovalo nebo v nich vystupovalo jako spolupořadatel .....	117
2.9.3 Nejvýznamnější zahraniční vědci, kteří navštívili pracoviště .....	118
2.9.4 Aktuální meziústavní dvoustranné dohody 2017 .....	119
2.9.5 Statistika zahraničních styků .....	127
<b>2.10 Publikace zaměstnanců FZÚ v roce 2017</b> .....	129
2.10.1 Přehled .....	129
2.10.2 Významné výsledky vědecké činnosti v roce 2017 .....	130
2.10.3 Knihy, monografie .....	151
2.10.4 Kapitoly v knihách .....	151
2.10.5 Publikace v impaktovaných časopisech .....	152
2.10.6 Patenty .....	193
2.10.7 Užité a průmyslové vzory .....	195
<b>3. Ekonomická část výroční zprávy za rok 2017</b> .....	197
3.1.1 Rozvaha .....	198
3.1.2 Výkaz zisku a ztrát.....	201
3.1.3 Příloha k účetní závěrce.....	203
3.1.4 Předpokládaný vývoj pracoviště .....	211
3.1.5 Aktivity v oblasti pracovněprávních vztahů.....	211
3.1.6 Aktivity v oblasti ochrany životního prostředí.....	211
3.1.7 Zpráva o poskytování informací za období od 1. 1. – 31. 12. 2017.....	212
3.1.8 Zpráva nezávislého auditora pro Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i. ....	213

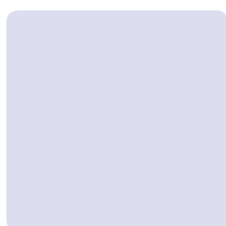
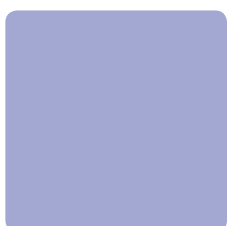








# 1. Informace o složení orgánů veřejné výzkumné instituce a o jejich činnosti





# 1.1 Složení orgánů pracoviště

Ředitel pracoviště: (od 1. 4. 2017)

RNDr. Michael Prouza, Ph.D.

Ředitel pracoviště: (do 31. 3. 2017)

prof. Jan Řídký, DrSc.

## 1.1.1 Rada pracoviště

V roce 2017 došlo po pravidelných volbách na další funkční období ke změnám ve složení Rady FZÚ AV ČR, v. v. i., k 13. 2. 2017.

### od 13. 2. 2017

Předseda:	doc. Ing. Martin Nikl, CSc.	FZÚ AV ČR, v. v. i.
Místopředseda:	Ing. Tomáš Mocek, Ph.D.	FZÚ AV ČR, v. v. i.
Interní členové:	RNDr. Antonín Fejfar, CSc.	FZÚ AV ČR, v. v. i.
	Ing. Alexandr Dejneka, Ph.D.	FZÚ AV ČR, v. v. i.
	RNDr. Stanislav Kamba, CSc.	FZÚ AV ČR, v. v. i.
	prof. Ing. Pavel Lejček, DrSc.	FZÚ AV ČR, v. v. i.
	RNDr. Jiří J. Mareš, CSc.	FZÚ AV ČR, v. v. i.
	prof. Jan Řídký, DrSc.	FZÚ AV ČR, v. v. i.
	Mgr. Jindřich Kolorenč, Ph.D.	FZÚ AV ČR, v. v. i.
Externí členové:	RNDr. Michael Prouza, Ph.D.	FZÚ AV ČR, v. v. i.
	doc. RNDr. Zdeněk Doležal, Dr.	MFF UK
	Mgr. Jindřich Houžvička, Ph.D.	CRYTUR, spol. s r.o.
	doc. RNDr. František Chmelík, CSc.	MFF UK
	prof. RNDr. Zdeněk Samec, DrSc.	ÚFCH JH AV ČR, v. v. i.
Tajemník:	Ing. Oldřich Schneeweiss, DrSc.	ÚFM AV ČR, v. v. i.
	RNDr. Jiří Rameš, CSc.	FZÚ AV ČR, v. v. i.

### do 12. 2. 2017

Předseda:	Petr Reimer, CSc.	FZÚ AV ČR, v. v. i.
Místopředseda:	doc. Ing. Martin Nikl, CSc.	FZÚ AV ČR, v. v. i.
Interní členové:	RNDr. Antonín Fejfar, CSc.	FZÚ AV ČR, v. v. i.
	prom. fyz. Milada Glogarová, CSc.	FZÚ AV ČR, v. v. i.
	RNDr. Josef Krása, CSc.	FZÚ AV ČR, v. v. i.
	prof. Ing. Pavel Lejček, DrSc.	FZÚ AV ČR, v. v. i.
	RNDr. Jiří J. Mareš, CSc.	FZÚ AV ČR, v. v. i.

Externí členové:	prof. Jan Řídký, DrSc.	FZÚ AV ČR, v. v. i.
	RNDr. Petr Šittner, CSc.	FZÚ AV ČR, v. v. i.
	RNDr. Pavel Hedbávný, CSc.	Vakuum Praha s. r. o.
	prof. Dr. Martin Hof, DSc.	ÚFCH JH AV ČR, v. v. i.
	prof. RNDr. Jiří Hořejší, DrSc.	MFF UK v Praze
	prof. RNDr. Josef Humlíček, CSc.	PřF MU v Brně
Tajemník:	Ing. Oldřich Schneeweiss, DrSc.	ÚFM AV ČR, v. v. i.
	RNDr. Jiří Rameš, CSc.	FZÚ AV ČR, v. v. i.

### 1.1.2 Dozorčí rada pracoviště

Předseda:	RNDr. Jan Šafanda, CSc.	GFÚ AV ČR, v. v. i.
Místopředseda:	Ing. Ivan Gregora, CSc.	FZÚ AV ČR, v. v. i.
Členové:	prof. Ing. Tomáš Čechák, CSc.	FJFI ČVUT v Praze
	RNDr. Vladimír Wagner, CSc.	ÚJF AV ČR
	Ing. Jiří Plešek, CSc.	ÚT AV ČR
	prof. RNDr. Ladislav Skrbek, DrSc.	MFF UK
	Tajemník:	Ing. Miroslav Hořejší

### 1.1.3 Změny ve složení orgánů

Do 24. 3. 2017 byl ředitelem pracoviště prof. Jan Řídký, DrSc.

Od 25. 3. 2017 do 31. 3. 2017 byl prof. Jan Řídký, DrSc. osobou pověřenou řízením ústavu.

Od 1. 4. 2017 byl ředitelem FZÚ AV ČR, v. v. i., jmenován RNDr. Michael Prouza, Ph.D.

V dubnu 2017 ukončili svá funkční období tři členové Dozorčí rady: prof. Ing. Jiří Čtyroký, DrSc., prof. Ing. Miloslav Havlíček, DrSc. a RNDr. Petr Lukáš, CSc.

Nahradili je noví členové: Ing. Jiří Plešek, CSc., prof. RNDr. Ladislav Skrbek, DrSc. a RNDr. Vladimír Wagner, CSc.





## 1.2 Informace o pracovišti

### 1.2.1 Rada pracoviště

#### Data zasedání Rady FZÚ AV ČR, v. v. i.

68. zasedání	24. 1. 2017	72. zasedání	24. 5. 2017
69. zasedání	27. 2. 2017	73. zasedání	27. 6. 2017
70. zasedání	28. 3. 2017	74. zasedání	25. 9. 2017
71. zasedání	25. 4. 2017	75. zasedání	4. 12. 2017

Zápisy ze všech zasedání Rady FZÚ jsou zveřejněny na webové stránce <http://www.fzu.cz/rada-fzu>

#### Na zasedání Rady byli zváni:

- RNDr. Jan Šafanda, CSc., předseda Dozorčí Rady FZÚ
- Ing. Ivan Gregora, CSc., místopředseda Dozorčí rady FZÚ
- Ing. Jiří Červenka, Ph.D., vědecký tajemník FZÚ
- Ing. Roman Hvězda, zástupce ředitele pro projekty ELI Beamlines a HiLASE, vedoucí sekce realizace projektu ELI Beamlines
- Ing. Miroslav Hořejší, vedoucí oddělení provozní účtárny a rozpočtu FZÚ

#### Významné záležitosti projednané Radou FZÚ

- Rada projednala složení výběrové komise pro obsazení funkce ředitele FZÚ pro následující období 2017–2022, schválila jmenování interních a externích členů této komise a zvolila jejího předsedu, viz *zápis ze 68. zasedání*.
- Rada vzala na vědomí zprávu o jednání výběrové komise pro obsazení funkce ředitele FZÚ, ve které komise doporučila jako kandidáty na funkci ředitele pracoviště oba uchazeče přihlášené do výběrového řízení. Poté vyslechla vystoupení obou kandidátů. Na základě výsledků tajného hlasování Rada rozhodla navrhnout předsedovi AV ČR na jmenování do funkce ředitele FZÚ Michaela Prouzu, viz *zápis ze 69. zasedání*.
- Rada na svém prvním zasedání v novém složení po volbách zvolila jako svého předsedu M. Nikla a jako místopředsedu T. Mocka. Tajemníkem byl jmenován J. Rameš, viz *zápis ze 69. zasedání*.
- Rada projednala a schválila návrh rozpočtu provozních nákladů a výnosů a výhled financování investičních potřeb FZÚ pro rok 2017, jakož i střednědobý výhled provozních nákladů a výnosů na roky 2018 a 2019, viz *zápis ze 71. zasedání*.
- Rada schválila návrh ředitele na rozdělení výsledku hospodaření za rok 2016, viz *zápis ze 75. zasedání*.
- Rada schválila Výroční zprávu o činnosti a hospodaření FZÚ za rok 2016, viz *zápis ze 73. zasedání*.
- Rada se podrobně zabývala projektem ELI Beamlines. Vzala na vědomí zprávu o zdrojích financování ELI Beamlines do roku 2022 a s tím související otázkou prodloužení smluv zaměstnanců sekce

realizace projektu ELI Beamlines (sekce 9). Zástupce ředitele pro projekty ELI Beamlines a HiLASE a vedoucí sekce 9 R. Hvězda seznámil Radu s aktuálním stavem projektu a s plány jeho dalšího vývoje. Podrobně informoval o řešení vzniklých problémů spojených s nedostatky ve stabilitě části podlahových konstrukcí a s úpravou systému chlazení. Promluvil též o dokončení laserových systémů a termínech jejich instalace, jež bylo nutné sladit s odstraňováním výše zmíněných závad na stavební infrastruktuře. Rada se v souvislosti s ELI Beamlines zabývala i tématy jako otázky lidských zdrojů, vývoj experimentálních programů a uživatelských projektů, struktura budoucí uživatelské komunity, dokončení infrastruktury a její otevření pro uživatele, postupné navyšování provozních kapacit nebo dokončení institucionálního rámce pro provoz a založení konsorcia ELI ERIC. Ke všem projednávaným tématům proběhla obsáhlá diskuse.

- Rada vyslovila souhlas s návrhem vedení ústavu a vedení sekce realizace projektu ELI Beamlines na pokrytí nákladů souvisejících s předfinancováním realizací nápravných opatření pro úpravu podlah v budově ELI z fondu reprodukce majetku nebo v případě, že si to charakter opatření vyžádá, z rezervního fondu, viz zápis ze 74. zasedání.
- Rada schválila změny vnitřních předpisů FZÚ – Organizačního řádu FZÚ, Volebního řádu pro volbu členů Rady FZÚ, Vnitřního mzdového předpisu FZÚ, Pravidel pro hospodaření se sociálním fondem a Spisového a skartačního řádu FZÚ, viz zápisy ze 68., 72., 73. a 74. zasedání.
- Rada projednala a podpořila návrh na udělení ceny AV ČR za mimořádné výsledky výzkumu, experimentálního vývoje a inovací, viz zápis ze 69. zasedání.
- Byl projednán návrh na udělení Akademické prémie, viz zápis ze 70. zasedání.
- Rada projednala návrhy na udělení Prémie Otto Wichterleho a vyslovila souhlas s jejich podáním, viz zápis ze 70. zasedání.
- Rada projednala a podpořila podání návrhů na mzdovou podporu postdoktorandů na pracovištích AV ČR v rámci v Programu na podporu perspektivních lidských zdrojů, viz zápisy ze 71. a 74. zasedání.
- Rada projednala žádosti o finanční podporu v rámci Programu na podporu mezinárodní spolupráce začínajících výzkumných pracovníků (Program MSM) a vyslovila souhlas s podáním všech žádostí, viz zápis ze 68. a 74. zasedání.
- Poté, co proběhla formou seminářů veřejná prezentace a obhajoba návrhů na nákup nákladných přístrojů a následně je projednala porada ředitele, projednala Rada jednotlivé návrhy a doporučila řediteli jejich pořadí k podání, viz zápis ze 64. zasedání.
- Rada projednala návrhy projektů FZÚ přihlášené do veřejné soutěže GA ČR a dalších projektů, viz zápisy ze 70. a 75. zasedání.
- Rada projednala a schválila interní dokument Program výzkumné činnosti FZÚ na léta 2017–2022, viz zápis ze 74. zasedání.
- Rada projednala návrh Kolektivní smlouvy mezi FZÚ a Základní organizací OSPVV při FZÚ a doporučila ji, poté co bude schválena odborovou konferencí, řediteli k podpisu, viz zápis ze 70. zasedání.
- Rada projednala 26 návrhů dohod o spolupráci mezi FZÚ a dalšími institucemi nebo dokumentů podobného charakteru, viz zápisy ze 68., 69., 70., 71., 72., 73. a 74. zasedání.

V Praze 1. března 2018

doc. Ing. Martin Nikl, CSc.  
předseda Rady FZÚ

## 1.2.1 Dozorčí rada pracoviště

Během roku 2017 byla svolána dvě řádná zasedání Dozorčí rady FZÚ AV ČR, v. v. i., (dále Dozorčí rada). Na zasedání Dozorčí rady byli pravidelně zváni ředitel FZÚ AV ČR, v. v. i., a tajemník Dozorčí rady. Předseda a místopředseda Dozorčí rady byli pravidelně zváni na zasedání Rady FZÚ AV ČR, v. v. i., a těchto zasedání se podle svých možností zúčastňovali.

V roce 2017 bylo projednáno 60 bodů agendy, a z toho 58 pomocí e-mailové komunikace mezi členy Dozorčí rady (per rollam) a další 3 byly projednány na řádných zasedáních Dozorčí rady, konaných ve dnech 22. 6. a 5. 12. 2017 v místnosti 117, FZÚ Na Slovance 2, Praha 8 – Libeň.

### Agenda dozorčí rady v roce 2017

Položka agendy	Téma jednání, způsob projednání, výsledek	Termín
1	Dodávka sekundárního zdroje laserového záření – Dodatek č. 1 <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas</i> dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2	12. 1. 2017
2	Dodávka optických parametrických zesilovačů E1-L1 – Dodatek č. 1 <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas</i> dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2	12. 1. 2017
3	Dodávka zařízení „Elipsometr“ – Dodatek č. 2 <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas</i> dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2	12. 1. 2017
4	Dodávka laserového řetězce L3 – Dodatek č. 2 <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas</i> dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2	12. 1. 2017
5	Dodávka komponent vakuového distribučního systému E1-L1 – Dodatek č. 2 <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas</i> dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2	12. 1. 2017
6	Způsob opravy podlah novostavby centra ELI <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas</i> dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 1	12. 1. 2017
7	Nájemní smlouvy a dodatky nájemních smluv nebytových prostor <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas</i> dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 7	27. 1. 2017
8	Rámcová kupní smlouva – Malá optika a optomechanika I <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas</i> dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2	1. 2. 2017
9	Rámcová kupní smlouva – Vakuový fitting <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas</i> dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2	1. 2. 2017
10	Dodatek č. 2 ke smlouvě o dílo – dodávka vakuových komor <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas</i> dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2	13. 2. 2017
11	Dodatek č. 3 ke smlouvě o dílo – dodávka zesilovačů D1-D2 <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas</i> dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2	13. 2. 2017

12	Dodatek č. 13 smlouvy o zhotovení novostavby centra ELI – úprava podlah <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas</i> dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 1	6. 3. 2017
13	Dodatek č. 2 ke kupní smlouvě – vakuová komora P3 <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas</i> dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2	6. 3. 2017
14	Kupní smlouva – vakuový systém distribuce svazku laseru L3 <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas</i> dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2	6. 3. 2017
15	Smlouva o nájmu bytu v Praze - Střížkov <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas</i> dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 7	21. 3. 2017
16	Kupní smlouva na dodávku laserového systému <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas</i> dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2	4. 4. 2017
17	Vyjádření Dozorčí rady k návrhu rozpočtu FZÚ AVČ, v. v. i., na rok 2017 <i>Projednáno per rollam – DR bere na vědomí a souhlasí s předložením Radě FZÚ,</i> dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. g)	24. 4. 2017
18	Vyjádření DR k manažerské činnosti ředitele FZÚ AV Č, v. v. i. <i>Projednáno per rollam – DR hodnotí manažerské schopnosti ředitele FZÚ, prof. Jana Řídkého, DrSc. za rok 2016 stupněm 3 – vynikající</i>	25. 4. 2017
19	Smlouva o nájmu bytu v Praze – Střížkov <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas</i> dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 7	9. 5. 2017
20	Nový pavilon FZÚ – SOLID21 <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas</i> dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 1	9. 5. 2017
21	Změna společenské smlouvy o založení společnosti CARDAM s.r.o. <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas</i> dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 5	9. 5. 2017
22	Oprava budovy F v areálu FZÚ AV ČR, Praha 6, Cukrovarnická 10 <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas</i> dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. h)	17. 5. 2017
23	Experimentální stanice Elipsometer, Dodatek č. 3 <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas</i> dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2	25. 5. 2017
24	„Synchronized pump beam laser“ <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas</i> dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2	25. 5. 2017
25	Smlouva o zhotovení Vakuového kompresoru pro laser L3 – Dodatek č. 1 <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas</i> dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2.	25. 5. 2017
26	Zřízení věcného břemene – služebnosti, Dolní Břežany <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas</i> dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 3	25. 5. 2017

27	Elektronový mikroanalyzátor pro RTG mikroanalýzu <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas</i> dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2	25. 5. 2017
28	Probe Station pro vývoj a testování detektorů elementárních částic <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas</i> dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2	25. 5. 2017
29	Plasmový zdroj RTG záření pro potřeby projektu ELI Beamlines – Dodatek č. 2 <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas</i> dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2	9. 6. 2017
30	Nájem kancelářských prostor v ÚI AV ČR, v. v. i., – dodatek č. 3 <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas</i> dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 7	12. 6. 2017
31	Dodávka vakuových komponent pro systém distribuce svazku L1 – E1, dodatek č. 3. <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas</i> dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2	12. 6. 2017
32	21. ZASEDÁNÍ DOZORČÍ RADY FZÚ AVČR, v. v. i.	22. 6. 2017
33	Posouzení Výroční zprávy FZÚ AV ČR, v. v. i., za rok 2016 <i>Projednáno na 21. zasedání: DR se seznámila s Výroční zprávou FZÚ AV ČR, v. v. i., za rok 2016 a bere ji se souhlasem na vědomí</i>	26. 6. 2017
34	Smlouva o auditu řádné roční uzávěrky FZÚ AV ČR, v. v. i., pro roky 2017-2018. <i>Projednáno na 21. zasedání – udělen předchozí písemný souhlas</i> dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 4	27. 6. 2017
35	Dodatek č. 3 ke smlouvě o dílo na zhotovení a dodávku komory P3 pro centrum ELI. <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas</i> dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2	10. 7. 2017
36	Dodatek č. 3 ke smlouvě o dodávce vakuových komor pro experimentální programy ELI. <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas</i> dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2	10. 7. 2017
37	Dodatek č. 3 ke smlouvě o zhotovení a dodávce laserového řetězce L3 pro centrum ELI. <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas</i> dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2	10. 7. 2017
38	Smlouva o dílo na opravu podlah experimentálních hal centra ELI <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas</i> dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 1	10. 7. 2017
39	Aktualizovaný dodatek č. 3 ke smlouvě o zhotovení a dodávce laserového řetězce L3 pro centrum ELI <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas</i> dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2	25. 7. 2017
40	Dodávka: „High-Performance computer cluster with GPU’s for cosmological N-Body simulations and PDE’s“ <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas</i> dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2	25. 8. 2017
41	Dodání zařízení „MBE Apparatus“ <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas</i> dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2	25. 8. 2017



42	Smlouva o zřízení věcného břemene osobní služebnosti s PRE distribuce <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas</i> dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 3	25. 8. 2017
43	Dodávka vakuového kompresoru pro laser L3 – dodatek č. 2 <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas</i> dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2	25. 8. 2017
44	Dodávka systému „Personal Safety Interlock“ <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas</i> dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2	25. 8. 2017
45	Kupní smlouva na nákup laseru „ ≤ 35 femtosecond laser system with ≥ 7 mJ pulse energy operating at 800 nm central wavelength“ <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas</i> dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2	25. 8. 2017
46	Smlouva o budoucí smlouvě o zřízení věcného břemene <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas</i> dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 3	25. 8. 2017
47	Dodatek č. 1 ke smlouvě o dodávce laserového řetězce L4 <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas</i> dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2	25. 8. 2017
48	Kupní smlouva na dodávku „X-band Electron Spin Resonance Spectrometer System“ <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas</i> dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2	24. 9. 2017
49	Smlouva o poskytování bezpečnostních služeb <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas</i> dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 7	30. 10. 2017
50	Dodatek č. 1 ke smlouvě o dodávkách vakuového fitinku pro centrum ELI <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas</i> dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2	3. 11. 2017
51	Dodatek č. 4 ke smlouvě o zhotovení a dodávce vakuové P3 komory <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas</i> dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2	3. 11. 2017
52	Smlouva o dodávce „CIS Mirrors Substrates“ <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas</i> dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2	3. 11. 2017
53	Dodatek č. 2 ke smlouvě o zhotovení a dodávce experimentální stanice ELIMAIA pro centrum ELI Beamlines <i>Projednáno per rollam, udělen předchozí písemný souhlas</i> dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2	3. 11. 2017
54	Dodatek č. 5 smlouvy o smlouvě budoucí o zakoupení domu na parc. st.. 455 v Dolních Břežanech <i>Projednáno per rollam - udělen předchozí písemný souhlas</i> dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 1	27. 11. 2017
55	Záměr financování oprav podlah v centru ELI <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas</i> dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 1	27. 11. 2017

56	Záměr rekonstrukce hlavní budovy FZÚ <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas</i> dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 1	27. 11. 2017
57	22. ZASEDÁNÍ DOZORČÍ RADY FZÚ AVČR, v. v. i. <i>DR po projednání bere na vědomí informace o hospodaření FZÚ v roce 2017 a výhledu pro rok 2018</i>	5. 12. 2017
58	Dodatek č. 1 Smlouvy o nájmu nebytových prostor v budově Ústavu teorie informace a automatizace AV ČR <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas</i> dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 7	21. 12. 2017
59	Dodatky ke smlouvám o nájmu v bytovém domě v Praze 9 – Střížkov, Bohušovická 14/229 <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas</i> dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 7	21. 12. 2017
60	Dodatky k nájemním smlouvám v rámci stavebního dvora FZÚ v ulici Pod vodárenskou věží, Praha 8 <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas</i> dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 7	21. 12. 2017
61	Dodatky k nájemním smlouvám v nebytových prostorách dočasných staveb TESKO A, B, C a D mezi ulicemi Pod vodárenskou věží a U Slovanky, Praha 8 <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas</i> dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 7	21. 12. 2017
62	Smlouva o nájmu bytu č. 13 v bytovém domě v Praze 9 – Střížkov, Bohušovická 14/229 <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas</i> dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 7	21. 12. 2017

V dubnu 2017 ukončili svá funkční období tři členové Dozorčí rady:  
prof. Ing. Jiří Čtyroký, DrSc., prof. Ing. Miloslav. Havlíček, DrSc. a RNDr. Petr Lukáš, CSc.

Nahradili je noví členové:

Ing. Jiří Plešek, CSc., prof. RNDr. Ladislav Skrbek, DrSc. a RNDr. Vladimír Wagner, CSc.

### Účast jednotlivých členů na agendě Dozorčí rady:

člen Dozorčí rady	21. zasedání	22. zasedání	jednání per rollam
RNDr. Jan Šafanda, CSc.	ano	ano	58
Ing. Ivan Gregora, CSc.	ano	ano	58
prof. Ing. Tomáš Čechák, CSc.	ano	ano	55
prof. RNDr. Ladislav Skrbek, DrSc.	ano	ano	35
RNDr. Vladimír Wagner, CSc.	ano	ano	36
Ing. Jiří Plešek, CSc.	ano	omluven	36

prof. Ing. Jiří. Čtyroký, DrSc.	-	-	19
prof. Ing. Miloslav. Havlíček, DrSc.	-	-	19
RNDr. Petr Lukáš, CSc.	-	-	9

V Praze dne 28. března 2018

RNDr. Jan Šafanda, CSc.  
předseda DR FZÚ AV ČR, v. v. i.

Ing. Ivan Gregora, CSc.  
místopředseda DR FZÚ AV ČR, v. v. i.

### 1.2.3 Informace o změnách zřizovací listiny

V roce 2017 nedošlo ke změně zřizovací listiny.

### 1.2.4 Domácí a zahraniční ocenění zaměstnanců

- **RNDr. Jiří Grygar, CSc.**, získal v roce 2017 tři významná ocenění:
  - medaili Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy 1. stupně od ministryně školství, mládeže a tělovýchovy Kateřiny Valachové za dlouhodobou vynikající pedagogickou činnost,
  - na mezinárodním festivalu populárně-vědeckých filmů Academia Film Olomouc obdržel od rektora Univerzity Palackého Jaroslava Millera *Cenu za osobní přínos popularizaci vědy*,
  - Americká astronomická společnost (The American Astronomical Society) odměnila jeho příspěvek k encyklopedii Biographical Encyclopedia of Astronomers cenou *Osterbrock Book Prize*.
- **Dr. rer. nat. Lukáš Palatinus** a jeho tým (**RNDr. Mariana Klementová, Ph.D., Dr. Petr Brázda, Dr. Václav Petříček, Dr. Cinthia Antunes Corrêa**) převzali od předsedkyně Akademie věd ČR prof. RNDr. Evy Zažímalové, CSc., *Cenu Akademie věd ČR za dosažené vynikající výsledky velkého vědeckého významu na poli určování krystalových struktur z dat elektronové difrakční tomografie*.
- **Dr. rer. nat. Lukáš Palatinus** získal ocenění *Neuron pro mladé vědce* od Nadačního fondu Neuron za mimořádné vědecké výsledky v oboru aperiodické a elektronové krystalografie.
- **Mgr. Kamil Olejník, Ph.D.**, obdržel cenu *Neuron Impuls 2017* za výzkum spintroniky od Nadačního fondu Neuron.
- **RNDr. Martin Ledinský, Ph.D.**, získal za svou dlouhodobou činnost při popularizaci fyziky *Cenu předsedkyně AV ČR a Nadačního fondu Neuron za popularizaci vědy*.
- **RNDr. Lukáš Ondič, Ph.D.**, obdržel od předsedkyně Akademie věd ČR prof. Evy Zažímalové *Prémii Otto Wichterleho* v oblasti věd o neživé přírodě za studium dvoudimenzionálních fotonických krystalů na bázi nanodiamantu.
- **Ing. Jakub Vícha, Ph.D.**, obdržel od předsedkyně Akademie věd ČR prof. Evy Zažímalové *Prémii Otto Wichterleho* v oblasti věd o neživé přírodě za vynikající vědeckou práci v oblasti složení kosmického záření nejvyšších energií a především za prokázání souvislosti mezi určením tzv. křivky konstantní intenzity se složením kosmického záření.
- **Ing. Vítězslav Jarý, Ph.D.**, obdržel od předsedkyně Akademie věd ČR prof. Evy Zažímalové *Prémii Otto Wichterleho* v oblasti věd o neživé přírodě za studium luminiscenčních a scintilačních vlastností širokého spektra krystalických látek se širokým zakázaným pásem.
- **Prof. Ing. Jaroslav Šesták, DrSc., dr. h. c.**, přijal z rukou prezidenta České republiky Miloše Zemana státní vyznamenání – *medaili Za zásluhy I. stupně za zásluhy o stát v oblasti vědy a školství*.

- **RNDr. Petr Šittner, CSc.**, a jeho tým získali *Cenu Wernera von Siemense* v kategorii *Cena za nejvýznamnější výsledek základního výzkumu* za inovativní výzkum v oblasti vysokoenergetické rentgenové difrakce aplikované na technické problémy.
- **Mgr. Ing. Neda Neykova, Ph.D.**, získala se svou dizertační prací s názvem „Nanosloupky ZnO pro tenkovrstvé křemíkové solární články s vysokou účinností“ *Cenu Wernera von Siemense* ve dvou kategoriích: 2. místo v kategorii *Nejlepší disertační práce* a *Nejlepší práce napsaná ženou*.
- **Ing. Michael Písařík, Ph.D.**, převzal *Cenu děkana ČVUT v Praze* za vynikající disertační práci s názvem „Vláknové lasery dopované vzácnými zeminami pro spektrální oblast kolem 2 mikrometrů“.
- Pierre Auger Collaboration, v níž z Fyzikálního ústavu působí zejména **RNDr. Petr Schovánek, RNDr. Miroslav Palatka, Mgr. Dušan Mandát, Ph.D., Mgr. Libor Nožka, Ph.D., Mgr. Miroslav Pech, Ph.D.**, a pracovníci Oddělení astročásticové fyziky FZÚ obdrželi od renomovaného vydavatelství IOP Physics World ocenění *Physics World Top Ten Breakthroughs of 2017* za publikaci „Observation of a large-scale anisotropy in the arrival directions of cosmic rays above  $8 \times 10^{18}$  eV“, *Science* 357 (2017), 1266–1270.

### 1.2.5 Dvořákova přednáška 2017

Dne 13. června 2017 se v přednáškovém sále Fyzikálního ústavu AV ČR na Slovance uskutečnila 9. Dvořákova přednáška, která se koná jednou ročně na počest fyzika pevných látek Vladimíra Dvořáka. Vladimír Dvořák byl významnou osobností svého oboru a významná byla i jeho role v rámci Fyzikálního ústavu, kde působil jako ředitel v letech 1993–2001. Na Dvořákovu přednášku je každoročně pozván mezinárodně významný vědec, který se zabývá specializací rozvíjenou i ve Fyzikálním ústavu AV ČR.

Dvořákovu přednášku přednesl letos Paul Lecoq – seniorní vědec v mezinárodním centru fyziky vysokých energií CERN. Dr. Lecoq se věnuje experimentálním aspektům zkoumání a vývoje scintilačních materiálů pro aplikace především ve fyzice vysokých energií a lékařském zobrazování. Během své kariéry v CERNu pracoval na celkem pěti velkých mezinárodních experimentech částicové fyziky, byl mj. technickým koordinátorem vývoje a konstrukce elektromagnetického kalorimetru v experimentu CMS, který sehrál důležitou roli při objevu Higgsova bosonu. Je zakladatelem CERNem koordinované Crystal Clear Collaboration, kde se účastní celkem 28 institucí, a která významně přispívá k celosvětovému rozvoji fyziky scintilátorů. Koordinoval několik evropských projektů, od r. 2008 je členem Evropské akademie věd a v r. 2013 získal ERC grant. Během svojí kariéry byl spoluautorem více než 1180 prací, které byly citovány více než 38600x v odborné literatuře.

Ústředním tématem přednášky byl vývoj superychlých scintilačních materiálů, které umožní, především ve specifických scintilačních detektorech používajících techniky „time of flight“ ve fyzice vysokých energií a lékařském zobrazování (pozitronová emisní tomografie) časové rozlišení (tzv. time coincidence resolution) až do deseti pikosekund, což je minimálně o řád méně než dovoluje existující instrumentace, a v klasických objemových monokrystalických scintilátorech nemůže být dosaženo. P. Lecoq shrnul jevy a procesy, které pro tento účel mohou být ve scintilačním mechanismu využity. Jedná se o např. o luminiscenční přechody nastávající uvnitř elektronových páسů energií ve finálních stádiích relaxace horkých elektronů a děr v dielektrických a polovodičových materiálech, dále o tzv. cross-luminiscenci a samozřejmě i známé Čerenkovovo záření vznikající při brzdění fotonu o vysoké energii v pevné látce. Problémem všech těchto procesů je speciálně v aplikacích v lékařském zobrazování nízká intenzita, a tedy nedostačující počet generovaných fotonů pro další zpracování na fotodetektoru. Velmi slibné se z tohoto pohledu jeví využití luminiscence volných Wannierových excitonů v nanokrystalech, tj. využití efektu kvantového omezení, který vede na jejich větší stabilitu a tím i kvantovou účinnost i při pokojové teplotě. Studují se například nanokrystaly sloučenin CASE nebo AnO:Ba. Charakteristickým rysem této luminiscence je extrémně krátká doba života typicky ve stovkách pikosekund při vysoké kvantové účinnosti procesu. Využití takovýchto nanokrystalů ale obecně vyžaduje přechod od monokrystalických



Vladimír Dvořák



Paul Lecoq

materiálů k hybridním systémům, kde budou vhodně zkombinovány vlastnosti nosné matrice a scintilačně aktivní nanokrystalické fáze.

Dalším zdrojem horšího časového rozlišení ve škále jednotek a desítek pikosekund je již i transport generovaného scintilačního světla z objemu optického elementu na fotodetektor. Zde se například zvažuje a experimentálně testuje využití fotonického efektu, kdy se speciálním tvarováním povrchu optického elementu umožní efektivnější vyvedení světla směrem na detektor. Problémem této techniky je její velkoplošná aplikace při zachování únosné ceny.

Přitažlivé podání tématu přednášejícím, zaplněná přednášková síň a dlouhotrvající diskuze ukázaly aktuálnost daného tématu pro praktické aplikace a možnosti dalšího rozvoje scintilátorové fyziky v oblasti superrychlých materiálů.

### 1.2.6 Základní informace o pracovišti

Fyzikální ústav Akademie věd České republiky, v. v. i. (FZÚ) je veřejná výzkumná instituce, která se zaměřuje na základní a aplikovaný výzkum v oblasti fyziky. Aktuální program ústavu zahrnuje šest hlavních segmentů: fyziku elementárních částic, kondenzovaných systémů a pevných látek, optiku, fyziku plazmatu a laserovou fyziku, kterým odpovídá členění do vědeckých sekcí. FZÚ je největším pracovištěm Akademie věd České republiky s více než 400 vědeckými pracovníky. Badatelská činnost v oblasti základního výzkumu je součástí evropského a světového fyzikálního výzkumu, na kterém se naši pracovníci podílejí zejména v rámci řešení řady mezinárodních, především evropských programů. Na FZÚ je též vzdělávána řada doktorandů, převážně tuzemských, ale i ze zemí Evropské unie, tyto pak zejména v rámci různých stipendijních programů „Marie Curie“.

Výzkumná činnost a provoz FZÚ byly v roce 2017 finančně zajišťovány 142 projekty podporovanými domácími poskytovateli (GA ČR – 88, MPO – 6, MŠMT – 35, TAČR – 11, MZ ČR -2, a 16 projektů financovaných ze zahraničí [3 projekty 7. RP – (Notedev, SC2, TheMoDS) a 13 projektů Horizon 2020 – (Intelum, Hilase CoE, LaserlabIV, Aida H2020, Qantum L a P, EUCAL, ELITRANS, Ascimat, Heatexmol, NextBase, CHAMPP, Takemi5 a Aspin]).

Část aktivit FZÚ je v současnosti směřována také do tzv. cíleného výzkumu. Rozvoji této oblasti významně napomáhá „Centrum pro inovace a transfer technologií“ (CITT), které funguje jako podpůrné oddělení v rámci sekce ELI Beamlines. V roce 2017 centrum CITT pokračovalo v řešení celoustavního grantu Technologické agentury v programu GAMA sloužícího k zefektivnění systému komercializace, identifikaci a podpoře transferu výstupů FZÚ do aplikační sféry. V roce 2017 bylo ve FZÚ s externími subjekty uzavřeno celkem 43 obchodních smluv, popř. objednávek s celkovým plněním 6 239 tis. Kč bez DPH.

### 1.2.7 Další specifické informace o pracovišti

Fyzikální ústav AV ČR (FZÚ) je řešitelem mnoha projektů (viz <https://www.fzu.cz/projekty>), které významným způsobem utváří a mění strukturu pracoviště. Zde jsou uvedeny nejvýznamnější příklady dopadů projektů na vědeckou činnost pracoviště.

Evropský výzkumný projekt koordinovaný Fyzikálním ústavem AV ČR uspěl v náročné soutěži Future and Emerging Technologies v rámci pilíře Excelentní výzkum rámcového programu Horizon 2020. Projekt ASPIN vychází z práce publikované v loňském roce v časopise Science, která otevřela nový směr výzkumu a vývoje extrémně rychlých a energeticky úsporných pamětí na bázi tzv. antiiferomagnetů. Kromě Fyzikálního ústavu a Matematicko-fyzikální fakulty Univerzity Karlovy jsou mezi členy projektového týmu tři německé Max Planck instituty v Berlíně, Drážďanech a Halle a univerzita v Mainzu, britská univerzita v Nottinghamu a španělská firma IGSresearch Ltd. Projekt je čtyřletý s celkovou dotací 3,7 M€.

V rámci Operačního programu Výzkum, vývoj a vzdělávání (OP VVV) FZÚ získal projekt HiLASE CoE – HiLASE Centre of Excellence. Hlavní náplní tohoto projektu je modernizace stávající výzkumné infrastruktury a přeměna pracoviště ve špičkové centrum excelence evropského významu. Projekt je realizován v úzké spolupráci s prestižní mezinárodní výzkumnou institucí STFC z Velké Británie. Rozsáhlé znalosti a zkušenosti partnera významně přispějí k zajištění efektivního fungování budoucího centra excelence. Nový inovační program je nezbytným předpokladem pro udržitelnost centra a také pro rozvoj regionu.

V roce 2017 byl také zahájen nový OP VVV projekt Zkvalitnění strategického řízení Fyzikálního ústavu AV ČR. Základním cílem projektu je rozvoj kapacit, znalostí a dovedností manažerských a výzkumných pracovníků FZÚ v oblasti strategického řízení a nastavení strategického řízení výzkumné organizace v souladu s podmínkami pro získání certifikátu HR Award. V rámci projektu bude zpracována analýza výzkumné organizace a bude vytvořen akční plán, který zajistí rozvoj FZÚ ve všech oblastech řešených projektem (strategické nastavení řízení lidských zdrojů, strategické nastavení a rozvoj mezisektorové spolupráce, popularizace výzkumu a vývoje) na úroveň srovnatelnou se světovými vědeckými a výzkumnými institucemi. V oblasti HR bude nastaven takový systém, který zajistí atraktivitu instituce jak pro nové zaměstnance z celého světa, tak i vytvoří optimální pracovní podmínky pro dlouhodobý rozvoj a stabilizaci výzkumných týmů v rámci celého FZÚ včetně nově vybudovaných center ELI a HiLASE.

V centru ELI Beamlines proběhla v roce 2017 instalace PW laserového systému L3-HAPLS (High repetition rate Advanced Petawatt Laser System). Instalace byla úspěšně dokončena koncem roku 2017 ve spolupráci s Lawrence Livermore National Laboratory. Laser L3-HAPLS představuje novou generaci diodově čerpaných, vysokoenergetických výkonových laserových systémů. Jde o nejmodernější PW laserový systém na světě, který je jako první založen výlučně na vysokovýkonových polovodičových laserových diodách a díky novým technologiím využívajícím diodového světla bude poskytovat 10 pulsů za sekundu, což je desetkrát více než nejmodernější současné PW lasery.

V aplikovaném výzkumu a podpůrných službách realizovala sekce 9 ELI Beamlines smluvní spolupráci při výzkumu a vývoji osobních ochranných prostředků zahrnujících testování laserových bezpečnostních filtrů a při

měření prahu poškození laserových komponentů, především ochranných pomůcek (např. brýle do laserových laboratoří) a zdokonalení technologií v odpadovém hospodářství (čištění odpadního hliníku). Sekce 9 dále spolupracovala při realizaci zakázkových výpočtů a modelování pro průmyslové firmy. Z grantové podpory byly realizovány především projekty v rámci programu TA ČR (GAMA) podporující přenos softwaru řídicích systémů do průmyslové praxe a technologie léčby rakoviny s využitím proton-borové záchytné terapie.

V rámci Hodnocení výzkumné a odborné činnosti pracovišť AV ČR za léta 2010–2014, které bylo dokončeno v roce 2016, byl FZÚ hodnocen velice pozitivně. Toto pozitivní hodnocení se promítlo i do podstatného navýšení institucionálního financování o cca 25 mil. Kč v roce 2017, které jak absolutně, tak procentuálně v rámci AV ČR představuje jedno z nejlepších ohodnocení. V souladu s doporučeními hodnotící komise byly v roce 2017 učiněny následující změny a opatření. V Oddělení teorie kondenzovaných látek došlo ke změně vedoucího oddělení, kterým se od 1. 9. 2017 stal prof. M. F. Pereira. V Oddělení materiálové analýzy byla v roce 2017 vybrána nová vedoucí Laboratoře elektronové mikroskopie RNDr. M. Klementová, Ph.D. V rámci Oddělení analýzy funkčních materiálů byla v roce 2017 vytvořena nová skupina NanoECSA a povrchové analýzy. Dále došlo v roce 2017 k reorganizaci Oddělení magnetických měření a materiálů, kde novým vedoucím oddělení byl jmenován Dr. O. Heczko.



## 1.3 Přehled oddělení a skupin

- 6 vědeckých sekcí
- 25 výzkumných oddělení
- 7 společných laboratoří
- 9 podpůrných oddělení

Výzkumní pracovníci	460
Studenti doktorského studia	123
Odborní pracovníci výzkumu a vývoje	167
Ostatní odborní pracovníci	375
Dělníci	85
Administrativní pracovníci	89
<b>Celkový počet zaměstnanců:</b>	<b>1299</b>

*stav zaměstnanců k 31. 12. 2017*



FZÚ AV ČR – pracoviště Na Slovance 2 v Praze 8



FZÚ AV ČR – ELI Beamlines v Dolních Břežanech



FZÚ AV ČR – pracoviště Cukrovarnická 10 v Praze 6

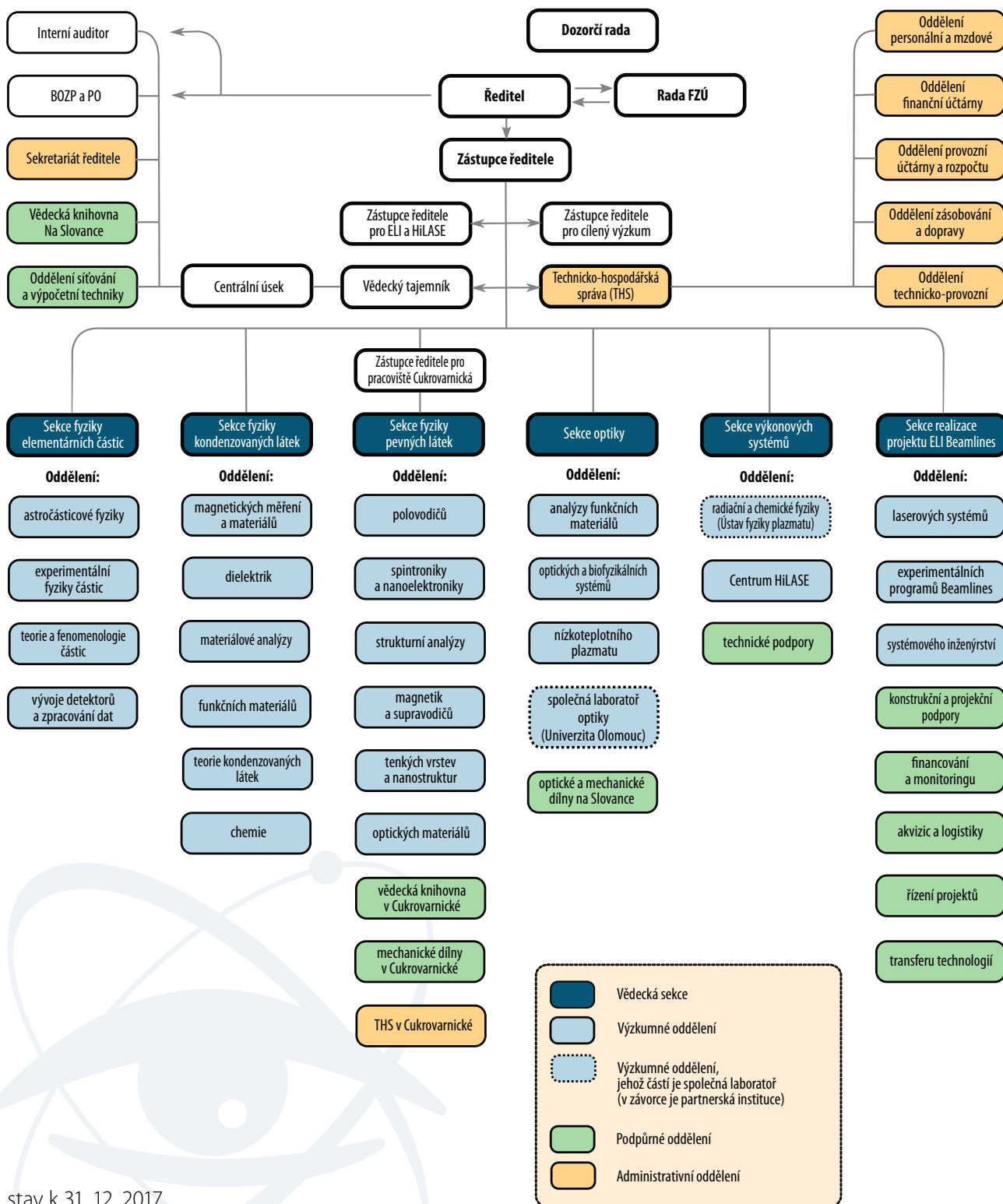


FZÚ AV ČR – Centrum HiLASE v Dolních Břežanech





# 1.4 Struktura pracoviště



stav k 31. 12. 2017

## 1.4.1 Struktura vědeckých sekcí FZÚ v roce 2017

### Sekce fyziky elementárních částic

Oddělení astročásticové fyziky  
 Oddělení experimentální fyziky částic  
 Oddělení teorie a fenomenologie částic  
 Oddělení vývoje detektorů a zpracování dat

Petr Reimer, CSc.  
 RNDr. Petr Trávníček, Ph.D.  
 doc. Alexander Kupčo, Ph.D.  
 Mgr. Martin Schnabl, Ph.D.  
 RNDr. Jiří Chudoba, Ph.D.

### Sekce fyziky kondenzovaných látek

Oddělení magnetických měření a materiálů  
 Oddělení dielektrik  
 Oddělení materiálové analýzy  
 Oddělení funkčních materiálů  
 Oddělení teorie kondenzovaných látek  
 Oddělení chemie

RNDr. Petr Šittner, CSc.  
 Oleg Heczko, Dr.  
 Ing. Jiří Hlinka, Ph.D.  
 Mgr. Daniel Šimek, Ph.D.  
 RNDr. Petr Šittner, CSc.  
 prof. Mauro Fernandes Pereira  
 Ing. Věra Hamplová, CSc.

### Sekce fyziky pevných látek

Oddělení polovodičů  
 Oddělení spintroniky a nanoelektroniky  
 Oddělení strukturní analýzy  
 Oddělení magnetik a supravodičů  
 Oddělení tenkých vrstev a nanostruktur  
 Oddělení optických materiálů

RNDr. Jiří J. Mareš, CSc.  
 RNDr. Jiří J. Mareš, CSc.  
 Tomáš Jungwirth, Ph.D.  
 RNDr. Michal Dušek, CSc.  
 Ing. Jiří Hejtmánek, CSc.  
 RNDr. Antonín Fejfar, CSc.  
 doc. Ing. Martin Nikl, CSc.

### Sekce optiky

Oddělení analýzy funkčních materiálů  
 Oddělení optických a biofyzikálních systémů  
 Oddělení nízkoteplotního plazmatu  
 Společná laboratoř optiky

Ing. Alexandr Dejneka, Ph.D.  
 Ing. Ján Lančok, Ph.D.  
 Ing. Alexandr Dejneka, Ph.D.  
 Mgr. Zdeněk Hubička, Ph.D.  
 doc. RNDr. Ondřej Haderka, Ph.D.

### Sekce výkonových systémů

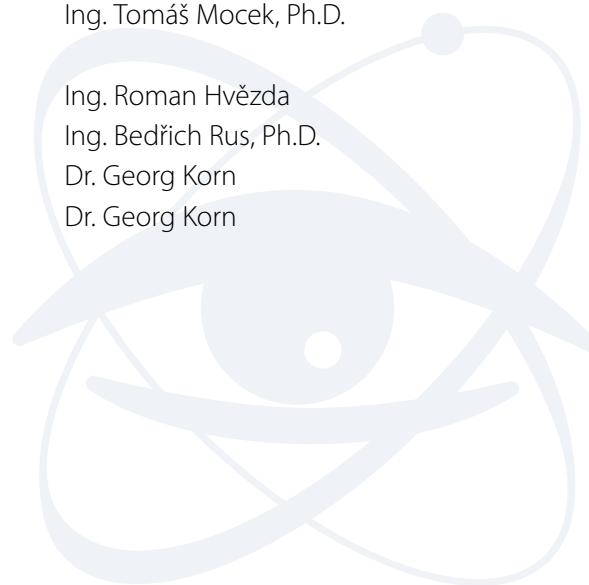
Oddělení radiační a chemické fyziky  
 Centrum Hilase

Ing. Tomáš Mocek, Ph.D.  
 Ing. Libor Juha, CSc.  
 Ing. Tomáš Mocek, Ph.D.

### Sekce realizace projektu ELI Beamlines

Oddělení laserových systémů  
 Oddělení experimentálních programů Beamlines  
 Oddělení systémového inženýrství

Ing. Roman Hvězda  
 Ing. Bedřich Rus, Ph.D.  
 Dr. Georg Korn  
 Dr. Georg Korn



## 1.4.2 Základní personální údaje

### 1. Členění zaměstnanců podle věku a pohlaví – stav k 31. 12. 2017 (fyzické osoby)

<i>věk</i>	<i>muži</i>	<i>ženy</i>	<i>celkem</i>	<i>%</i>
do 20 let	0	1	1	0,1%
21–30 let	191	62	253	19,5%
31–40 let	315	118	433	33,3%
41–50 let	139	74	213	16,4%
51–60 let	107	45	152	11,7%
61–70 let	102	42	144	11,1%
víc než 70	95	8	103	7,9%
<i>celkem</i>	<i>949</i>	<i>350</i>	<i>1299</i>	<i>100,0%</i>
<i>%</i>	<i>73,0%</i>	<i>26,9%</i>		

### 2. Celkový údaj o vzniku a skončení pracovních a služebních poměrů zaměstnanců v roce 2017

	<i>výzkumní pracovníci</i>	<i>studenti a doktorandi</i>	<i>odborní prac. VaV</i>	<i>dělníci</i>	<i>administrativa</i>	<i>celkem</i>
nástupy	95	17	69	15	8	210
odchody	56	7	47	6	6	122

### 3. Trvání pracovního a služebního poměru zaměstnance – stav k 31. 12. 2017

<i>doba trvání</i>	<i>počet</i>	<i>%</i>
do 5 let	672	51,7%
5–10 let	216	16,6%
10–15 let	106	8,2%
15–20 let	79	6,1%
20–25 let	54	4,2%
25–30 let	38	2,9%
nad 30 let	134	10,3%
<i>celkem</i>	<i>1299</i>	<i>100,0%</i>

### 4a. Systemizace výzkumných pracovníků – stav k 31. 12. 2017

smlouva na dobu určitou 359

<i>sekce</i>	<i>postdoktorand</i>	<i>vědecký asistent</i>	<i>vědecký pracovník</i>	<i>vedoucí vědecký pracovník</i>
Sekce fyziky elementárních částic	22	3	12	12
Sekce fyziky kondenzovaných látek	20	12	24	18
Sekce fyziky pevných látek	34	8	23	18
Sekce optiky	18	6	24	9
Sekce výkonových systémů	17	3	11	4
Sekce realizace pr. ELI Beamlines	22	5	22	12
<i>celkem</i>	<i>133</i>	<i>37</i>	<i>116</i>	<i>73</i>

smlouva na dobu neurčitou 101

<i>sekce</i>	<i>postdoktorand</i>	<i>vědecký asistent</i>	<i>vědecký pracovník</i>	<i>vedoucí vědecký pracovník</i>
Sekce fyziky elementárních částic	0	0	5	8
Sekce fyziky kondenzovaných látek	0	2	13	14
Sekce fyziky pevných látek	0	2	9	26

<i>sekce</i>	<i>postdoktorand</i>	<i>vědecký asistent</i>	<i>vědecký pracovník</i>	<i>vedoucí vědecký pracovník</i>
Sekce optiky	0	2	3	7
Sekce výkonových systémů	1	0	2	6
Sekce realizace pr. ELI Beamlines	0	0	0	1
<b>celkem</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>32</b>	<b>63</b>

#### 4b. Systemizace ostatních vysokoškolsky vzdělaných pracovníků – stav k 31. 12. 2017

	<i>třída</i>	<i>počet</i>
<i>odborný pracovník</i>	201	177
<i>doktorand</i>	202	113
<b>celkem</b>		<b>290</b>

#### 4c. Systemizace ostatních pracovníků – stav k 31. 12. 2017

<i>odborný pracovník s VŠ</i>	300	210
<i>odborný pracovník s SŠ, VOŠ</i>	400	115
<i>odborný pracovník VaV SŠ, VOŠ</i>	500	50
<i>THP pracovník</i>	700	89
<i>dělník</i>	800	78
<i>provozní pracovník</i>	900	7
<b>celkem</b>		<b>549</b>

#### 5. Průměrná měsíční mzda za rok 2017

##### a) Institucionální mzdové prostředky/přepočtený stav zaměstnanců pracoviště/12 v Kč

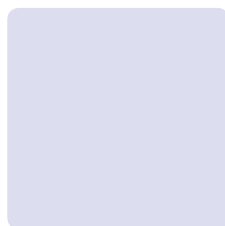
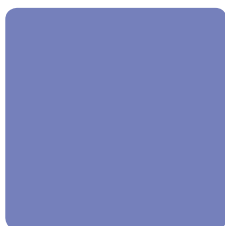
Průměrný přepočtený stav zaměstnanců	447,77
Průměrná měsíční mzda	46 406

##### b) Institucionální + grantové mzdové prostředky bez OON /přepočtený stav (i z grantů) zaměstnanců pracoviště/12 v Kč

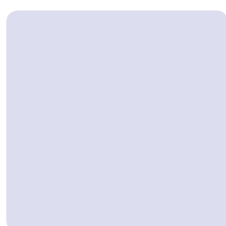
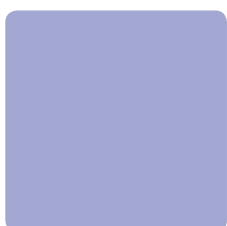
Průměrný přepočtený stav zaměstnanců	1012
Průměrná měsíční mzda	47 298

##### c) Průměrná měsíční mzda (i z grantů) v jednotlivých tarifních třídách

	<i>třída</i>	<i>mzda</i>
<i>odborný pracovník</i>	201	40 717
<i>doktorand</i>	202	28 560
<i>postdoktorand</i>	103	48 506
<i>vědecký asistent</i>	104	43 893
<i>vědecký pracovník</i>	105	57 531
<i>vedoucí vědecký pracovník</i>	106	83 870
<i>odborný pracovník s VŠ</i>	300	51 612
<i>odborný pracovník s SŠ, VOŠ</i>	400	35 473
<i>odborný pracovník VaV SŠ, VOŠ</i>	500	34 752
<i>THP pracovník</i>	700	43 654
<i>dělník</i>	800	21 878
<i>provozní pracovník</i>	900	30 179



## 2. Hodnocení hlavní činnosti





## 2.1 Sekce fyziky elementárních částic v roce 2017

Základním rysem výzkumného programu Sekce fyziky elementárních částic je zapojení našich pracovních skupin do velkých mezinárodních kolaborací provádějících experimenty na urychlovačích s cílem hledat a poznat základní zákony mikrosvěta a zkoumajících jevy zahrnující vysokoenergetické částice v kosmickém záření. Jedná se o následující projekty:

### Experimenty v CERNu (Evropské středisko fyziky částic u Ženevy) na urychlovači LHC

- Experiment **ATLAS** zkoumá vlastnosti hmoty na velmi malých vzdálenostech řádu  $10^{-19}$  m a hledá nové jevy ve srážkách vstříčných svazků protonů či těžkých iontů. V roce 2017 pokračovalo srážení protonových svazků při těžišťové energii 13 TeV. Urychlovač pracoval výborně a dodal v tomto roce  $50 \text{ fb}^{-1}$  dat – celkově je tak k dispozici  $86 \text{ fb}^{-1}$  těchto unikátních údajů.
- Experiment **TOTEM** je menší experiment, který detekuje částice vznikající ve vzájemných srážkách protonů nebo iontů a rozptylující se převážně pod malými úhly okolo dopředného směru. Použitý typ detektorů umožňuje výzkum pružného rozptylu a rovněž mnoha typů difrakčního rozptylu v uvedených srážkách.
- V menší míře se podílíme i na experimentu **ALICE**, jehož cílem je zkoumání srážek těžkých iontů.

### Experimenty ve Fermilabu (Fermiho národní laboratoř u Chicaga)

- Experiment **NOvA** zkoumá vlastnosti neutrin. Vlastnosti svazku neutrin jsou měřeny v detektoru ve Fermilabu a poté, po průletu 800 km Zemí, ve vzdáleném detektoru v Minnesotě. Experiment zkoumá tzv. oscilace neutrin – jev, při němž dochází k přeměně jednoho typu neutrin na jiný –, zvláště přechod mionového neutrina na elektronové, jakož i hierarchii hmotností neutrin. Získávané výsledky jsou průběžně publikovány a prezentovány na konferencích.

Předpokládá se, že experiment bude zaznamenávat data další čtyři roky.

- Experiment **DUNE** je připravován jako následník experimentu NOvA. Bude se jednat o mezinárodní experiment s celosvětovou spoluprací včetně laboratoře CERN. Vzdálený detektor, naplněný 40 tisíci tunami kapalného argonu, bude umístěn 1 300 km od laboratoře Fermilab v bývalém dole v Sanford Underground Research Facility (SURF) v Leadu, Jižní Dakota. Umožní podstatně zpřesnit měřené veličiny pro oscilaci neutrin, hmotnost neutrin a parametry narušení symetrie CP. Účastníme se přípravy testů prototypů detektoru v CERNu.
- Experiment **D0**, zkoumající dynamiku sil mezi základními stavebními kameny hmoty – kvarky a leptony – ve srážkách vstříčných svazků protonů a antiprotonů při těžišťové energii 1,96 TeV, ukončil nabírání dat na konci září 2011. V současné době ještě stále pokračuje fyzikální analýza získaných dat.

### Experimenty v astročásticové fyzice

- Astročásticová fyzika je obor na pomezí částicové fyziky, astronomie a kosmologie, jehož cílem je výzkum vlastností a původu částic přilétajících na Zemi z kosmu. Organizačně je účast Fyzikálního ústavu v astročásticových experimentech zajišťována Sekcí fyziky elementárních částic v úzké spolupráci se Společnou laboratoří optiky UP a FZÚ AV ČR v Olomouci. Práce se soustřeďuje především na aktivity spojené s **Observatoří Pierra Augera v Argentině**. Intenzivně se podílíme též na návrhu a budování observatoře **Cherenkov Telescope Array (CTA)**, stejně jako na připravovaném celooblohovém dalekohledu **Large Synoptic Survey Telescope (LSST)**.

Nedílnou součástí našeho programu je také všestranný teoretický výzkum.

Pro účast ve zmíněných experimentech je nezbytným předpokladem přístup do sítí distribuovaného po-

čítání. I do jejich vývoje a implementace ve FZÚ jsme zapojeni.

Většina aktivit probíhala ve spolupráci s partnery z MFF UK, FJFI ČVUT a UP v Olomouci.

### 2.1.1 Experiment ATLAS

Rok 2017 byl rokem stabilního provozu urychlovače LHC a experimentu ATLAS. Pracovníci FZÚ se tradičně podíleli na zajišťování provozu vnitřního dráhového detektoru a hadronového kalorimetru TileCal, což jsou části experimentu ATLAS, k jejichž stavbě v minulosti FZÚ přispěl. Během roku bylo nainstalováno druhé rameno detektoru dopředných protonů AFP (ATLAS Forward Proton). Došlo tak k realizaci projektu, v němž tým FZÚ sehrál jednu z klíčových rolí: stáli jsme u zrodu tohoto detektoru, připravovali jeho fyzikální program a podíleli se i na finální realizaci. Části detektoru AFP dodala česká firma Vakuum Praha a pracovník FZÚ byl zodpovědný za celou instalaci AFP v tunelu LHC.

Experiment ATLAS čeká v roce 2024 výrazná modernizace. Velká část aparatury musí být upravena tak, aby po roce 2026 byla schopna měřit v podmínkách vysoké luminozity modernizovaného urychlovače LHC. Vývoj a výstavba nových detektorů jsou časově velmi náročné a v roce 2017 pokračovaly ve FZÚ přípravy na budoucí zapojení se do jejich výroby. V ústavu se postupně buduje laboratoř pro práci s polovodičovými detektory. Budou se zde testovat senzory a montovat moduly pro nový dráhový detektor, který bude součástí experimentu ATLAS. V roce 2017 přibyla metrologická stanice a laboratoř se přestěhovala do větších čistých prostor pronajatých v budově Ústavu teorie informace a automatizace AV ČR.



V roce 2017 byla velká pozornost věnována i fyzikální analýze experimentálních dat, především těch získaných při těžišťové energii srážek 13 TeV. V roce 2017 experiment ATLAS publikoval 90 původních prací. Největší úsilí je věnováno plnému využití objevitelského potenciálu nových dat a hledání nové fyziky překračující rámec standardního modelu. Zajímavým bylo i první pozorování rozptylu dvou fotonů ve srážkách těžkých iontů [1] viz str. 130. Vědečtí pracovníci a doktorandi z Fyzikálního ústavu významně přispěli k pracím z oblasti fyziky kvarků bottom a top [2], a fyziky silných a elektroslabých interakcí [3–5]. K analýze dat přispíváme i poskytováním příslušné části výpočetní kapacity, a to formou distribuovaného zpracování dat, které probíhá na strojích ve Výpočetním středisku FZÚ.

### 2.1.2 Experiment TOTEM

Pokračovala práce našich pracovníků na experimentu TOTEM. V roce 2017 probíhalo zpracování dat při doposud nejvyšší energii 13 TeV, výsledky budou brzy publikovány.



### 2.1.3 Experiment ALICE

Během roku 2017 úspěšně pokračovalo i zpracování experimentálních dat z experimentu ALICE na urychlovači LHC v CERNu. Data pocházela ze srážek olovo-olovo (Pb+Pb) i proton-olovo (p+Pb) a proton-proton (p+p). Mezi nejvýznamnější výsledky patří zejména studie o zvýšené produkci podivných hadronů pozorované v p+p srážkách s vysokou multiplicitou částic. Byla publikována v časopise Nature [6]. Tento typ proton-protonových srážek vykazuje překvapivě mnoho shodných vlastností se srážkami těžkých iontů. Tyto unikátní výsledky významně prohlubují naše znalosti o vlastnostech jaderné hmoty při extrémních podmínkách – ultravysokých teplotách a hustotách.



### 2.1.4 Experiment NOvA

Experiment NOvA zkoumá vlastnosti mionových neutrin, která vznikají po srážkách protonů z urychlovače ve Fermilabu



■ Obr. 1 Metrologická stanice v nově budované laboratoři pro polovodičové dráhové detektory.

s uhlíkovým terčím a následném rozpadu mionů. Neutrina proletí 800 km Zemí do detektoru o hmotnosti 15 tisíc tun umístěného v Minnesotě na americko-kanadské hranici. Předtím, ještě na území Fermilabu, procházejí malým detektorem o hmotnosti 222 tun. Přestože neutrina jsou všudypřítomná (jedním  $\text{cm}^2$  povrchu lidského těla jich každou sekundu prolétne na 60 miliard), procházejí hmotou téměř bez jakéhokoliv efektu. Jejich hmotnost je velmi malá a dosud se ji nepodařilo přesně změřit. Pohybují se téměř rychlostí světla. Existují tři různé typy neutrin a ty umějí mezi sebou přecházet – tato vlastnost se označuje jako oscilace neutrin. Jednou ze zásadních otázek je úloha neutrin při pozorované převaze hmoty v našem vesmíru nad antihmotou.

Vzdálený detektor je zkonstruován z plastových vrstev naplněných scintilační kapalinou, z nichž odečítají signál křemíkové diody APD (Avalanche Photo Diode). Detektor je jemně segmentován, což umožňuje rekonstrukci vzácných srážek neutrin ve scintilátoru. Hlavním cílem experimentu NOvA je měření oscilací mionových neutrin na elektronová, určení rozdílů ve hmotnostech neutrin – tzv. hierarchie hmotností – a studium možností narušení symetrie mezi hmotou a antihmotou, pokud by se ukázalo, že vlastnosti oscilací neutrin a antineutrin se liší.

Naše spolupráce na experimentu NOvA začala v roce 2011. V roce 2017 jsme přispívali k provozu vzdáleného a blízkého detektoru a účastnili se směn při sběru dat. V Praze jsme vybudovali laboratoř pro měření některých speciálních vlastností používaných diod APD. Během uvádění detektorů do provozu se využívala dvě zařízení pro rychlou kontrolu diod APD navržená a vyrobená v Praze. Podílíme se i na vývoji a implementaci systému pro sběr dat (DAQ). Přispíváme také k výpočetním kapacitám pro simulační úlohy pomocí počítačových prostředků umístěných ve FZÚ, v roce 2017 jsme dodali 10% potřebné výpočetní kapacity experimentu NOvA. Experiment průběžně publikuje nové výsledky a prezentuje je na konferencích. Publikace [7] ukazuje výsledky měření oscilačního úhlu  $\Theta_{23}$ , naznačující odklon  $2,6\sigma$  od dosud měřených hodnot. Nové předběžné výsledky dále zpřesňují naše dosavadní znalosti o oscilacích neutrin.

## 2.1.5 Experiment DUNE

Jako následovník experimentu NOvA se ve Fermilabu připravuje nový experiment **DUNE** (Deep Underground Neutrino Experiment), který umožní podstatně zpřesnit měřené veličiny pro oscilaci neutrin a jejich hmotnost, stejně jako parametry narušení syme-



trie CP. V roce 2017 začalo rozšiřování podzemní haly pro umístění vzdáleného detektoru v Sanford Underground Research Facility (SURF) v Jižní Dakotě, vzdálené 1 300 km od Fermilabu.

DUNE je mezinárodní experiment s celosvětovou účastí včetně laboratoře CERN, která v celém projektu hraje důležitou roli. V roce 2018 by zde měly proběhnout testy dvou prototypů vzdáleného detektoru (tzv. Single – SP a Double Phase – DP), oba založené na principu TPC komory plněné tekutým argonem s rozdílným sběrem náboje. U prvního typu dochází ke sběru náboje v argonu v tekutém stavu, u druhého v tekutém i plynném skupenství. Samotný vzdálený detektor bude rozdělen na čtyři moduly a každý z nich bude obsahovat 10 kt tekutého argonu. Instalace prvního modulu by měla být dokončena v roce 2025. V roce 2026 po dvouleté modernizaci urychlovacího komplexu ve Fermilabu lze očekávat první neutrinové svazky o intenzitě překračující 1 MW.

Podstatným krokem pro přípravu analýz budou reálná data měřená prototypy detektorů zvanými podle zvolené technologie ProtoDUNE SP a DP. Tyto dva prototypy se od začátku roku 2017 staví v CERNu a budou umístěny na svazku částic (urychlovač SPS). Technologie prototypů budou shodné s těmi, které se plánují použít při konstrukci modulů vzdáleného detektoru, jen celková velikost bude menší –  $6 \times 6 \times 6 \text{ m}^3$  oproti  $12 \times 12 \times 60 \text{ m}^3$ . Nabírání dat proběhne v poměrně úzkém časovém okně, na podzim roku 2018, s možným následným ozařováním kosmickým zářením (omezení je dáno plánovanou několikaletou odstávkou urychlovacího komplexu CERN).

V roce 2017 jsme se podíleli na výstavbě kryostatů pro ProtoDUNE, testování a instalaci detekčních systémů pro SP. Detektorová laboratoř ve FZÚ vybudovaná pro experiment NOvA byla rozšířena pro testování fotodetektorů pro DUNE v kapalném argonu a bude se podílet na návrhu a konstrukci detektoru DUNE. Začali jsme též s dodávkami výpočetních kapacit pro DUNE.

## 2.1.6 Experimenty v astročásticové fyzice

Observatoř Pierra Augera je největší experimentální zařízení pro detekci kosmického záření nejvyšších energií. Za účasti 17 zemí světa byla postavena v argentinské pampě a rozkládá se na ploše 3 000 čtverečních kilometrů. Fyzikální ústav pomohl například postavit systém fluorescenčních teleskopů a dodal více než polovinu jejich zrcadlových ploch.





Po rozšíření naší skupiny (v červnu 2017) o vedoucího skupiny složení kosmického záření Observatoře Pierra Augera se ve FZÚ AV ČR nově intenzivně studuje určování poměru počtu protonů a jader helia ve spektru kosmického záření. Průběžné výsledky byly představeny v průběhu roku. Analýza je připravena k publikaci. Po posílení o další pracovníci se naše skupina začala zabývat také rekonstrukcí hloubky produkce mionů pomocí dat z povrchového detektoru. Zabývali jsme se rovněž studiem interakcí jádro-jádro a přebytkem mionů v datech Observatoře, a to i v návaznosti na starší data z experimentu DELPHI na urychlovači LEP v CERNu. Byla obhájena disertační práce [8] a publikován článek [9] zabývající se fenomenologickými modely QCD v souvislosti s popisem přebytku mionů v datech z experimentů měřících kosmické záření. Podíleli jsme se i na připravovaném experimentu LATTES, který má za cíl pozorovat záření gama na jižní polokouli. LATTES by se tedy mohl stát vhodným partnerem Observatoře Pierra Augera v oblasti multi-messenger astrophysics.

Vysoce signifikantní dipólová struktura ve směrech příletů kosmického záření nad 8 EeV byla prezentována již v práci [10] a konečné výsledky s využitím odlišné metody na úrovni statistické signifikance 5 sigma byly publikovány v časopise Science – viz str. 131. Poprvé byla představena studie věnovaná testování hadronových interakcí a jejich implikací ve vztahu ke složení kosmického záření pouze z dat povrchového detektoru Observatoře Pierra Augera [12]. Vylepšení limitů na tok fotonů pomocí hybridních dat observatoře bylo publikováno v [13]. Kombinovaný fit energetického spektra a složení kosmického záření Observatoře Pierra Augera pomocí simulace propagace kosmického záření ukázal na spojitost mezi spektrálním indexem zdrojů a maximální urychlovací energií v případě jejich homogenního rozložení [14].

Jiná oblast, na kterou se členové astročásticového týmu specializují, se týká optimalizace a plného využití činnosti fluorescenčních teleskopů, např. stanovení přesných pozorovacích podmínek. Na Observatoři Pierra Augera tak fyzikové ze Sekce elementárních částic v roce 2017 dále aktivně provozovali robotický dalekohled FRAM, jehož primárním úkolem je monitorování extinkce – úbytku záření vlivem atmosférického prostředí – a zjišťování podílu vlivu aerosolů.

V roce 2017 jsme rozvíjeli především program hledání spršek kosmického záření s anomálním podélným profilem (spršky se dvěma maximy). Zde dalekohled FRAM plní nezastupitelnou úlohu, protože jde o jediné zařízení celé observatoře, které umožňuje ihned po zaznamenání takové spršky fluorescenčními teleskopy ověřit, zda se

ve směru její projekce na oblohu nenacházela oblačnost nebo nehomogenní vrstvy aerosolů – tzv. metoda StS (Shoot the Shower). Na základě pozorování je pravidelně sestavována databáze, z níž je možné pro každou studovanou spršku přítomnost mraků ověřit. Pokroky v analýze množství aerosolů v atmosféře umožnily zlepšit analýzu dat pořízených v programu StS, takže nyní lze spolehlivě identifikovat odchylky od homogenní atmosféry na úrovni absorpce 10% procházejícího záření. To umožňuje vzájemně odlišit zřejmou oblačnost a nerovnoměrné rozložení rozptýlených aerosolů. Zásadní důležitost FRAMu v programu StS je oceňována celou kolaborací a projekt byl prezentován na hlavní konferenci v oboru (ICRC 2017, ve sborníku [15]) s výhledem na časopiseckou publikaci celé kolaborace později.

Podíleli jsme se na přípravě testování nové elektroniky pro modernizovanou Observatoř. Byla provedena řada přípravných testů prototypů elektronických součástek v nové teplotní komoře umístěné ve FZÚ a výsledky byly prezentovány na pravidelných poradách.

#### Cherenkov Telescope Array

(CTA) je budoucí observatoř pro detekci velmi energetického záření gama. CTA si klade ambiciózní cíle, pro něž je nezbytné dosáhnout zlepšení detekční citlivosti nejméně o řád v širokém intervalu energií. CTA bude sestávat z více než 100 teleskopů tří různých typů umístěných ve dvou lokalitách – v Evropské jižní observatoři v Chile a na La Palma ve Španělsku.



■ **Obr. 2** Dalekohled FRAM, který byl v červenci minulého roku nainstalován v chilské poušti Atacama pod vrcholem Cerro Paranal. Dalekohled bude sloužit k monitorování aerosolové optické tloušťky atmosféry, což je klíčové pro kalibraci dat budované observatoře Cherenkov Telescope Array.

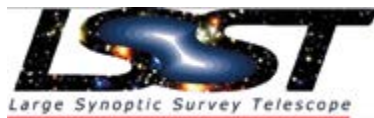
Jedním ze sítě zařízení sledujících atmosféru nad CTA bude opět optický robotický dalekohled FRAM, který je založen na našich desetiletých zkušenostech z provozu podobného zařízení v rámci Observatoře Pierra Augera.

Prototyp dalekohledu FRAM byl v srpnu 2017 úspěšně instalován v budoucí lokalitě observatoře CTA v Chile nedaleko Cerro Armazones a od září pravidelně nabírá data.

V roce 2017 byla také vyvíjena metodika zpracování dat z fotometru, který je umístěn v místě budoucí jižní části observatoře CTA. Fotometr je integrován v celosvětové síti AERONET. Během roku 2017 byly vyvinuty vlastní metody kalibrace nočních měření fotometru, korekce spektra odrazivosti Měsíce, vyloučení měření ovlivněných oblačností a tyto metody byly následně úspěšně testovány na vlastních datech pořízených v letech 2016–2017. S výsledky vystoupil doktorand z naší skupiny na konferenci ICRC2017 [16]. Za celý systém atmosférické kalibrace byl konsorciem CTA vyzván člen našeho týmu k souhrnné prezentaci [17].

Aktivity na CTA probíhají rovněž ve spolupráci se Společnou laboratoří optiky UP a FZÚ AV ČR v Olomouci, která mj. provádí testy vzorků řešení zrcadlových teleskopů pro CTA, vyvíjí design vlastních zrcadel či navrhuje systém celooblohových kamer pro monitorování atmosféry.

LSST je projekt největšího přehlíd-kového daleko-hledu světa, který bude umístěn na Cerro Pachon v Chile. S primárním zrcadlem o průměru 8,4 m a mozaikovou CCD kamerou o 3,2 Gpx bude sledovat vesmír v zorném poli 10 čtverečních úhlových stupňů. Zásluhou špičkových parametrů a širokého zorného pole bude LSST schopno prozkoumat do bezprecedentní hloubky celou pozorovatelnou oblohu za zhruba tři dny. Během celého období fungování projektu se tak ke každému kousku oblohy vrátí několiksetkrát.



K řadě fyzikálních programů patří vedle studia proměnných astrofyzikálních zdrojů především kosmologie. V roce 2017 jsme v rámci projektu LSST rozvíjeli spolupráci zejména se skupinou z Argonne National Laboratory. Dokončili jsme vývoj kódu pro rychlé kosmologické simulace a začali pracovat na začlenění modifikovaných gravitací. V rámci skupiny LSST DESC pak nadále přispíváme do vývoje tzv. CCL (Core Cosmology Library), knihovny pro studium kosmologie s jasně definovanou přesností. Knihovna je nyní veřejně dostupná ke stažení a v přípravě je publikace dokumentující její fungování a přesnost.

## 2.1.7 Teorie

Uplynulý rok 2017 zaznamenal velkou expanzi aktivit a počtu pracovníků oddělení v rámci Středoevropského centra pro kosmologii a fundamentální fyziku (CEICO), na jehož vybudování ústav obdržel v roce 2016 prostředky z programu OP VVV. Mezi cíle projektu patří studium kosmologie raného a pozdního vesmíru, temné hmoty a energie včetně možných modifikací samotné teorie gravitace a její testování v režimu silných polí. Nedílnou součástí výzkumu je i teorie strun, která jako jediná v současnosti poskytuje plně konzistentní rámec, ve kterém lze, byť s obtížemi, alespoň v principu objasnit řadu základních otázek o povaze času a prostoru a související teorii gravitace. S projektem souvisí i účast na experimentu LSST popsáná v oddíle věnovaném astročásticové fyzice.

V oblasti teorie strun jsme ukázali, že ambitwistorová struna je limitou sektorového modelu navrženého dříve v naší skupině [18]. Ukázali jsme že W-bránová řešení reprezentující mikrostavy černých děr přirozeně splňují okrajové podmínky Compereho, Songa a Stromingera, což má zajímavé důsledky [19]. Studium kvantování teorií s vyšším spinem v kalibraci se speciálními proměnnými umožnilo spočítat kvantové korekce ke kónickým řešením [20].

Pokroku jsme dosáhli v oblasti teorie strunového pole. Studovali jsme zobecnění topologických defektů v konformních teoriích s hranicí a ukázali, jak jich lze použít ke generování nových řešení v klasické teorii pole otevřených strun [21]. Též jsme se zabývali teorií pole uzavřených superstrun, konkrétně homotopicko-algebraickými aspekty v rámci WZW přístupu [22, 23] a vztahem k teorii navržené Senem a Wittenem [24]. Pro heterotickou strunu se nám podařilo spočítat jednosmyčkový tadpolový příspěvek [25].

V kosmologii jsme studovali důsledky pozorování gravitačních vln GW170817 a GRB170817A na teorii. Konkrétně jsme klasifikovali možné modely modifikované gravitace po prvním přesném měření rychlosti gravitačních vln [26]. Tato práce byla publikována v PRL jako tzv. Editor's choice a během půl roku byla citována více než 90krát. Návazně jsme studovali též dopad na pozorování na strukturu vesmíru na velkých měřítkách [27] a ukázali jsme na nevyhnutelnosti gravitačního slipu v metrice zdrojované hmotou v kosmologii [28].

Velká část aktivit skupiny se týkala vývoje a charakterizace softwaru pro simulaci tvorby struktury ve vesmíru pro modely modifikované gravitace [29, 30]. Ukázali jsme, že Vlasovova rovnice popisující chladnou temnou hmotu může být řešena mnohem jednodušším způsobem, pomocí Schroedingerovy metody [31]. Senzitivita pozoro-

rování vírového pohybu galaxií predikovaná nelineární formací struktury byla studována v [32].

Kosmologickými implikacemi gravitačních alternativ k temné hmotě se zabývala práce [33]. Vypočetli jsme vzdálenost, v libovolné modifikované teorii gravitace, na které se lokální gravitační síla zdroje vyrovnává síle vznikající v důsledku kosmologické metriky [34]. V práci [35] jsme studovali klasickou stabilitu a další aspekty gravitace ve formalismu prvního řádu v podobě spontánně narušené SU (2,2) kalibrační teorie. Konformně vázané skalární pole interagující s gravitony během inflace prochází sekulárním růstem úměrným logaritmu škálového faktoru [36]. Růst perturbací v Deser-Woodardově neložální gravitaci je v lepší shodě s experimentálními daty než v LambdaCDM modelu [37].

### 2.1.8 Přípravné práce na projektu lineárního urychlovače

Velkým budoucím celosvětovým projektem ve fyzice částic bude pravděpodobně lineární urychlovač vstříčných svazků elektronů a pozitronů. V současnosti se uvažuje o dvou variantách: ILC využívající supravodivých kavit a CLIC, pro něž je vyvíjena nová metoda urychlování s vysokým gradientem potenciálu a jenž by pracoval při běžné teplotě. V projektu ILC jsme zapojeni do programu vývoje (R&D) nových typů kalorimetrů a metod kalorimetrie [38]. Jsme členy kolaborace ILD připravující jeden ze dvou detektorů pro ILC. V projektu CLIC i v projektu ILD jsme reprezentováni v ústředním orgánu Institutional Board (IB).

### 2.1.9 Zpracování experimentálních dat

Větší část kapacity výpočetních prostředků FZÚ je zapojena do výpočetních gridů – mezinárodních sítí Worldwide LHC Computing Grid (WLCG) a Open Science Grid (OSG), aby se naše servery mohly podílet na zpracování dat z experimentů v CERNu, Fermilabu, resp. astročásticových projektů Observatoře Pierra Augera a Cherenkov Telescope Array. Zároveň mohou pracovníci FZÚ využívat nejen lokálně dostupné zdroje, ale i celkově mnohem výkonnější distribuované zdroje z jiných pracovišť. Díky investicím získaným v projektech OP VVV CERN-CZ, Fermilab-CZ a AUGER-CZ jsme mohli rozšířit výpočetní kapacitu o nový klastr schopný současně počítat téměř 2 500 výpočetních úloh. Pro zmodernizování řízení výpočetní farmy jsme započali přechod ze systému Torque/

Maui na modernější systém HTCondor, pod který jsme zařadili nový klastr. Lokální uživatelé sice museli změnit syntaxi příkazů při zadávání úloh, ale pro uživatele gridů byla tato změna transparentní. Celkem se tak opět podařilo dodat příslibený výpočetní výkon pro experimenty ALICE a ATLAS na LHC a zároveň uložit potřebný objem dat (přes 1 600 TB pro ALICE a přes 2000 TB pro ATLAS).

## Literatura

- [1] The ATLAS collaboration (z FZÚ: J. Chudoba, J. Hejbal, O. Hladík, T. Jakoubek, O. Kepka, J. Kroll, A. Kupčo, V. Kůs, M. Lokajíček, R. Lysák, M. Marčíšovský, M. Mikeščíková, S. Němeček, O. Penc. P. Šícho, P. Staroba, M. Svatoš, M. Taševský), *Evidence for light-by-light scattering in heavy-ion collisions with the ATLAS detector at the LHC*, Nature Physics **13** (2017) 852.
- [2] The ATLAS collaboration (z FZÚ: J. Chudoba, J. Hejbal, O. Hladík, T. Jakoubek, O. Kepka, J. Kroll, A. Kupčo, V. Kůs, M. Lokajíček, R. Lysák, M. Marčíšovský, M. Mikeščíková, S. Němeček, O. Penc. P. Šícho, P. Staroba, M. Svatoš, M. Taševský), *Measurement of b-hadron pair production with the ATLAS detector in proton-proton collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV*, J. High Energy Phys. (2017) 2017: **62**.
- [3] The ATLAS collaboration (z FZÚ: J. Chudoba, J. Hejbal, O. Hladík, T. Jakoubek, O. Kepka, J. Kroll, A. Kupčo, V. Kůs, M. Lokajíček, R. Lysák, M. Marčíšovský, M. Mikeščíková, S. Němeček, O. Penc. P. Šícho, P. Staroba, M. Svatoš, M. Taševský), *ZZ $\rightarrow$  $\ell+\ell-\ell'+\ell'-$  cross-section measurements and search for anomalous triple gauge couplings in 13 TeV pp collisions with the ATLAS detector*, Phys. Rev. D **97**, 032005 (2018).
- [4] The ATLAS collaboration (z FZÚ: J. Chudoba, J. Hejbal, O. Hladík, T. Jakoubek, O. Kepka, J. Kroll, A. Kupčo, V. Kůs, M. Lokajíček, R. Lysák, M. Marčíšovský, M. Mikeščíková, S. Němeček, O. Penc. P. Šícho, P. Staroba, M. Svatoš, M. Taševský), *Measurement of the exclusive  $\gamma\gamma\rightarrow\mu^+\mu^-$  process in proton-proton collisions at  $\sqrt{s}=13$  TeV with the ATLAS detector*, Physics Letters B, Vol. **777** (2018) 303–323.
- [5] The ATLAS collaboration (z FZÚ: J. Chudoba, J. Hejbal, O. Hladík, T. Jakoubek, O. Kepka, J. Kroll, A. Kupčo, V. Kůs, M. Lokajíček, R. Lysák, M. Marčíšovský, M. Mikeščíková, S. Němeček, O. Penc. P. Šícho, P. Staroba, M. Svatoš, M. Taševský), *Measurement of charged-particle distributions sensitive to the underlying event in  $\sqrt{s}=13$  TeV proton-proton collisions with the ATLAS detector at the LHC*, J. High Energy Phys. **1703** (2017) 157.

- [6] ALICE Collaboration: (z FZÚ: J. A. Mareš, P. Závada): *Enhanced production of multi-strange hadrons in high-multiplicity proton–proton collisions*, *Nature Physics* **13** (2017) 535–539.
- [7] NOvA Collaboration (z FZÚ: M. Lokajíček, J. Zálešák), *Measurement of the neutrino mixing angle  $\theta_{23}$  in NOvA*, *Phys. Rev. Lett.* **118** (2017) 151802(1)–151802(7).
- [8] J. Ebr, Fenomenologické modely inspirované QCD a jejich využití v analýze kosmického záření při ultravysokých energiích, disertační práce MFF UK, obhájeno v září 2017, školitel J. Řídký.
- [9] J. Ebr, P. Nečesal, J. Řídký, *Soft Particle Production in Very High Energy Hadron Interactions*, *Astroparticle Physics* **90** (2017) 37–49.
- [10] A. Aab et al. (The Pierre Auger Collaboration, z FZÚ: J. Blažek, M. Boháčová, J. Chudoba, J. Ebr, D. Mandát, M. Palatka, M. Pech, M. Prouza, J. Řídký, P. Schovánek, P. Trávníček, J. Vícha), *Multi-resolution anisotropy studies of ultrahigh-energy cosmic rays detected at the Pierre Auger Observatory*, *J. Cosmol. Astropart. Phys.* **2017** (2017) 026(1)–026(26).
- [11] A. Aab et al. (The Pierre Auger Collaboration, z FZÚ: J. Blažek, M. Boháčová, J. Chudoba, J. Ebr, J. Juryšek, D. Mandát, M. Palatka, M. Pech, M. Prouza, J. Řídký, P. Schovánek, P. Trávníček, J. Vícha), *Observation of a large-scale anisotropy in the arrival directions of cosmic rays above  $8 \times 10^{18}$  eV*, *Science* **357** (2017) 1266–1270.
- [12] The Pierre Auger Collaboration (z FZÚ: J. Blažek, M. Boháčová, J. Chudoba, J. Ebr, J. Juryšek, D. Mandát, M. Palatka, M. Pech, M. Prouza, J. Řídký, P. Schovánek, P. Trávníček, J. Vícha), *Inferences on mass composition and tests of hadronic interactions from 0.3 to 100 EeV using the water-Cherenkov detectors of the Pierre Auger Observatory*, *Phys. Rev. D* **96** (2017) 122003(1)–122003(22).
- [13] A. Aab et al. (The Pierre Auger Collaboration: M. Boháčová, J. Blažek, J. Ebr, J. Chudoba, M. Hrabovský, D. Mandát, D. Nosek, V. Novotný, M. Palatka, M. Pech, M. Prouza, P. Schovánek, R. Šmída, P. Trávníček, J. Vícha), *Search for photons above  $10^{18}$  eV with the hybrid detector of the Pierre Auger Observatory*, *JCAP* **04** (2017) 009.
- [14] A. Aab et al. (The Pierre Auger Collaboration: M. Boháčová, J. Blažek, J. Ebr, J. Chudoba, M. Hrabovský, D. Mandát, D. Nosek, V. Novotný, M. Palatka, M. Pech, M. Prouza, P. Schovánek, R. Šmída, P. Trávníček, J. Vícha): *Combined fit of spectrum and composition data as measured by the Pierre Auger Observatory*, *JCAP* **04** (2017) **038**.
- [15] J. Blažek, *The FRAM Telescope at the Pierre Auger Observatory*, *PoS (ICRC2017)* **362**.
- [16] J. Juryšek, M. Prouza, *Sun/Moon photometer for Cherenkov Telescope Array – first results*, *Proceedings of the 35th International Cosmic Ray Conference, Busan, Korea, PoS (ICRC2017)* **853**.
- [17] J. Ebr et al., *Atmospheric calibration of the Cherenkov Telescope Array*, *Proceedings of the 35th International Cosmic Ray Conference, Busan, Korea, PoS (ICRC2017)* **833**.
- [18] T. Azevedo, R. Lipinski Jusinskas, *Connecting the ambitwistor and the sectorized heterotic strings*, *JHEP* **1710** (2017) 216.
- [19] J. Raeymaekers, D. Van den Bleeken: *Chiral boundary conditions for singletons and W-branes*, *JHEP* **1707** (2017) 049.
- [20] A. Campoleoni, S. Fredenhagen, J. Raeymaekers, *Quantizing higher-spin gravity in free-field variables*, *JHEP* **1802** (2018) 126.
- [21] T. Kojita, C. Maccaferri, T. Masuda, M. Schnabl, *Topological defects in open string field theory*, accepted for publication *JHEP* (2018).
- [22] Theodore Erler, *Superstring Field Theory and the Wess-Zumino-Witten Action*, *JHEP* **1710** (2017) 057.
- [23] Hiroaki Matsunaga, *Notes on the Wess-Zumino-Witten-like structure:  $L_\infty$  triplet and NS-NS superstring field theory*, *JHEP* **1705** (2017) 095.
- [24] T. Erler, S. Konopka, *Vertical Integration from the Large Hilbert Space*, *JHEP* **1712** (2017) 112.
- [25] T. Erler, S. Konopka, I. Sachs, *One Loop Tadpole in Heterotic String Field Theory*, *JHEP* **1711** (2017) 056.
- [26] T. Baker, E. Bellini, P. G. Ferreira, M. Lagos, J. Noller, I. Sawicki, *Strong constraints on cosmological gravity from GW170817 and GRB 170817A*, *Phys. Rev. Lett.* **119** (2017) no. 25, 251301.
- [27] L. Amendola, M. Kunz, I. D. Saltas, I. Sawicki: *The fate of large-scale structure in modified gravity after GW170817 and GRB170817A*, *Phys. Rev. Lett.* **120** (2018) no. 13, 131101.
- [28] I. Sawicki, I. D. Saltas, M. Motta, L. Amendola, M. Kunz, *Nonstandard gravitational waves imply gravitational slip: On the difficulty of partially hiding new gravitational degrees of freedom*, *Phys. Rev.* **D95** (2017) no. 8, 083520.
- [29] E. Bellini et al., Sawicki, *Comparison of Einstein-Boltzmann solvers for testing general relativity*, *Phys. Rev.* **D97** (2018) no. 2, 023520.
- [30] M. Zumalacárregui, E. Bellini, I. Sawicki, J. Lesgourgues, P. G. Ferreira, *hi\_class: Horndeski in the Cosmic Linear Anisotropy Solving System* *JCAP* **1708** (2017) no. 08, 019.
- [31] M. Kopp, C. Skordis, *Solving the Vlasov equation in two spatial dimensions with the Schroedinger method*, *Phys. Rev.* **D96** (2017) no. 12, 123532.

- [32] C. Bonvin, R. Durrer, N. Khosravi, M. Kunz, I. Sawicki, *Redshift-space distortions from vector perturbations*, JCAP **1802** (2018) no. 02, 028.
- [33] T. G. Złośnik a C. Skordis, *Cosmology of the Galileon extension of Bekenstein's theory of relativistic modified Newtonian dynamics*, Phys. Rev. **D95** (2017) no. 12, 124023.
- [34] S. Bhattacharya, K. F. Dialektopoulos, A. E. Romano, C. Skordis, T. N. Tomaras, *The maximum sizes of large scale structures in alternative theories of gravity*, JCAP **1707** (2017) no. 07, 018.
- [35] T. G. Złośnik, H. F. Westman, *A first-order approach to conformal gravity*, Class. Quant. Grav. **34** (2017) no. 24, 245001.
- [36] S. Boran, E. O. Kahya, S. Park, *One loop corrected conformally coupled scalar mode equations during inflation*, Phys. Rev. **D96** (2017) no. 10, 105003.
- [37] Sohyun Park, *Revival of the Deser-Woodard nonlocal gravity model: Comparison of the original nonlocal form and a localized formulation*, Phys. Rev. **D97** (2018) no. 4, 044006.
- [38] Z. Deng et al. (CALICE Collaboration, z FZÚ: J. Cvach, M. Janata, M. Kovalčuk, J. Kvasnička, I. Polák, J. Smolík, V. Vrba, J. Zalešák, J. Zúklín), *Tracking within Hadronic Showers in the CALICE SDHCAL prototype using a Hough Transform Technique*, JINST **12** (2017) no. 05, P05009.





## 2.2 Sekce fyziky kondenzovaných látek v roce 2017

Předmětem výzkumu sekce je teoretické a experimentální studium struktury a vlastností kondenzovaných látek, především multiferoických, piezoelektrických a spintronických materiálů, kapalných krystalů, moderních kovových materiálů, funkčních technických materiálů, jako jsou slitiny s tvarovou pamětí, diamantových povlaků, magnetických Heuslerových materiálů a tenkých vrstev. V oblasti čistě teoretického výzkumu se zabýváme hlavně rozbohem magnetických, elektrických a transportních vlastností pevných látek na základě jejich mikroskopické elektronové struktury, a dále studiem transportních a termodynamických vlastností modelových systémů v silně nerovnovážných stavech. Studujeme také změny struktury a fyzikálních vlastností pevných látek v souvislosti s fázovými, magnetickými a dielektrickými přechody.

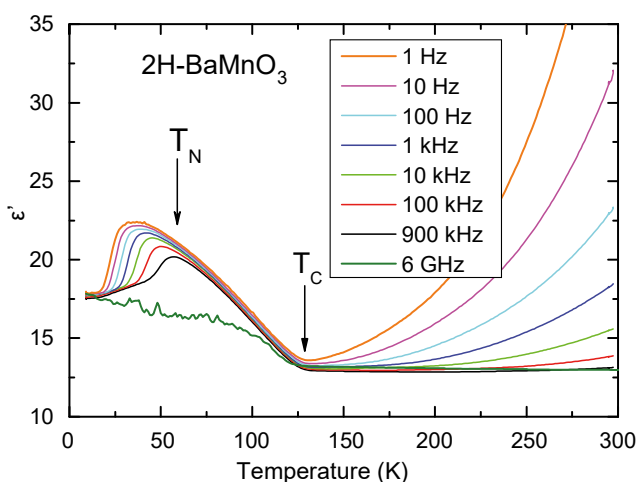
V oblasti základního výzkumu a výchovy doktorandů jsme v roce 2017 pokračovali v dlouhodobě zavedených výzkumných směrech financovaných především z národních výzkumných projektů, jak je podrobně uvedeno níže.

V aplikačně zaměřeném výzkumu se nám naopak podařilo rozšířit naše aktivity a prosadit několik zcela nových trendů – například jsme vstoupili do projektu ESA zaměřeného na vývoj spojek z funkčních materiálů pro kosmické aplikace; pro Německou firmu Admedes GmbH jsme v rámci rozsáhlého smluvního výzkumu vyvinuli metodu elektrochemické charakterizace povrchů kardiovaskulárních stentů ze slitiny NiTi; pro průmyslové partnery z Německa a velké Británie jsme nanášeli velkoplošné vodivé diamantové povlaky a nově jsme vyvinuli objemový samonosný porézní diamant pro elektrochemické aplikace při čištění vody a v solárních článcích. Průmyslový partner z Číny projevil zájem o pořízení licence k metodě měření změn magnetických vlastností ocelí k vyhodnocení únavového poškození materiálu vyvinuté v minulých letech I. Tomášem.

Podařilo se nám významně pokročit v budování sdílených laboratoří sekce (SAFMAT-FUNBIO, LEM, ROTAN, SLMS a Chemie a nová Laboratoř optické emisní spektroskopie). Pracovníci těchto sdílených laboratoří rozvíjí experimentální metody s využitím svěšeného nákladného experimentálního vybavení a poskytují výzkumné služby v oborech elektronové mikroskopie, rentgenových metod, spektroskopických metod, fyzikálních měření v magnetických polích v širokém teplotním oboru a analytické chemie vědeckým pracovníkům jak z FZÚ, tak zájemcům z externích pracovišť mimo FZÚ v rámci „open access“ režimu národních výzkumných infrastruktur. V roce 2017 nastal významný posun v přístupu zejména mladých vědeckých pracovníků sekce k práci ve sdílených laboratořích a využívání jejich služeb.

V roce 2017 došlo k několika významným změnám v organizaci práce v sekci. Po dlouholetém úspěšném vedoucím Oddělení teorie kondenzovaných látek prof. V. Janišovi se novým vedoucím stal prof. M. Pereira, který do oddělení přinesl nový program v oblasti fyziky materiálů pro optiku. Vedoucím restrukturovaného Oddělení magnetických měření a materiálů se stal Mgr., Ing. O. Heczko, PhD, který přestoupil do tohoto oddělení se svým výzkumným týmem z Oddělení funkčních materiálů, jehož problematika se stala základem výzkumu v novém oddělení. Vedoucí Laboratoře elektronové mikroskopie se stala RNDr. M. Klementová, PhD, které se již během roku 2017 podařilo vytvořit tým schopných mladých pracovníků a techniků.

Mezi nejvýznamnější výsledky sekce v roce 2017 patří cena Wernera Siemense 2016 za nejlepší práci základního výzkumu v roce 2016 za článek v časopise Science, kterou získal kolektiv autorů pod vedením P. Šittnera, a prestižní článek P. Lejčka v časopise Progress in Materials Science. L. Straka začal řešit prestižní grant Evropské komise Marie Skłodowska-Curie Individual Fellowship, jehož cílem je prozkoumat a dále rozvinout nedávno objevené nové funkční vlastnosti materiálů s magnetickou tvarovou pamětí.

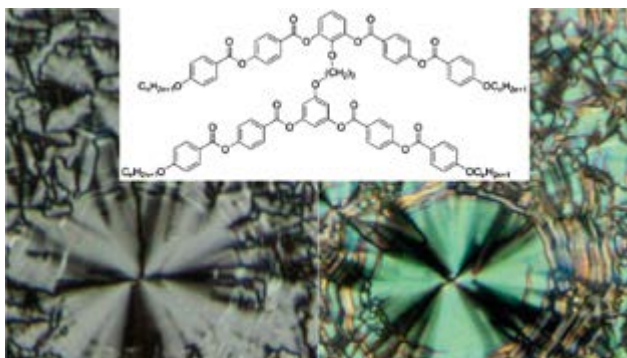


■ Obr. 1 Teplotní závislost dielektrické permitivity keramiky  $2H\text{-BaMnO}_3$  měřené při vybraných frekvencích excitačního elektrického pole.

## 2.2.1 Dielektrika, feroelektrika, feromagnetika a multiferoika

### Strukturní aspekty fázových přechodů ve feroelektrikách

Strukturní fázový přechod v keramice  $\text{BaMnO}_3$  byl studován elektronovou a Rentgenovou difrakcí a rovněž spektroskopickými metodami [1]. Ukázali jsme, že  $\text{BaMnO}_3$  přechází při  $T_C = 130$  K do feroelektrické fáze, která má hexagonální symetrii s trojnásobnou elementární buňkou. Fázový přechod je způsoben měknutím optického módu na hranici Brillouinovy zóny. Pod  $T_C$  je tento mód aktivní v infračervených a Ramanových spektrech a jeho frekvence roste podle Cochranova zákona. Nicméně teplotní závislost permitivity vykazuje neobvyklé chování: pod  $T_C$  roste téměř lineárně s klesající teplotou a při 60 K nabývá maxima, které je frekvenčně závislé (obr. 1). Tato disperze

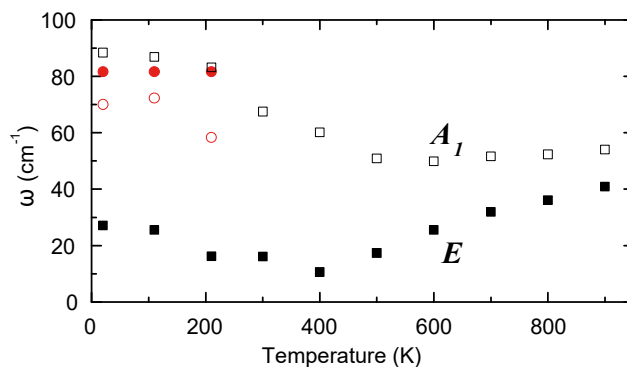


■ Obr. 2 Chemický vzorec studovaných kapalně krystalických dimerů (nahoře), elektro-optické změny v textuře bez přiložení elektrického pole (vlevo) a po zapnutí pole (vpravo).

v permitivitě může být vysvětlena pohybem feroelektrických doménových stěn.

## Kapalné krystaly

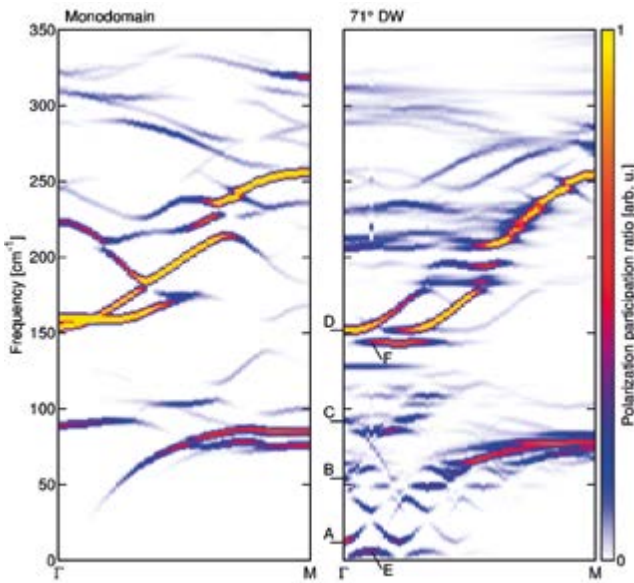
Připravili jsme a prostudovali mezomorfni chování nového typu dimerů (obr. 2) na bázi kapalně krystalických molekul zahnutého tvaru, které jsou mezi svými centrálními jádry spojeny alkoxy řetězcem. Dimery vykazují mezomorfni chování, které je charakteristické pro mezogeny se zahnutým tvarem molekul. Ve srovnání s monomery jsou studované dimery výrazně teplotně stabilnější a typ mezofáze silně závisí na délce koncového řetězce. Homology s nejkratšími řetězci ukazují smektické A fáze s interkalovanými molekulami, homology střední délky vykazují sloupcovou fázi a pro nejdelší homology jsme pozorovali fázi SmCP, která v přiloženém elektrickém poli ukazuje přepínání antiferoelektrického typu [2].



■ Obr. 3 Teplotní závislost dvou komponent měkkého módu v PMN získaných z terahertzových a infračervených spekter.

## THz spektroskopie

Detailní měření v infračerveném, terahertzovém a mikrovlnném frekvenčním oboru [3] nám umožnila určit chování relaxačních a vibračních módů v klasickém relaxačním feroelektriku  $\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$  (PMN). Analýzou infračervených a terahertzových spekter metodou Bruggemanova efektivního prostředí jsme zjistili, že mezoskopická struktura PMN se skládá z náhodně orientovaných jednoosých polárních nanodomén, jež štěpí optický mód na dvě komponenty. Komponenta  $A_1$ , která kmitá podél lokálních elektrických dipólových momentů v těchto nanodoménách, má vyšší frekvenci, zatímco komponenta  $E$  kmitá kolmo na lokální momenty a má nižší frekvenci (obr. 3). Teplotní závislost frekvence komponenty  $E$  je charakteristická pro tzv. měkký mód a je důkazem, že v PMN dochází k lokálnímu fázovému přechodu při  $T^* \approx 400$  K. Tento mód plně vysvětluje vysoko-



■ **Obr. 4** Vliv doménové struktury na fononové spektrum  $\text{BiFeO}_3$ ; disperzní fononové křivky monodoménového (levý panel) a multidoménového (pravý panel) materiálu. Přítomností  $71^\circ$  doménových stěn vzniká v  $\Gamma$  bodě fononový mód (označený A), který způsobuje 25 krát větší permitivitu multidoménového materiálu oproti monodoménovému.

teplotní chování permitivity, která splňuje Curie-Weissův zákon s kritickou teplotou  $T^*$ .

### Ferroelektrické materiály

Ferroelektrické materiály jsou známé svou velkou dielektrickou permitivitou. Ukazuje se, že mikrostruktura materiálu, obzvláště feroelektrická doménová rozhraní, může mít velký vliv na dielektrickou odezvu materiálu. V této studii [4] jsme se zaměřili na různé konfigurace doménových rozhraní v multiferoelektrickém materiálu  $\text{BiFeO}_3$ . Využitím atomistického modelu jsme ukázali, že přítomnost některých doménových rozhraní vede ke vzniku polárních excitací v terahertzové oblasti spektra, jež významně přispívají do permitivity (obr. 4). Tento zásadní výsledek a jeho porozumění mohou najít uplatnění v designu nových materiálů.

## 2.2.2 Fázové transformace ve slitinách s tvarovou pamětí

### Martenzitické transformace ve slitině NiTi

Martenzitické transformace ve slitině s tvarovou pamětí NiTi probíhající pod vlivem přiloženého napětí a teploty jsou základem jevů tvarové paměti. Publiko-

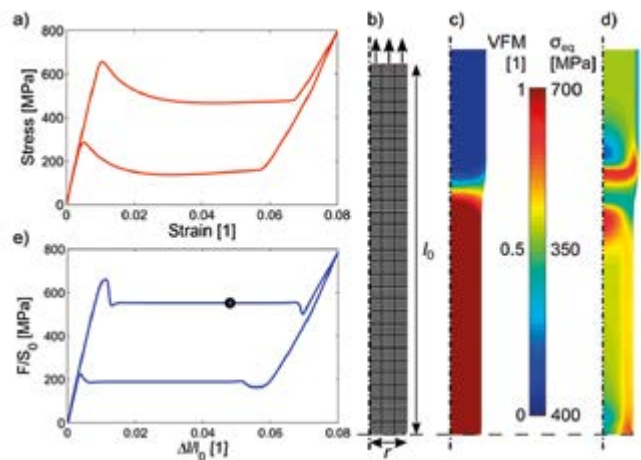
vali jsme práci [5] popisující změny elastického modulu polykrystalu NiTi v nízkoteplotní martenzitické fázi v závislosti na předchozí deformaci. Prokázali jsme, že změny elastických vlastností jsou důsledkem vlivu deformace na texturu polykrystalu a že jsou předpověditelné. Pokračovali jsme v teoretickém i experimentálním výzkumu jevů lokalizace deformace ve slitině NiTi [6,7] (obr. 5) a získali pro tento výzkum nový národní výzkumný projekt. V experimentální oblasti jsme se soustředili na základní výzkum termomechanické únavy slitin NiTi [8].

### Nanorezonátory z tenkých filmů NiTi

V roce 2017 jsme ukončili řešení projektu zaměřeného na vývoj nanorezonátorů NiTi s laditelnou vlastní frekvencí a částečně publikovali jeho výsledky [9,10]. Laditelnost frekvenční odezvy je založena na teplotou vyvolané změně elastických vlastností NiTi vrstvy a napětí mezi substrátem a vrstvou z funkčního materiálu (obr. 6).

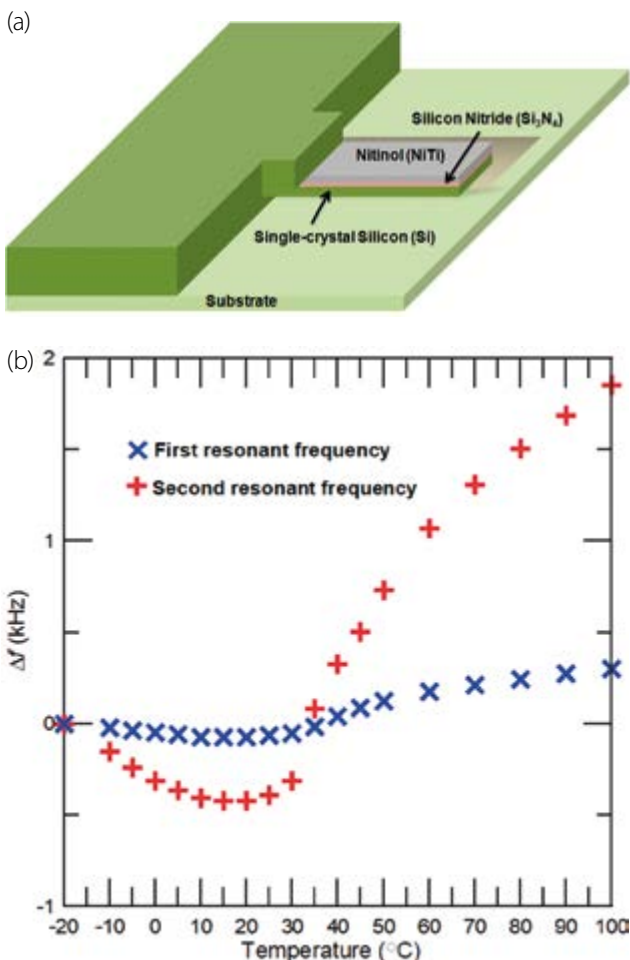
## 2.2.3 CVD diamantové vrstvy

Výzkum v oblasti nanodiamantových CVD vrstev tradičně zaměřený na technologie přípravy vodivých bórem dopovaných diamantových velkoplošných vrstev pro aplikace v elektrochemii [11,12] se v roce 2017 rozšířil směrem k vývoji biosenzorů a k využití unikátních elektrických vlastností dopovaného diamantu ve vysokých elektrických polích. Mezi důležité publikované výsledky základního výzkumu [13] určitě patří zpřesněné porozu-



■ **Obr. 5** Simulace lokalizované superelastické deformace v drátu NiTi při pokojové teplotě pomocí numerické implementace originálního makroskopického modelu slitin s tvarovou pamětí.



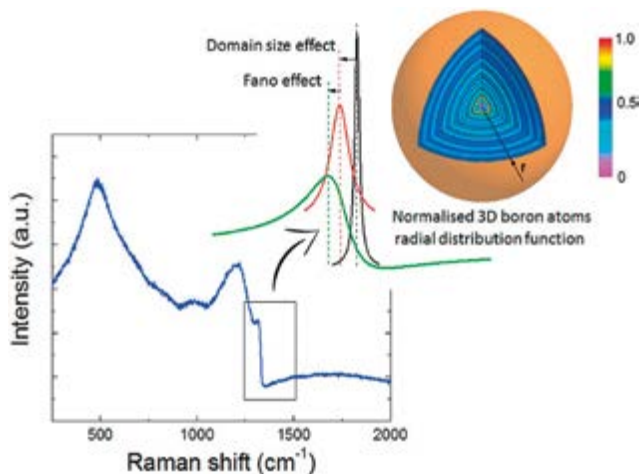


**Obr. 6** Mikronosník s NiTi vrstvou naprášenou na křemíkovém substrátu (a) a teplotní závislost frekvenčních posuvů vlastních vibrací nosníku (b).

mění jevu odpovědného za charakteristický Ramanův posun peaku vysoko borem dopovaného diamantu (obr. 7). Tento výsledek otvírá zcela nové možnosti pro určování koncentrace boru pomocí nedestruktivní Ramanovy spektroskopie.

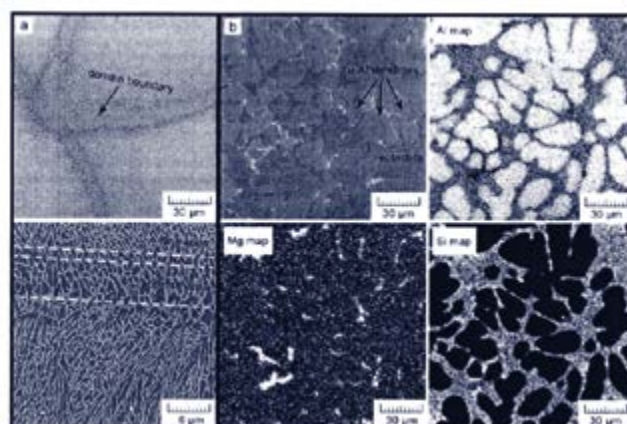
### 2.2.4 Materiály s řízenou mikrostrukturou

V oblasti strukturálních materiálů jsme se zabývali studiem segregace příměsí na hranicích zrn, nanostrukturováním materiálů pomocí metod extensivní plastické deformace a aditivní výrobou (3D tiskem), studiem absorpce a desorpce vodíku ve slitinách na bázi hořčíku a studiem přípravy a vlastností biodegradabilních materiálů na bázi zinku. Vedle detailní analýzy literárních dat týkající se segregace příměsí na hranicích zrn a jejího vztahu s interkrystalickým křehkým lomem [14], která je zmíněna jinde, jsme zavedli novou techniku intenzivní plastic-

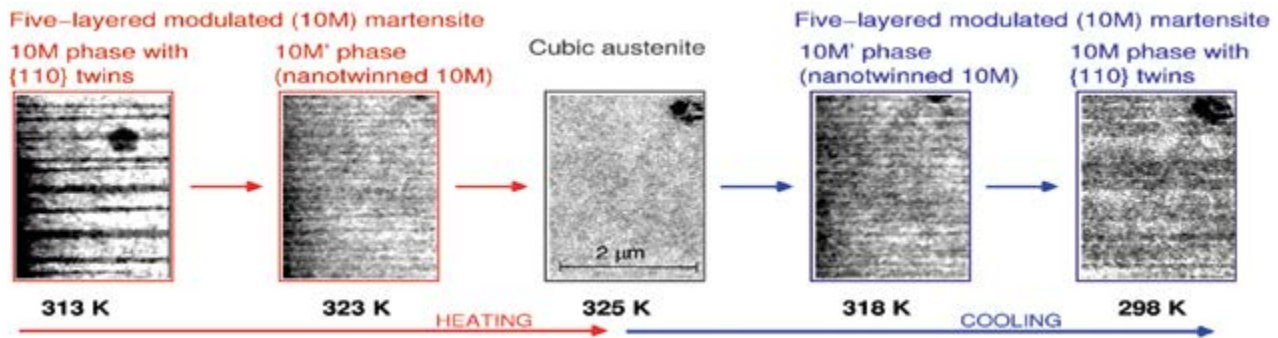


**Obr. 7** Rozložení různých jevů odpovědných za charakteristický tvar a pozici zone-center fononové Ramanovy čáry borem vysoko dopovaného diamantu [13].

ké deformace, kombinující extruzi, úhlové protlačování a krut: první experimenty prokázaly vhodnost konstrukce takového zařízení, v současné době se vyhodnocují výsledky prvních experimentů na slitině Al-Mn. Díky svému principu nanášení materiálů řízeně vrstvu po vrstvě jsou při aditivní výrobě připravovány unikátní struktury kovových materiálů – tzv. hierarchické mikrostruktury. Takové hierarchie jsme pozorovali ve slitinách na bázi siluminů Al-10%Si (obr. 8). V důsledku směrového odvodu tepla se tvoří velká sloupcovitá zrna ve směru výstavby. Tato zrna pak vykazují jemnou buněčnou substrukturu fáze  $\alpha$ -Al o velikosti buněk cca 400 nm, ohraničenou vláknou eutektika obohaceného křemíkem. V tepelně ovlivněné oblasti se pak tvoří hrubé buňky. Důsledkem takové hierarchické mikrostruktury tvořené tuhým roztokem  $\alpha$ -Al a jemnou disperzí křemíkových částic má takový materiál



**Obr. 8** Srovnání mikrostruktury slitiny AlSiMg připravené 3D tiskem (sloupec (a): horní obrázek ukazuje hranice mezi doménami, spodní obrázek ukazuje 3 rozdílné oblasti uvnitř hranice) a konvenčním litím (sloupce (b)) s mapami rozložení jednotlivých prvků Al, Si a Mg.



■ Obr. 9 Přímé pozorování nanozdvojitělé mezifáze (při 323 K a 318 K) ve slitině Ni-Mn-Ga při ohřevu a chlazení pomocí rastrovacího elektronového mikroskopu. Nanozdvojitělá mezifáze se objevuje v úzkém teplotním intervalu mezi kubickou austenitickou (325 K) a pseudotetragonální martensitickou fází (313 K a 298 K).

lepší mechanické vlastnosti v porovnání s konvenčně litou slitinou [15].

### 2.2.5 Výzkum materiálů s magnetickou tvarovou pamětí

Naše poslední výsledky ukazují, že základem extrémní pohyblivosti hranic dvojitění v Ni-Mn-Ga a tedy jevu magnetické tvarové paměti, je hluboká hierarchie dvojitění. Pozorovali jsme a-b laminát dvojitčat v NiMnGa pomocí detekce zpětně odražených elektronů v rastrovacím elektronovém mikroskopu [16], které dávají slabý, ale pozorovatelný kontrast díky kanálování podél význačných krystalových rovin. Tuto nově vyvinutou metodu jsme pak použili k přímému pozorování nanozdvojitělé fáze ve slitině Ni-Mn-Ga [17] (obr. 9) a doplnili ji teoretickým objasněním vzniku nanodvojitění pomocí teorie elastického kontinua a výpočtů energie hranic tvořících nanodvojitění z prvních principů. Tento výsledek přináší důležitý náhled na formování martenzitické fáze ve slitině NiMnGa, která následně ovlivňuje vlastnosti tohoto materiálu. Současně jsme ve spolupráci s Rudolfem Shaeferem (IFW Dresden) dosáhli významného pokroku v objasňování chování magnetických paměťových slitin díky pozorování magnetických domén pomocí Kerrova jevu (obr. 10). Nově vyvinutá metoda [18] umožní současné pozorování chování feroelastických a feromagnetických domén a jejich interakci, což velmi pravděpodobně přispěje k lepšímu pochopení jevu magnetické tvarové paměti.

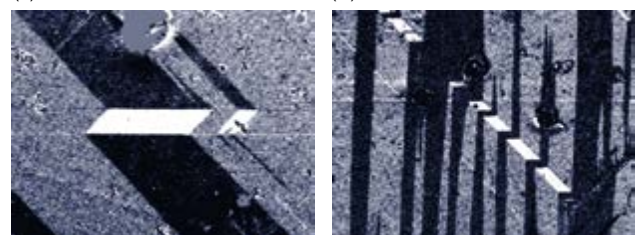
### 2.2.6 Teorie kondenzovaných látek

#### Elektronové a magnetické vlastnosti pevných látek

Již řadu let se úspěšně zabýváme materiály, jež by díky svým vlastnostem mohly pomoci v rozvoji spintro-

niky. Mezi takové materiály patří i antiferomagnetická slitina CuMnAs. Ukazuje se, že ji nelze připravit v podobě monokrystalů bez defektů. Navíc je obtížné určit přesnou stechiometrii připravených vzorků standardní analýzou rentgenových spekter kvůli velmi podobným rozptylovým vlastnostem atomů Cu a Mn. Spolehlivá analýza neutronových difrakčních spekter reálných vzorků také není k dispozici. Vytipování nejpravděpodobnějších defektů a odhad jejich koncentrace jsou ale možné na základě porovnání výsledků počítačových simulací transportních charakteristik s naměřenými hodnotami. Na základě výpočtů z prvních principů jsme zjistili, že atomy Mn na místech Cu a atomy Cu v polohách Mn, stejně jako chybějící atomy v Mn a Cu podmřížích, jsou nejpravděpodobnější defekty v tomto materiálu [19]. Provedli jsme též výpočet transportních veličin pro slitinu CuMnAs obsahující nejčastější stechiometrické poruchy (defekty se zjištěnou nízkou formační energií). Naše numerické simulace podélného elektrického odporu velmi dobře souhlasí s experimentálními daty pro koncentrace 3,5 – 5,0% manganových atomů na místech atomů mědi. S využitím Monte Carlo metody jsme též určili Néelovu teplotu, která velmi dobře souhlasí s pozorovanou hodnotou.

Jednotlivé magnetické atomy adsorbované na površích krystalů jsou v současnosti studovány jako možný základ budoucích vysokokapacitních úložišť dat, ve kterých by jednotka informace (bit) byla prostorově zmenše-



■ Obr. 10 Magnetické domény v monokrystalu Ni-Mn-Ga křížující pásy dvojitčatění neboli feroelastické domény (horizontální nebo diagonální pásy).

na na minimum – do jediného atomu. My jsme se v této oblasti zaměřili na nedávnou kontroverzi o magnetickém stavu atomů holmia umístěných na povrchu platiny, která vznikla rozpornými výsledky několika nezávislých experimentů. Detailními teoretickými výpočty, které berou v úvahu silné korelace mezi valenčními elektrony v adsorbovaném atomu, jsme ukázali, že měření provedená v magnetickém poli a bez něho mohou skutečně vést k rozdílným závěrům o velikosti magnetického momentu neseného atomem holmia [20]. Důvodem je, že vnější magnetické pole ovlivňuje tento atom více, než se při rozboru podobných měření běžně předpokládá.

Podobnými metodami, jaké byly použity při studiu holmia na platině, jsme přispěli k interpretaci a hlubšímu porozumění výsledkům měření provedených na synchrotronu v Grenoblu (European Synchrotron Radiation Facility, ESRF). Tato měření měla za cíl objasnit a kvantifikovat magnetismus v supravodivých intermetalických sloučeninách uranu [21] a plutonia [22]. Třebaže tyto sloučeniny vykazují supravodivé chování pouze při velmi nízkých teplotách a samy o sobě tudíž nejsou technologicky příliš zajímavé, jsou důležitými prototypy nových mechanismů způsobujících a ovlivňujících supravodivý stav.

Elektrický a tepelný odpor zemského jádra jsou důležité parametry vstupující do modelu popisujícího původ zemského magnetického pole. Na základě výpočtů z prvních principů jsme ukázali, že v zemském jádře existují fluktuující lokální magnetické momenty, ačkoli materiál jádra je na makroskopické škále nemagnetický. Z výpočtů vyplynulo, že tyto fluktuující momenty přispívají k elektrickému odporu, přičemž tento příspěvek je co

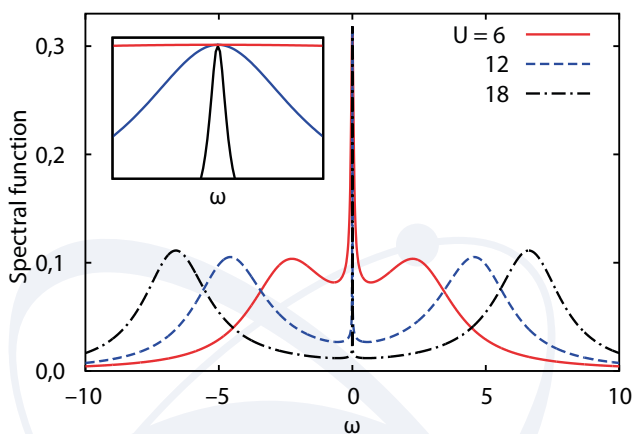
do velikosti srovnatelný s běžně uvažovanými příspěvky způsobenými rozptyly na termálních kmitech míříže (na fononech), rozptyly na strukturní neuspořádanosti a vzájemnými rozptyly elektronů mezi sebou. Naše výpočty také ukázaly, že jednotlivé příspěvky nelze jednoduše počítat, ale že rozptylové mechanismy se vzájemně ovlivňují. Výslednou hodnotu celkového odporu je tudíž nutné počítat se zahrnutím všech rozptylových mechanismů současně [23].

### Konzistentní popis spektrálních a termodynamických vlastností systémů se silnou interakcí mezi elektrony

Spolehlivý popis nízkoteplotních vlastností tranzitivních kovů, lanthanoidů a aktinoidů se silně korelovanými valenčními a vodivostními elektrony vyžaduje použití neporuchových metod moderní kvantové statistické fyziky a teorie pole. Dnes standardně používaná konstrukce termodynamicky konzistentních přiblížení podle návrhu Bayma a Kadanoffa není schopna garantovat, že veškerá elektromagnetická interakce je generována pouze přítomnými nosiči elektrického náboje. To je důsledkem narušení vztahu mezi spektrální funkcí, která popisuje mikroskopickou dynamiku, a termodynamickými funkcemi odezvy, které popisují makroskopické chování [24]. Ukázali jsme, že žádná přibližná řešení nemohou tento vztah splnit přesně. Podařilo se nám ale najít cestu, jak zaručit alespoň kvalitativní konzistenci mezi chováním spektrální funkce a termodynamických funkcí odezvy tak, aby kritické chování funkcí odezvy vedlo na odpovídající narušení symetrie spektrální funkce způsobené nenulovým parametrem uspořádání, který se objeví při fázovém přechodu [25].

Tento postup jsme demonstrovali na Andersonově modelu formování magnetického momentu na příměsovému atomu v kovovém prostředí (obr. 11). Silná elektronová korelace na příměsi vede na formování centrálního kvazičásticového pásu, jehož šířka exponenciálně klesá s rostoucí silou interakce (Kondův jev). Toto chování se podobným způsobem projeví i na magnetické susceptibilitě, která exponenciálně roste. Ukázali jsme, že v námi vyvinutém neporuchovém přiblížení je tento exponenciální Kondův jev konzistentně a kvalitativně správně popsán v souladu s exaktním řešením Bethého ansatzu, jak ve spektrální funkci, tak v magnetické susceptibilitě [24, 25].

Navržené obecné schéma konstrukce neporuchových přiblížení pro silně korelované elektrony umožňuje přímé použití na rozlehlé systémy, kde dochází ke kvantovým fázovým přechodům do magnetického nebo supravodivého stavu. Konzistentní popis těchto přechodů v elektronových systémech dosud chyběl.



■ **Obr. 11** Dynamické formování magnetického momentu díky silnému odpuzování elektronů  $U$  na příměsi v kovu se projeví jako extrémně úzký centrální pás ve spektrální funkci. Pološířka centrálního pásu je nepřímo úměrná době života magnetického momentu. Vložený graf zobrazuje výřez zvětšeného centrálního pásu s rostoucí silou interakce podle barev.

## Generování vyšších harmonických frekvencí v polovodičových supermřížkách

Ohmův zákon říká, že ve vodičích je elektrický proud  $I$  přímo úměrný přiloženému napětí  $V$ , tedy  $I = V/R$ , kde  $R$  je odpor vodiče. V polovodičových supermřížkách, což jsou uměle vytvořené materiály vyrobené zabudováním atomů jednoho po druhém, může být Ohmův zákon porušen a vztah mezi proudem a přiloženým napětím je potom nelineární, často velmi výrazně (obr. 12). Tato nelinearita se projevuje tak, že je-li supermřížka postavena do cesty elektromagnetické vlně s frekvencí  $\omega$ , dochází ke generování vln s vyššími harmonickými frekvencemi  $2\omega, 3\omega, \dots$ . Tento jev je zvláště důležitý pro frekvence v rozsahu 0,3–1,0 THz, pro které existuje jen velmi málo zdrojů dostatečně výkonných pro spektroskopické aplikace, jako je detekce nebezpečných látek nebo klinická analýza dechu v kompaktních zařízeních. Cílem našeho výzkumu je detailní mikroskopické porozumění nelineárnímu chování polovodičových supermřížek, modelování tvorby vyšších harmonických frekvencí v nich a především použití těchto modelů jako nástroje pro návrh a konstrukci nových zařízení a součástek [26].

### 2.2.7 Experiment s aplikačním potenciálem

#### In-situ mechanoelektrochemické zkoušky povrchů NiTi stentů

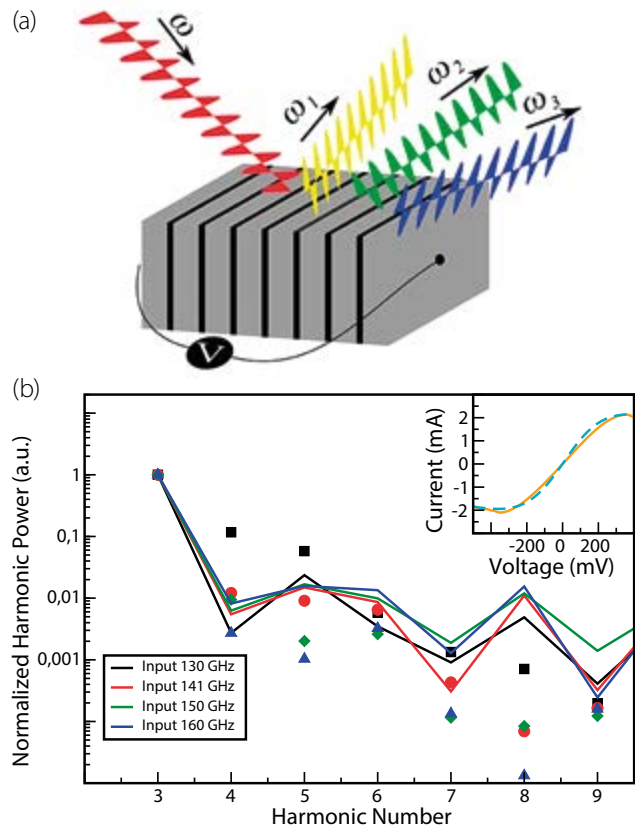
Pro firmu Admedes z Německa (přední světového výrobce superelastických NiTi komponent pro lékařské implantáty) jsme v rámci smluvního výzkumu vypracovali zprávu popisující výsledky našeho výzkumu vlivu úprav povrchu NiTi drátů na mechanokorozní odolnost a únavu při cyklické tahové deformaci.

#### Diamantové vrstvy pro průmysl

Podarilo se nám připravit 100  $\mu\text{m}$  silné porézní borem dopované diamantové vrstvy (obr. 13) pro elektrochemické aplikace [27] vyvinuté v rámci projektu TAČR TG02010056 za použití postupu, který byl předložen Evropské patentové agentuře

#### In-situ nedestruktivní magnetické metody

Proběhla jednání s průmyslovým partnerem z Číny, který projevil zájem o pořízení licence k metodě měření změn

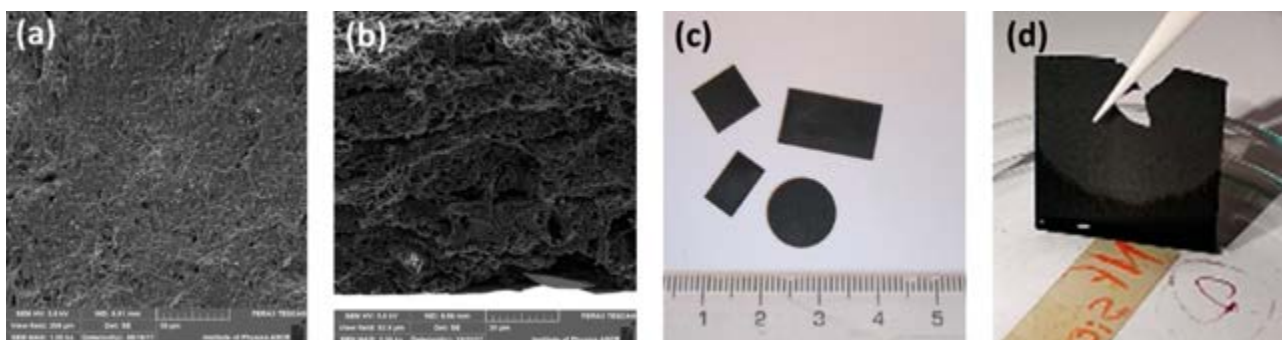


■ Obr. 12 (a) Schematické znázornění tvorby vyšších harmonických v polovodičové supermřížce. (b) Teoreticky vypočtený výkon vygenerovaných vyšších harmonických (plné čáry) v porovnání s experimentálně změřeným výkonem (symboly). Vložený graf ukazuje nelineární závislost proudu na přiloženém napětí, teorie je vynesena přerušovanou a experiment plnou čarou.

magnetických vlastností ocelí pro vyhodnocení únavového poškození vyvinuté v minulých letech I. Tomášem. Studovali jsme vliv mechanického napětí (tlaku) na hysteretzní smyčky Fe-3%Si neorientované oceli [28] a pozorovali magnetické doménové struktury při různých hodnotách napětí. Deformovaná povrchová vrstva na oceli 100Cr6 (ložisková ocel ČSN 41109) byla zkoumána metodami vířivých proudů a inkrementální permeability [29].

#### Materiály s magnetickou tvarovou pamětí v mikroaktuátorech

Ve spolupráci se zahraničním partnerem Lappeenranta University of Technology jsme započali sérii aplikačních experimentů [30,31] směřující k možnému využití materiálů s magnetickou tvarovou pamětí v mikromanipulátorech, mikropumpách, a jiných mikrozařízeních na škále jednotek až desítek mikrometrů. Denys Musiienko se ve spolupráci s naším týmem ve FZÚ zabývá



■ **Obr. 13** (a) SEM obraz povrchu a (b) SEM obraz průřezu volně stojící tlusté porézní borem dopované diamantové vrstvy; (c) porézní borem dopované diamantové vrstvy různých tvarů; (d) absorpce tekutiny – kapilarita porézní borem dopované diamantové vrstvy.

val možnostmi výroby prototypů mikrozařízení pomocí fokusovaného iontového svazku s Xe ionty. Praktickým příkladem možného použití vyvíjených mikrozařízení je současný projekt zahraničního partnera na mikromanipulaci jednotlivých buněk a změnu genomu vybrané individuální buňky v kontrastu se současnými technologiemi pracujícími s množstvím buněk.

## Aplikační výzkum ve společných ústavních laboratořích

V roce 2017 se dále rozvíjela spolupráce laboratoří SAFMAT-FUNBIO, LEM a ROTAN s centrem HiLASE v oblasti mikrostrukturní a rentgenové charakterizace materiálů. Jedná se například o charakterizaci prvků pro ovlivnění intenzivních svazků, charakterizaci povrchů upravených metodou Laser Shot Peening a jiné.

V laboratoři SAFMAT-FUNBIO úspěšně připravují nejrozličnější mikrostruktury pomocí Xe-FIB, který se stal vynikajícím nástrojem pro přípravu mikrorozměrných nástrojů z funkčních materiálů. Rozvíjí se aplikace 3D-tomografie pro pořizování 3D-EBSD map, čímž se propojuje instrumentační tematika se studiem strukturních i funkčních materiálů. Bohatá spolupráce napříč Fyzikálním ústavem a zejména napříč sekcí je doplněna vlastní, metodologickou prací napojenou na zaměření sekce. V roce 2017 byly ukončeny projekty přípravy a studia NiTi z prášků netradičními metodami a strukturní analýzy nesouměřitelných silicidů v systému Cu-Si [32, 33]. Nadále pokračuje studium diamantových povlaků na zirkoniových palivových tyčích pro jadernou energetiku [34], komplexních intermetalických silicidů v systému Fe-Al-Si a kompozitů obsahujících feromagnetickou funkční slitinu  $\text{Co}_{38}\text{Ni}_{33}\text{Al}_{29}$  kompakťovanými metodou spark plasma sintering (SPS) [35].

V rámci spolupráce s Ústavem fyziky plazmatu AVČR jsme zkoumali vliv ozáření neutrony na elektromagnetické vlastnosti supravodivých pásků pro vinutí budoucích

magnetů pro fúzní generátory. 12 reprezentativních vzorků pak bylo ozářeno další dávkou neutronů (okolo  $2,1 \cdot 10^{22} \text{ m}^{-2}$ ). Podle vlivu ozáření na jmenovitý kritický proud byly vyhodnoceny nejlepší pásky pro využití v magnetech fúzních reaktorů a byl hledán rozsah magnetických polí a neutronové dávky, ve kterých je možné tyto pásky optimálně a dlouhodobě využívat. Výsledky byly prezentovány v několika člancích, například [36] a na prestižní konferenci EUCAS 2017.

## 2.2.6 Jiné významné úspěchy pracovníků sekce

Kolektiv autorů z Oddělení funkčních materiálů získal cenu Wernera Siemense 2016 za nejlepší práci základního výzkumu v roce 2016 za článek v časopise Science.

## Literatura

- [1] S. Kamba, D. Nuzhnyy, M. Savinov, P. Tolédano, V. Laguta, P. Brázda, L. Palatinus, F. Kadlec, F. Borodavka, C. Kadlec, P. Bednyakov, V. Bovtun, M. Kempa, D. Kriegner, J. Drahokoupil, J. Kroupa, J. Prokleška, K. Chapagain, B. Dabrowski, and V. Goian, Unusual ferroelectric and magnetic phases in multiferroic  $2\text{H-BaMnO}_3$  ceramics, *Phys. Rev. B* **95**, 174103 (2017).
- [2] M. Horčič, J. Svoboda, V. Novotná, D. Pocięcha, and E. Gorecka, *Chem. Commun.* **53**, 2721 (2017).
- [3] D. Nuzhnyy, J. Petzelt, V. Bovtun, M. Kempa, S. Kamba, J. Hlinka, and B. Hehlen, Infrared, terahertz and microwave spectroscopy of the soft and central modes in  $\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$  *Phys. Rev. B* **96**, 174113 (2017).
- [4] J. Hlinka, M. Paściak, S. Körbel, and P. Marton, Terahertz-range polar modes in domain-engineered  $\text{BiFeO}_3$  *Phys. Rev. Lett.* **119**, 057604 (2017).

- [5] M Thomasová, H Seiner, P Sedlák, M Frost, M Ševčík, I Szurman, P. Šittner, Evolution of macroscopic elastic moduli of martensitic polycrystalline NiTi and NiTiCu shape memory alloys with pseudoplastic straining *Acta Materialia* **123** (2017) 146–156
- [6] M Frost, P Sedlák, P Šittner, Numerical Study on Localization of Phase Transformation in NiTi Shape Memory Wires, *Solid State Phenomena* **258** (2017) 141–144
- [7] P Shayanfar, P Šandera, J Horníková, J Petruška, P Šittner, J Pokluda, Ni-Ti Self-Expanding Vascular Stent Configuration and Biomedical Interaction with Artery: Finite Element Analysis, *Solid State Phenomena* **258** (2017) 366–369
- [8] E Alarcon, L Heller, SA Chirani, P Šittner, J Kopeček, L Saint-Sulpice, Fatigue performance of superelastic NiTi near stress-induced martensitic transformation *International Journal of Fatigue* **95**(2017) 76–89
- [9] I Stachiv, P Sittner, YR Jeng, D Vokoun, Active frequency tuning of the cantilever nanoresonator utilizing a phase transformation of NiTi thin film. *Journal of Vibroengineering* **19** (2017)7
- [10] I Stachiv, P Sittner, J Olejnicek, M Landa, L Heller, Exploiting NiTi shape memory alloy films in design of tunable high frequency microcantilever resonators, *Applied Physics Letters* **111** (2017) 213105
- [11] A. Taylor, P. Ashcheulov, P. Hubik, L. Klimsa, J. Kopeček, Z. Remes, Z. Vlckova Zivcova, M. Remzova, L. Kavan, E. Scheid, J. Lorincik, V. Mortet, "Precursor gas composition optimisation for large area boron doped nano-crystalline diamond growth by MW-LA-PECVD" *Carbon* **128** (2018) 164–171 – DOI: 10.1016/j.carbon.2017.11.063
- [12] P. Ashcheulov, A. Taylor, J. More-Chevalier, A. Kovalenko, Z. Remes, J. Drahokoupil, P. Hubik, L. Fekete, L. Klimsa, J. Kopeček, J. Remiasova, M. Kohout, O. Frank, L. Kavan, V. Mortet, "Optically transparent composite diamond/Ti electrodes" *Carbon* **11** (2017) 179–189 – DOI: 10.1016/j.carbon.2017.04.035
- [13] V. Mortet, Z. Zivcova, A. Taylor, O. Frank, P. Hubik, D. Tremouilles, F. Jomard, J. Barjon, L. Kavan, "Insight into boron-doped diamond Raman spectra characteristic features" *Carbon* **115** (2017) 279–284 - DOI: 10.1016/j.carbon.2017.01.022]
- [14] Pavel Lejček, Mojmír Šob, and Václav Paidar: Interfacial segregation and grain boundary embrittlement: An overview and critical assessment of experimental data and calculated results. *Prog. Mater. Sci.* **87** (2017) 83–139
- [15] M. Fousová, D. Dvorský, and D. Vojtěch: Additively Manufactured Aluminium AlSi10Mg Alloy. *Manufact. Technol.* **17** (2017) 446-451.
- [16] O. Heczko, L. Klimša, J. Kopeček, Direct observation of a-b twin laminate in monoclinic five-layered martensite of Ni-Mn-Ga magnetic shape memory single crystal, *Scripta Mater.* **131** (2017) 76 - 79.
- [17] L. Straka, J. Drahokoupil, P. Veřtát, J. Kopeček, M. Zelený, H. Seiner, O. Heczko, Orthorhombic intermediate phase originating from {110} nanotwinning in Ni<sub>50.0</sub>Mn<sub>28.7</sub>Ga<sub>21.3</sub> modulated martensite *Acta Mater.* **132** (2017) 335 - 344.
- [18] O. Perevertov, O. Heczko, R. Schäfer, "Direct observation of magnetic domains by Kerr microscopy in a Ni-Mn-Ga magnetic shape-memory alloy" *Phys. Rev. B* **95** (2017) 144431(1)–144431(5).
- [19] F. Máca, J. Kudrnovský, V. Drchal, K. Carva, P. Baláž, I. Turek, *Physical properties of the tetragonal CuMnAs: A first-principles study*, *Phys. Rev. B* **96** (2017) 094406.
- [20] A. B. Shick, D. S. Shapiro, J. Kolorenč, A. I. Lichtenstein, *Magnetic character of holmium atom adsorbed on platinum surface*, *Sci. Rep.* **7** (2017) 2751.
- [21] F. Wilhelm, J. P. Sanchez, J.-P. Brison, D. Aoki, A. B. Shick, A. Rogalev, *Orbital and spin moments in the ferromagnetic superconductor URhGe by x-ray magnetic circular dichroism*, *Phys. Rev. B* **95** (2017) 235147.
- [22] N. Magnani, R. Eloirdi, F. Wilhelm, E. Colineau, J.-C. Griveau, A. B. Shick, G. H. Lander, A. Rogalev, R. Caciuffo, *Probing magnetism in the vortex phase of PuCoGa<sub>5</sub> by X-ray magnetic circular dichroism*, *Phys. Rev. Lett.* **119** (2017) 157204.
- [23] V. Drchal, J. Kudrnovský, D. Wagenknecht, I. Turek, S. Khmelevskiy, *Transport properties of iron at Earth's core conditions: The effect of spin disorder*, *Phys. Rev. B* **96** (2017) 024432.
- [24] V. Janiš, A. Kauch, V. Pokorný, *Thermodynamically consistent description of criticality in models of correlated electrons*, *Phys. Rev. B* **95** (2017) 045108.
- [25] V. Janiš, V. Pokorný, A. Kauch, *Mean-field approximation for thermodynamic and spectral functions of correlated electrons: Strong coupling and arbitrary band filling*, *Phys. Rev. B* **95** (2017) 165113.
- [26] M. F. Pereira, V. A. Anfertev, J. P. Zubelli, V. L. Vaks, *Terahertz generation by gigahertz multiplication in superlattices*, *J. of Nanophotonics* **11** (2017) 046022.
- [27] V. Petrak, Z. Zivcova Vlckova, H. Krysova, O. Frank, A. Zukal, L. Klimsa, J. Kopeček, A. Taylor, L. Kavan, V. Mortet, "Fabrication of porous boron-doped diamond on SiO<sub>2</sub> fiber templates" *Carbon* **114** (2017) 457–464 - DOI: 10.1016/j.carbon.2016.12.012

- [28] O. Perevertov, "Influence of the applied elastic tensile and compressive stress on the hysteresis curves of Fe-3%Si non-oriented steel" *J. Magn. Magn. Mater.* **428** (2017) 223–228.
- [29] O. Perevertov, M. Neslušán, A. Stupakov, "Detection of milled 100Cr6 steel surface by eddy current and incremental permeance methods" *NDT&E Int.* **87** (2017) 15–23.
- [30] Martin Zelený, Alexei Sozinov, Torbjörn Björkman, Ladislav Straka, Oleg Heczko, Risto M. Nieminen, Effect of Magnetic Ordering on the Stability of Ni–Mn–Ga(–Co–Cu) Alloys Along the Tetragonal Deformation Path, *IEEE Trans. Magn.* **53** (2017) 1700306(1)–1700306(6).
- [31] M. Vronka, H. Seiner, O. Heczko Temperature dependence of twinning stress – Analogy between Cu–Ni–Al and Ni–Mn–Ga shape memory single crystals *Philos. Mag.* **97** (2017) 1479–1497.
- [32] C. A. Corrêa, O. Perez, J. Kopeček, P. Brázda, M. Klementová and L. Palatinus, *Crystal structures of  $\eta''$ - $\text{Cu}_{3+x}\text{Si}$  and  $\eta'''$ - $\text{Cu}_{3+x}\text{Si}$* , *Acta Cryst. B*, **73** (2017) 767–774, DOI: 10.1107/S2052520617006163
- [33] C. A. Corrêa, M. Poupon, J. Kopeček, R. Král, P. Zemenová, J. Lecourt, N. Barrier, P. Brázda, M. Klementová, L. Palatinus, *Phase transitions of  $\text{Cu}_{3+x}\text{Si}$  observed by temperature-dependent x-ray powder diffraction*, *Intermetallics*, **91** (2017) 129–139, DOI: 10.1016/j.intermet.2017.07.003
- [34] J. Škarohlíd, P. Ashcheulov, R. Škoda, A. Taylor, R. Čtvrtlík, J. Tomáščík, F. Fendrych, J. Kopeček, V. Cháb, S. Cichoň, P. Sajdl, J. Macák, P. Xu, J. M. Partezana, J. Lorinčík, J. Prehradná, M. Steinbrück, I. Kratochvílová, *Nanocrystalline diamond protects Zr cladding surface against oxygen and hydrogen uptake: Nuclear fuel durability enhancement*, *Sci. Rep.*, **7** (2017) 6494, DOI: 10.1038/s41598-017-06923-4
- [35] M. Koller, T. Chráska, J. Cinert, O. Heczko, J. Kopeček, M. Landa, R. Mušálek, M. Rameš, H. Seiner, J. Stráský, M. Janeček, *Mechanical and magnetic properties of semi-Heusler/light-metal composites consolidated by spark plasma sintering*, *Mat. Des.*, **126** (2017) 351–357, DOI: 10.1016/j.matdes.2017.04.028;
- [36] M. Jirsa, M. Rameš, I. Ďuran, L. Viererbel, Effect of neutron irradiation on critical currents of some REBaCuO superconducting tapes considered for magnets of fusion reactors, 13<sup>th</sup> European Conference on Applied Superconductivity, Geneva, 17–21 September 2017, *IEEE Trans. Appl. Supercond.*, **28** (2018) 6601505 (1–5) doi: 10.1109/TASC.2018.2804163





## 2.3 Sekce fyziky pevných látek v roce 2017

Základní a aplikovaný výzkum v Sekci fyziky pevných látek se v roce 2017 soustředil převážně na materiálový výzkum polovodivých a magneticky aktivních systémů strukturovaných na nanometrické úrovni, a to s vrstevnatým, granulárním, periodickým příp. aperiodickým uspořádáním. Pro přípravu vzorků umožňující realizaci takového ambiciózního cíleného výzkumu byly využívány pokročilé technologie, jako jsou epitaxe z molekulárních svazků (MBE), epitaxe z organokovových sloučenin (MOVPE), elektronová litografie (EBL), plasmatická depozice (PE-CVD) a růst krystalů metodou micro-pulling-down. Nedílnou součástí našich aktivit bylo také systematické rozvíjení sofistikovaných technik pro komplexní charakterizaci takto připravených struktur. Zde je třeba jmenovat celou škálu rentgenových a elektronově-difrakčních metod doplněných původním, soustavně rozvíjeným vyhodnocovacím počítačovým programem, dále pak různé mikroskopické metody včetně mikroskopu atomárních sil (AFM) pracujícím do heliových teplot. Kromě toho byl výzkum nadále prováděn pomocí fotoluminiscenčních a Ramanových spektrometrů, metodou rentgenové fotoelektrické spektroskopie (XPS) a v neposlední řadě pak s pomocí nízkoteplotních magnetotransportních a magnetických měření za normálního a extrémně vysokého tlaku. Z nejvíce pěstovaných badatelských směrů zde zmiňme vývoj detekčních struktur na bázi GaN, výzkum spintronických elektronických a optoelektronických prvků z nových antiiferomagnetických materiálů, práce na řešení atomárních struktur umělých a mineralogických vzorků, studium termomagnetických vlastností magneticky aktivních keramik a kompozitů, přípravu a charakterizaci křemíkových a organických nanostruktur pro fotovoltaiku a biosenzoriku, výzkum bioaktivních funkcionalizovaných elementů z polykrystalického diamantu a vývoj scintilačních materiálů nové generace.

Výběr z významnějších výsledků dosažených v těchto hlavních směrech v minulém roce je uveden v následujícím přehledu.

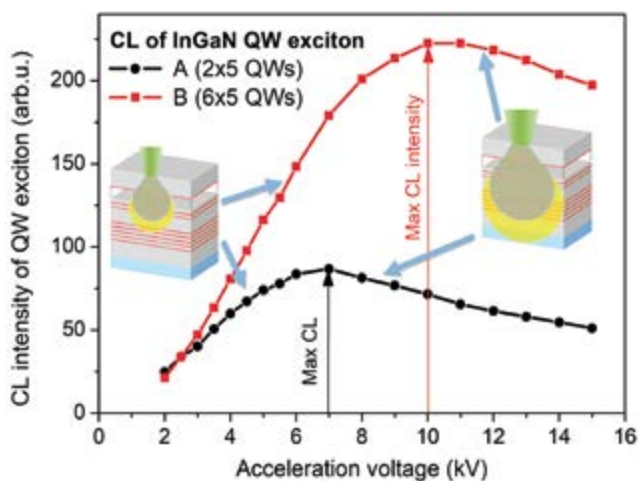
### 2.3.1 Fyzika polovodičů

Výzkum v oddělení polovodičů probíhal zejména v rámci operačního programu LABONIT, jehož primárním cílem je příprava a výzkum polovodičových struktur na bázi GaN. Kromě toho jsme pokračovali i v řešení dalších projektů částečně vázaných na mezinárodní kooperace.

V práci [1] jsme studovali luminiscenční vlastnosti InGaN/GaN struktur s 10 a 30 kvantovými jamami (QWs) v aktivní oblasti. Hlavní metodou charakterizace byla katodoluminiscence (CL), doplněná fotoluminiscencí (PL) a mikroskopií atomárních sil (AFM). Ukázalo se, že zvýšení počtu InGaN QWs je velmi efektivní metoda ke zlepšení luminiscenčních vlastností struktur typu „multi-quantum well“ (MQW). Při vyšším počtu QWs ve struktuře se totiž podstatně zvýší intenzita rychlého excitonového pásu a naopak intenzita luminiscence nežádoucího defektního pásu je potlačena. Zvýšení intenzity PL lze vysvětlit zvětšením velikosti tzv. V-pitů, tj. defektů ve tvaru písmene V, se zvýšením počtu QWs, protože větší V-pity vytvářejí vyšší energetickou bariéru pro nerovnovážné nositele v okolí dislokací a mohou tak účinněji oddělit nerovnovážné nositele od dislokací uprostřed V-pitů a tím se redukuje jejich nežádavá rekombinace na defektech, které dekorují dislokace. Potlačení nežádavé rekombinace a luminiscence v pásmu defektu vede ke zvýšení excitonové luminiscence z InGaN QWs. Na základě naměřené závislosti intenzity CL na energii primárních elektronů má nejučinnější oblast, kde dochází k CL, tloušťku ~180 nm a je zanořena ~ 360–530 nm pod povrchem pro energii interagujících elektronů 10 keV; pro elektrony s energií 7 keV je tloušťka nejučinnější oblasti CL~150 nm a je zanořena 120–270 nm pod povrchem. Naše výsledky tak umožňují konstruovat scintilační struktury o velmi vysoké účinnosti.

Další téma, kterému jsme se věnovali, byl výzkum vlivu různých kovových materiálů na vlastnosti detektorových struktur na bázi semiizolačního GaAs [2]. Na základě předchozích poznatků jsme se soustředili na rozdíl mezi





■ Obr. 1 Závislost intenzity katodoluminiscence (CL) na urychlujícím napětí elektronového svazku pro dvě struktury s různým počtem a uspořádáním kvantových jam; A) 2x5 InGaN QWs, B) 6x5 InGaN QWs. Schematicky je znázorněna oblast interakce kvantových jam s budícím elektronovým svazkem, odkud CL signál pochází.

kontakty, jejichž základ tvoří buď platina, nebo hořčík. Práce připravená spolu s kolegy z Bratislavy a Parmy se věnovala jak studiu transportních elektrických vlastností, tak přímé charakterizaci rozhraní kov-polovodič pomocí rentgenové fotoelektronové spektroskopie (XPS). Pro elektrická měření jsme připravili oboustranně kontaktované GaAs vzorky se symetrickou geometrií, které se lišily kovy použitými na protilehlých stranách (Pt-Pt, Mg-Mg a Mg-Pt). Tyto podkladové kovy byly ve všech případech překryty vrstvou zlata, která stabilizovala vlastnosti kontaktu. Na volt-ampérových charakteristikách pro napětí do  $\sim 100$  mV jsme pozorovali u všech vzorků ohmické chování. Zatímco struktura Pt-Pt vykazovala charakteristický odpor blízký hodnotě odporu objemového GaAs vypočtené na základě měření Hallova jevu, v případě vzorků s alespoň jedním Mg kontaktem byl odpor až o dva řády vyšší. Při měření za vysokých napětí ( $\sim 10$ – $100$  V) se struktury s oboustranným hořčíkovým kontaktem nápadně odlišovaly tím, že vykazovaly nižší proudy s menší závislostí na napětí. Tento jev může být využit pro zlepšení vlastností detektorů, jako je energetické rozlišení a náročnost na napájení. XPS měření ukázala, že zatímco v kontaktu Pt/GaAs je dobře detekovatelná vrstva platiny při rozhraní kov-polovodič, v kontaktu s Mg je prakticky všechen hořčík transformován do tenké vrstvy MgO a u rozhraní je zvýšená také koncentrace oxidů galia a arzenu. Toto pozorování nám umožnilo vysvětlit zjištěné elektrické vlastnosti na základě představy, že v případě Mg kontaktu dominuje v elektrických vlastnostech rozhraní heteropřechod MgO-GaAs. Tento heteropřechod vykazuje vysokou hustotu povrchových stavů

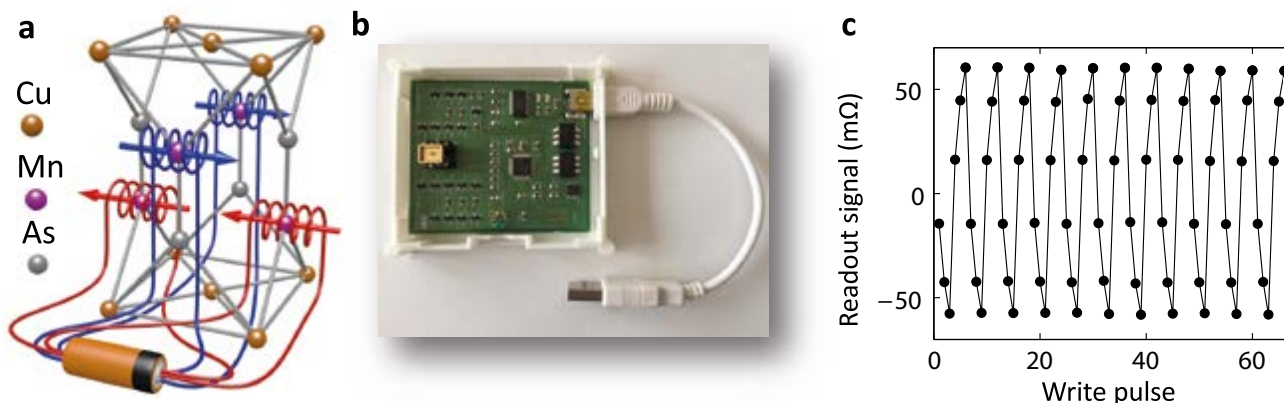
a značný dipólový moment. To vede k potlačení vlivu kovem indukovaných povrchových stavů, obvykle předpokládaných na rozhraní kov-GaAs a tím i k jinému ohnutí pásů v GaAs. Ve výsledku tak dochází ke změnám nízkonapětového efektivního odporu a saturovaného proudu u vysokých napětí.

Z teoretických prací obecnějšího rázu, které se přímo nevztahují k problematice výzkumu polovodičových struktur, stojí za zmínku příspěvek k řešení kontroverzního problému, relativistické transformace teploty (tzv. Planckovo – Ottovo *imbroglia*) [3], v němž je ukázáno, že tento letitý spor je ve skutečnosti důsledkem nejasné interpretace pojmu teploty. Výsledkem našich úvah je, že teplota musí nutně být relativisticky invariantní. V obsáhlém sborníku renomovaného nakladatelství Springer [4, 5], jehož editory a přispěvateli jsou pracovníci oddělení polovodičů, jsou diskutována aktuální témata vztahující se k fyzice tepelných jevů. Např. v kapitole 22 [4] je využito metodologické schéma termální analýzy pro popis původu klimatických změn na Zemi. Bylo ukázáno, že pro pochopení tohoto globálního jevu je zcela zásadní zahrnutí vlivu hlavního skleníkového plynu, vody, a přítomnosti nanočástic v atmosféře. V kapitole 24 [5] je jak z hlediska gnoseologického tak historického diskutována matematická struktura fyzikálních veličin. Bylo mimo jiné prokázáno, že pro fyzikální veličiny je právě dostačující systém racionálních čísel, zatímco systém reálných čísel založený na pojmu aktuálního nekonečna je zcela redundantní.

K významným úspěchům oddělení polovodičů jistě patří také uspořádání prestižní mezinárodní konference FQMT'17- Prague, na níž byly za účasti předních světových vědců řešeny fundamentální problémy kvantové termodynamiky, kvantové optiky, biofyziky a dalších hraničních oborů [6].

### 2.3.2 Spintronika a nanoelektronika

Oddělení spintroniky se zabývá studiem spintronických jevů v nanostrukturách založených na polovodičích a kovech s různými typy magnetického uspořádání a se silnou relativistickou spin-orbitální interakcí. Výzkum v oblasti feromagnetických polovodičů byl založen na epitaxních vrstvách (Ga,Mn)(As,P) a litografické právě laterálních nanostruktur. Experimentální studium bylo prováděno ve společné laboratoři Opto-spintroniky s Univerzitou Karlovou pomocí femtosekundových laserů umožňujících měření s vysokým časovým a prostorovým rozlišením. Mezi hlavní výsledky patří experimentální demonstrace pohybu magnetické doménové stěny pomo-



■ **Obr. 2** K ovládání anti feromagnetů je potřeba zhotovit cívky (a), které vytváří opačné magnetické pole u sousedních atomů v krystalové mřížce (červená a modrá cívka). Doslova toto udělat není prakticky možné. V krystalech jako je CuMnAs ovšem vzniknou takové „atomové cívky“ samy od sebe působením běžných elektrických proudů. To otevírá možnost využití anti feromagnetů v mikroelektronice (b), například pro analogové paměti využitelné v umělých neuronových sítích (c). Upraveno z referencí [8,9].

ci optických pulzů o délce 100 femtosekund [7]. Jev, který pohybuje, je tzv. optical spin-transfer torque, při kterém se přenáší úhlový moment z kruhově polarizovaného světla do spinu elektronů.

Hlavní těžiště výzkumu skupiny je v oblasti spintroniky založené na anti feromagnetech. Kromě přednesení desítek pozvaných přednášek na mezinárodních konferencích spolupřáteli členové skupiny mezinárodní Workshop on Antiferromagnetic Spintronics ve francouzském Grenoblu a připravili pozvaný přehledový vědecko-populární článek pro Physics Today [8]. Mezi klíčové výsledky skupiny v této oblasti patří ukázka experimentálního anti feromagnetického paměťového zařízení na bázi materiálu CuMnAs, které lze připojit k běžnému počítači přes USB rozhraní, a které dokládá jeho možné budoucí využití v mikroelektronice, a to jak v klasických digitálních technologiích, tak i v umělých neuronových sítích [9]. Dále se podařilo opticky detekovat orientaci magnetických momentů v anti feromagnetu CuMnAs [10] a pomocí rentgenového záření zobrazit přeorientování anti feromagnetických domén zapisovacími proudovými impulzy [11]. Teoreticky byla předpovězena úzká souvislost mezi pozorovanými spintronicnými jevy v anti feromagnetech a topologickými vlastnostmi, které by mohly vést k realizaci mimořádně silných magnetorezistenčních jevů pro čtení informace v anti feromagnetech [12].

Jako koordinátor získala skupina v roce 2017 v soutěži Horizon 2020 Future and Emerging Technologies čtyřletý grant na výzkum anti feromagnetické spintroniky v celkové výši 3,7 milionů eur. Kromě Fyzikálního ústavu a Matematicko-fyzikální fakulty UK se na projektu podílí také tři Max-Planckovy instituty v Německu, univerzita v Mohuči, britská univerzita v Nottinghamu a španělská firma IGSresearch Ltd.

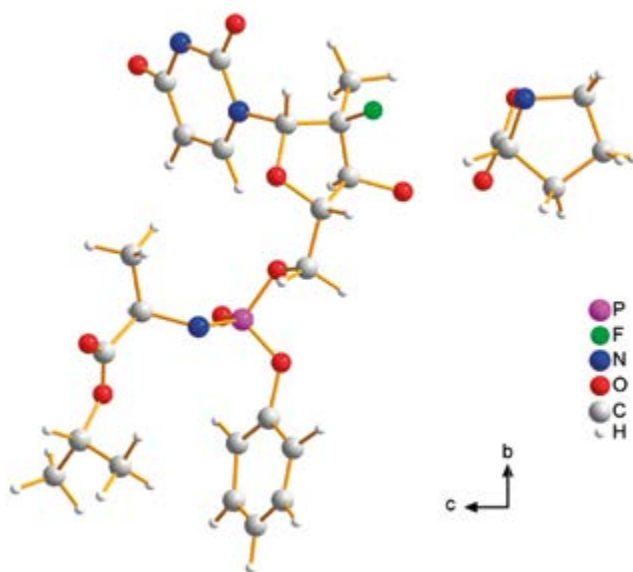
### 2.3.3 Strukturní analýza

Oddělení strukturní analýzy se zabývá stanovením atomární a magnetické struktury krystalických látek a vývojem souvisejících výpočetních metod. Experimenty jsou založeny na datech z rentgenové, elektronové a neutronové difrakce. Pro první dva typy dat jsou využívány přístroje laboratoře ASTRA, která byla vybudována v roce 2015 za podpory operačního programu Praha Konkurenceschopnost CZ.2.16/3.1.00/24510 a její provoz je podporován národním programem udržitelnosti NPU I – LO1603.

Práce v oblasti elektronové difrakční tomografie navazovala na velmi úspěšný předchozí rok završený přijetím publikace o lokalizaci vodíkových atomů v nanokrystalech do časopisu Science [13] na začátku roku 2017. V průběhu roku jsme se soustředili na zlepšování analýzy difrakčních dat z nestabilních organických krystalů. Díky tomuto vývoji se nám v průběhu roku podařilo vyřešit komplexní strukturu kokystalu sofosbuvir – L-prolinu ([14], obr. 3). Krystaly tohoto materiálu ztrácejí stabilitu již po dávce  $0,2 \text{ e}/\text{Å}^2$ , což je nejméně pětkrát nižší stabilita než u jiných doposud publikovaných řešení krystalové struktury pomocí elektronové difrakční tomografie. Dalším velkým úspěchem bylo vyřešení struktur série organokovových sítí (MOF) [15], ve kterých byly opět lokalizovány i pozice vodíkových atomů, což potvrdilo univerzální aplikovatelnost a robustnost naší metody.

Další práce s využitím elektronové difrakční tomografie se zaměřily na studium tenkých vrstev [16], nebo vyřešení TaS<sub>3</sub>. Tento materiál byl po desetiletí studován pro své zajímavé elektronické vlastnosti, ale jeho strukturu se podařilo objasnit až nyní [17].

V oblasti vývoje metodiky řešení a upřesňování modulovaných a magnetických struktur a jejího využití v pro-



■ Obr. 3 Pohled na strukturu sofosbuvir – L-prolinu.

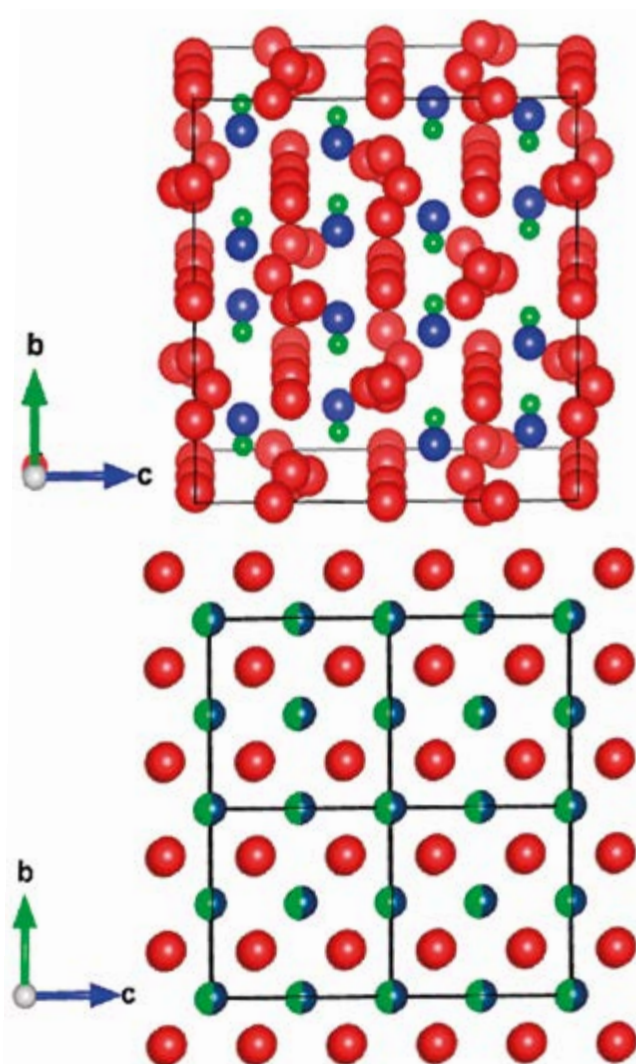
gramu Jana2006 [18] byla v minulém roce rozvinuta metoda upřesňování struktury s využitím náhodné volby amplitud modulací startovacího modelu. Tato metoda je sice časově náročná, avšak umožňuje nalezení řešení i v těch případech, kdy standardní metody selhávají. Metoda je aplikovatelná jak na atomové modulace, tak i na modulace magnetických momentů. Velká pozornost byla také věnována zdokonalení programu Jana pro aplikaci na magnetické struktury. Podstatně byla zdokonalena representační analýza, založená na rozkladu symetrie „parent“ struktury do jednotlivých ireducibilních reprezentací. Pro většinu souměřitelných i nesouměřitelných magnetických modulací lze tuto analýzu provádět přímo v programu Jana2006. Pro případy velmi složitých fázových magnetických přechodů jsme podstatně zjednodušili i možnost automatického přebírání informací z webové aplikace ISODISTORT [19].

Mezi nevýznamnější aplikace programu Jana2006 v uplynulém roce patřilo studium nesouměřitelně modulované struktury Morpholinium tetrafluoroborátu. Ve společné práci s týmem prof. Sandera van Smaalena z univerzity v Bayreuthu byla určena tato modulovaná struktura s tím, že výsledky byly interpretovány z hlediska konfigurační a chemické entropie. Bylo tak prokázáno, že order-disorder příspěvek je pouze malým zlomkem ke změně entropie a že podstatně větší roli hrají konfigurační změny [20]. Poměrně významná byla i naše účast na studiu neuspořádanosti v látce  $\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ , která má strukturu porušeného fluoritu – pyrochloru ([21], obr. 4). Jde o typický příklad, jak neuspořádanost v atomárním měřítku může ovlivnit neuspořádanost ve větších blocích. Pro případ  $\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$  bylo prokázáno, že skutečnou neuspořádanost lze popsat jako neuspořádanost perfekt-

ně uspořádaných nanočástic. Při tomto studiu byla využita značná flexibilita programu Jana2006 pro studium práškových vzorků.

V roce 2017 jsme získali projekt GA ČR, reg. číslo 18-10504S, nazvaný „Krystalografie21 – nová generace univerzálních nástrojů strukturní analýzy z difrakčních dat“. V rámci tohoto projektu bude v letech 2018-2020 vyvinuta zcela nová verze programu Jana2020. Z tohoto důvodu jsme na konci roku uzavřeli vývoj programu Jana2006 a zahájili vývoj beta verze Jana2020.

Dalším zavedeným tématem oddělení strukturní analýzy je mineralogická krystalografie. Tradiční výzkum minerálů uranu z jáchymovských dolů přinesl v roce 2017 unikátní výsledek, stanovení struktury minerálu Ewingite,



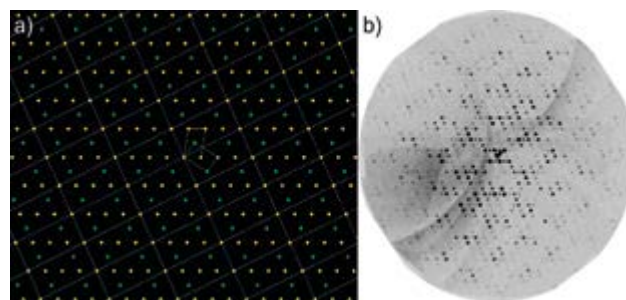
■ Obr. 4 Struktura ideálního (nahore) a porušeného (dole) fluoritu – pyrochloru. V porušené struktuře mají kyslíky (červeně) obsazení 7/8 a atomy lanthanu (modře) a zirkonia (zeleně) jsou nerozlišitelné, což vede ke zmenšení základní buňky (černé linie) na polovinu. Obrázek byl převzat z publikace [21].

jehož struktura je v současnosti považována za nejsložitější minerální strukturu vůbec. Výsledek [22] byl vybrán na titulní stránku prestižního amerického časopisu *Geology*. V uplynulém roce bylo také vyřešeno několik obtížných struktur jiných minerálů. Minerál Meneghinite [23] patří mezi přírodní sulfosoli, u kterých je obvyklejší pravidelné uspořádání. Studium tohoto materiálu prokázalo, že neúplně obsazené polohy Cu a substituční obsazení Pb/Sb může přesto vést k nepravidelnostem, které však lze popsat modulací. Struktura minerálu Parabutlerite  $\text{FeSO}_4(\text{OH}) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  [24] má souměřitelně modulovanou strukturu popsanou v ortorhombické superprostorové grupě  $\text{Pnma}(0\beta\text{O})\text{sOs}$ . Polohová modulace je způsobena pravidelným sklonem řetězců podél osy b vynuceným potřebou optimalizace vodíkových vazeb. Struktura minerálu Kamotoite [25] byla zajímavá tím, že vzorek v důsledku retikulárního dvojčatění (obr. 5) simuloval nesprávnou orthorhombickou symetrii, ačkoli struktura byla monoklinní.

V oblasti vývoje metod pro řešení krystalových struktur z práškových difrakčních dat se v uplynulém roce podařilo vyvinout rozšíření programu FOX nazvané FOX.Grid [26], které dokáže náročný výpočet práškových struktur distribuovat mezi výpočetní jednotky v síti a výrazně tak zkrátit potřebný výpočetní čas.

V oblasti výzkumu magnetismu jsme se zabývali studiem substitučních slitin, u kterých jsou atomy sice umístěny na uspořádané krystalické mřížce, ovšem s tím, že distribuce chemických typů mezi danými mřížkovými body je náhodná. Teoretický popis vlastností slitin je možný jen v určitých přiblíženích. Výpočetně nenáročnou a přitom obvykle dostatečně přesnou je metoda koherentního potenciálu (CPA), v níž jsou atomy různých typů nahrazeny vhodně zkonstruovanými „průměrnými atomy“. Jelikož jde o široce používanou přibližnou metodu, je žádoucí znát její meze. V práci mezinárodního kolektivu [27] koordinovaného O. Šiprem se ukazuje, jakým způsobem může při použití metody CPA dojít k nepřesnostem při výpočtu magnetických vlastností slitin. Podařilo se identifikovat, že tyto nepřesnosti způsobuje zanedbání lokálních fluktuací elektrického náboje. Na základě toho je možno ukázat, v jakém směru je žádoucí další zpřesňování zmíněné metody; konkrétně se v práci [26] ukazuje, že k částečnému zlepšení dojde při použití modelu stíněné příměsi (SIM-CPA).

V oblasti chemické krystalografie standardních struktur bylo v roce 2017 publikováno 31 struktur nových látek, z nichž nejzajímavější byla extrémně velká ( $Z'=16$ ) struktura látky N,N-Dimethyl-4-(2-phenylethynyl)benzenamine [28] zkoumaná z hlediska organické fotovoltaiky. Tato látka vykazovala neobyčejně komplikovanou neuspořá-



■ **Obr. 5** Difrakční obraz minerálu Kamotoite. (a) simulovaný difrakční obraz s příspěvky dvou domén dvojčatění rozlišených žlutě a zeleně; (b) rekonstrukce reciproké roviny  $h4l$  z experimentálních obrázků plošného detektoru ve stejné orientaci. Obrázek byl převzat z publikace [25].

danost a její difrakční data byla nadto pořízena z extrémně drobného vzorku na hranici měřitelnosti moderním difraktometrem.

V roce 2017 jsme též zahájili práce na zcela nové specializaci matematické krystalografie podpořené projektem GA ČR, reg. číslo 18-10438S, s názvem „Kvantitativní strukturální deskriptory pro standardní a modulované krystaly: systematika, interpretace a predikce krystalových struktur“. Cílem projektu je vyvinout nové kvantitativní strukturální deskriptory, které umožní klasifikaci struktur a objasnit vztah mezi strukturou a vlastnostmi. Tyto deskriptory budou založeny na tzv. uniformní distribuci, což je matematický koncept pro kvantitativní popis množiny bodů, který zatím nebyl aplikován v krystalografii. První výsledky jsou očekávány v příštím roce.

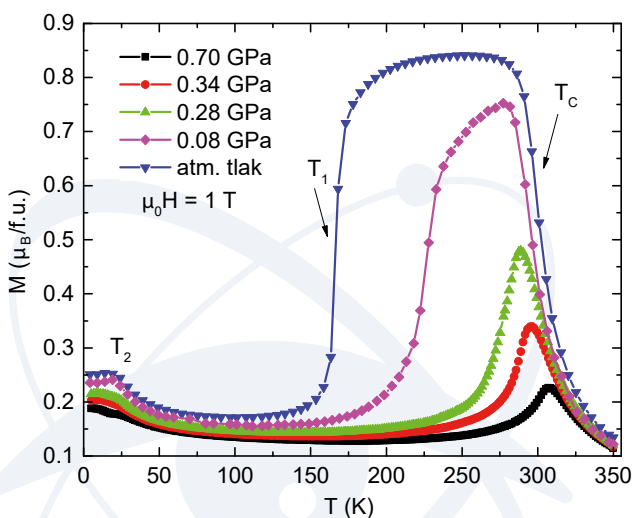
### 2.3.4 Magnetika a supravodiče

Oddělení magnetik a supravodičů se zabývá komplexním experimentálním výzkumem magnetických, strukturálních, elektrických a tepelných vlastností látek připravovaných v podobě objemových materiálů, tenkých vrstev, nanoskopických částic a jejich uskupení. V rámci vlastních technologických možností oddělení se příprava materiálů soustřeďuje na oxidické systémy v podobě nanočástic a jejich kompozitů. Příprava materiálů v podobě vysoce kompaktních nanosturkturovaných keramik a tenkých vrstev je realizována v rámci spolupráce. Kvalitní experimentální výsledky byly dosaženy zejména prostřednictvím přesného squidového magnetometru a universální 14 T kryogenní aparatury (fy. Quantum Design), jejichž charakterizační potenciál byl otevřen i badatelům mimo FZÚ. V rámci zahraniční spolupráce byl hostem oddělení vynikající odborník v oblasti magnetismu intermetalických sloučenin,

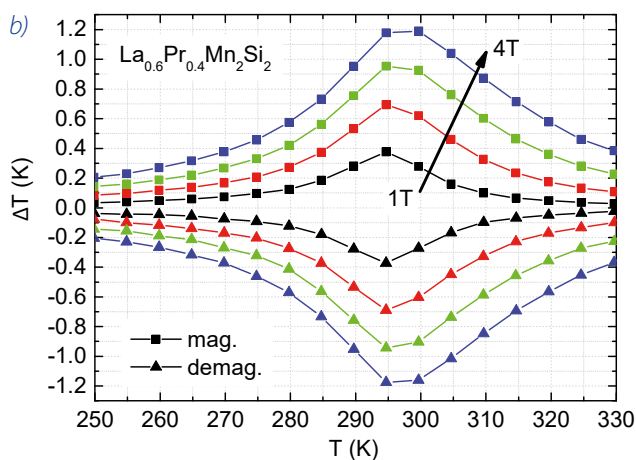
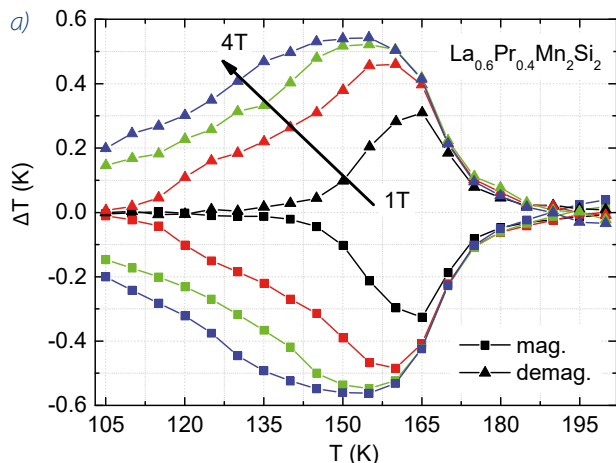
Prof. Hiroki Tsuchiura z Univerzity Tohoku, Sendai, Japonsko. V oddělení byli na dlouhodobé stáži (program Erasmus+) post-doktorandka Dr. Janja Stergar (University of Maribor, Slovenia), která se zabývala syntézou a charakterizací magnetických nanočástic a Jorge Diogo Marques Laranjeira (Universidade de Aveiro, Portugal), který v rámci magisterského studia zkoumal magnetické vlastnosti intermetalických slitin se vzácnými zeminami za extrémních podmínek.

Vlastní teoretická činnost oddělení byla převážně zaměřena na analýzu krystalového pole a magnetismu v intermetalických sloučeninách obsahujících vzácné zeminy. Přitom byla použita námi vyvinutá metoda, kterou jsme v předešlých letech úspěšně vysvětlili chování vzácných zemin v oxidech. V intermetalických slitinách je aplikace metody složitější, přesto se podařilo dosáhnout dobrých výsledků. Úspěšně byl vysvětlen magnetismus a krystalové pole sloučenin PrCuAl<sub>3</sub> a NdCuAl<sub>3</sub> [29]. Podíleli jsme se rovněž na analýze Mossbauerovských spekter magnetitu [30].

Intermetalické materiály tvořily též jádro experimentálního studia magnetických a transportních vlastností za velmi vysokých tlaků, kde jsme se soustředili na materiály typu RT<sub>2</sub>X<sub>2</sub> (R = Y, La, vzácná zemina, T = přechodný kov, X = Si, Ge) s akcentem na Yb jako vzácnou zeminou a s Mn jako přechodovým kovem. První experimentální výsledky vlivu vysokých tlaků na fyzikální vlastnosti sloučeniny YbAu<sub>2</sub>Si<sub>2</sub> jsou uvedeny v ref. 31. Sloučeniny s atomy Mn jsou zvláště zajímavé kvůli možným feromagnetickým a/nebo antiferomagnetickým interakcím Mn-Mn, které výrazně ovlivňují jejich magnetické chování. Jako modelovou sloučeninu jsme vybrali La<sub>0,6</sub>Pr<sub>0,4</sub>Mn<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>, charakterizovanou střídáním vrstev R-X-T-X-R, kde se potvrdi-



**Obr. 6** Teplotní závislost magnetizace vzorku La<sub>0,6</sub>Pr<sub>0,4</sub>Mn<sub>2</sub>Si<sub>2</sub> měřená v magnetickém poli 1 T za různého hydrostatického tlaku.



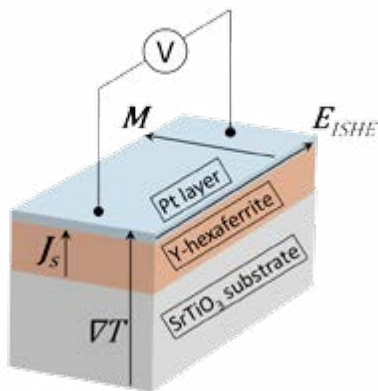
**Obr. 7** Adiabatická změna teploty vzorku La<sub>0,6</sub>Pr<sub>0,4</sub>Mn<sub>2</sub>Si<sub>2</sub> získaná přímým měřením magnetokalorického jevu pro několik změn magnetického pole v okolí fázových přechodů T<sub>1</sub> a T<sub>C</sub>.

la rozhodující úloha objemu při potlačení feromagnetické fáze nad přechodovou teplotou T<sub>1</sub> = 168 K [32]. Studie do tlaku 10 GPa potvrdila existenci kritické vzdálenosti Mn-Mn 0,2883 nm pro přechod z feromagnetického do antiferomagnetického stavu při pokojové teplotě. Obrovský nárůst teploty T<sub>1</sub> v důsledku působení hydrostatického tlaku, dT<sub>1</sub>/dp = + 230 K/GPa (obr. 6) lze vysvětlit hraniční meziatomovou vzdáleností Mn-Mn, blížíci se kritické, kdy i její malá změna v důsledku působení vysokého tlaku vede k pozorovanému gigantickému efektu. Přímé měření magnetokalorického jevu v La<sub>0,6</sub>Pr<sub>0,4</sub>Mn<sub>2</sub>Si<sub>2</sub> indikovalo průměrné hodnoty adiabatické změny teploty v důsledku jak feromagnetického (T<sub>C</sub>) tak antiferomagnetického (T<sub>1</sub>) přechodu a potvrdilo existenci fázového přechodu prvního druhu při teplotě T<sub>1</sub> a přechodu druhého druhu při teplotě T<sub>C</sub> (obr. 7).

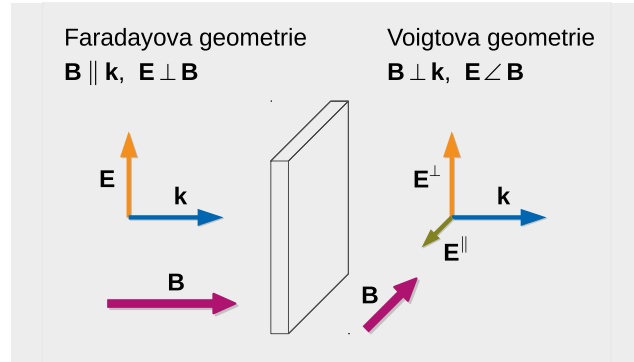
V oblasti výzkumu oxidických magnetických materiálů jsme se soustředili na přípravu zejména feromagnetických manganitových systémů v podobě nanogranulární keramiky či kompozitů tzv. 0-3 typu, sestávajících

z izolovaných ferromagnetických zrn zhutněných v třídimenzionální dielektrické matici. Fyzikální výzkum těchto materiálů byl zaměřen na analýzu tzv. gigantické negativní magnetorezistence (pozitivní magnetokonduktance), která je spojena s mezizrnným tunelováním elektrického náboje. Byly identifikovány dva procesy této tunelovací magnetokonduktance; první souvisí s uspořádáním magnetických momentů zrn ve vnějším poli, vykazuje tedy hysterezi a poměrně rychlé nasycení v magnetickém poli řádu 0,1 T a druhý, který je charakteristický kvazilineárním nárůstem vodivosti přetrvávajícím do velmi vysokých polí ( $B > 14$  T). Pozorované nízkopolní a vysokopolní jevy a důvody jejich koexistence v manganitech byly teoreticky interpretovány na základě mechanismu tzv. dvojité výměny. Prokázali jsme, že zdrojem vysokopolní magnetokonduktance je strukturně dobře definovaná, ale magneticky modifikovaná povrchová vrstva manganitových zrn, přítomná tedy z intrinsických příčin, v níž dochází k spinové depolarizaci nositelů náboje a tím i k jejich intenzivnímu rozptylu, který je potlačován proporcionálně s narůstající velikostí vnějšího pole. Samotné hranice zrn (dielektrická mezivrstva v případě nanokompozitů) pak představují pouze větší či menší tunelovací bariéru, která ovlivňuje absolutní hodnotu elektrické vodivosti, ale nemá už žádný další vliv na magnetokonduktanci [33-35].

V souvislosti s problematikou termoelektrické konverze energie jsme se zabývali experimentálním zkoumáním nového jevu z oboru spinové kaloritroniky, tzv. spinovým Seebeckovým jevem (SSE). SSE, poprvé zmíněný v r. 2008, je důsledkem kombinace dvou efektů, a to (i) spinového toku vyvolaného teplotním gradientem v magnetickém materiálu a (ii) jeho přeměnou na elektrický proud a tedy i elektromotorické napětí pomocí inverzního spinového Hallova jevu (ISHE) ve snímácí



■ Obr. 8 Schéma podélné konfigurace měření LSSE. Směry teplotního gradientu, spinového proudu  $J_s$ , magnetizace  $M$  a výsledného elektrického pole  $E_{ISHE}$  jsou vyznačeny.



■ Obr. 9 Schematický popis magnetooptických geometrií. THz svazek dopadá ve směru vlnového vektoru  $k$  kolmo na rovinu vzorku, polarizace THz svazku je dána směrem elektrického pole  $E$ ,  $B$  značí směr externího statického magnetického pole.

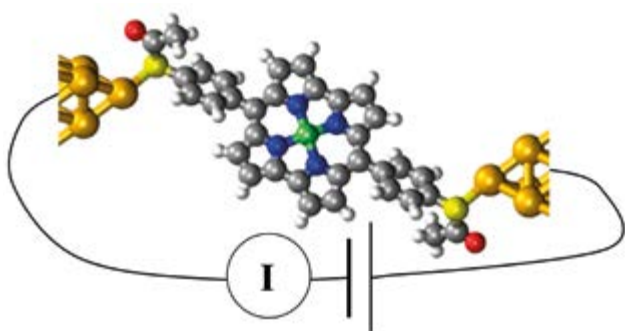
kovové elektrodě. Vzájemně ortogonální orientace spinového proudu  $J_s$  magnetizace  $M$  a výsledného elektrického pole  $E_{ISHE}$ , jak je naznačeno na obr. 8, je klíčem k maximalizaci energetického zisku v příslušné kompozitní součástce složené z podložky, magnetické vrstvy a tenkého kovového filmu. Ve spolupráci s Instituto de Nanociencia de Aragón (Universidad de Zaragoza) jsme s důrazem na přesné měření tepelného toku vyvinuli a zkonstruovali experimentální zařízení pro měření SSE, kde jsme se s ohledem na robustnost magnetického uspořádání magneticky aktivní vrstvy podmiňující aplikační potenciál orientovali na hexagonální ferity typu  $YBa_2Zn_2Fe_{12}O_{22}$  (Zn2Y) a  $Ba_2Co_2Fe_{12}O_{22}$  (Co2Y) s vysokou kritickou teplotou magnetického uspořádání. Navzdory intuitivnímu předpokladu, který vycházel z velmi komplikované magnetické struktury hexaferitů, která principiálně silně limituje střední volnou dráhu spinových vln a brání tak generaci výrazného SSE signálu, naše první výsledky ukázaly, že na součástkách založených na hexaferitu typu Zn2Y lze detekovat SSE signál srovnatelný s tím, který generují materiály typu  $Fe_3O_4$  či YIG [36].

V laboratoři daleké infračervené spektroskopie byla ve Faradayově geometrii (obr. 9) studována dynamika kvantovaných vírů v tenké supravodivé vrstvě NbN prostřednictvím měření propustnosti lineárně polarizovaného THz svazku v závislosti na teplotě a magnetickém poli [37]. Bylo zjištěno, že ve Voigtově geometrii se propustnost polarizovaného THz záření tenké vrstvy supravodiče podstatně liší s ohledem na to, je-li THz záření polarizováno rovnoběžně s ( $E^{\parallel}$ ), či kolmo ( $E^{\perp}$ ) k orientaci supravodivých vírů. V případě polarizace ( $E^{\parallel}$ ) byl vytvořen uspokojivý semikvantitativní model této teplotní a polní závislosti, zatímco pro polarizaci typu ( $E^{\perp}$ ) neumožňuje teoretický Maxwellův-Garnettův model její popis ani na semikvantitativní úrovni.

### 2.3.5 Tenké vrstvy a nanostruktury

Oddělení tenkých vrstev a nanostruktur zkoumá jevy v nanoměřítku od atomárně rozlišených měření na povřích a molekulách, přes nanometrové částice křemíku a diamantu až po nanodráty a tenké vrstvy. Ilustrativní výsledky dosažené v jednotlivých skupinách oddělení jsou následující:

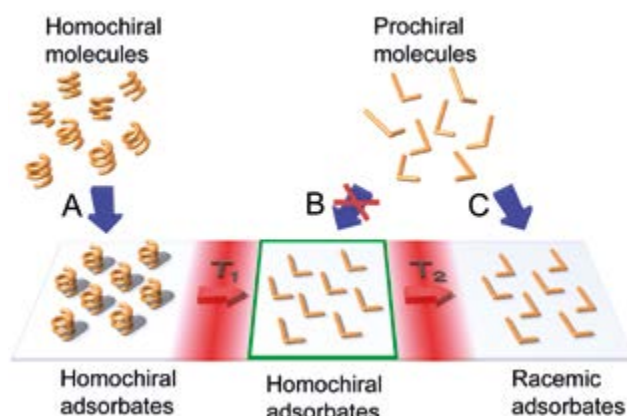
Skupina molekulárního transportu vedená Héctorem Vázquezem, nositelem fellowshipu Jana Evangelisty Purkyně, využila ab-initio výpočetní metody pro zkoumání přenosu elektronů přes rozhraní molekuly a kovu s cílem zjistit, jakou roli hraje druh molekuly, atomárního uspořádání molekuly a kovu nebo elektron – fononových inter-



■ **Obr. 10** Schéma uspořádání obvodu určeného pro studium elektronového transportu přes jednotlivou molekulu kontaktovanou zlatými elektrodami.

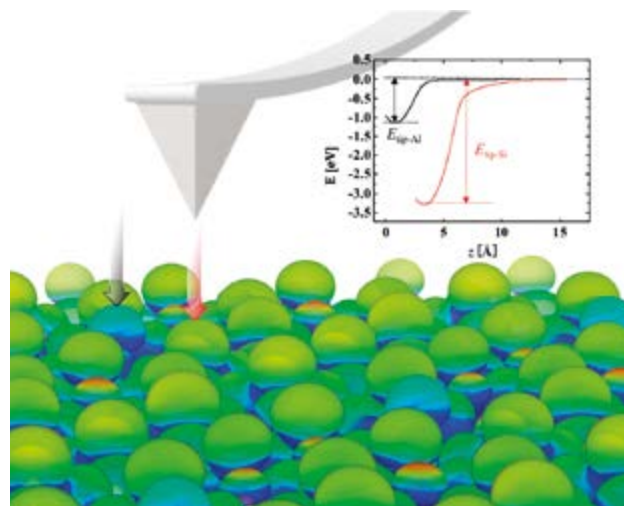
akcí (obr. 10). Ve spolupráci s experimentátory ze zahraničí se podařilo poprvé změřit vodivost antiaromatických molekul [38]. Pro tyto molekuly, které se vyznačují počtem  $4n$  elektronů v  $\pi$  systému (kde  $n$  je celé číslo), byly předpovězeny výjimečné vodivostní vlastnosti, ale jejich pozorování se zatím nedařilo kvůli jejich malé stabilitě. Nyní se ukázalo, že jak měřené, tak vypočtené vodivosti byly výrazně vyšší než pro aromatické analogy molekul (např. porfyrin s obdobným uspořádáním, ale s počtem  $4n+2$  elektronů v  $\pi$  systému). Teoretická analýza odhalila příčinu tohoto jevu a našla vodítka pro elektronový transport v této nové třídě molekulárních obvodů.

Laboratoř Nanosurf vedená doc. P. Jelínkem se v roce 2017 zabývala studiem fyzikálních a chemických vlastností molekulárních nanostruktur na povrchu pevných látek pomocí rastrovacích mikroskopů a teoretických simulací. Ve spolupráci s kolegy z Ústavu organické chemie a biochemie AV ČR dokázali sledovat chemické přeměny jednotlivých molekul na povrchu stříbra a prokázali přenos chiralitu v průběhu těchto reakcí [39], viz obr. 11. Dále představili novou metodu umožňující určit elektro-negativitu jednotlivých atomů na povřích pevných látek pomocí silové spektroskopie měřené mikroskopem

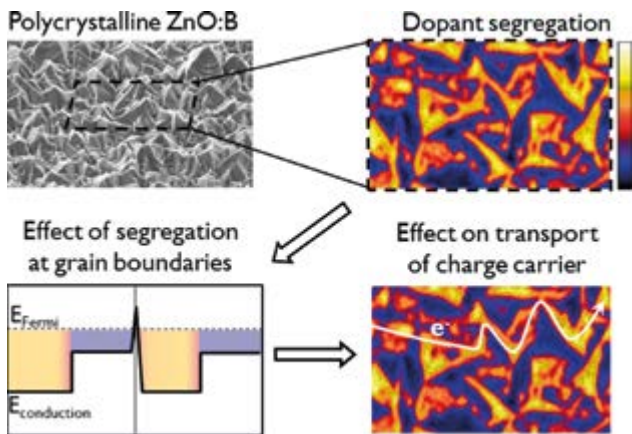


■ **Obr. 11** Schéma transformace chirálních molekul na povrchu pevné látky pomocí tepelně řízené chemické reakce, která umožňuje dosažení shodné chiralitu adsorbovaných molekul v celé monovrstvě. Tohoto uspořádání je nemožné dosáhnout prostou depozicí prochirálních molekul na povrch pevné látky (viz procesy označené B a C).

atomárních sil [40], viz obr. 12. Zabývali se také studiem kvantové disipace na molekulární úrovni. Vyvinuli novou měřicí metodu, která umožňuje určit velikost kvantové disipace vyvolané řízeným přenosem elektronu v jedné molekule pomocí hrotu rastrovacího mikroskopu. Tento počín otevírá zcela nové možnosti pro studium kvantové disipace na atomární úrovni.



■ **Obr. 12** Schematické znázornění měření interakčních sil mezi hrotem mikroskopu atomárních sil a atomy na povrchu pevné látky. Různá interakční energie  $E$  hrotu mikroskopu s různými povrchovými atomy umožňuje získat informace o elektronegativitě jednotlivých atomů nejen vzhledem k jejich chemickému původu, ale také v závislosti na jejich chemickém okolí. Obrázek vykresluje elektronovou hustotu v okolí atomů, jejíž rozdíl mezi jednotlivými atomy nepřímou udává velikost elektronegativity daného atomu.



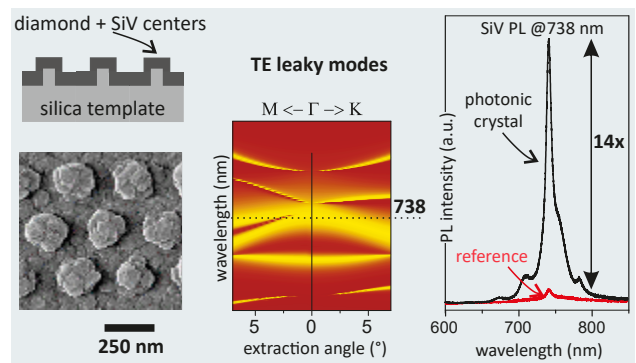
■ **Obr. 13** Kombinace sekundární iontové hmotnostní spektroskopie v nanometrovém měřítku (NanoSIMS) a Kelvinovy rastrovací mikroskopie (KPFM) umožňuje přímé pozorování distribuce bórových dopantů v polykrystalických vrstvách ZnO. KPFM měření nejčastěji využívaného vodivého průhledného oxidu ukázala, že bórové atomy jsou elektronicky aktivní a lokálně zvyšují koncentraci volných nosičů náboje. Rozdělení bórových atomů je ale různé na  $c+$  a  $c-$  fasetách ZnO zrn, a tak je i vodivost zrn nehomogenní.

Studium lokální vodivosti pomocí hrotu mikroskopu atomárních sil bylo využito ve skupině M. Ledinského zaměřené na studium nanostruktur pro fotovoltaické využití. Takto bylo např. zviditelněno rozložení bórových dopantů v polykrystalických vrstvách ZnO pomocí Kelvinovské rastrovací mikroskopie [41] (obr. 13). Podobně jsme tuto metodu využili pro sledování fotoodezvy na Schottkyho přechodech vytvořených vrstvou grafenu na povrchu křemíku [42]. V této skupině je také řešen projekt NextBase financovaný Evropskou komisí v rámci Horizon 2020 Competitive Low-Carbon Energy. Cílem projektu je dosažení rekordní účinnosti fotovoltaických článků založených na křemíkových deskách s heteropřechody a kontakty umístěnými na zadní straně. V projektu spojuje síly konsorcium předních evropských výzkumných pracovišť a firem, přičemž příspěvkem české strany je nově vyvinutá metoda optické profilometrie, která dovoluje měřit a optimalizovat ultratenké vrstvy křemíku určené pro přípravu selektivních pasivačních kontaktů.

Skupina křemíkové a diamantové nanofotoniky se zaměřila na možnost zesílit extrakci luminiscence z křemíkových vakancí v diamantu [43]. Tato optická centra jsou zajímavá z pohledu kvantové fotoniky a biosenzoriky, protože vykazují spektrálně úzkou luminiscenční čáru na 738 nm a zároveň dokáží rychle emitovat jednotlivé fotony. Nicméně extrakce světla z těchto center je limitována totálním odrazem kvůli vysokému indexu lomu diamantu vůči okolnímu prostředí. Nám se podařilo s pomocí počítačové

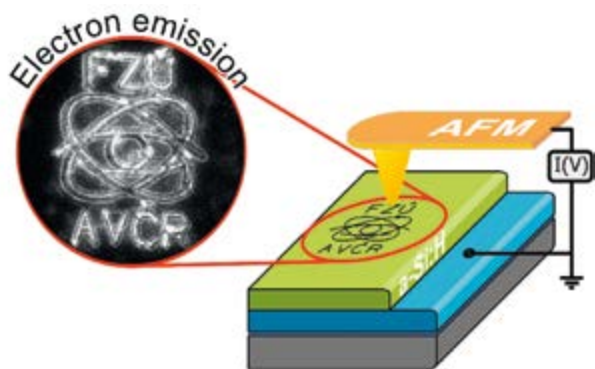
simulace navrhnout a poté i připravit na povrchu polykrystalického diamantu fotonické nanostruktury, tzv. 2D fotonické krystaly, které umožnily světlo z těchto vakancí nejen 14x zesílit, ale i usměrnit do požadovaného (kolmého) směru. Mimo jiné jsme také publikovali knižní kapitolu, která shrnuje základní myšlenky teoretického i experimentálního výzkumu křemíkových nanokrystalů v našem oddělení za několik posledních let, jehož výsledkem bylo dosažení transformace nepřímého zakázaného pásu na přímý [44].

Výzkum ve Skupině funkčních nanorozhraní, v úzké spolupráci se skupinou diamantové technologie odd. 27, byl v loňském roce nadále věnován studiu optoelektronických vlastností diamantu v kombinaci s dalšími materiály (například polypyrrolem a kovy) s ohledem na generaci elektrického náboje a ovlivnění fotoluminiscence barevných center v diamantu (NV, SiV) pro senzorické aplikace. V rámci výzkumu přípravy fotonických struktur byla také zkoumána metoda pro vytváření vzorů v tenké vrstvě hydrogenovaného amorfního křemíku pomocí mikroskopu atomárních sil (AFM). Lokální expozice elektrickým polem pomocí vodivého hrotu vedla k úniku atomů vodíku z vrstvy amorfního křemíku, elektrické vodivosti a dalších fyzikálních vlastností vrstvy jako jsou emise elektronů a rozptyl světla. Vysoká přesnost mikroskopu AFM umožňuje vytvářet složité mikroskopické vzory, jejichž vlastnosti mohou být využívány jak přímo, tak k následnému selektivnímu růstu nebo samouspořádávání nanomateriálů pro aplikace ve fotonice, fotovoltaice nebo v senzorech. Práce zaujala mediální tým nakladatelství El-



■ **Obr. 14** Na obrázku je vlevo nahoře náčrtek řezu fotonické struktury s křemíkovými vakancemi. Pod ním je umístěn obrázek námi vyrobeného 2D fotonického krystalu, získaný skenovacím elektronovým mikroskopem. Uprostřed je tzv. pásová struktura světelných módů dané struktury, demonstrující existenci vyvazovacího kanálu u vlnové délky 738 nm. Vpravo je srovnání fotoluminiscenčního spektra 2D fotonického krystalu a planární referencie, které ukazuje 14násobné zvýšení intenzity fotoluminiscenčního signálu u 738 nm.

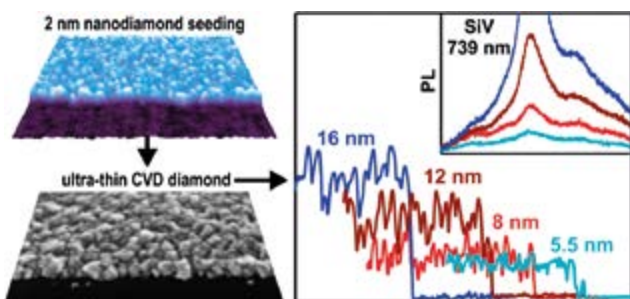




■ Obr. 15 Lokální strukturované zvýšení elektronové emise z tenké vrstvy křemíku po modifikaci pomocí mikroskopu atomárních sil.

sevier a nakladatelství o ní proto zařadilo zprávu na Elsevier Physics Twitter channel.

Výrazných úspěchů bylo dosaženo ve výzkumu nanodiamantů. Byla vyvinuta a zdokonalena příprava detonálních nanodiamantů (DND) se střední velikostí 1-2 nm a laditelnou povrchovou chemií [45]. Ve spolupráci s oddělením polovodičů byla vyvinuta příprava hydrogenovaných 2nm DND pomocí žíhání v plynném vodíku. Pomocí mikroskopických a spektroskopických technik bylo ukázáno, že, podobně jako oxidované, také hydrogenované DND si zachovávají charakteristické vlastnosti (nanodiamantová struktura, pozitivní zeta potenciál) až do cca 1 nm. Nově vyvinuté 2nm hydrogenované DND (2nm H-DNDs) byly s úspěchem použity k přípravě ultratenkých nanokrystalických diamantových vrstev (NCD). V tomto případě byla z 2nm H-DNDs vytvořena velmi tenká (2 nm), rekordně hustá ( $1,3 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ ) a homogenní nukleační vrstva, která dovolila růst uzavřených NCD vrstev s tloušťkou cca 5-6 nm. Na takto rekordně tenkých NCD vrstvách byl zjištěn zásadní vliv povrchové chemie na fotoluminiscenci z barevného centra křemík-vakance (SiV) v diamantu. Bylo zjištěno, že SiV fotoluminiscenci lze zcela vypínat pomocí vodíkové povrchové terminace

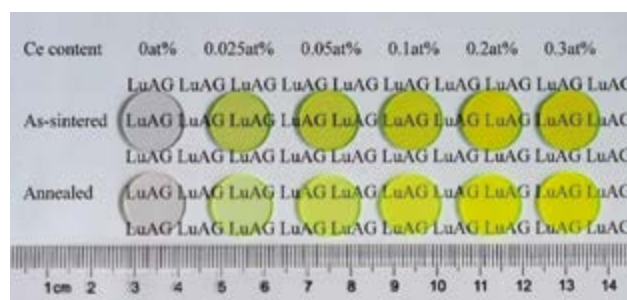


■ Obr. 16 Ukázka postupu přípravy ultratenkých NCD vrstev se SiV fotoluminiscencí pomocí rekordně husté a tenké nukleační vrstvy, vytvořené z 2nm nanodiamantů.

na NCD vrstvách tenčích než cca 10 nm. Na oxidovaných NCD vrstvách se podařilo detekovat SiV fotoluminiscenci i v nejtenčí 3,5nm NCD vrstvě (po odečtení 2nm nukleační vrstvy), což představuje velmi slibný výsledek pro budoucí SiV fotoluminiscenční nanodiamanty s molekulární velikostí (cca 2 nm a méně).

### 2.3.6 Optické materiály

Výzkumné aktivity oddělení v roce 2017 byly zaměřeny na studium bodových defektů ve struktuře látek, jejich vlivu na materiálové charakteristiky a souvislost jejich výskytu s použitou technologií. Pozornost byla věnována též rozvoji technologie přípravy objemových a tenkovrstvých materiálů a modelování kinetiky fázových procesů. S využitím optických, luminiscenčních, magnetických a fotoelektronových spektroskopických metod jsme řešili výzkumné programy v rámci projektů (celkem 12 mezinárodních a 16 domácích projektů) v několika skupinách převážně optických materiálů.



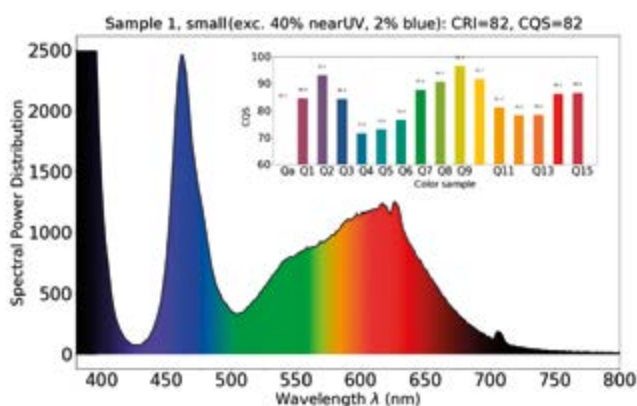
■ Obr. 17 Fotografie připravené a na vzduchu žíhané 1 mm tlusté Ce, Mg: LuAG keramiky. Povrchy byly opticky leštěny.

V laboratoři luminiscenčních a scintilačních materiálů byla ve spolupráci s laboratořemi v Shanghai Institute of Ceramics, CAS a na Univerzitě Bicocca v Miláně (v rámci projektu EC H2020 ASCIMAT, č. 690599) řešena optimalizace scintilačních charakteristik keramik na bázi cerm dopovaného  $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$  [46]. LuAG:Ce,Mg scintilační keramika s obsahem Ce v rozmezí od 0,025 % do 0,3 % a konstantní 0,2% koncentrací Mg jako ko-dopantu byla vyrobena reakcí v pevné fázi a metodou Spark-plasma sintering (obr. 17). Vliv koncentrace Ce a podmínek dodatečného žíhání na mikrostrukturu, optickou kvalitu a scintilační vlastnosti keramiky jsou podrobně studovány. Mřížkové parametry, absorpce, fotoluminiscence, radioluminiscence a termoluminiscence jsou zkoumány rovněž v závislosti na obsahu Ce v této keramice. Fotoluminiscence i scintilační dosvit jsou měřeny za účelem studování procesů reabsorpce a koncentračního zhášení

a dále je ukázán pozitivní účinek žhání na vzduchu na intenzitu radioluminiscence a světelný výtěžek. Navíc je zkoumána úloha absorpce CT  $Ce^{4+}$  (přechod s přenosem náboje). Měření termoluminiscence ukazuje, jaký je vliv žhání na vzduchu a koncentrace Ce na defekty působící jako pasti. Konečně jsou nalezeny a diskutovány korelace mezi scintilační účinností, světelným výtěžkem, termoluminiscencí a koncentrací  $Ce^{3+}$ .

V rámci končícího dílčího projektu TG02010056 (Systém efektivního uplatňování výstupů FZÚ v aplikační sféře) TA ČR, program GAMA, byl v laboratoři luminiscenčních a scintilačních materiálů sestaven reálný zdroj laditelného bílého světla na bázi sulfidových fosforů dopovaných ionty  $Eu^{2+}$ . Byla proměřena celková emisní spektra tohoto zdroje s použitím sloučenin  $K_xNa_{1-x}LuS_2:Eu^{2+}$  (0,05 %) jako aktivních fosforů a byla též studována závislost na poměru  $Na^+/K^+$  v těchto sloučeninách [47]. Práce je založena na uděleném národním patentu [48] a představuje zcela unikátní materiálový koncept sestavení cirkadiánního zdroje s použitím jediného luminoforu a dvou druhů budících diod (blízká UV 390 nm a modrá 455 nm). To je dáno širokospektrální emisí  $Eu^{2+}$  iontu ve struktuře sulfidu  $K_xNa_{1-x}LuS_2$ , přičemž distribuce emise přes různé vlnové délky se dá ladit jednak chemickým složením a dále pak, díky přítomnosti intenzivních absorpčních pásmů  $Eu^{2+}$  v oblasti 360–480 nm, vhodnou změnou poměrů světelných intenzit budících diod. *Příklad spektra buzeného současně UV a modrou diodou je na obr. 18.*

Ve spolupráce s Tohoku univerzitou v Japonsku, Sendai, byla připravena a studována optická keramika na bázi nestechiometrického  $SrHfO_3$ . Vzhledem k rostoucím cenám kovů vzácných zemin se v současnosti intenzivně pátrá po scintilačních materiálech, které by tyto kovy neobsahovaly. Vhodným kandidátem je nestechiometrický hafničitan se složením  $Sr_{0,98}Hf_{1,02}O_{3,02}$ , který poskytuje



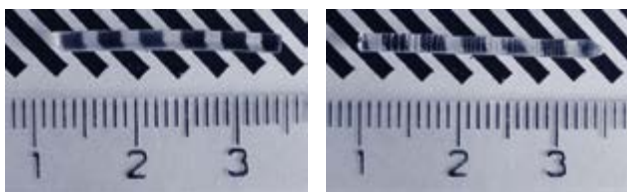
■ Obr. 18 Celkové cirkadiánním zdrojem vyzážené emisní spektrum s použitím fosforu  $K_{0,65}Na_{0,35}LuS_2:Eu^{2+}$  (0,05 %) pod dvojí excitací s nejvyšším indexem kvality osvětlení CQS (Colour Quality Scale).



■ Obr. 19 Aparatura pro růst krystalů halogenidů metodou micro-pulling-down.

vysoce intenzivní emisí v blízké UV oblasti při zachování všech výhod  $SrHfO_3:Ce^{3+}$ , kterými jsou především vysoká hustota ( $7,56 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ), vysoké efektivní atomové číslo (60,2), absence radioaktivity a rychlá scintilační odezva kolem 160 ns. Keramika s tímto složením byla připravena poprvé na světě a její optické vlastnosti byly ještě dále modifikovány dodatečným žháním. Díky výše zmíněným vlastnostem může být efektivním rychlým materiálem konvertujícím rentgenové a gama záření např. pro 2D zobrazovací techniky.

V laboratoři přípravy optických materiálů a termické analýzy jsme k již existující aparatuře pro růst krystalů oxidů metodou micro-pulling-down nainstalovali analogickou aparaturu pro růst krystalů halogenidů (obr. 19). Růst monokrystalů hygroskopických halogenidů a dalších materiálů (vyžadující bezvodé prostředí) z jejich taveniny probíhá pod ochrannou inertní atmosférou ( $Ar, N_2$ ). Aparatura je vybavena odnímatelnou a uzavíratelnou růstovou komůrkou umožňující její transport do rukavicového boxu s inertní bezvodou atmosférou, kde je možné provádět veškeré přípravné práce a sestavení experimentu bez rizika vystavení růstového systému okolní atmosféře. Růstový systém skládající se z grafitového kelímku s náložkou připravovaného materiálu, grafitového podstavce a izolační korundové keramiky je indukčně zahříván nad teplotu tání materiálu (max. teplota až  $1500 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Ze dna kelímku je otvorem vytahována tavenina rychlostí 0,01–100 mm/min, která pod kelímkem krystalizuje. Rozměry výsledného monokrystalu se pohybují v rozmezí 2–3 mm v průměru a délky okolo 10–30 mm (obr. 20). Po ukončení růstu je komora transportována zpět do rukavicového boxu, kde lze s krystalem pod ochrannou atmosférou dále nakládat. Díky rychlosti růstu metoda významně přispěje k zefektivnění studia optických a luminiscenčních materiálů na bázi halogenidů.



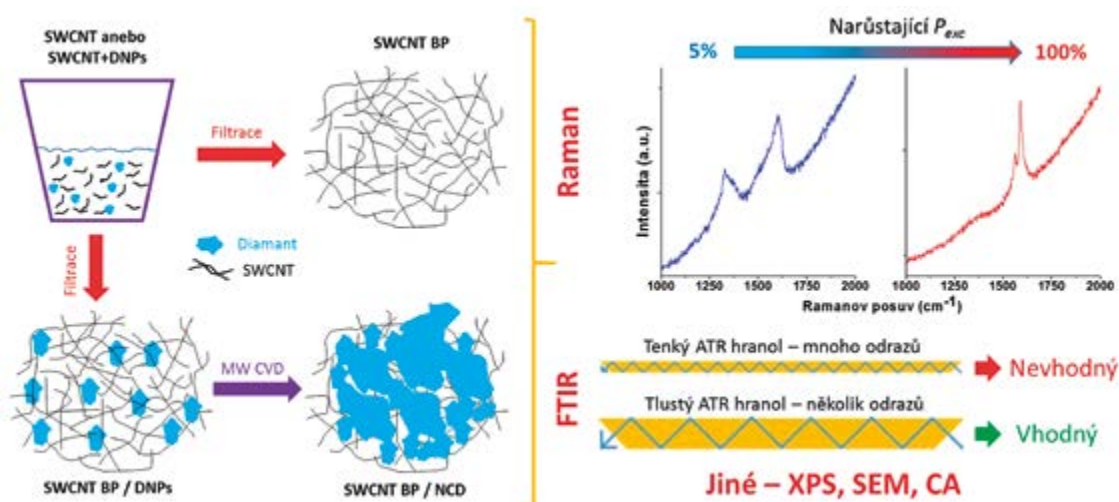
■ Obr. 20 Krystaly NaCl pěstované novou aparaturou micro-pulling-down rychlostí 0,1 mm/min (vlevo) a 1 mm/min (vpravo).

V laboratoři *diamantových tenkých vrstev a uhlíkových nanostruktur* jsme se intenzivně věnovali studiu vytváření hybridních  $sp^2$ - $sp^3$  uhlíkových kompozitních materiálů (obr. 21) s ohledem na jejich potenciální využití v elektrochemii a při **čistění vod**, jako převodníků a zásobníků energie, v biosenzorice, anebo v biotechnologiích. Jako  $sp^2$  uhlíkový materiál byla nejčastěji studována matrice (podložka) ve formě uhlíkových nanotrubiček nebo porézních pěn, na které se nanášela tenká vrstva diamantu (uhlík v  $sp^3$  hybridizaci) [49–50]. Růst diamantových tenkých vrstev byl nejčastěji realizován chemickou depozicí z plynné směsi  $CH_4+H_2 (+CO_2)$  za asistence mikrovlnného plazmatu v konfiguraci s lineárními anténami anebo s elipsoidním rezonátorem. Jednotlivá stádia nukleace, počáteční fáze růstu vrstvy a výsledná kompozitní struktura byly charakterizovány pomocí komplementárních analytických technik a to zejména SEM a AFM mikroskopii, Ramanovou a IR spektroskopií. Provedené studie materiálového inženýrství nejenže rozšířily skupinu heterosystémů realizovaných na bázi  $sp^2$ - $sp^3$  hybridizovaného uhlíku, ale také přispěly k hlubšímu pochopení důležitých aspektů sloužících k jejich charakterizaci. Prokázali jsme, že podmínky Ramanova měření silně ovlivňují výsledná spektra hybridizovaných  $sp^2$ - $sp^3$  heterosystémů na bázi

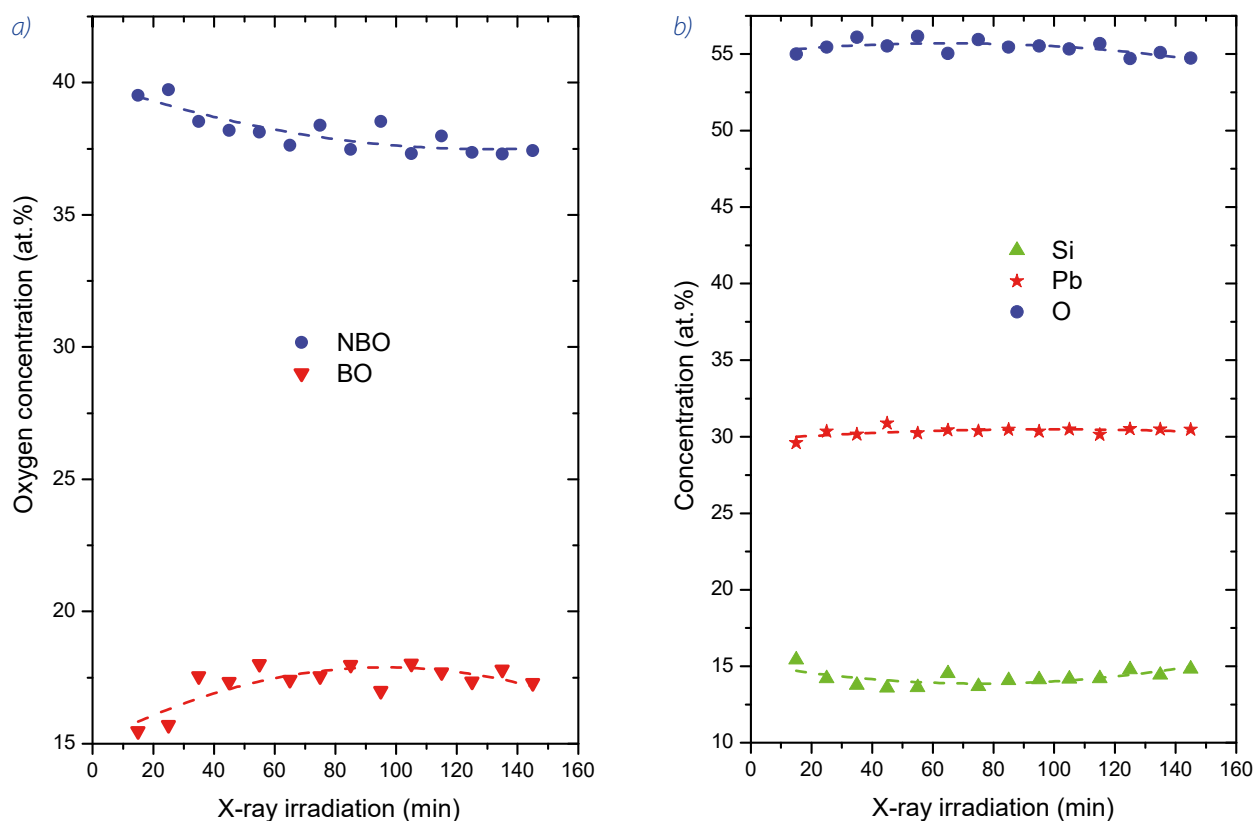
uhlíkových nanotrubiček. Obdobně jsme prokázali vliv geometrických rozměrů ATR hranolů na FTIR spektra uhlíkových nanotrubiček a jejich kompozitů s nanodiamantovými částicemi. Tato problematika byla studována ve spolupráci s následujícími pracovišti: Danubia Nanotech, STU centrum pro diagnostiku, Elektrotechnický ústav SAV, Univerzita Vídeň, KIST – Jižní Korea a ČVUT v Praze.

Jedním z problémů, kterým jsme se zabývali v laboratoři elektronové spektroskopie, byla odolnost olovnatého skla vůči rentgenovému (rtg) záření. Sklo je anorganická amorfni pevná látka. Připravuje se tavením a následným řízeným ochlazením taveniny, která tak nestačí vytvořit krystalovou mřížku. Hlavní surovinou k jeho výrobě je sklářský písek ( $SiO_2$ ), ke kterému se přidávají různé přísady, nejčastěji uhličitán sodný (soda), uhličitán draselný (potas) a oxid vápenatý, které zlepšují jeho chemickou odolnost. Takto se připravují nejběžnější sodno-vápenatá skla, z nichž se vyrábějí okenní tabule, skleněné nádoby a lahve. Skla obohacená o PbO mají vysoký index lomu, jsou měkčí a mají široké využití při výrobě optických, technických, elektrotechnických a osvětlovacích skel. Významná je i jejich schopnost odolávat ionizačnímu záření. K těmto účelům se připravují skla až s 80% podílem PbO. Takto obohacená skla jsou často využívána ve zdravotnictví a při výzkumu vesmíru. Jsou také slibným materiálem, který má sloužit jako látka, do které se má zabudovávat jaderný odpad pro jeho dlouhodobé bezpečné uskladnění.

Výsledky, které jsme získali při zkoumání olovnatých skel s vysokým obsahem PbO, jsme publikovali v článku [51]. Povrch těchto skel jsme analyzovali metodou fotoelektronové spektroskopie ve spektrometru AXIS Supra. K charakterizaci povrchu skel byla použita spektra foto-



■ Obr. 21 Schematické znázornění přípravy a charakterizace  $sp^2$ - $sp^3$  hybridizovaných heterostruktur. Výrobní proces heterostruktur pozůstávající z uhlíkových nanotrubiček a diamantových částic (vlevo) a demonstrace některých výsledků charakterizace těchto uhlíkových heterostruktur.



■ **Obr. 22** a) Změny složení povrchu olovnatého skla v závislosti na době ozařování jeho povrchu rtg zářením. b) Změny ve složení atomů kyslíku nacházejících se ve dvou různých chemických vazbách na povrchu olovnatého skla v závislosti na čase ozařování rtg zářením. S časem ozařování dochází ke zvýšení množství můstkových vazeb (BO), tj. vazeb Si-O-Si, a k poklesu nemůstkových vazeb (NBO), tj. vazeb Si-O-Pb, případně Pb-O-Pb.

elektronových linií Pb 4f, Si 2p, a O 1s. Aby bylo možné spolehlivě porovnávat získané výsledky pro jednotlivé vzorky, byl povrch skel před analýzou a ozařováním očištěn od povrchové kontaminace pomocí svazku iontových klastřů, které byly složeny z 2000 atomů argonu. Předností čištění využitím iontových klastřů je v tom, že z povrchu jsou odstraněny nečistoty, ale chemický stav (vazba) prvků na povrchu skla zůstává zachován.

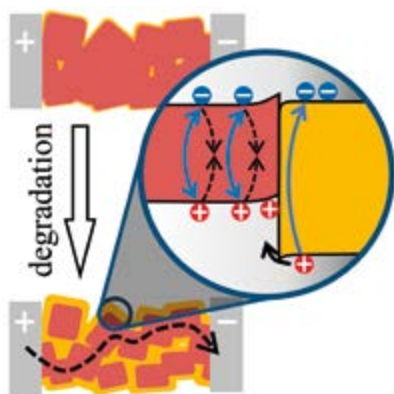
Vliv rtg záření na očištěný povrch olovnatých skel je znázorněn na obr. 22. Z obrázku je zřejmé, že čas ozařování nemá podstatný vliv na povrchové složení skla. Změna koncentrace jednotlivých složek dosahuje hodnoty přibližně 1 % a lze ji připisat experimentální nejistotě. Avšak rtg záření ovlivňuje chemický stav kyslíku v ozařovaném skle. S časem ozařování dochází ke zvýšení množství můstkových vazeb (BO), tj. vazeb Si-O-Si, a k poklesu nemůstkových vazeb (NBO), tj. vazeb Si-O-Pb, případně Pb-O-Pb. Získané výsledky přispějí k přípravě skel odolnějších vůči působení rtg záření.

V laboratoři fotoelektrické a optické spektroskopie jsme se zabývali, ve spolupráci s Institute of Microengineering, École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Neuchâtel, Switzerland, měřením optické absorpce polykrystalických

vrstev metalhalidového perovskitu  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$  (obr. 23). Již dříve se podařilo prokázat přítomnost fáze  $\text{PbI}_2$ , která je buď residuem procesu přípravy, nebo vzniká v důsledku degradace materiálu. Nebylo však dosud zřejmé, jak tato fáze ovlivňuje elektrické vlastnosti takového dvojfázového materiálu. Pomocí fotovodivostní spektroskopie jsme ukázali [52], že přítomnost fáze  $\text{PbI}_2$  omezuje transport nosičů náboje pravděpodobně díky tomu, že  $\text{PbI}_2$  obaluje zrna perovskitu  $\text{C}_{\text{H}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3}$ . Zjistili jsme také, že mezi  $\text{PbI}_2$  a  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$  pravděpodobně dochází k přenosu fotogenerovaných děr, což paradoxně zvyšuje zdánlivou fotocitlivost  $\text{PbI}_2$  oproti  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ . Tento fenomén, známý jako modulační dopování, nebyl dosud pozorován ve spektrech fotoproudu solárních článků, kde je třeba díry a elektrony odsávat v párech. Tato interpretace poskytuje nový náhled na fotogeneraci a transport náboje v dvojfázových perovskitech a solárních článcích.

Ve skupině teorie fázových přechodů byla řešena mj. problematika vzniku krystalických zárodků v podchlazené kapalině. Krystalizace je obvykle detekována opakovaným měřením kritických podchlazení. Statistickým zpracováním těchto údajů jsou určeny počty zárodků, které vznikají v matečné fázi v závislosti na velikosti systému

a podchlazení. Avšak údaje o rozdělovací funkci zárodků podle velikosti chybí. Řešením kinetických rovnic jsme určili počet zárodků v závislosti na velikosti systému a čase. Ukázali jsme [53], že při statistické analýze dat je nezbytné zahrnout do modelu fázové transformace závislost povrchové energie na velikosti krystalických zárodků. V opačném případě je totiž počet vznikajících krystalických zárodků silně podhodnocen.



■ **Obr. 23** Model rozhraní  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3/\text{PbI}_2$  popisující citlivost proudu na osvětlení. Fáze  $\text{PbI}_2$  omezuje elektrický proud pouze na úzkou cestu. Díry generované v  $\text{PbI}_2$  se následně vstříkují do  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ . Vstřikování elektronů umožňuje nabíjení a ohýbání pásů v kombinaci s tepelnou excitací.

## Literatura

- [1] A. Hospodková, T. Hubáček, J. Oswald, J. Pangrác, K. Kuldová, M. Hývl, F. Dominec, G. Ledoux, and C. Dujardin: *InGaN/GaN Structures: Effect of the Quantum Well Number on the Cathodoluminescent Properties*. Phys. Status Solidi b **20** (2017) 1700464.
- [2] F. Dubecký, D. Kindl, P. Hubík, M. Mičušík, M. Dubecký, P. Boháček, G. Vanko, E. Gombia, V. Nečas, J. Mudroň: *A comparative study of Mg and Pt contacts on semi-insulating GaAs: Electrical and XPS characterization*. Applied Surface Science **395** (2017) 131-135.
- [3] Jiří J. Mareš, Pavel Hubík, Václav Špička: *On relativistic transformation of temperature*. Forsch. d. Phys. **65** (2017) 1700018 (13).
- [4] Jaroslav Šesták, Pavel Hubík, Jiří J. Mareš: *Thermal analysis scheme anticipated for better understanding of the Earth climate changes: Impact of irradiation, absorbability, atmosphere and nanoparticles*. Chapter **22**, 471-494, in: *Thermal Physics and Thermal Analysis*. Eds: J. Šesták, P. Hubík, J. J. Mareš, Springer International Publishing Switzerland, Cham, 2017. ISBN 978-3-319-45897-7.
- [5] Jiří J. Mareš, Pavel Hubík, Václav Špička: *On the mathematical structure of physical quantities*. Chapter **24**, 521-540 in: *Thermal Physics and Thermal Analysis*. Eds: J. Šesták, P. Hubík, J. J. Mareš, Springer International Publishing Switzerland, Cham, 2017. ISBN 978-3-319-45897-7.
- [6] see: *Frontiers of Quantum and Mesoscopic Thermodynamics - Book of Abstracts*, Prague, Czech Republic, 9-15 July 2017, and <https://fqmt.fzu.cz/17/>.
- [7] T. Janda, P. E. Roy, R. M. Otxoa, Z. Soban, A. Ramsay, A. C. Irvine, F. Trojaneck, R. P. Campion, B. L. Gallagher, P. Nemeč, T. Jungwirth, J. Wunderlich: *Inertial displacement of a domain wall excited by ultra-short circularly polarized laser pulses*, Nature Commun. **8** (2017) 15226(1)–15226(7).
- [8] J. Sinova and T. Jungwirth: *Surprises from the spin Hall effect*, Physics Today **70** (2017) 38–42.
- [9] K. Olejnik, V. Schuler, X. Marti, V. Novak, Z. Kaspar, P. Wadley, R. P. Campion, K. W. Edmonds, B. L. Gallagher, J. Garces, M. Baumgartner, P. Gambardella, T. Jungwirth: *Antiferromagnetic CuMnAs multi-level memory cell with microelectronic compatibility*, Nature Commun. **8** (2017) 15434(1)–15434(7).
- [10] V. Saidl, P. Nemeč, P. Wadley, V. Hills, R.P. Campion, V. Novak, K.W. Edmonds, F. Maccherozzi, S. S. Dhesi, B.L. Gallagher, F. Trojaneck, J. Kunes, J. Zelezny, P. Maly, T. Jungwirth: *Optical determination of the Neel vector in a CuMnAs thin-film antiferromagnet*, Nature Photon. **11** (2017) 91–96.
- [11] M. J. Grzybowski, P. Wadley, K. W. Edmonds, R. Beardsley, V. Hills, R. P. Campion, B. L. Gallagher, J. S. Chauhan, V. Novak, T. Jungwirth, F. Maccherozzi, S. S. Dhesi: *Imaging current-induced switching of antiferromagnetic domains in CuMnAs*, Phys. Rev. Lett. **118** (2017) 057701(1)–057701(5).
- [12] L. Šmejkal, J. Železný, J. Sinova, T. Jungwirth: *Electric control of Dirac quasiparticles by spin-orbit torque in an antiferromagnet*, Phys. Rev. Lett. **118** (2017) 106402(1)–106402(5).
- [13] L. Palatinus, P. Brázda, P. Boullay, O. Perez, M. Klementová, S. Petit, V. Eigner, M. Zaarour, S. Mintova: *Hydrogen positions in single nanocrystals revealed by electron diffraction*, Science **355** (2017) 166–169.
- [14] P. Brázda, M. Babor, L. Palatinus (2018), in preparation
- [15] J. Hynek, P. Brázda, J. Rohlíček, M. G. S. Londesborough, J. Demel: *Phosphinic Acid Based Linkers: Building Blocks in Metal–Organic Framework Chemistry*, Angew. Chem. Int. Ed. **57** (2018) 1–5.
- [16] M. Veis, J. Minár, G. Steciuk, L. Palatinus, C. Rinaldi, M. Cantoni, D. Kriegner, K. K. Tikuišis, J. Hamrle, M. Zahradník, R. Antoš, J. Železný, L. Šmejkal, X. Marti,

- P. Wadley, R. P. Campion, C. Frontera, K. Uhlířová, T. Duchoň, P. Kužel, V. Novák, T. Jungwirth, K. Výborný: *Band structure of CuMnAs probed by optical and photoemission spectroscopy*, Phys. Rev. B **97** (2018) 125109.
- [17] C. C. Mayorga-Martinez, Z. Sofer, J. Luxa, Š. Huber, D. Sedmidubský, P. Brázda, L. Palatinus, M. Mikulics, P. Lazar, R. Medlín and M. Pumera: *TaS<sub>3</sub> Nanofibers: Layered Trichalcogenide for High-Performance Electronic and Sensing Devices*, ACSNano **12** (2018) 464–473.
- [18] V. Petříček, M. Dušek, J. Plášil: *Crystallographic computing system Jana2006: solution and refinement of twinned structures*, Z. Kristallogr. **231**(10) (2016) 583–599.
- [19] H. Stokes, B.J.Campbell & D.M. Hatch: ISODISTORT, <http://stokes.byu.edu/iso/isodistort.php>.
- [20] L. Noohinejad, S. van Smaalen, V. Petříček, A. Schönleber: *Incommensurately modulated structure of morpholinium tetrafluoroborate and configurational versus chemical entropies at the incommensurate and lock-in phase transitions*, Acta Crystallogr. B **73** (2017) 836–843.
- [21] D. Simeone, G.J. Thorogood, D.Hao, L. Luneville, G.Baldinozzi, V. Petříček, F. Pocher, J.Ribis, L.Mazerolles, L. Largeau, J.F.Berar & S.Surble: *Intricate disorder in defect fluorite/pyrochlore: a concord of chemistry and crystallography*, Scientific Reports **7** (2017) 2737.
- [22] T.A. Olds, J. Plášil, A.R. Kampf, A. Simonetti, L.R. Sadergaski, Y.-S. Chen, P.C. Burns: *Ewingite: Earth's most complex mineral*, Geology **45** (2017) 1007–1010.
- [23] L.Bindl, V.Petříček, C.Biagioni, J.Plášil, Yves Moëlo: *Could incommensurability in sulfosalts be more common than thought? The case of meneghinite, CuPb<sub>13</sub>Sb<sub>7</sub>S<sub>24</sub>*, Acta Crystallogr. B **73** (2017) 369–376.
- [24] J.Plášil, V.Petříček, J.Majzlan: *A commensurately modulated structure of parabutlerite, Fe<sup>III</sup>SO<sub>4</sub>(OH)·2H<sub>2</sub>O*, Acta Crystallogr. B **73** (2017) 1–7.
- [25] J.Plášil, V.Petříček: *Crystal structure of the (REE)-uranyl carbonate mineral kamotoite-(Y)*, Mineralogical Magazine **81** (2017) 653–660.
- [26] R. Černý, V. Favre-Nicolin, J. Rohlíček, M. Hušák: *FOX, Current State and Possibilities*, Crystals **322** (2017) 1-9.
- [27] S. Ayaz Khan, J. Minár, H. Ebert, P. Blaha, O. Šipr: *Local environment effects in the magnetic properties and electronic structure of disordered FePt*, Physical Review B **95** (2017) 014408.
- [28] P. Kautny, H. Kriegner, D. Bader, M. Dušek, G.A. Reider, J. Froehlich, B. Stoeger: *Ethyne-Linked Push–Pull Chromophores: Implications of Crystal Structure and Molecular Electronics on the Quadric Nonlinear Activity*, Cryst. Growth Des. **17** (2017) 4124–4136.
- [29] P. Novák a M. Diviš, *Magnetism and Crystal Field in PrCuAl<sub>3</sub> and NdCuAl<sub>3</sub>*, Acta Physica Polonica, **131** (2017) 964.
- [30] R. Řezníček, V. Chlan, H. Štěpánková, P. Novák, J. Zukrowski, A. Kozłowski, Z. Kakol, Z. Tarnawski a J. M. Honig, *Understanding the Mössbauer spectrum of magnetite below the Verwey transition: Ab initio calculations, simulation, and experiment*, Phys. Rev. B **96** (2017) 195124(1-10).
- [31] J. Kaštil, M. Míšek, J. Kamarád, Z. Arnold, K. Vlášková, J. Prchal, M. Diviš, P. Doležal, J. Prokleška, J. Valenta, J. Fikáček, A. Rudajevová, D. Kriegner, *Properties of the divalent-Yb compound YbAu<sub>2</sub>Si<sub>2</sub> under extreme conditions*, Physica B-Condensed matter **505** (2017) 41.
- [32] J. Kaštil, Z. Arnold, O. Isnard, Y. Skourski, J. Kamarád, J.P. Iltié, *Study of magnetic, structural and magnetocaloric properties of La<sub>0.6</sub>Pr<sub>0.4</sub>Mn<sub>2</sub>Si<sub>2</sub> under high pressure and magnetic field*, J. Magn. Magn. Mater. **424** (2017) 416.
- [33] Z. Jiráček, O. Kaman, K. Knížek, P. Levinský, M. Míšek, P. Veverka, and J. Hejtmánek, *High-field magnetoconductance in La-Sr manganites of FM and AFM ground states*, J. Magn. Magn. Mater. **456** (2018) 167.
- [34] J. Koktan, G. Goglio, J. Hejtmánek, Z. Jiráček, K. Knížek, J. Kuličková, M. Maryško, and O. Kaman, *Magnetoconductivity of the La<sub>1-x</sub>Sr<sub>x</sub>MnO<sub>3</sub>@TiO<sub>2</sub> Nanocomposite*, IEEE Trans. Magn., **53** (2017) 8109606 (6).
- [35] O. Kaman, Z. Jiráček, J. Hejtmánek, A. Ndayishimiye, M. Prakasam, and G. Goglio, *Tunneling magnetoresistance of hydrothermally sintered La<sub>1-x</sub>Sr<sub>x</sub>MnO<sub>3</sub>-silica nanocomposites*, J. Phys.: Condens. Matter (submitted, 2017).
- [36] J. Hirschner, M. Maryško, J. Hejtmánek, R. Uhrecký, M. Soroka, J. Buršík, A. Anadón, M. H. Aguirre, K. Knížek, *Spin Seebeck effect in Y-type hexagonal ferrite thin films*, Phys. Rev. B, **96** (2017). 064428.
- [37] M. Šindler, R. Tesař, J. Koláček a L. Skrbek, *Anisotropic behaviour of transmission through thin superconducting NbN film in parallel magnetic field*, Physica C, **533** (2017) 154–157.
- [38] S. Fujii, S. Marqués-González, J. Y. Shin, H. Shinokubo, T. Masuda, T. Nishino, N. P. Arasu, H. Vázquez and M. Kiguchi, *Highly-conducting molecular circuits based on antiaromaticity*, Nat. Commun. **8** (2017) Article number: 15984.
- [39] O. Stetsovych, M. Švec, J. Vacek, J. Vacek Chocholoušová, A. Jančařík, J. Rybáček, K. Kosmider, I. G. Stará, P. Jelínek, I. Starý, *From helical to planar chirality by on-surface chemistry*, Nat. Chem. **9** (2017) 213–218.

- [40] J. Onoda, M. Ondráček, P. Jelínek, Y. Sugimoto  
*Electronegativity determination of individual surface atoms by atomic force microscopy*, *Nat. Commun.* **8** (2017) 15155(1)–15155(6).
- [41] F. Lorenzo, A. B. Aebersold, M. Morales-Masis, M. Ledinský, S. Escrig, A. Vetushka, D. T. L. Alexander, A. Hessler-Wyser, A. Fejfar, C. Hébert, S. Nicolay, C. Ballif  
*Direct Imaging of Dopant Distribution in Polycrystalline ZnO Films*, *ACS Applied Materials and Interfaces* **9** (2017) 7241–7248.
- [42] Z. Hájková, M. Ledinský, A. Vetushka, J. Stuchlík, M. Müller, A. Fejfar, M. Bouša, M. Kalbáč, O. Frank,  
*Photovoltaic characterization of graphene/silicon Schottky junctions from local and macroscopic perspectives*, *Chem. Phys. Lett.* **676** (2017) 82–88.
- [43] Ondič, L.; Varga, M.; Hruška, K.; Fait, J.; Kapusta, P.  
*Enhanced Extraction of Silicon-Vacancy Centers Light Emission Using Bottom-Up Engineered Polycrystalline Diamond Photonic Crystal Slabs*. *ACS Nano* 2017, **11** (3), 2972–2981.
- [44] Kůsová, K. and Dohnalová, K.: Organically capped silicon nanocrystals in *Silicon Nanomaterials Sourcebook: Low-Dimensional Structures, Quantum Dots, and Nanowires, Volume One*; Chapter 16, CRC Press, 2017, edited by Sattler, K. D.
- [45] Š. Stehlík, M. Varga, P. Štenclová, L. Ondič, M. Ledinský, J. Pangrác, O. Vaněk, J. Lipov, A. Kromka, B. Rezek  
*Ultrathin Nanocrystalline Diamond Films with Silicon Vacancy Color Centers via Seeding by 2 nm Detonation Nanodiamonds*, *ACS Applied Materials and Interfaces* **9** (2017) 38842–38853.
- [46] X. Chen, Z. Hu, M. Cao, C. Hu, S. Liu, H. Chen, Y. Shi, H. Kou, T. Xie, A. Vedda, V. Jarý, R. Kučerková, M. Nikl, J. Li,  
*Influence of cerium doping concentration on the optical properties of Ce, Mg:LuAG scintillation ceramics*. *J. Eur. Cer. Soc.* (2018). <https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2018.03.023>
- [47] V. Jarý, L. Havlák, J. Bárta, M. Rejman, A. Bystřický, Ch. Dujardin, G. Ledoux, M. Nikl,  
*Circadian Light Source Based on  $K_xNa_{1-x}LuS_2:Eu^{2+}$  Phosphor*, *ECS Journal of Solid State Science and Technology*, **7** (2018) R3182–R3188.
- [48] V. Jarý, P. Boháček, J. Pejchal, A. Beitlerová, B. Trunda, D. Pánek, P. Brůža, S. Kurosawa, A. Yoshikawa, M. Nikl.  
*Scintillating ceramics based on non-stoichiometric strontium hafnate*, *Optical Materials* **77** (2018) 246–252.
- [49] M. Varga, T. Izak, V. Vretenar, H. Kozak, J. Holovský, A. Artemenko, M. Hulman, V. Skakalova, D.S. Lee, A. Kromka,  
*Diamond/carbon nanotube composites: Raman, FTIR and XPS spectroscopic studies*, *Carbon* **111** (2017) 54–61.
- [50] M. Varga, S. Stehlik, O. Kaman; T. Izak, M. Domonkos, D. S. Lee, A. Kromka,  
*Templated diamond growth on porous carbon foam decorated with polyvinyl alcohol-nanodiamond composite*, *Carbon* **119** (2017) 124–132.
- [51] J. Zemek, P. Jiříček, J. Houdková, K. Jurek, O. Gedeon,  
*Lead-silicate glass surface sputtered by an argon cluster ion beam investigated by XPS*, *J. Non-Cryst. Solids* **469** (2017) 1–6.
- [52] J. Holovský, S. De Wol, J. Werner, Z. Remeš, M. Müller, N. Neykova, M. Ledinský, L. Černá, P. Hrzina, P. Löper, B. Niesen, C. Ballif,  
*Photocurrent Spectroscopy of Perovskite Layers and Solar Cells: A Sensitive Probe of Material Degradation*, *J. Phys. Chem. Lett.* **8** (2017) 838–843.
- [53] Z. Kožíšek, P. Demo,  
*Homogeneous crystal nucleation in Ni droplets*, *J. Cryst. Growth* **475** (2017) 247–250.





## 2.4 Sekce optiky v roce 2017

Výzkum v Sekci optiky je zaměřen na klasické a kvantové vlastnosti šíření optického záření, charakterizaci a optimalizaci optických materiálů a funkčních struktur pro široké spektrum aplikací. Dlouhodobě se zabýváme studiem a realizací nových plazmatických a optických technologií přípravy a modifikace tenkovrstvých systémů a nanostruktur. Výrazného pokroku jsme dosáhli především v oblasti depozičních metod nízkoteplotního plazmatu a pulzní laserové ablace. Klíčovým tématem je problematika kvantové a nelineární optiky, kde jsme pokračovali ve výzkumu kvantových korelací a generace neklasických stavů na úrovni jednotlivých fotonů i klasických intenzit. V oblasti zpracování kvantové informace jsme se dále zabývali problematikou kvantové provázanosti. Důležitý je také nový mezioborový výzkum zaměřený na vývoj a aplikaci fyzikálních metod v regenerační medicíně a biologii. V tomto směru se podařilo dosáhnout velice zajímavých výsledků spojených s biofyzikou nanočástic, vysokogradientních magnetických polí a nízkoteplotním plazmatem.

Významných výsledků bylo dosaženo v rámci Velké výzkumné infrastruktury SAFMAT ([www.fzu.cz/en/safmat](http://www.fzu.cz/en/safmat)), která zahrnuje laboratoře pro charakterizaci materiálů, elektronovou paramagnetickou rezonanční spektroskopii (EPR), fotoelektronovou spektroskopii pomocí přístroje NanoESCA, elektronovou mikroskopii s plazmatickým fokusovaným svazkem pro nano-obrábění (SEM+FIB), mikroskopii atomárních sil (AFM), zde byl prováděn materiálový výzkum široké škály materiálů zahrnující diamantové a nanodiamantové vrstvy, topologické izolátory, Heuslerovy slitiny, krystaly SiC, materiály pro luminofory a scintilátory, dopované feroelektrické materiály a v neposlední řadě slitiny s tvarovou pamětí. V roce 2017 se na vědecké práci v infrastruktuře podílelo celkem 35 vědeckých pracovníků ze šesti oddělení FZÚ (Oddělení analýzy funkčních materiálů, Oddělení optických a biofyzikálních systémů, Oddělení nízkoteplotního plazmatu, Oddělení funkčních materiálů, Oddělení tenkých vrstev a nanostruktur, Oddělení optických materiálů). V roce 2017 bylo s jejím

využitím publikováno vědeckými týmy z FZÚ celkem 43 publikací v impaktovaných časopisech.

### 2.4.1 Kvantová a nelineární optika

Proces produkce fotonových párů pomocí parametrické sestupné konverze otevírá cestu k efektivní produkci stavů světla, které nemají analogii v klasické fyzice, a tudíž je nazýváme „neklasické“. V roce 2017 jsme se v této oblasti věnovali zejména neklasickým nerovnostem odvozeným pro momenty fotonových rozdělů a také pro jednotlivé pravděpodobnosti těchto rozdělů. Odvodili jsme celou řadu nerovností a tyto nerovnosti jsme experimentálně ověřili na datech získaných detekcí slabých párových polí pomocí iCCD kamery [1,2]. Také jsme se věnovali různým definicím sub-poissonovského záření, které jsme srovnali v práci [2]. Pozornost jsme věnovali dalšímu zkvalitnění zpracování experimentálních fotonových statistik tím, že jsme rozpracovali novou metodu redukce šumu obsaženého v těchto datech s využitím prostorových korelací fotonů ve slabých párových polích [3]. Zabývali jsme se také oblastí platnosti neklasických nerovností pro slabá párová pole a stavy odvozené z těchto polí pomocí děličů svazku a rozvinuli jsme numerický model silného procesu parametrické sestupné konverze s ohledem na vlastnosti čerpacího svazku.

Detekcí a kvantifikací kvantové provázanosti jsme se zabývali také v jiných stupních volnosti než jen v počtech fotonů, zejména s ohledem na aplikace v oblasti kvantového zpracování informace. Publikovali jsme experimentální práci, ve které ukazujeme, jak lze využít nelineárního svědka kvantové provázanosti pro praktickou diagnostiku provázanosti v kvantovém relé [4]. Tuto práci jsme doplnili souběžně provedenou teoretickou analýzou zabývající se dalšími praktickými možnostmi detekce provázanosti. Další experiment se věnoval protokolu pro kvantové peníze patřící do širšího rámce protokolů kvantové komunikace. Testovali jsme bezpečnost dvou



schémata pro kódování kvantových bankovek. Tato schémata jsme podrobili útoku prostřednictvím optimálního kvantového kloneru. Výsledkem experimentu byly potvrzené limity bezpečnosti, za kterými již banka nemůže bankovky považovat za spolehlivě pravé [5]. Dále jsme rozpracovali implementace několika kvantových hradel pro kvantové komunikační sítě.

## 2.4.2 Optické technologie pro experimentální astrofyziku

Skupina optických technologií pokračovala v podpoře velkých mezinárodních kolaborací v oblasti experimentální astrofyziky, jako jsou Observatoř Pierra Augera (PAO) nebo Cherenkov Telescope Array (CTA). Na PAO jsme se v roce 2017 věnovali celé řadě plánovaných odborných problémů: zajišťování běžného provozu a údržby fluorescenčních detektorů experimentu, údržbě celooblohových kamer instalovaných v rámci procesu řízení observatoře včetně dlouhodobého sběru atmosférických dat. Shrnutí dlouhodobého sledování stavu vybraných optických parametrů segmentů primárního zrcadla na teleskopech fluorescenčních detektorů v závislosti na čase bylo zpracováno do publikace [6], která mimo jiné uvádí některá doporučení v oblasti údržby primárních zrcadel s ohledem na správnou funkčnost fluorescenčních detektorů. Pro projekt CTA byla zahájena výroba zrcadlových segmentů pro malé teleskopy typu SST a pokračovaly práce na vývoji justážních a pointačních metod prototypu SST-1M teleskopu.

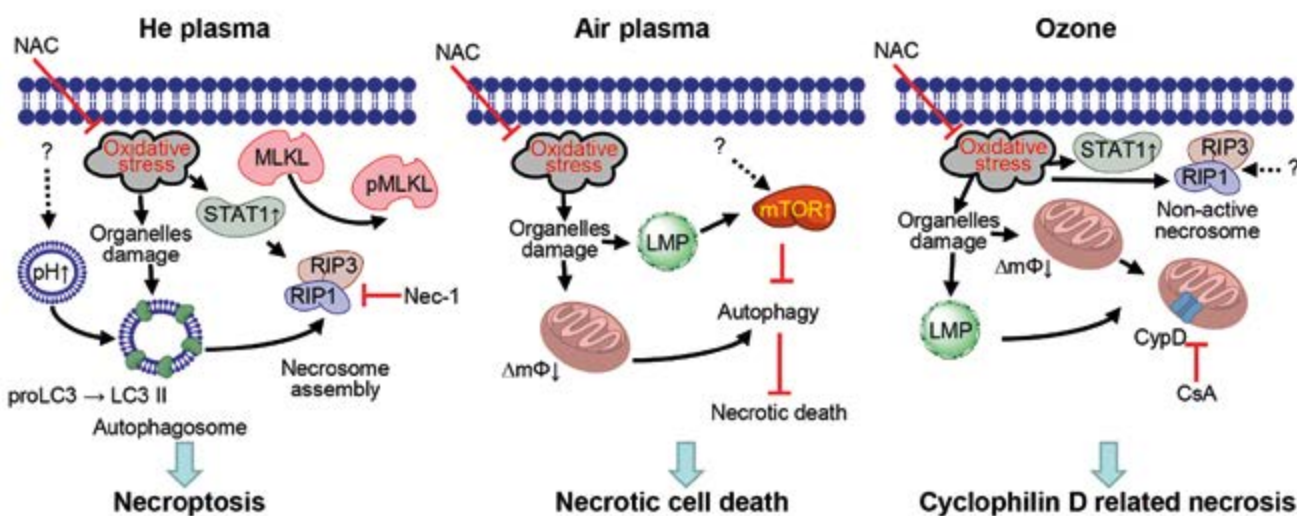
Pokračoval také vývoj fluorescenčního detektoru FAST jako nové generace ultravysokoenergetického detektoru kosmického záření a byla založena volná mezinárodní kolaborace FAST (<http://www.fast-project.org>). Byla

dokončena výroba dvou nových prototypů teleskopů české konstrukce, které byly nejprve testovány a následně odeslány k instalaci do Deltu, Utah, USA. Po analýze výsledků bylo možné optimalizovat systém teleskopu FAST za účelem zvýšení celkového optického výkonu. Byly navrženy nové justážní postupy pro nastavení zrcadlových segmentů a pointace teleskopů [7].

## 2.4.3 Nízkoteplotní plazma v biomedicíně

I nadále jsme pokračovali v úspěšném výzkumu prezentovaném v minulém roce. Pokroky ve výzkumu využití nízkoteplotního plazmatu byly shrnuté ve dvou publikacích v časopise *Scientific Reports* [8,9].

Pečlivá biochemická analýza interakcí mezi nízkoteplotní plazmou a buňkami se stává jedním z nejdůležitějších témat, hlavně kvůli rozvoji využití tohoto přístupu v biomedicíně v posledních letech. V naší studii pozorujeme rozdílné dráhy buněčné smrti, které jsou indukované působením chemicky odlišných plazmat. Dále jsme prokázali, že působení heliového plazmatu na buňky vedlo k formaci nekrozómu a spuštění nekroptózy, zatímco působení plazmatu generovaného ze vzduchu vedlo k aktivaci mTOR signalizace a inhibici autofágie, která indukuje mTOR-zprostředkovanou nekrózu. Naproti tomu samotné působení ozónu (významná složka plazmy generované ze vzduchu) prokázalo nejvyšší úroveň produkce reaktivních forem kyslíku, která vedla k CypD-zprostředkované nekróze prostřednictvím narušené mitochondriální permeability (obr. 1). Naše výsledky nabízejí nový pohled na interakci buněk s plazmou a odhalují rozličné dráhy buněčné smrti spouštěné působením plazmy [8].



■ Obr. 1 Schéma aktivace rozdílných signálních biochemických drah v buňce po působení vzdušné, heliové plazmy a ozónu. LMP – permeabilizace lysozomální membrány; ΔmΦ – mitochondriální membránový potenciál; CsA- cyklosporin.

Dále jsme analyzovali efekt nízkoteplotní vzdušné plazmy generované při atmosférickém tlaku při léčbě na modelu akutní kožní rány u potkana [9]. Důkladně jsme posoudili způsob, jak plazma ovlivňuje proces hojení na tomto modelu. Kožní rána byla vystavena působení plazmy třikrát denně v délce 1 až 2 minuty a následně hodnocena 3., 7. a 14. den po poranění histologickou a imunohistologickou analýzou a analýzou genové exprese [9]. Provedli jsme i PCR analýzu prozánětlivých markerů a markerů souvisejících s léčbou ran. Výsledky PCR reakce byly potvrzené imunohistochemickým barvením. V naší studii jsme prokázali, že působení plazmy vedlo ke zlepšení hojení akutního poranění kůže bez souběžné aktivace prozánětlivých signálních drah. Získané výsledky zdůrazňují příznivost využití plazmy v klinické medicíně.

### 2.4.4 Biofyzika vysokogradientních magnetických polí

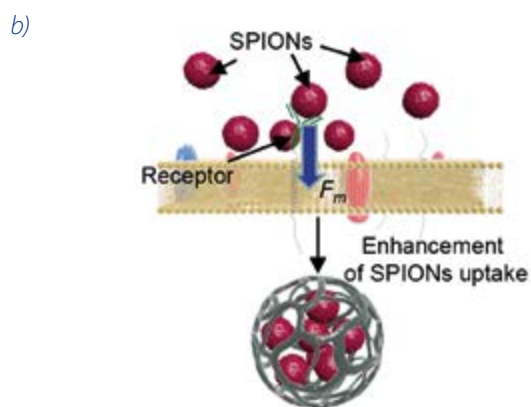
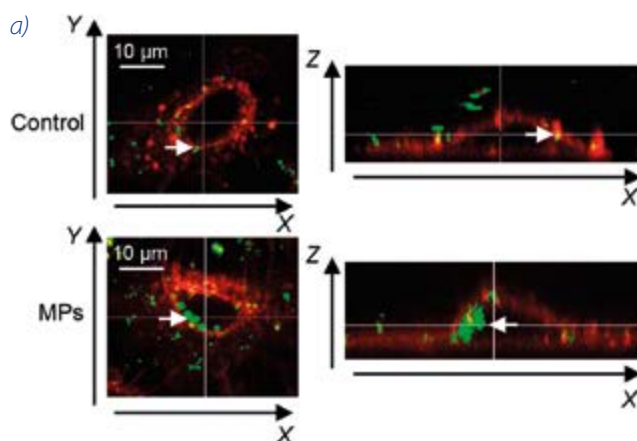
V rámci spolupráce Společné biofyzikální laboratoře Fyzikálního ústavu (FZÚ) a Ústavu experimentální medicíny (ÚEM) v kooperaci se skupinou Dr. Nory Dempsey (Institute NEEL, Grenoble, France) jsme pracovali na zkoumání efektu vysokogradientních magnetických polí na buňky.

V tomto roce skupina Dr. Nory Dempsey (Institute NEEL, Grenoble, France) vyvinula vlastní pulzní zdroj magnetického pole vytvořeného k produkci magnetického pole o síle 10T při pokojové teplotě. Systém pozůstává z pulzního zdroje proudu, který je spojen s měděnou cívkou s vnitřním (vnějším) průměrem 3 (7) mm. Zdroj proudu je velmi kompaktní (zhruba 10 × 10 × 10

cm<sup>3</sup>) a protože pulzy proudu jsou velmi krátké (~ 15 μs), není zapotřebí ochlazovat cívku. Tento systém jsme použili při pokusech o zvýšení absorpce nanočástic SPION buňkami vystavenými vysokým impulsům magnetického pole. Pro studium absorpce SPION nanočástic jsme zvolili Huh7 rakovinovou buňkovou linii izolovanou z jater. Aplikace pulzů následovaná krátkou dobou usazování ~ 2 min vedla k výraznější absorpci nanočástic SPION při porovnání s kontrolními buňkami inkubovanými ve stejné koncentraci SPION nanočástic po dobu 1,5 h v nepřítomnosti pulzního magnetického pole [10]. Aplikace intenzivního impulzního pole nejenže významně zvýšila absorpci SPION nanočástic, ale taktéž výrazně snížila čas potřebný pro účinnou absorpci částic. Jak je zřejmé z ortogonální projekce lokalizace SPION částic v buňkách zobrazených na obr. 2a, zvýšení počtu částic uvnitř buněk je indukováno silou magnetického gradientu působícího na SPION částice (ve směru od apikální k dolní membráně).

### 2.4.5 Nano a mikrotechnologie v biomedicíně

Specificky navrhnuté a funkcionalizované nanočástice nacházejí využití v mnoha biomedicínských aplikacích. Důležité kritické parametry ovlivňující využití jsou povrchová funkcionalizace a schopnost biodegradovatelnosti. V našich studiích jsme prokázali, že amino- funkcionalizované polystyrénové nanočástice (PS-NH<sub>2</sub>), nikoliv však amino- nebo hydroxyl-funcionalizované křemíkové nanočástice vyvolávají buněčnou smrt v Huh7 buňkách hepatocelulárního karcinomu. Biodegradovatelnost na-



■ **Obr. 2** (a) Porovnání absorpce SPION nanočástic v přítomnosti a absenci magnetických pulzů. Konfokální ortogonální obrázky buněk pře-inkubovaných s nanočásticemi SPION (250 μg Fe/ml, zelená) po dobu 1 min a expozici 10 magnetických pulzů (MPs) ~ 7T v desetisekundových intervalech. Buňky v kontrole byly vizualizovány 10 minut po pře-inkubaci s touto samou koncentrací nanočástic bez působení magnetických pulzů. Buněčná membrána byla značena pomocí CellMask™ Deep Red (červená). (b) Schéma absorpce SPION nanočástic pomocí magnetických pulzů.

nočástic hraje významnou úlohu při regulaci esenciálních buňkových procesů. Biodegradovatelné nanočástice s obsahem oxidu křemičitého té samé velikosti, tvaru a povrchové funkcionalizace vyvolaly rozdílné efekty u buněk v porovnání s podobnými polystyrénovými nanočásticemi [11, 12].

V naší studii jsme využili tři typy nanočástic jako platformu umožňující získat náhled na biomedicínsky relevantní klíčové determinanty povrchové funkcionalizace nanočástic. V souladu s našimi předchozími daty PS-NH<sub>2</sub>, nikoliv však Si-OH, indukovaly buněčnou smrt v Huh7 rakovinové linii. Neočekávané Si-NH<sub>2</sub> signifikantně zvýšily míru proliferace Huh7 buněk. Kromě toho působení nanočástic -NH<sub>2</sub> nesoucích tvrdou proteinovou korunu (tvořenou BSA nebo RNázou) na Huh7 mělo za následek vyšší míru proliferace v porovnání s působením Si-NH<sub>2</sub> s holou korunou. Je důležité poznamenat, že využití BSA nebo RNázy v té samé koncentraci nemělo vliv na buněčnou proliferaci.

## 2.4.6 Výuka studentů v oblasti biofyziky

V roce 2017 proběhlo dobudování biologické laboratoře, která umožňuje zhodnocení širokého spektra experimentů. Vytvoření nového instrumentálního základu, společně se zlepšením dostupných laboratoří, podpoří mezinárodní spolupráci a umožní studentům pregraduálního stupně i PhD studentům podílet se na špičkovém fyzikálním výzkumu směřovanému k biologii a k medicíně. Nově vybudovaná laboratoř buněčné kultivace společně s novou mikroskopickou laboratoří poskytují základní infrastrukturu pro interdisciplinární biofyzikální pracoviště, což umožňuje komplexní výzkum v oblastech fyziky, chemie, biologie i medicíny.

Během roku 2017 se kompletně vybavená biologická laboratoř postupně rozšiřovala a pokračovala ve velmi úspěšném výzkumu jako součást Fyzikálního ústavu. Vytvořená infrastruktura nám umožnila novou perspektivní spolupráci s následujícími evropskými partnery. Společně se skupinou Dr. Leonard J. Nelson (Hepatology Laboratory, University of Edinburgh, Edinburgh, UK) a Dr. Francisco Javier Cubero (Department of Immunology, Complutense University School of Medicine, Madrid, Španělsko) jsme podali žádost o Evropský výzkumný projekt. Navíc jsme nadále pokračovali ve spolupráci se skupinou Dr. Nory Dempsey (Institute NEEL, Grenoble, Francie) ve výzkumu využití vysokogradientních magnetických polí v biomedicíně. Dále jsme zahájili spolupráci se skupinou Prof. Milana Jirsy (Institut klinické a experimentální medicíny,

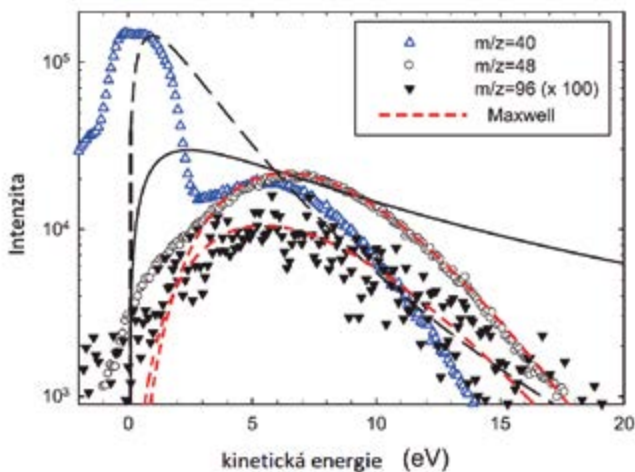


■ Obr. 3 Ukázka práce doktorandů v nové Biofyzikální laboratoři.

IKEM, Praha, Česká republika), která již vyústila v řadu publikací [14-19].

## 2.4.7 Depozice speciálních typů tenkých vrstev a nanoklastrů v kompozitních materiálech

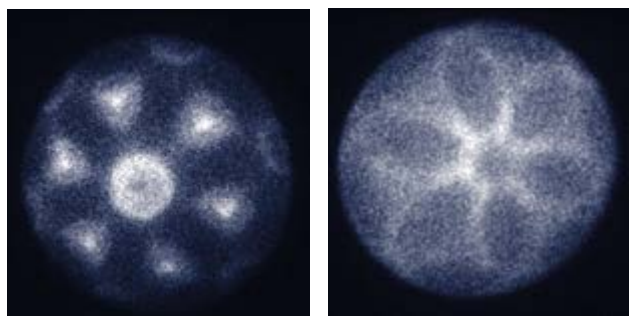
V Oddělení nízkoteplotního plazmatu byla studována tvorba monomerů Ar<sup>+</sup> a Ti<sup>+</sup> a dimerů Ar<sub>2</sub><sup>+</sup>, ArTi<sup>+</sup> a Ti<sub>2</sub><sup>+</sup> v magnetronovém napařovací plazmatu z důvodu pochopení procesů tvorby těchto částic a jejich případného využití pro přípravu nových nanomateriálů ve formě tenkovrstvých struktur. Tato studie je zásadní pro realizaci depozice speciálních typů tenkých vrstev a zejména nanoklastrů či nanočástic v kompozitních materiálech, kde nanočástice musí mít definované rozměry a koncentraci v objemu. Pro studium těchto procesů byla na našem pracovišti využita metoda časově rozlišené energeticky rozlišené hmotnostní spektrometrie iontů v plazmatu, která pracovala až do hmotností 1000 amu. Magnetron pracoval ve stejnosměrném a impulzním režimu s titanovou katodou. Získaná energetická spektra iontů Ar<sup>+</sup> a Ti<sup>+</sup> vysvětlují mechanismus jejich vzniku, který nastává za určitých podmínek přímo na povrchu rozprašované titanové katody nebo i v objemu plazmatu magnetronového výboje. Mechanismus vzniku iontů dimerů Ar<sub>2</sub><sup>+</sup>, ArTi<sup>+</sup>, Ti<sub>2</sub><sup>+</sup> vykazuje silnou závislost na tlaku pracovního tlaku v plazmovém reaktoru. Výsledky výzkumu dále dokazují, že ionty Ti<sub>2</sub><sup>+</sup> vznikají přímým odprašováním Ti<sub>2</sub> dimerů z Ti katody magnetronu, což je důležitým jevem, který lze využít například pro depozici klastrů za definovaných podmínek. Výsledky tohoto výzkumu byly publikovány v [20]. Na obr. 1h je příklad zaznamenaných rozdělovacích funkcí iontů argonu a titanu a studovaných dimerů Ti<sub>2</sub><sup>+</sup>.



■ Obr. 4 Měřená energetická rozdělovací funkce iontů  $Ar^+$ ,  $Ti^+$  a  $Ti_2^+$  při tlaku argonu 0,3 Pa.

### 2.4.8 Antikoroziční pokrytí Zr na bázi Heuslerovy slitiny Fe-Zr-Si

Pro zlepšení antikorozičních vlastností Zr byly metodami fotoelektronové spektroskopie přístrojem NanoESCA studovány Heuslerovy slitiny na bázi Fe-Zr-Si. Původní ideou bylo vytvoření povlakové vrstvy tohoto typu jen s využitím nečistot přítomných v Zr v důsledku čistícího procesu použitého při separaci. Jedním z těchto prvků je Fe, který je běžně přítomen v Zr a segreguje na povrch při temperaci materiálu. Ukazuje se, že Fe se již nachází ve formě slitiny se Zr a není patřičně zabudován do povlaku. Ten je ve složení Si, Si+Fe plně odolný pronikání kyslíku k povrchu materiálu, ale podléhá působení kontaminace vody v sekundárním okruhu reaktoru, a to zejména hydroxidu lithia. Byla kompletně zmapována elektronová struktura Zr(0001) monokrystalu v širokém rozsahu energií s ohledem na strukturní a chemickou neuspořádanost, které jsou do materiálu vneseny odchylkami od stechiometrie a dvojčatením krystalů. Jako korozní prostředí bylo použito kapalin či vodních roztoků s obsahem příměsí, které se běžně vyskytují v reaktorech, zejména sekundár-



■ Obr. 5 PEEM v  $k$  prostoru a) Zr(0001) krystalu a b) Zr-Fe-Si slitiny

ních obvodů. Postupně byly testovány povlaky typu Si a Si+Fe deponované za teplot kolem 700°C, kdy dochází k povrchové reakci jednak typu Si a Fe a jednak k reakci s polykrystalickým materiálem Zr vzorků. Povlaky tak vytvářejí mechanicky odolné vrstvy [21,22].

### Literatura

- [1] J. Peřina Jr., V. Michálek, O. Haderka: Higher-order sub-Poissonian-like nonclassical fields: Theoretical and experimental comparison. *Phys. Rev. A* **96**, 033852 (2017).
- [2] J. Peřina Jr., I. I. Arkhipov, V. Michálek, O. Haderka: Nonclassicality and entanglement criteria for bipartite optical fields characterized by quadratic detectors. *Phys. Rev. A* **96**, 043845 (2017).
- [3] J. Peřina Jr., V. Michálek, O. Haderka: Noise Reduction in Photon Counting by Exploiting Spatial Correlations, *Phys. Rev. Applied* **8**, 044018 (2017).
- [4] K. Bartkiewicz, K. Lemr, A. Černocho, A. Miranowicz: Bell nonlocality and fully entangled fraction measured in an entanglement-swapping device without quantum state tomography, *Phys. Rev. A* **95**, 030102 (2017).
- [5] K. Bartkiewicz, G. Chimczak, A. Černocho, K. Lemr, A. Miranowicz, F. Nori: Experimental quantum forgery of quantum optical money, *NPJ Quant. Inf.* **7**, 3 (2017).
- [6] L. Nozka, H. Hiklova, P. Horvath, M. Hrabovsky, D. Mandat, M. Palatka, M. Pech, J. Ridky, P. Schovaneck: Monitoring of the optical performance of primary mirrors of fluorescence detectors at the Pierre Auger Observatory. *Journal of Instrumentation*, v recenzním řízení.
- [7] D. Mandat, M. Palatka, M. Pech, P. Schovaneck, P. Travnicek, L. Nozka, M. Hrabovsky, P. Horvath, T. Fujii, P. Privitera, M. Malacari, J. Farmer, A. Galimova, A. Matalon, M. Merolle, X. Ni, J.A. Bellido, J.N. Matthews a S. B. Thomas: The prototype opto-mechanical system for the Fluorescence detector Array of Single-pixel Telescopes, *Journal of Instrumentation* **12**, 11, T07001 (2017).
- [8] Kubinová Š, Zavislova K, Uherkova L, Zablotskii V, Churpita O, Lunov O, Dejneca A. Non-thermal air plasma promotes the healing of acute skin wounds in rats. *Sci Rep.* 2017; **7**: 45183.
- [9] Lunov O, Zablotskii V, Churpita O, Lunova M, Jirsa M, Dejneca A, Kubinová Š. Chemically different non-thermal plasmas target distinct cell death pathways. *Sci Rep.* 2017; **7**: 600.
- [10] Uzhytchak M, Lynnyk A, Zablotskii V, Dempsey NM, Dias AL, Bonfim M, Lunova M, Jirsa M, Kubinová Š,

- Lunov O, Dejneka A. The use of pulsed magnetic fields to increase the uptake of iron oxide nanoparticles by living cells. *Appl Phys Lett*. 2017; 111: 243703.
- [11] Lunova M, Zablotskii V, Prokhorov A, Jirsa M, Hof M, Jirsa M, Olžyńska A, Jurkiewicz P, Kubinová Š, Lunov O, Dejneka A. Amino-functionalized nanoparticles as a platform for mTOR activity modulation in hepatocellular carcinoma Huh7 cell line. *J Hepatol*. 2017; 66: S645.
- [12] Lunova M, Prokhorov A, Jirsa M, Hof M, Olžyńska A, Jurkiewicz P, Kubinová Š, Lunov O, Dejneka A. Nanoparticle core stability and surface functionalization drive the mTOR signaling pathway in hepatocellular cell lines. *Sci Rep*. 2017; 7: 16049.
- [13] Kočí Z, Výborný K, Dubišová J, Vacková I, Jäger A, Lunov O, Jiráková K, Kubinová Š. Extracellular matrix hydrogel derived from human umbilical cord as a scaffold for neural tissue repair and its comparison with extracellular matrix from porcine tissues. *Tissue Eng Part C Methods*. 2017; 23: 1.
- [14] Lunova M, Zablotskii V, Dempsey NM, Devillers T, Jirsa M, Syková E, Kubinová Š, Lunov O, Dejneka A. Modulation of collective cell behaviour by geometrical constraints. *Integr Biol*. 2016; 8: 1099.
- [15] Lunova M, Zablotskii V, Dempsey N, Givord D, Devillers T, Jirsa M, Syková E, Kubinová Š, Lunov O, Dejneka A. Control of hepatic cells growth by topologically modulated substrates. *J Hepatol*. 2016; 64: S348.
- [16] Lunov O, Zablotskii V, Churpita O, Lunova M, Jirsa M, Dejneka A, Kubinová Š. Chemically different non-thermal plasmas target distinct cell death pathways. *Sci Rep*. 2017; 7: 600.
- [17] Uzhytchak M, Lynnyk A, Zablotskii V, Dempsey NM, Dias AL, Bonfim M, Lunova M, Jirsa M, Kubinová Š, Lunov O, Dejneka A. The use of pulsed magnetic fields to increase the uptake of iron oxide nanoparticles by living cells. *Appl Phys Lett*. 2017; 111: 243703.
- [18] Lunova M, Zablotskii V, Prokhorov A, Jirsa M, Hof M, Jirsa M, Olžyńska A, Jurkiewicz P, Kubinová Š, Lunov O, Dejneka A. Amino-functionalized nanoparticles as a platform for mTOR activity modulation in hepatocellular carcinoma Huh7 cell line. *J Hepatol*. 2017; 66: S645.
- [19] Lunova M, Prokhorov A, Jirsa M, Hof M, Olžyńska A, Jurkiewicz P, Kubinová Š, Lunov O, Dejneka A. Nanoparticle core stability and surface functionalization drive the mTOR signaling pathway in hepatocellular cell lines. *Sci Rep*. 2017; 7: 16049.
- [20] R Hippler, M Čada, V Straňák, Z Hubička and C A Helm, *J. Phys. D: Appl. Phys.* **50** (2017) 445205 (8pp).
- [21] K. Horáková, S. Cichoň, J. Lančok, I. Kratochvílová, L. Fekete, P. Sajdl, A. Krausová, J. Macák, V. Cháb, Corrosion protection of zirconium surface based on Heusler alloy. *Pure and Applied Chemistry* **89** (2017) 553-563. (IF=2,626)
- [22] K. Horáková, S. Cichoň, J. Lančok, P. Sajdl, V. Cháb, Initial stages of Zr-Fe-Si alloy formation on Zr(0001) surface, *Surface Science* **657** (2017) 28-34. (IF=2,036)



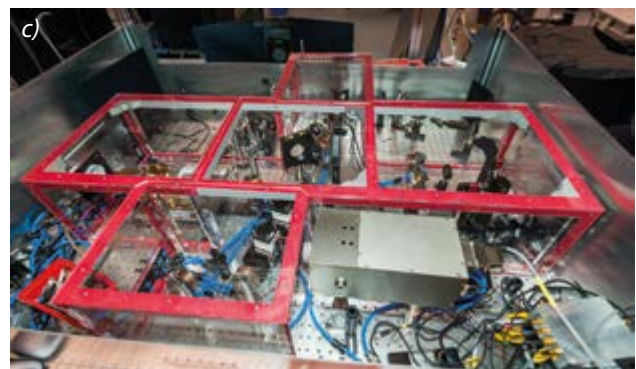
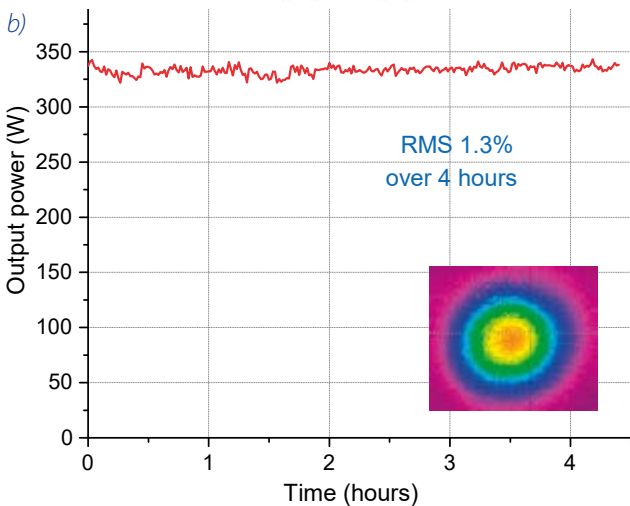
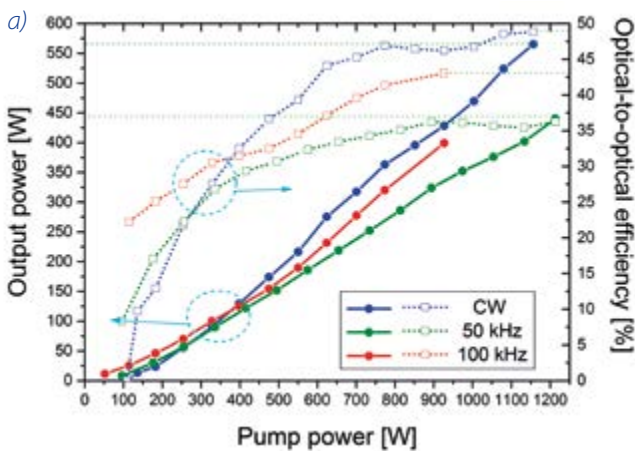


## 2.5 Sekce výkonových systémů v roce 2017

Sekce 5 dlouhodobě rozvíjí obor výkonové fotoniky, a tak přispívá spolu se sekci realizace projektu ELI Beamlines k budování silné mezinárodní pozice České republiky v oblasti laserů, jejich technologických aplikací, jakož i základního výzkumu interakce laserového záření s hmotou. Činnost našich badatelů tak probíhá v řadě mezních vědních oborů, jakými jsou zejména laserová fyzika, fyzika plazmatu a ionizovaných prostředí, fyzika vysokých hustot energie a extrémních stavů hmoty, chemie vysokých energií, atomová, iontová a molekulární spektroskopie, laboratorní astrofyzika, planetologie,

astrobiologie, biofyzika, nanotechnologie, nanofotonika a plazmonika.

Vlajkovou lodí Sekce 5 je laserové centrum HiLASE v Dolních Břežanech. Ve výzkumné infrastruktuře HiLASE se totiž unikátním způsobem spojuje vědecká excelence s aplikačním potenciálem orientovaným na technologický vývoj a high-tech aplikace laserů „na míru“ podle konkrétních potřeb průmyslové i vědecké sféry. Náš aplikační výzkum se aktuálně věnuje zejména zvyšování únavové životnosti a odolnosti materiálů pro aeronautiku a energetiku, přesnému mikroobrábění a přípravě funkčních materiálů. Základními možnostmi využití naší infrastruktury jsou kolaborativní a smluvní výzkum, interní akademický výzkum, upgrady technologií a výchova nové generace vědeckých pracovníků. Část kapacity je také vyhrazena otevřenému přístupu (*Open Access*), a sice projektům externích uživatelů, kde je jediným kritériem vědecká excelence, kterou posuzuje nezávislý panel zahraničních odborníků. První uživatelské „*Open Access*“ experimenty zahraničních badatelů byly úspěšně provedeny v roce 2017. V dubnu téhož



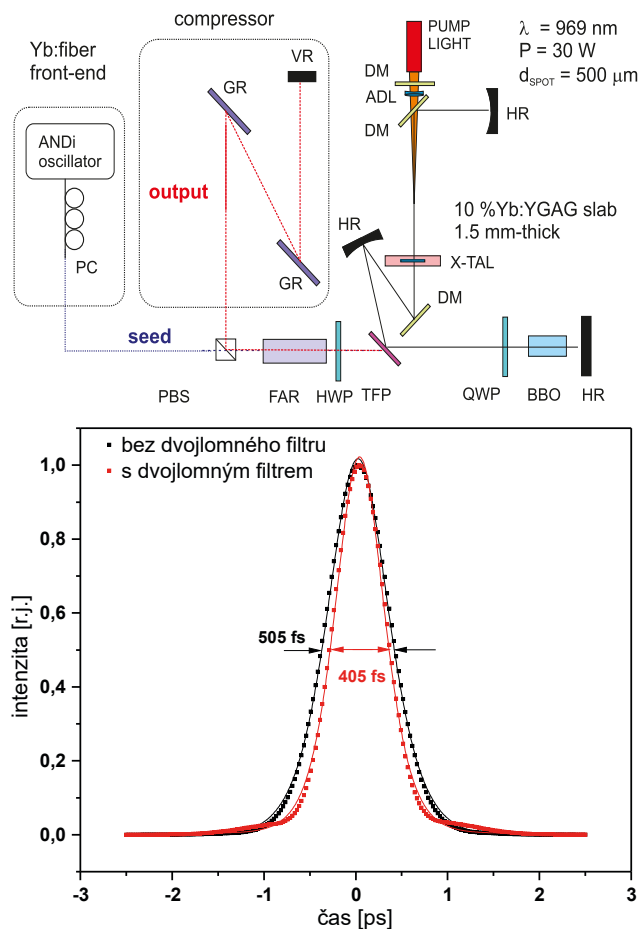
■ Obr. 1 (a) Střední výkon laseru a optická účinnost laseru v závislosti na budicím výkonu měřená pro kontinuální provoz laseru (CW), pulzní režim s opakovací frekvencí 100 kHz a 50 kHz. (b) Změřené fluktuace středního výkonu laseru měřené v časovém rozmezí čtyř hodin. V grafu je zobrazen profil svazku v blízké zóně. (c) Aktuální fotografie laserové platformy PERLA C-500 po instalaci nového boxu.

roku byla také zahájena realizace významného projektu *HiLASE – Centre of Excellence* v partnerství se Science & Technology Facilities Council (STFC) z Velké Británie, jehož hlavním cílem je vlastními silami modernizovat laserové technologie centra HiLASE. To nám umožní rozšířit nabídku výzkumných a vývojových služeb, a to jak pro externí domácí, tak i zahraniční uživatele. Společně s Ústavem fyziky plazmatu se dále podílíme na provozu badatelského centra PALS. Naši vědci jsou také členy velkých mezinárodních týmů, které realizují experimenty v předních světových laboratořích, např. Linac Coherent Light Source (USA), Free electron LASer in Hamburg (Německo), SPring-8 Angstrom Compact Free Electron Laser (Japonsko).

### 2.5.1 Vývoj vysokorepetičních pikosekundových laserů

Během roku 2017 směřoval vývoj tenkodiskových laserů v centru HiLASE zejména ke zvýšení dlouhodobé stability systému a testování na jiných opakovacích frekvencích pulzů než původně navržených 100 kHz. Systém PERLA C s maximálním dosaženým výkonem 450 W při opakovací frekvenci 100 kHz byl úspěšně otestován při frekvenci 50 kHz, kdy byly generovány pulzy s energií 9 mJ a časovou délkou pulzu kratší než 2 ps [1, 2]. Systém je v současné době využitelný na obou opakovacích frekvencích. Pro zvýšení stability laseru PERLA C byl navíc instalován nový ochranný box na rezonátor s přetlakem plynu uvnitř. Změřená stabilita středního výkonu popsaná pomocí střední kvadratické odchylky fluktuací výkonu je lepší než 1,3%.

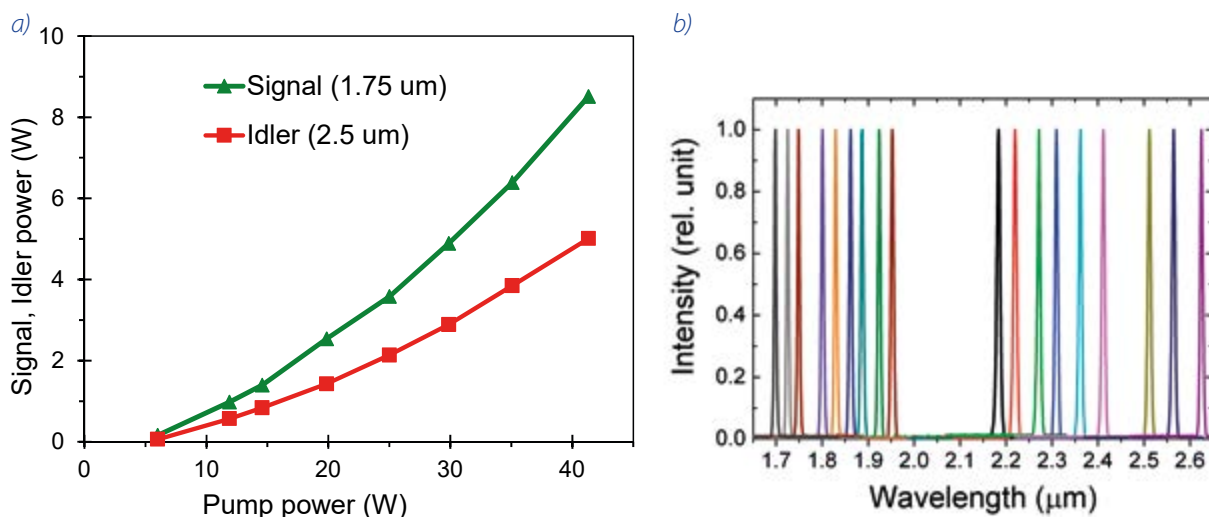
Z důvodu požadavků na další zkrácení pulzů započalo testování nových druhů aktivních médií laseru. Japonská firma Konoshima ceramics dodala centru HiLASE vzorky nového keramického materiálu YGAG s příměsí ytterbia. Výhodou tohoto materiálu je velmi podobné absorpční a emisní spektrum i termomechanické vlastnosti s Yb:YAG krystaly a z toho plynoucí jednoduchá zaměnitelnost těchto materiálů v laseru. Cílem je zkrácení pulzů v již vyvinutých systémech. Materiál byl úspěšně testován ve formě desky, která byla vložena do rezonátoru regenerativního zesilovače a byla otestována při středních výkonech do 2 W [3] a s difrakčně limitovaným svazkem. Na rozdíl od standardního Yb:YAG materiálu bylo dosaženo délky pulzů 400 fs s potenciálem dalšího zkrácení pulzů na transformační mez pomocí lepšího nastavení kompresoru pulzů. Dalším cílem bude zopakovat výsledek při posílení středního výkonu pomocí tenkodiskové konfigurace laseru.



■ Obr. 2 (a) Schéma testovacího experimentu prokazujícího dosažitelnost femtosekundových pulzů při použití Yb:YGAG keramiky. (b) Autokorelační funkce změřená pro pulzy generované testovacím systémem prokazuje emisi femtosekundových pulzů.

Významného pokroku bylo také dosaženo v oblasti konverze záření ze základní vlnové délky 1 030 nm do střední infračervené oblasti. Konverzní systém je založen na optickém parametrickém generátoru s periodicky pólovaným lithium niobátem následovaným optickým parametrickým zesilovačem na bázi KTP. Oba druhy krystalů jsou buzeny systémem PERLA C–100, takže generované pulzy jsou rovněž subpikosekundové. Optické parametrické systémy generují dva druhy optických svazků – tzv. signální a jalový, které se navzájem liší vlnovou délkou. V signálním svazku bylo dosaženo středního výkonu > 8 W na vlnové délce 1,75 μm, v jalovém na vlnové délce 2,5 μm pak téměř 5 W. Zároveň byla prokázána přeladitelnost střední vlnové délky generovaných pulzů v závislosti na natočení konverzních krystalů. Vyvinuli jsme systém s přeladitelností signálního svazku v intervalu 1,7–1,95 μm a jalového svazku v intervalu 2,15–2,65 μm.

Přehled laserů dostupných v centru HiLASE ke konci roku 2017 včetně energie, střední vlnové délky, kvality



■ **Obr. 3** (a) Střední výkon signální a jalové vlny na výstupu optického parametrického zesilovače v závislosti na budícím výkonu z laseru PERLA C. (b) Rozsah spektrální přeladitelnosti optického parametrického generátoru a zesilovače.

svazku, stability výkonu atd. shrnuje tabulka [1]. Dosažené výsledky jsou porovnané se stavem v roce 2015.

Důležitým úkolem konstruktérů Centra HiLASE je dále vývoj a konstrukce vlastních optických součástek, které vzhledem k požadovaným parametrům nejsou běžně dostupné na trhu. V roce 2017 byla nově vyvinuta laserová hlavička pro tenký disk umožňující aplikovat budící výkon až 0,5 kW. Specialitou je zde unikátní optika s chladicími kanály uvnitř zrcadel. Její využití je plánováno v komerčních prototypch našich diskových laserů. Pro průmyslové prototypy laserů jsme zahájili i vývoj pokročilého zakryto-

vání, které zajistí stabilní teplotu, bezprašnost a potlačení vibrací i mimo laboratorní podmínky. Jedná se o nezbytný krok v přechodu ke skutečně průmyslovému laseru.

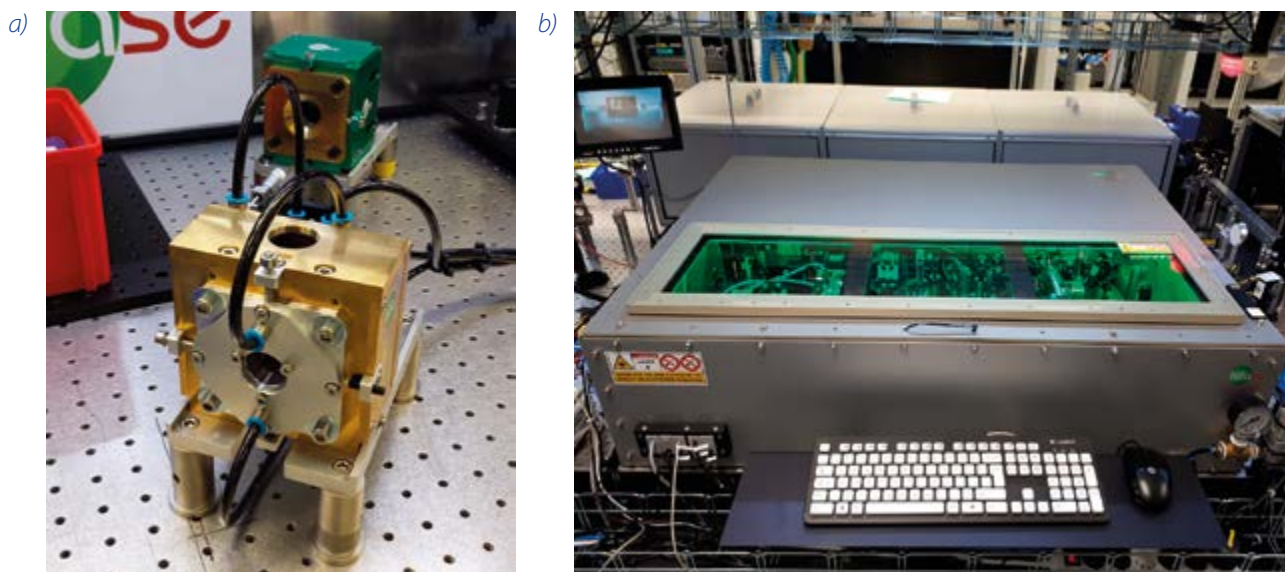
### 2.5.2 Vývoj kryogenních laserů a technologií

Vysokoenergetický laser Bivoj [4] funguje od roku 2016 s energií 100 J a středním výkonem 1 kW, který dosud nebyl ve světě v oblasti vysokoenergetických lase-

Year	Perla A	Perla B	Perla C	Perla D
2015	Not available	45 mJ; 1 kHz; 45 W	1 mJ; 1 kHz; 90 W; 1.9 ps	Not available
2017	100 mJ; 10 Hz proof-of-principle experiments, under design	45 mJ; 1 kHz; 45 W; <1 ps, $M^2 < 1.3$ , Also new: 50 W; 10 kHz burst	9 mJ; 50 kHz; 450 W; or 4.5 mJ; 100 kHz; 450 W; 1.3 ps, $M^2 < 1.5-2$ ; RMS stability < 1.3%	Under design
Year	Second Harmonic 515 nm	Fourth Harmonic 257.5 nm	Fifth Harmonic 205 nm	Mid-IR OPG + OPA 1.5–3 μm
2015	11 W; 100 kHz; 40% conversion efficiency	2 W; 100 kHz; 18% conversion efficiency	Not available	Under design
2017	40 W; 100 kHz; 56% conversion efficiency	6 W; 100 kHz; 18% conversion efficiency	0.8 W; 100 kHz; 20% conversion efficiency	1.7–2.6 μm tunability (both signal + idler waves); 8.5 W signal (<2 μm); 5 W idler (>2 μm); 77 kHz

■ **Tab. 1** Přehled laserů dostupných v centru HiLASE ke konci roku 2017 a změny provedené od roku 2015.





■ Obr. 4 Prototyp (a) kompaktní laserové hlavice pro (b) tenkodiskový systém s budícím výkonem < 50 W.

rů překonán. Laserový systém byl vyvinut ve spolupráci s RAL STFC (Rutherford Appleton Laboratory, Science & Technology Facilities Council) ve Velké Británii.

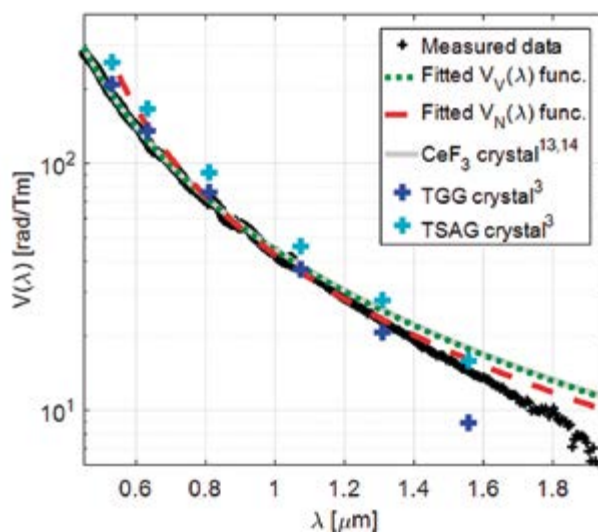
Provoz laseru Bivoj byl v roce 2017 natolik automatizován, že jeho svazek mohl být nabídnut k prvním uživatelským experimentům. Svazek s výstupní energií 10 J je k dispozici každý den kromě technologických odstávek. Většinu času je rutinně používán pro měření meze poškození optických prvků (LIDT – *Laser Induced Damage Threshold*) a vytvrzování materiálů rázovou vlnou (LSP – *Laser Shock Peening*). Proběhly také experimenty s externími subjekty zaměřené např. na generaci nabitých částic nanosekundovým svazkem (pro ELI Beamlines) či vytvoření fázově konjugovaného zrcadla pro laser s vysokým středním výkonem (pro Korea Advanced Institute of Science and Technology z Jižní Koreje). Spektrum uživatelských experimentů se neustále rozšiřuje a experimentální čas systému Bivoj je alokovan na celý rok 2018.

Hlavní zesilovač o výstupní energii 100 J však může být momentálně využíván pouze pro velmi omezené experimenty kvůli neexistujícímu optickému izolátoru pro výkon v oblasti 1 kW. Klíčovou součástí každého optického izolátoru je magnetooptický materiál, jehož hlavní charakteristikou je tzv. Verdetova konstanta. Ve spolupráci s centrem NIFS (National Institute for Fusion Science) v Japonsku proto pokračuje hledání ideálního materiálu pro optický izolátor, který bude chránit laser před zářením vracejícím se z experimentů a který pro takto výkonný laser ještě stále nikde jinde na světě neexistuje. Jedním z perspektivních materiálů je fluorid ceritý ( $\text{CeF}_3$ ), jehož Verdetova konstanta pro blízké infračervené vlnové délky je až o 60% vyšší, a tedy pro izolátor výhodnější než

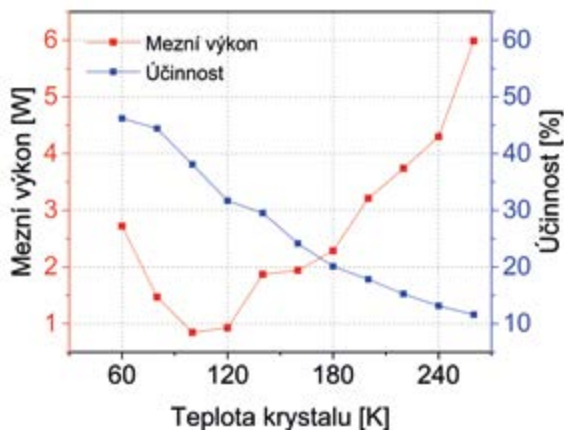
u v současné době nepoužívanějšího materiálu pro optické izolátory TGG ( $\text{Tb}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}$ ) [5].

Vedle vývoje optického izolátoru pokračuje i systematické studium a vývoj alternativních materiálů ke stávajícímu Yb:YAG pro průmyslové lasery. Ve spolupráci s týmem na univerzitě v Taragoně ve Španělsku byl v roce 2017 úspěšně otestován materiál  $\text{KLu}(\text{WO}_4)_2$ , který má ve srovnání s Yb:YAG mnohem vyšší účinné průřezy, proto lze použít menší množství materiálu pro stejné zesílení, což je výhodné pro miniaturizaci takových laserů [6]. Experiment však ukázal nepříliš vhodné termomechanické vlastnosti tohoto materiálu, takže budou studovány další alternativy.

Ve spolupráci s týmem na univerzitě v Taragoně byl také charakterizován mikročipový laser s materiálem Yb-



■ Obr. 5 Grafické znázornění Verdetovy konstanty vybraných materiálů pro různé vlnové délky.



■ Obr. 6 Grafické znázornění výstupního výkonu a účinnosti  $KLu(WO_4)_2$  laseru za různých teplot.

CaYAlO<sub>4</sub>, který dosáhl diferenciální účinnosti (*slope efficiency*) až 91 % [7].

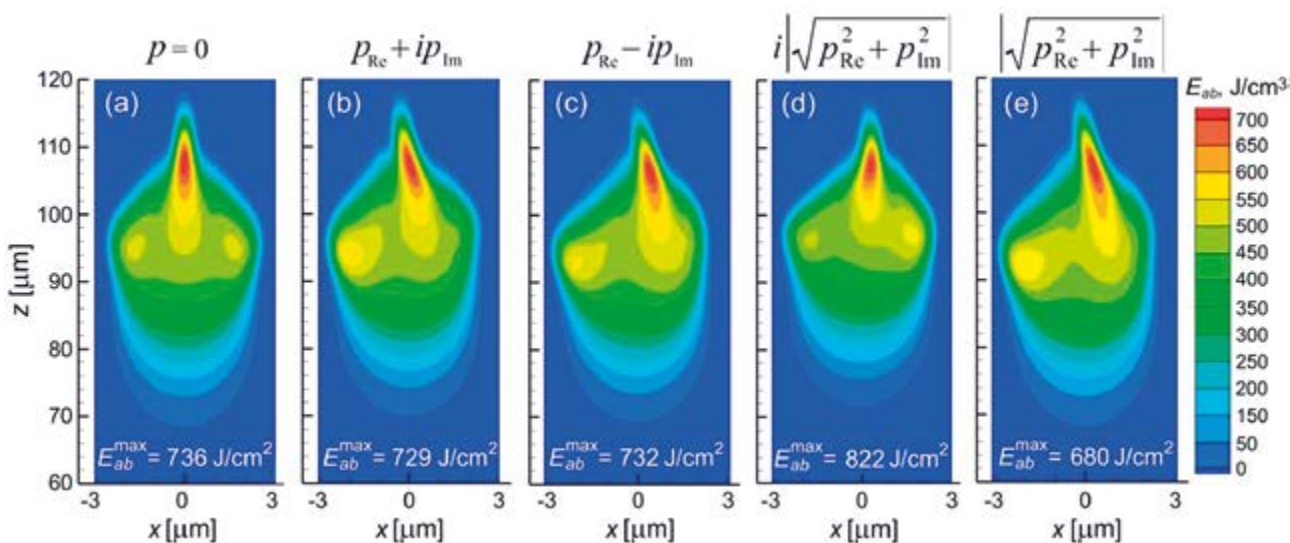
### 2.5.3 Laserová interakce s materiály

Rozhlédneme-li se kolem sebe, je zřejmé, že laser a laserové technologie v době 21. století jsou jeho naprosto běžnou a téměř neodmyslitelnou součástí. Jeho uplatnění, nejčastěji jako nástrojů, můžeme vidět v široké škále oblastí vědy, průmyslu, výtvarného umění, lékařství, astronomie, geodézie, metrologie, výpočetní techniky a mnoha dalších, ale také nás doprovází v každodenním životě ve formě čtecích zařízení mechanik CD přehrávačů či jednotek CD/DVD ROM v našich počítačích apod. Část výzkumu centra HiLASE je proto zaměřena i na základní výzkum laserových jevů, které mohou následně vést k technologickým inovacím. Jednou z ob-

lastí našeho zájmu je studium interakce ultrarychlých laserů s materiály.

Zájem vědců z výzkumné skupiny zabývající se interakcí laserů s materiály je z velké části zaměřen na generování laserově indukovaných periodických povrchových struktur (LIPSS – *Laser Induced Periodic Surface Structures*). Při studiu jevu LIPSS dochází k propojení teoretického výzkumu s experimentálním. I když se LIPSS běžně vytváří opakovaným ozařováním stejné oblasti pomocí více laserových pulzů v režimu „tání“ a opětovného „tuhnutí“ povrchu, naše nedávné výsledky ukazují na vznik LIPSS v režimu s jedním pulzem ozařování při laserových fluencích, které jsou nad ablačním prahem. Pohledy do mechanismů vytváření LIPSS mohou pomoci při navrhování přístupů pro zvýšení rychlosti zpracování a zlepšení kvality periodických povrchových struktur [8]. V řadě publikovaných článků se zabýváme vlivem různých parametrů na výsledný obraz LIPSS (použitý materiál, laserový režim, fyzikální mechanismy regulující pravidelnost, teplotní profil, ...). Naše teoretické předpovědi naznačují, že snížení vlnové délky laseru může poskytnout možnost výroby vysoce pravidelné periodické povrchové struktury indukované laserem (HR-LIPSS – *Highly Regular LIPSS*) na povrchu jakéhokoli kovu. Tento nový úspěch v bezprecedentní úrovni kontroly nad tvorbou periodické struktury vyvolané laserem činí tuto technologii laserového psaní pružnou, robustní, a proto vysoce konkurenceschopnou pro pokročilé průmyslové aplikace založené na povrchové nanostrukturalizaci [9, 10].

Významná část našeho zájmu je také věnována počítačové simulaci laserové interakce s různými materiály a jejich využití k predikci chování laserů při interakci s daným materiálem. Byly porovnávány různé fyzikální modely založené na nelineárních Maxwello-

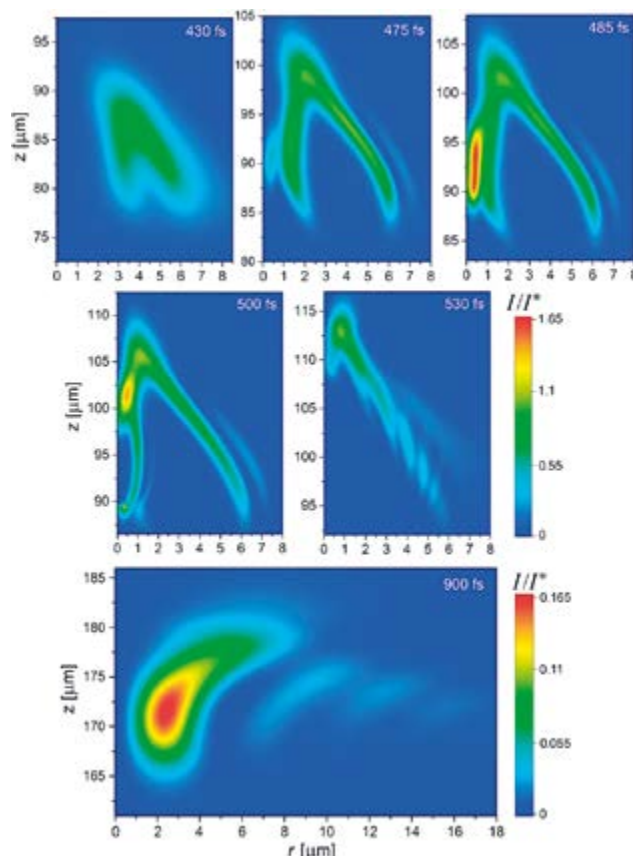


■ Obr. 7 Rozložení absorbované energie laserového svazku během jeho šíření v oblasti ohniska v křemenném skle.

vých a Schrödingerových rovnicích vyvinutých pro modelování typických experimentů zahrnujících trojrozměrnou modifikaci skel (např. taveného křemene) při působení femtosekundových laserových pulzů. Ukázali jsme, že výsledky mohou být značně odlišné při použití Maxwellových a Schrödingerových rovnic. Podstatnou roli v tomto případě hrají nejen samotné rovnice, ale také forma hraničního stavu, který popisuje soustředěný laserový pulz na vstupu do oblasti výpočtu [11, 12]. Naši vědci se experimentálně i teoreticky věnují studiu chování rozličných skleněných materiálů při interakci s ultrakrátkými laserovými pulzy, a zejména je studován vliv časových a prostorových podmínek. Jedním z nejznámějších prostoro-časových vazebných efektů je tzv. majákový efekt. Interakce prostorově souvisejících laserových pulzů s průhlednými materiály mají další zajímavé zvláštnosti, které lze použít např. k usnadnění mikrofabricace fotonických struktur uvnitř optických skel [13].

Stále větší význam má v dnešní době femtosekundový laser. Během posledních desetiletí vedlo femtosekundové laserové ozařování materiálů k rozvoji nových aplikací založených na funkcionalizaci povrchů v nano- a mikroskopickém měřítku. Jeho používání hraje klíčovou roli ve vývoji nanofotoniky, bionanoengineeringu a nanomechaniky. I když modifikace polovodičových povrchů femtosekundovými laserovými pulzy je studována již více než dvě desetiletí, dynamika spojení intenzivního laserového světla s excitovanou hmotou zůstává stále ne úplně pochopena. Proto se v centru HiLASE věnujeme teoretickému studiu dynamiky ultrarychlého laserového buzení polovodičových materiálů. Zvláště rychlá tvorba přechodného elektron-děrového plazmatu dynamicky modifikuje optické vlastnosti v povrchové vrstvě materiálu a vyvolává velké přechody horkých nosičů náboje, což vede k ultrarychlému jevu přenosu náboje. V jedné z našich prací je dynamika ultrarychlého laserového buzení polovodičového materiálu detailně teoreticky studována na příkladu křemíku. Zvláštní pozornost je věnována dynamice párů elektronů a děr, přičemž je třeba vzít v úvahu ambipolární difuzní efekty. Výsledky jsou porovnávány s dříve vyvinutými simulačními modely a je popsána úloha dynamiky nosiče náboje při lokalizaci modifikace materiálu [14].

V jedné z našich dalších prací byl studován vliv nesusovského laserového svazku, což může otevřít nové příležitosti pro mikroobrábění a mikrovýrobu, včetně např. ultrarychlého laserového přímého popisování. Použitím modelu založeného na Maxwellových rovnicích jsme zkoumali dynamiku laserových paprsků ve tvaru koblíhy uvnitř taveného křemenného skla v porovnání

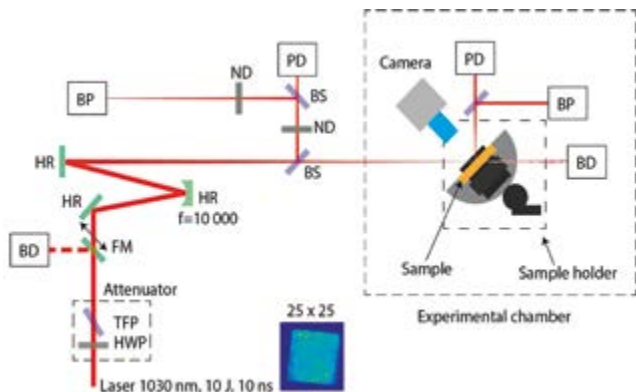


■ Obr. 8 Časový vývoj profilu intenzity laserového svazku ve tvaru koblíhy.

s Gaussovými pulzy stejné energie. Bylo zjištěno, že rozptýlené světlo může být použito jako účinná diagnostika laserových elektronů v průhledných materiálech [15].

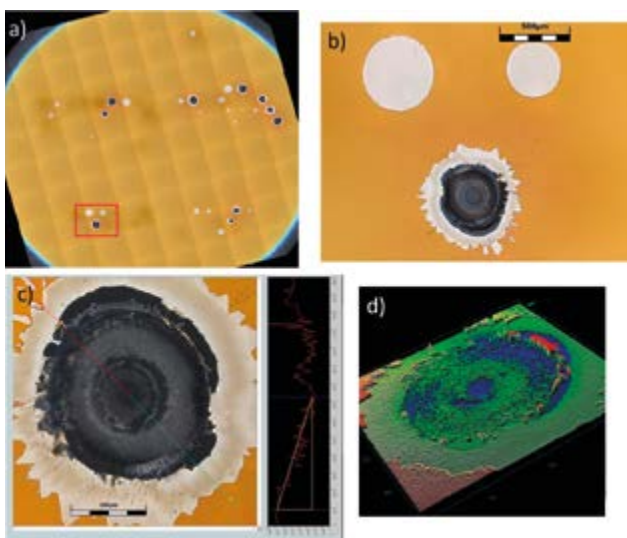
## 2.5.4 Studium měření prahu poškození způsobeného laserem

V roce 2017 byla po fázi testování uvedena do plného provozu experimentální stanice pro měření prahu poškození laserem (*Laser Induced Damage Threshold, LIDT*). Tato stanice v současnosti umožňuje testování optických materiálů a povrchů při intenzitách přesahujících  $100 \text{ GW}\cdot\text{cm}^{-2}$  s využitím laserového systému Bivoj. Tyto testy jsou prováděny podle metodiky ISO a výsledky díky tomu lze uplatnit mimo výzkum a vývoj také v průmyslu. V průběhu roku bylo provedeno několik dílčích úprav ke zlepšení přesnosti, reprodukovatelnosti a efektivity experimentů. Zejména se jednalo o navýšení propustnosti řídicího systému pro připojení přesnější diagnostiky, integrace diagnostiky laserového svazku a stabilizaci distribuce, řízení a fokusace laserového svazku do interakční komory. Mimo zmíněné vylepšení je měřicí stanice systematicky připravována pro testy ve vakuu a při kryogenních



**Obr. 9** Schematické uspořádání pracoviště LIDT. Laserový paprsek přichází z laseru Bivoy přes motorizovanou attenuátor skládající se z půlvlnné destičky (HWP) a tenkovrstvého polarizátoru (TFP). Pokud se posuvné zrcadlo (FM) nachází v dráze paprsku, je směřován do absorberu (BD), jinak prochází soustavou vysokoodrazných zrcadel (HR) dále k experimentu. Součástí sestavy je fokusovací zrcadlo (HR  $f = 10\,000$ ), které paprsek zaostřuje na vzorek. Z paprsku je vydělena malá část energie pomocí děliče svazku (BS), která je po dodatečném utlumení neutrálními filtry (ND) použita pro diagnostiku energie (PD) a prostorového profilu (BP) paprsku. Vzorek je umístěn v experimentální komoře na mikrometrickém posuvu. Odražené a procházející světlo ze vzorku je využíváno pro diagnostiku vzorku, celý průběh testu je sledován také vysokorychlostní kamerou.

teplotách. Tyto úpravy budou dokončeny a k dispozici ve druhé polovině roku 2018.



**Obr. 10** Mikroskopické snímky povrchu hybridního zrcadla po testu na práh poškození. (a) Přehledový snímek povrchu. (b) Detail poškození – kráteru – získaný přes 5x objektiv. (c) Detail poškození kráteru – získaný přes 20x objektiv a příčný řez. (d) 3D zobrazení kráteru získané laserovým skenovacím mikroskopem.

V rámci spolupráce LIDT týmu, skupin vývoje výkoných laserů HiLASE a průmyslových partnerů zapojených do výzkumu byly v roce 2017 zahájeny tři projekty zaměřené na práh poškození laserem, a to z programů TAČR Epsilon (*Stabilní tenké vrstvy pro optické a monokrystalické materiály*) a MPO Trio (*Technologie přenosu vysoce energetických laserových pulzů svazkem optických vláken, Tříbarevný rentgenový zdroj*). Část kapacity testovací stanice byla také nabídnuta pro smluvní výzkum, čehož využily průmyslové podniky pro testování nově vyvíjených tenkých vrstev. V rámci interní spolupráce také proběhlo několik experimentů s novými typy komponentů a materiálů, mezi něž patřilo testování hybridních zrcadel vhodných pro provoz na více vlnových délkách [16].



**Obr. 11** Experimentální stanice LIDT pro měření prahu poškození.

### 2.5.5 Zlepšování mechanických vlastností materiálu laserovými vysokovýkonnými pulzy

V roce 2017 se začala naplno provozovat experimentální stanice pro studium fyzikálních procesů souvisejících s technologií laserového vyklepávání rázovou vlnou (*Laser Shock Peening, LSP*). Tato stanice byla vybudována v minulých letech podle vzoru několika specializovaných pracovišť kombinací zařízení ve Španělsku, Americe a Jihoafrické republice. Zařízení slouží ke zvyšování zbytkových napětí v povrchu materiálu, díky nimž je možné zvyšovat tvrdost, odolnost proti korozi za napětí a prodlužovat životnost namáhaných součástí. Technologie je založena na generaci vysokých tlaků na povrch opracovávaného materiálu prostřednictvím rychle se rozpínajícího laserového plazmatu. Povrch součástky je během procesu pokryt adhezivní vrstvou (černá nebo hliníková



■ Obr. 12 Experimentální stanice LSP pro studium laserového vyklepávání.

páska), která povrch součástky chrání před tepelnými jevy doprovázejícími absorpcí nanosekundových laserových pulzů. Výsledný efekt na součástku je pak čistě mechanického charakteru. Během procesu je cílová oblast součástky pokryta tekoucí vodou, což zvyšuje účinnost celého procesu. Za rok 2017 bylo ve stanici LSP zpracováno velké množství materiálů s různými oblastmi použití. Jako velmi výhodné se jeví zpracování titanových slitin pro využití v leteckém průmyslu nebo aplikace LSP pro zvyšování životnosti kloubních náhrad. Další velkou zkoumanou oblastí jsou nerezové oceli využívané v energetice, a to jak pro klasické parní turbíny, tak i jako části jaderných reaktorů. Významná část výzkumu byla věnována zkoumání hliníkových slitin vhodných hlavně pro letectví nebo pro lodní průmysl. Na pracovišti jsme schopni provádět i základní analýzu vnesených zbytkových napětí odvrtávací metodou a zkoumat další vlastnosti zpracovaného povrchu. Na příští rok je pak naplánováno další rozšíření testovacích zařízení pro možnost lepšího vyhodnocení dosažených výsledků.

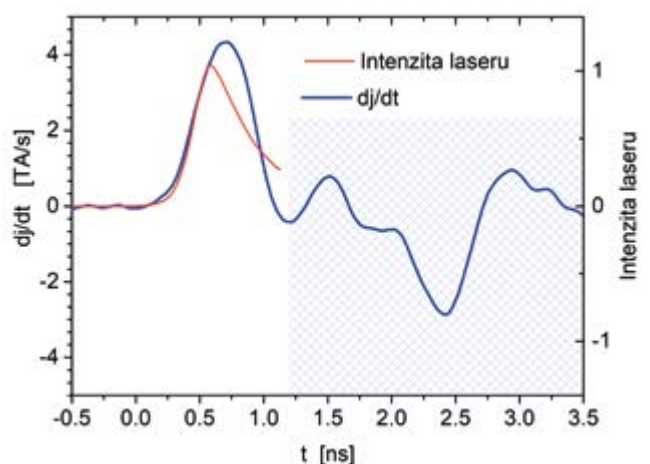
### 2.5.6 Polarizace laserového plazmatu a generace elektromagnetických impulzů

Klasifikace vývoje plazmatu generovaného laserem je založena mj. na pozorování elektrické polarizace terčů. Elektrony, které mají energii dostatečně velkou na to, aby překonaly potenciálovou bariéru plazmatu, unikají z plazmatu a posléze dopadají na stěny interakční komory. Tato makroskopická separace elektronů od plazmatu se projeví jeho kladnou polarizací. Ta se přenáší na ozařovaný terč a jeho kladný elektrický náboj je neutralizován zpětným proudem procházejícím z uzemněné komory

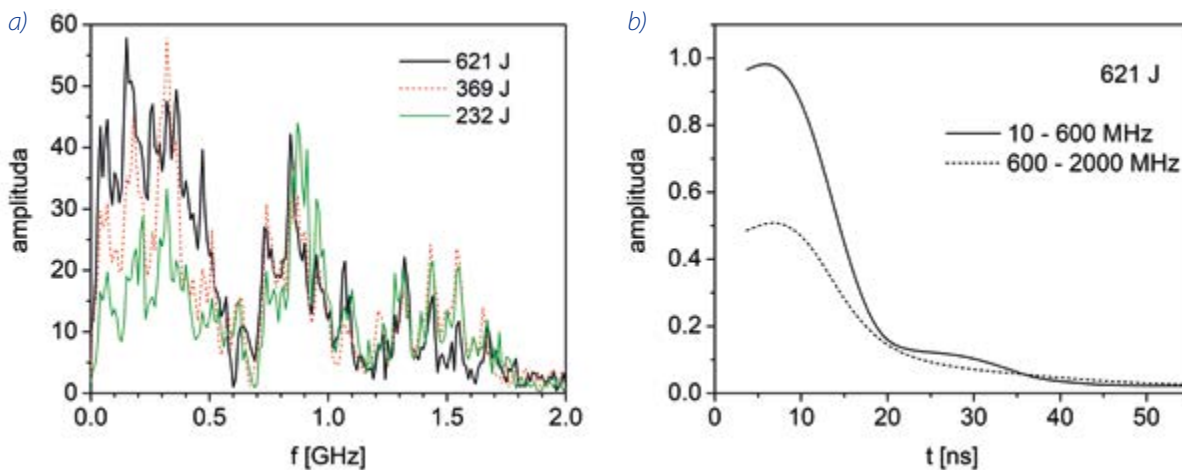
držákem terče. Ultrakrátké terčové proudy mohou dosahovat extrémních hodnot derivace proudu  $dj/dt$  v řádu teraampér za sekundu. Držák terče se tak stává anténou emitující vysoce intenzivní a pro laboratorní elektronické přístroje nebezpečný elektromagnetický impulz (EMP). Porovnání průběhu  $dj/dt$  s intenzitou laserového impulzu  $I_L(t)$  fokusovaného na terč ukázalo, že plazma nezaniká v okamžiku ukončení interakce laserového záření s hmotou, tj. s terčem a plazmatem, ale přežívá po mnohonásobně delší dobu, než je doba trvání laserového impulzu. Během této druhé fáze je plazma stále zdrojem elektronů, iontů a rentgenového záření. Na obr. 13 jsou ukázány dvě základní fáze plazmatu generovaného laserem, a sice fáze zážehu a aktivní fáze [17].

Proud, který prochází držákem terče po dobu několika desítek nanosekund, je zdrojem EMP. Ten může mít devastující účinky na laboratorní elektroniku a ruší elektrické signály detektorů sledujících vlastnosti plazmatu. Frekvenční spektra EMP jsou ovlivněna jak geometrií vysílací antény, tj. držáku terče, tak i geometrií interakční komory, jež zastává funkci rezonátoru. Vlastní frekvence interakční komory je  $\sim 260$  MHz. Díky jejímu složitému tvaru a také příslušenství umístěnému v komoře obsahují pozorovaná spektra řadu rezonančních čar. Totéž platí i o vlivu držáku terče na spektra v oblasti kolem 1 GHz. Experimenty ukázaly, že amplituda frekvencí  $dj/dt$  v rozsahu 10–600 MHz roste s energií laserového impulzu, zatímco fluktuační amplitud frekvencí v rozsahu 600–2 000 MHz zakrývají jakoukoli možnost sledovat závislosti amplitud na parametrech laseru, viz obr. 14.

Frekvenční spektrum EMP závisí rovněž na místě pozorování, a to až se přijímající anténa nachází uvnitř, nebo



■ Obr. 13 Porovnání derivace terčového proudu  $dj/dt$  a průběhu intenzity laserového impulzu emitovaného laserovým systémem PALS. Energie 350 ps laserového svazku fokusovaného na polyetylenový terč byla 511 J.

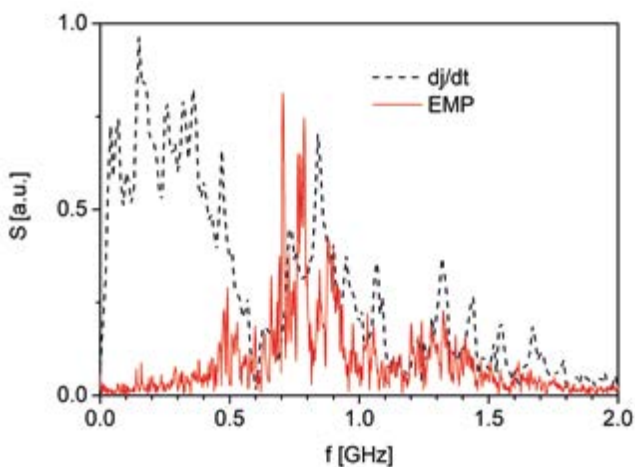


■ Obr. 14 a) Závislost frekvenčního spektra derivace terčového proudu na energii laserového svazku fokusovaného na polyetylenový terč. (b) Časový vývoj amplitud frekvenčních pásem 10–600 a 600–2 000 MHz.

vně interakční komory. V obou případech měření probíhá v blízké zóně zdroje EMP. Spektrum EMP měřené mimo komoru se liší od spektra  $dj/dt$  také díky uspořádání a geometrii oken komory, která ovlivňují zejména emisi frekvencí do 600 MHz, viz obr. 15.

### 2.5.7 Dynamika silných magnetických polí spojených s laserovým plazmatem

Generace magnetického pole v ablativním plazmatu hraje důležitou roli v procesech laserové inerciální fúze. Vytvořená magnetická pole jsou extrémně silná a ovlivňují transport iontů a horkých elektronů dovnitř terče/paliva, čímž zhoršují podmínky pro úspěšné zapálení fúze. Charakteristiky magnetického pole lze určit např.



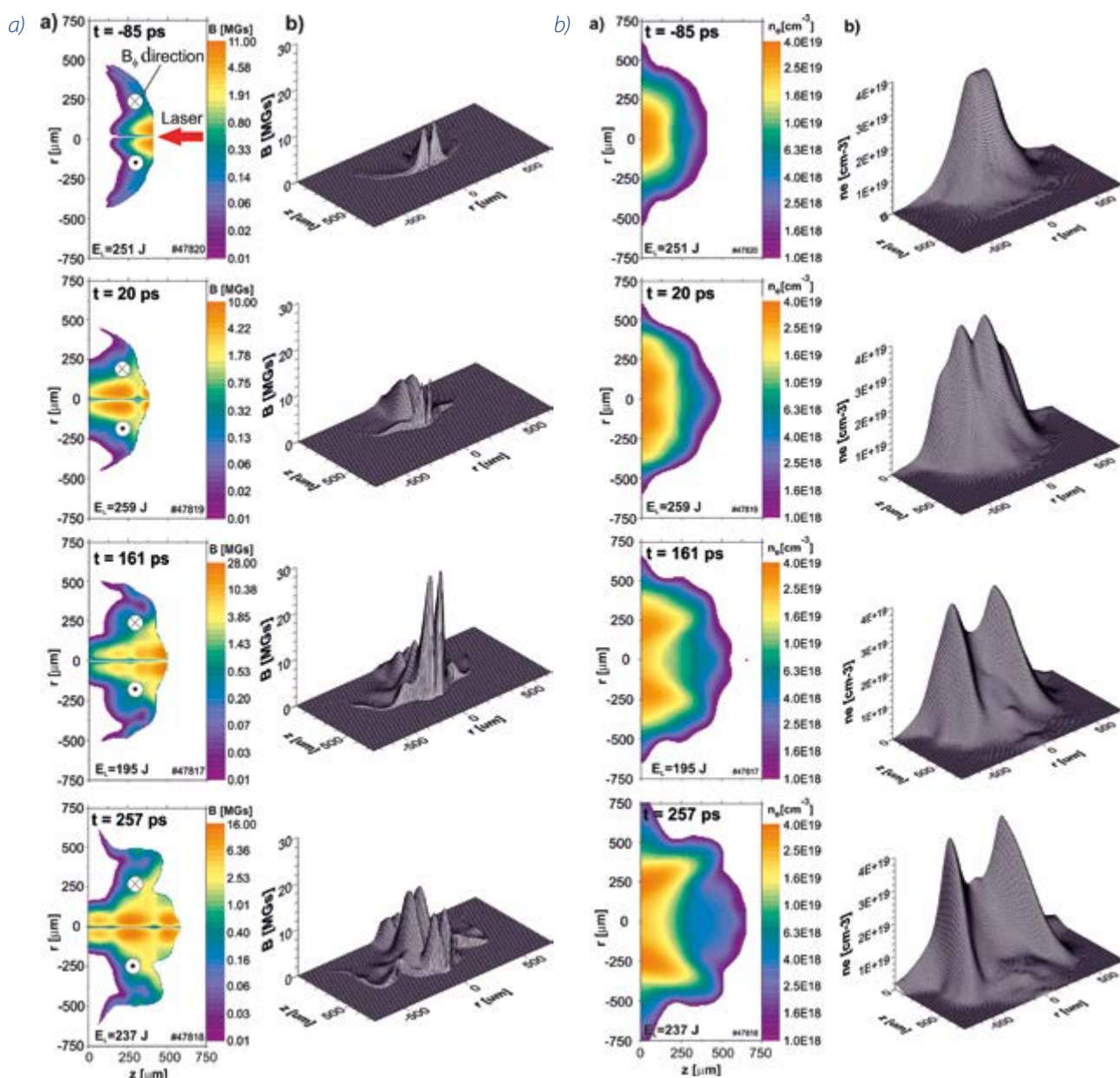
■ Obr. 15 Porovnání frekvenčního spektra EMP detekovaného v laboratoři a spektra  $dj/dt$ . Polyetylenový terč byl ozářen energií 621 J.

pozorováním tzv. inverzního Faradayova jevu, kdy dochází ke stáčení roviny polarizace sondujícího elektromagnetického záření, které prochází zkoumaným plazmatem. Získaná experimentální data tak umožňují objasnit mechanismus magnetizace plazmatu a s tím související vznik proudů v plazmatu. Výsledky tohoto laboratorního výzkumu mají svůj přesah i do dalšího oboru, jakým je astrofyzika, neboť silná magnetická pole doprovázejí řadu astrofyzikálních procesů, například hvězdné protuberance a pulzary.

Ve spolupráci s polskými kolegy jsme realizovali unikátní interakční experiment [18], který umožnil pozorovat vývoj magnetického pole v časových intervalech 120 ps v laserem generovaném plazmatu, při kterém lineárně či elipticky polarizovaný 350ps svazek jódového laseru PALS o energii 200–600 J a základní vlnové délce 1 315,2 nm interagoval s povrchem masivního měděného terče. K sondování plazmatu pomocí dvouramenného polarointerferometru byl použit synchronizovaný 40fs titansafírový laserový svazek [19].

Experimentální výsledky a teoretické analýzy prokázaly, že v plazmatu vytvářeném laserovým zářením o intenzitě  $10^{16}$  W/cm<sup>2</sup> hrají při generaci magnetických polí rozhodující roli rychlé elektrony. Měření magnetického pole a prostorového rozdělení hustoty elektronů umožnilo určit časový vývoj prostorového rozdělení elektrických proudů, jak ukazuje obr. 16.

Úspěšná implementace unikátního dvojsnímkového polarointerferometru v laboratoři PALS umožňuje rozšířit tento systém o třetí polarointerferometrický kanál. Očekáváme, že implementace tohoto kanálu do stávajícího zařízení proběhne v roce 2018. Tyto unikátní výsledky vznikly díky dlouholeté spolupráci s profesorem T. Pisarczykem a jeho týmem z Ústavu fyziky plazmatu a laserové mikrosyntézy (IFPLM) ve Varšavě.

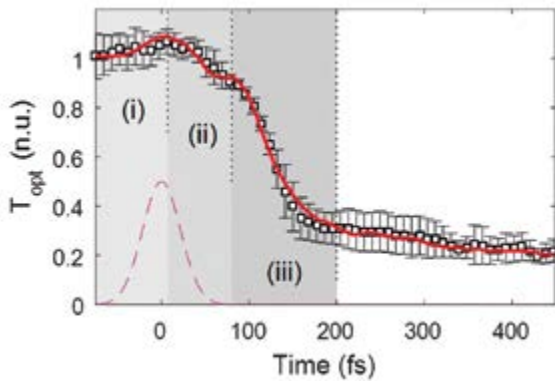


■ Obr. 16 Příklad a) rozložení spontánních magnetických polí v časech  $-85$  ps,  $20$  ps,  $161$  ps a  $257$  ps po příchodu maxima pulzu jodového laseru na terčik a b) odpovídajícího rozložení elektronových hustot. Laserový svazek byl v těchto případech fokusován na planární Cu masivní terčik [18].

## 2.5.8 Fázové přechody v pevných látkách ozářených rtg lasery na volných elektronech nebo svazky rychlých těžkých iontů

Teoreticky jsme studovali fázové přechody v izolátorech vyvolané depozicí vysokých hustot energií. Taková depozice může být uskutečněna ozářením femtosekundovými impulzy krátkovlnného (XUV/rtg) záření laserů na volných elektronech (FEL) nebo rychlými těžkými ionty (SHI).

K simulaci fyzikálních procesů vyvolaných ozářením lasery FEL jsme použili náš unikátní hybridní model XTANT [20, 21]: jedná se o procesy fotoabsorpce a excitace vysokoenergetických elektronů, jejich následnou nerovnovážnou kinetiku a kaskádové procesy, Augerovy přechody na vnitřních hladinách, změny meziatomárního potenciálu způsobené elektronickou excitací (netepelné tavení), neadiabatický přenos energie do atomárního systému (elektron-fononová interakce) a atomární pohyby vedoucí k fázovému přechodu. Bylo předpovězeno, že diamant při ozáření dávkou vyšší než  $\sim 0,7$  eV/atom by se měl během 150–200 fs netepelně přeměnit na grafit. Abychom tuto



■ **Obr. 17** Optická transmise během ultrarychlé grafitizace diamantu ozářeného pulzem FEL, energie fotonů 47,4 eV, 52,5 fs FWHM. Prázdné černé čtverce s vyznačenou chybou měření představují experimentální data, teoretická křivka je červená [20].

předpověď ověřili, provedli jsme *pump-and-probe* experiment [20]. Byla prokázána vynikající shoda s teoretickou předpovědí, neboť došlo k velice rychlé grafitizaci diamantu (obr. 17). XTANT také předpověděl, jak by v závislosti na parametrech laseru na volných elektronech mělo probíhat tepelné i netepelné tavení křemíku [21].

Ke studiu fázových přechodů vyvolaných rychlými těžkými ionty v okolí jejich trajektorií (iontová stopa) jsme vyvinuli jiný kombinovaný přístup založený na našem Monte Carlo kódu TREKIS a simulaci molekulární dynamiky [22]. To nám umožnilo podrobně studovat složité procesy, ke kterým v materiálech dochází po dopadu iontů, a popsat vytvoření SHI stopy v hliníku. Výsledky simulací vykazují velmi dobrý souhlas s experimentálním pozorováním velikosti stopy a vnitřní struktury, viz obr. 18 [22].

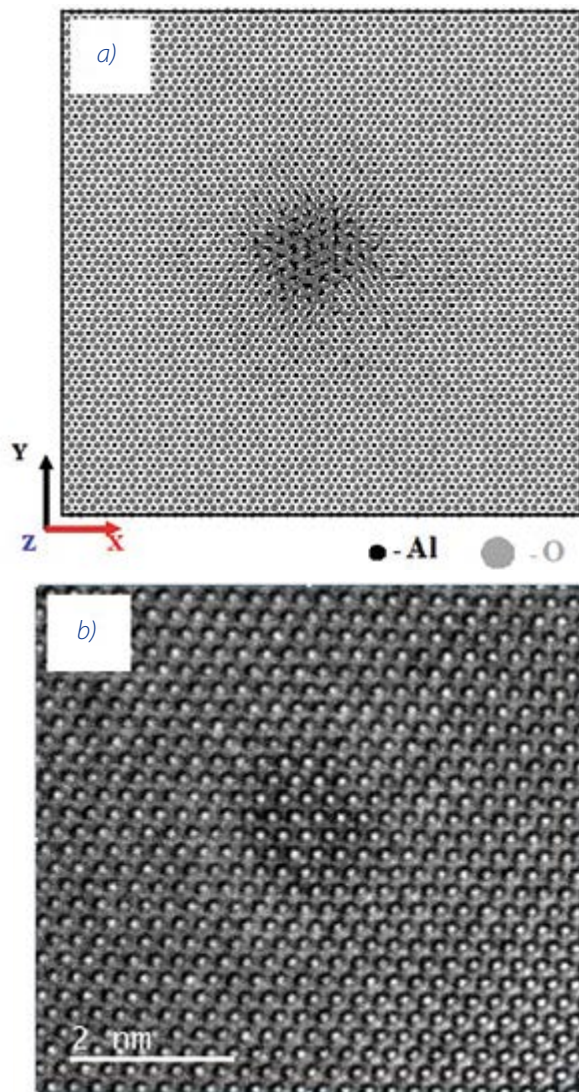
### 2.5.9 Jak se energetickým fotonům daří rozkládat molekuly?

Pracovníci Oddělení radiační a chemické fyziky se významně podíleli i na experimentech a výpočtech ukazujících nečekané chování vědecky i technicky významných molekulárních systémů – plynného dvojnásobně ionizovaného acetyleny ( $[HC\equiv CH]^{2+}$ ) [23], kapalně vody ( $H_2O$ ) [24] a molekulární pevné látky složené z fullerennových klastrů ( $C_{60}$ ) [25] – vystavených působení fotonů různých energií.

Fokusem svazek rentgenového laseru na volných elektronech vytvoří hustotu toku keV-fotonů dostatečně vysokou na to, aby při ní nastala dvojnásobná ionizace molekuly acetyleny [23]. Přenos vodíku, jímž dochází k izomeraci acetylenu  $[HC\equiv CH]^{2+}$  na vinyliden  $[H_2C\equiv C]^{2+}$  následující takovou ionizací, by pak měl probíhat na pikosekundové časové škále. Experimenty provedené

na rentgenovém laseru LCLS v Menlo Parku však prokázaly mnohem rychlejší průběh reakce přenosu vodíku, který spolu s několika zahraničními spolupracovníky teoreticky objasnil Dr. Medveděv, zástupce vedoucího teoretické skupiny Oddělení radiační a chemické fyziky FZÚ AV ČR, v. v. i., a vedoucí teoretické skupiny Oddělení laserového plazmatu ÚFP AV ČR, v. v. i.

Ještě překvapivější výsledek poskytlo ozařování zředěných vodných roztoků mnohem méně energetickými fotony za podstatně nižších intenzit [24]. Ve vodě bylo rozpuštěno několik molekulárních soustav schopných ochotně reagovat s hydroxylovými radikály ( $OH^\bullet$ ) vznikajícími fotolýzou molekul vody. Nízkotlaká rtuťová lampa ozářila připravené roztoky fotony o energii 4,9 eV, což je ovšem méně než 5,0–5,1 eV, jichž je třeba k rozštěpení vazby H-OH. I za těchto ozařovacích podmínek byly



■ **Obr. 18** (a) Simulovaný atomární obraz a (b) experimentální TEM obraz stopy, kterou v  $Al_2O_3$  vytvořil xenonový ion o energii 167 MeV [22].



překvapivě nalezeny poměrně vysoké koncentrace vytvořených hydroxylových radikálů. Jak je to možné, když energie fotonů z tohoto zdroje by měla být pro disociaci molekul vody nedostatečná? V práci [24] navrhuje možná vysvětlení. Jejich podrobným studiem se nyní zabývá několik skupin teoretiků.

Ve třetí práci [25] je popsáno chování dvou alotropních forem uhlíku pod vlivem laserů s volnými elektrony, pracujících v extrémní ultrafialové (SCSS v Japonsku) a měkké rentgenové (FLASH v Hamburku) oblasti. Jedna ze zmíněných pevných látek je molekulární (fullerenové vrstvy složené z klastrů C<sub>60</sub> vázaných vzájemně jen slabými mezimolekulárními interakcemi) a druhá kovalentní (amorfní uhlík). Fullerenové vrstvy jsou ablaovány již při nízkých fluencích, mnohem nižších, než jsou ty poškozující a-C. Ramanova spektroskopie však uvnitř kráterů neukazuje žádný nefullerenový uhlík. Z toho plyne, že fotony o energiích desítek eV neštěpí C-C vazby C<sub>60</sub>. Způsobují něco jiného – fotoefektem ionizují C<sub>60</sub>. Takto vytvořené kation radikály se navzájem coulombicky odpuzují. K rozkladu materiálu pak dochází intermolekulární coulombickou explozí (ICE – *Intermolecular Coulomb Explosion*) fullerenové pevné fáze.

### 2.5.10 Účinky energetických protonů, elektronů a fotonů na modelové biomembrány

Pro studium radiačně chemických procesů indukovaných ve vhodných modelech buněčných membrán ionizujícím zářením různého druhu byly zvoleny suspenze fosfolipidových vezikul ve vodném prostředí [26]. Jako molekulární model radiačně odolné buněčné membrány byl zvolen 1,2-dioleoyl-*sn*-glycero-3-fosfocholin, tj. fosfolipid označovaný zkráceně jako DOPC s podílem nasyčených a nenasycených CC vazeb 18:1 ve zbytcích řetězců mastných kyselin. Tento fosfolipid hraje velmi důležitou roli v radiační odolnosti mnoha druhů nádorových buněk. Spolu s radiačněchemickými změnami byl sledován i vliv saturace roztoku molekulárním kyslíkem na tvorbu koncových produktů reakčního mechanismu.

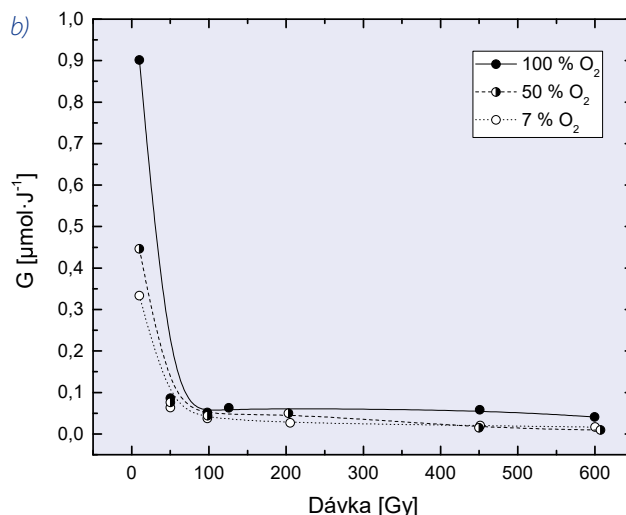
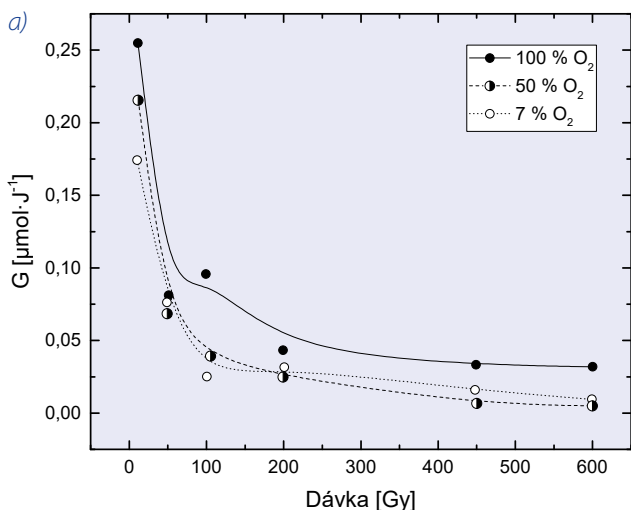
Pro srovnání účinků byly použity konvenční zdroje ionizujícího záření se stejným lineárním součinitelem přenosu energie (LET – *Linear Energy Transfer*) 0,2 keV·μm<sup>-1</sup>, a to urychlené elektrony s maximální energií 4,6 MeV a gama záření o energii 1,25 MeV. Jako zdroje záření s vyšším lineárním přenosem energie bylo využito izochronního cyklotronu U-120M v ÚJV Řež, který generoval urychlené protony o energii 30 MeV (vstupní LET 2 keV·μm<sup>-1</sup>). Metoda

	Nekompenzovaný náboj, fluence pod prahem	Nekompenzovaný náboj, fluence nad prahem	Kompenzovaný náboj, fluence nad prahem
t = 0 fs			
t = 1 000 fs			
t = 1 500 fs			
t = 2 000 fs			

■ **Obr. 19** Výsledky počítačových simulací časového vývoje polohy dvou vrstev C<sub>60</sub> exponovaných FEL zářením na plošných hustotách energie (fluencích) pod (vlevo) a nad (střed) prahem poškození za podmínek, kdy elektrony mohou opouštět studovanou vrstvu. Sloupec vpravo ukazuje chování soustavy na fluencích vyšších než prahových za předpokladu, že elektrony neopouštějí vrstvu. Kladný náboj na C<sub>60</sub> je tedy jimi kompenzován a k intermolekulární coulombické explozi nedochází. Tu naopak jasně vidíme ve středním sloupci po 2 ps od průchodu FEL pulzu. Podrobnosti viz [25].

sledování radiačněchemických změn využívala spektrofotometrického stanovení barevného komplexu thiokyanatanu železitého vytvářeného následkem oxidace železnatých iontů hydroperoxydu, jež jsou produktem reakce fosfolipidů s OH• radikály produkovanými radiolýzou vody.

Experimenty odhalily skutečnost, že mechanismus tvorby hydroperoxidů je pro všechny typy použitého záření stejný. Ze stanovených hodnot radiačněchemických výtěžků (G) navíc plyne, že v případě mononenasyčených (18:1) fosfolipidů se na jejich tvorbě nepodílí řetězový mechanismus. Závislost radiačněchemických výtěžků na saturaci roztoku kyslíkem ukázala na důležitost role koncentrace molekulárního kyslíku při tvorbě hydroperoxidů iniciované ionizujícím zářením.

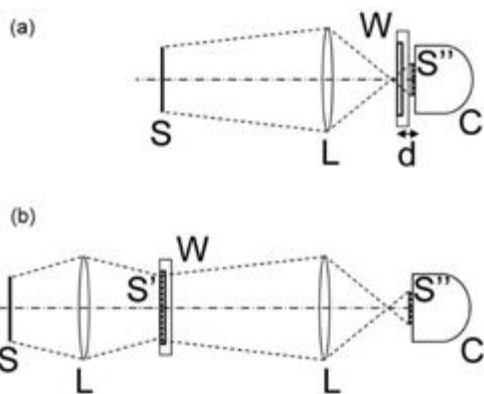


■ Obr. 20 Radiačněchemické výtěžky jako funkce dávky pro různé saturace roztoku molekulárním kyslíkem pro (a) 30 MeV protony, (b) 1,25 MeV gama záření [26].

### 2.5.11 Nový typ spektrografu zobrazujícího ve 2D a 3D

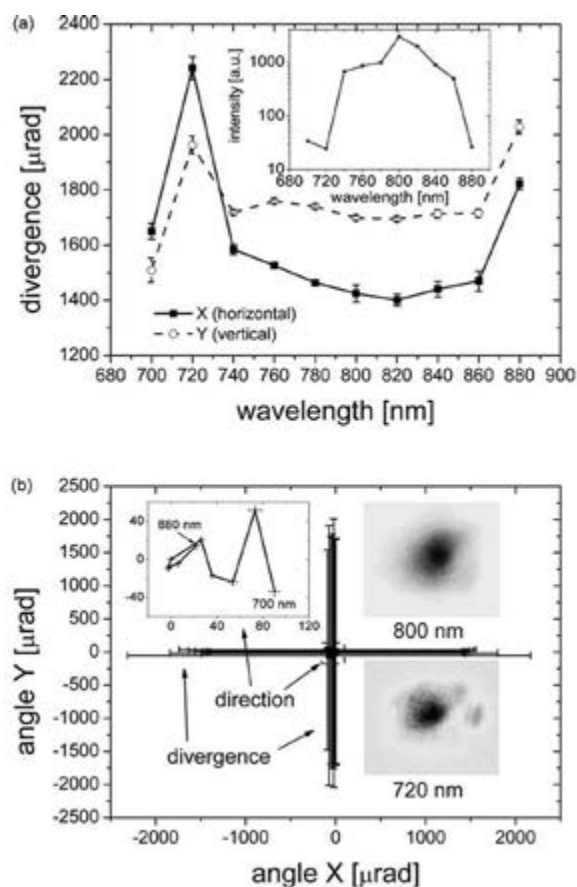
V roce 2017 byla Úřadem průmyslového vlastnictví přiznána patentová ochrana vynálezu č. 307000, tedy novému schématu spektrografu s dvou- nebo třídimenziálním zobrazováním. Barevný rozklad obrazů do spektrálních složek se používá u všech barevných kamer nebo fotoaparátů, obvykle do jen do tří spektrálních složek (RGB). K podrobnější spektrální analýze jsou zobrazující spektrografy (obr. 21a: předmět S a jeho obraz S'', optická soustava L, filtry W vzdálené d od snímáče detektoru C). Technika i složení jednotlivých skenovaných částí obrazu jsou při zachování jeho kvality složitější a současně největší spektrální podrobnosti unikají. Jindy je nutné příčný posun spektrálních obrazů vlivem různých optických klíčů filtrů dodatečně odstraňovat.

Tyto nedostatky nemá upravená konstrukce spektrografu viz obr. 21(b). Sestává z optické soustavy zobrazující



■ Obr. 21 Konstrukce zobrazovacího spektrografu (popis je uveden v textu).

předmětovou rovinu na rovinu citlivé plochy detektoru záření a zároveň je optický filtr vložen do předmětové roviny soustavy nebo do místa některého jejího obrazu mezi zdrojem svazku a detektorem. Tato pozice sady fil-



■ Obr. 22 Využití spektrografu pro obsáhlou dvojrozměrnou spektrální analýzu směru a divergence spektrálních složek svazku titan-safrírového oscilátoru s impulzy časové délky 12 femtosekund [27].

trů vykazujících optický klín umožní při spektrální analýze obrazu předmětu zkreslení podstatně omezit nebo vyloučit bez ohledu na druh optické soustavy, filtrů nebo detektoru.

Podle dokumentace vynálezu je toto schéma spektrografu možné využít nejen pro spektrální, ale i výkovovou analýzu obrazů komerčních přístrojů s vysokým spektrálním i prostorovým rozlišením, namátkou v astronomii, letectví, kartografii, biologii, bankovníctví, kriminalistice, vojenství apod.

### 2.5.12 Přesná synchronizace subnanosekundových a femtosekundových laserových impulzů ve Výzkumné infrastruktuře PALS

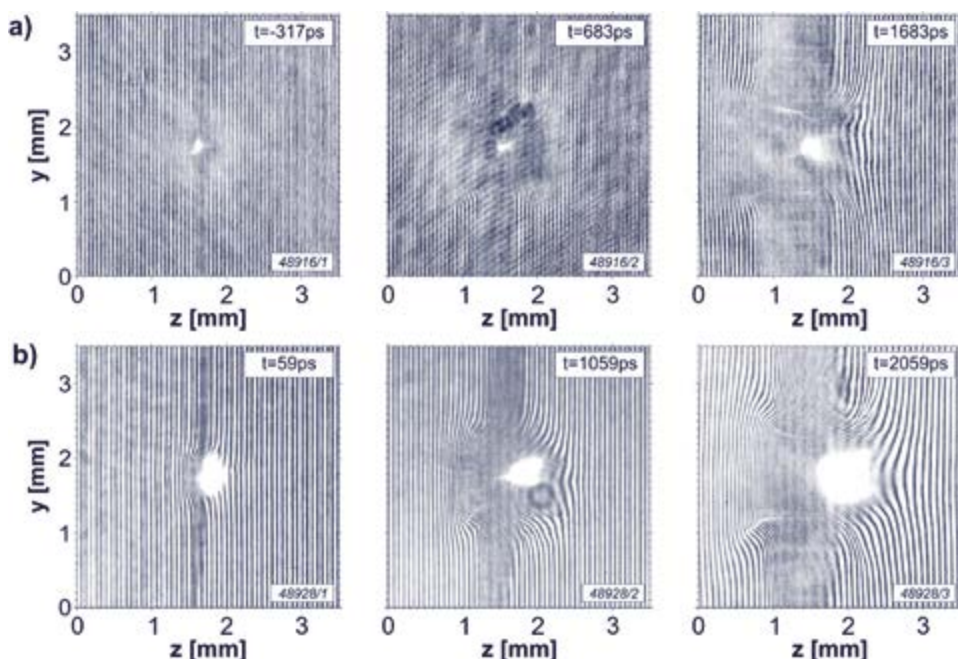
Přesná synchronizace kilojouleového pulzního jodového fotodisociačního laseru, generujícího subnanosekundové impulzy, s vysokorepetičním femtosekundovým titan-safírovým (Ti:Sa) laserem je jedním z nejvýznamnějších vylepšení Výzkumné infrastruktuře PALS (*Prague Asterix Laser System*) v posledních letech [19].

Technika sondování pomocí laserového impulzu byla na PALSu používána již v minulosti, kdy se pro sondování plazmatu využívala část svazku jodového laseru vydělaná za 4. zesilovačem a zpožděná příslušným způsobem. Vzhledem k tomu, že doba trvání impulzu jodového laseru je 350 ps, nebylo touto cestou možné získat informace

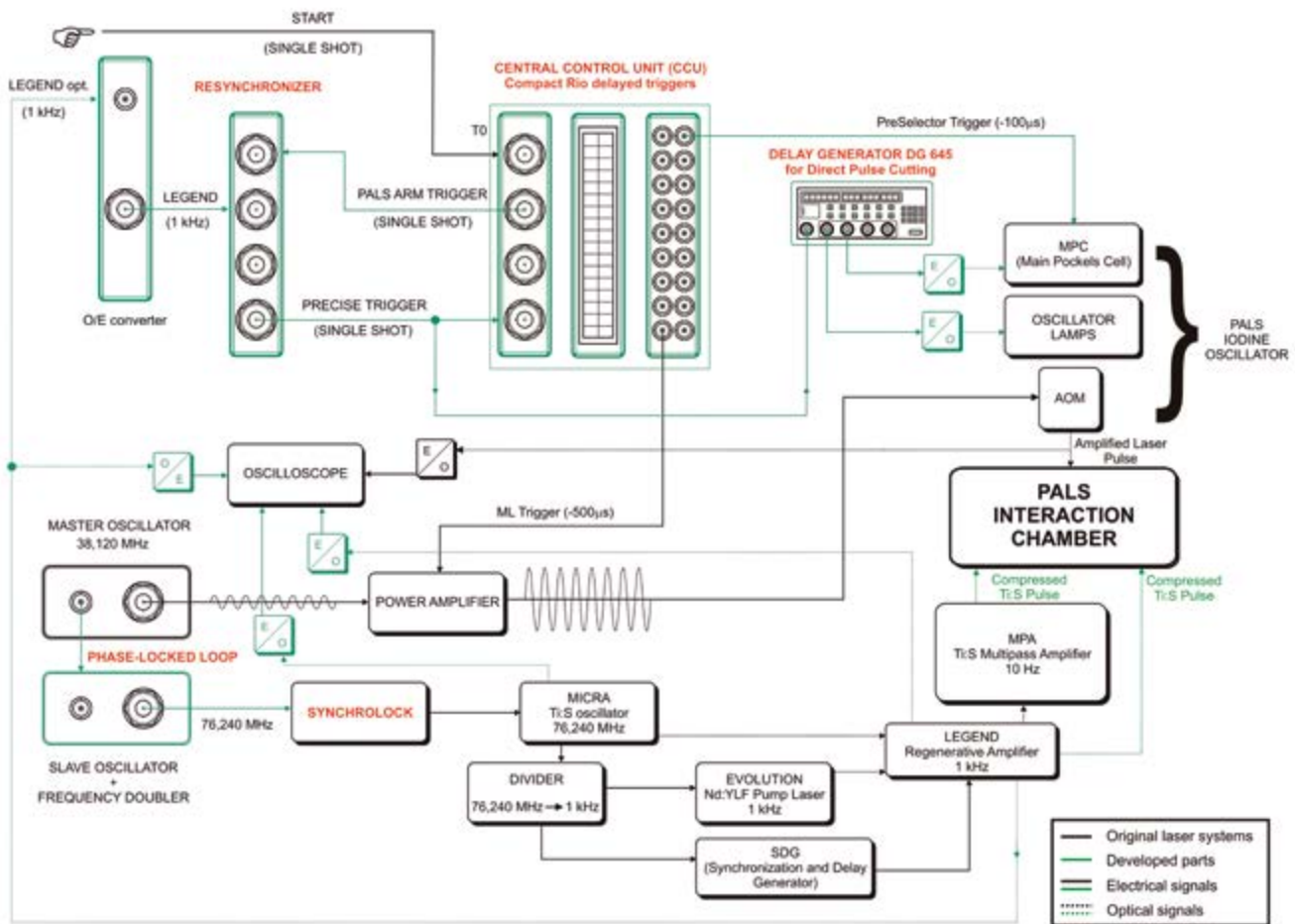
o rychlých dějích, které v generovaném plazmatu probíhají. Pokud je ovšem pro sondování použit synchronizovaný femtosekundový Ti:Sa laser s dobou trvání sondovacího impulzu 45 fs, je možné získat velmi ostrý obraz takovýchto rychlých procesů (obr. 23).

S využitím spolehlivé synchronizace je možné načarovat sondovací impulz před výstřelem jodového laseru tak, aby prošel oblastí zájmu, tj. generovaným plazmatem, s přesností  $\pm 100$  ps. Což znamená, že sondovací impulz bude zaznamenávat strukturu plazmatu vždy během aktivní fáze interakce laserového záření s terčíkem. Aktivní fáze je mívána doba, po kterou dopadá laserový impulz jodového laseru (FWHM = 350 ps) na terčík, kde vytváří plazma a následně s takto vytvořeným plazmatem sám interaguje. Po výstřelu je ze záznamu na osciloskopu určen čas sondování, a to s přesností  $\pm 10$  ps.

Synchronizace jodového laseru a Ti:Sa laseru je řešena ve třech základních krocích (její schéma je na obr. 24). Nejprve je nutné zajistit, aby byly výstupní pulzy obou laserů po celou dobu ve fázi. Pro generaci pulzů jodového laseru se využívá aktivní modulátor kvality rezonátoru, tzv. akusticko-optický modulátor (AOM), pomocí něhož je generován sled impulzů, vzdálených od sebe 13,1 ns. Z tohoto sledu (*train*) je v běžném režimu pomocí série Pockelsových cel vybrán pulz s nejvyšší intenzitou, jež je následně zesílen v řetězci jodových zesilovačů. AOM je řízen elektrickým signálem z hlavního oscilátoru, jehož nominální frekvence je 38,120 MHz. Vzhledem k tomu, že oscilátor Ti:Sa laseru generuje pulzy s frekvencí 76,240 MHz, je možné propojit tyto dva oscilátory fázovým závěsem s frekvencním násobičem a zajistit tak jejich trvalé sfázování.



■ Obr. 23 Sekvence interferogramů z 3snímkového interferometru získané pomocí pulzů a) jodového laseru (350 ps) a b) Ti:Sa laseru (45 fs) [19].



■ Obr. 24 Schéma synchronizace dvou laserových systémů ve Výzkumné infrastruktuře PALS [19].

V dalším kroku je třeba zajistit tzv. přímé vyřezávání pulzu jodového laseru z generovaného sledu impulzů. Tento přístup umožňuje vyříznutí pulzu jodového laseru ze sledu impulzů v předem definovaném čase. Aby k přímému vyřezávání mohlo dojít, je třeba určit výchozí okamžik, od něž bude tento čas počítán. Z pohledu přesné synchronizace je tímto okamžikem okamžik příchodu posledního kHz pulzu Ti:Sa laseru před pulzem, jenž bude použit pro sondování. Posledním krokem je pak sčasování impulzů jodového a Ti:Sa laseru v pozici terčíku v interakční komoře jodového laseru.

Takto synchronizovaný Ti:Sa laser se v současné době využívá jako sondovací svazek pro diagnostické techniky femtosekundové stínografie, interferometrie a polarimetrie, jež jsou řešeny v úzké spolupráci s týmem prof. T. Pisarczyka (viz výše). Dále je možné využít Ti:Sa svazek pro společné interakční experimenty, tj. oba zmiňované laserové impulzy – sub-ns jodový a fs Titan:safírový – mohou dopadat na jeden terčík s libovolným vzájemným zpožděním (pilotní experiment proběhl již v červnu 2015).

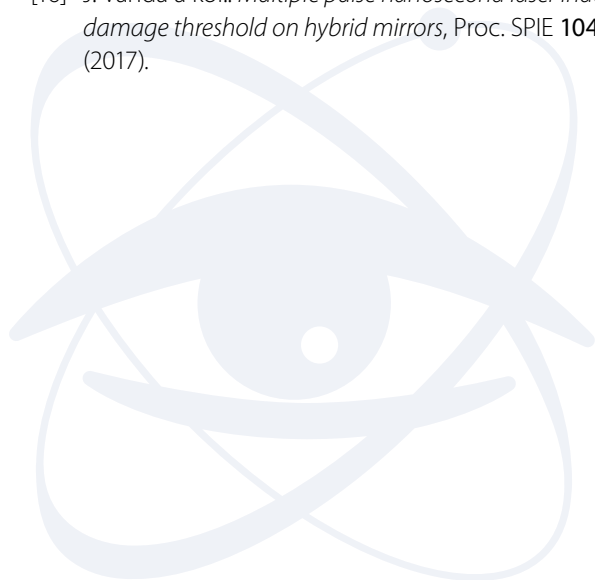
Popsaná přesná a spolehlivá synchronizace [19] vysokoenergetického laseru generujícího plazma a ultrakrátkopulzního laseru toto plazma sondujícího je dostupná

jen v několika světových laboratořích. Aktuálně řešená diagnostická technika vícesnímkové polarimetrie, určená pro studium vývoje spontánních magnetických polí, je jedinou svého druhu na světě.

## Literatura

- [1] M. Smrz a kol.: *Advances in High-Power, Ultrashort Pulse DPSSL Technologies at HiLASE*, Appl. Sci. **7**, 1016 (2017).
- [2] A. Endo a kol.: *kW-class picosecond thin-disc prepulse laser Perla for efficient EUV generation*, J. Micro and Nanolithography, MEMS, and MOEMS **16** (4), 041011 (2017).
- [3] J. Huynh a kol.: *Femtosecond Yb:YAG ceramic slab regenerative amplifier*, Opt. Mater. Express **8** (3), 615–621 (2018).
- [4] P. D. Mason a kol.: *Kilowatt average power 100 J-level diode pumped solid state laser*, Optica **4** (4) 438–439 (2017).
- [5] D. Vojna a kol.: *Verdet constant dispersion of CeF<sub>3</sub> in the visible and near-infrared spectral range*, Opt. Eng. **56** (6), 067105 (2017).

- [6] P. Navrátil a kol.: *Continuous-wave and passively Q-switched cryogenic Yb:KLu(WO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> laser*, Opt. Express **25**, 25886–25893 (2017).
- [7] P. Loiko a kol.: *Microchip Yb:CaL<sub>r</sub>AlO<sub>4</sub> lasers with up to 91% slope efficiency*, Opt. Lett. **42** (13), 2431–2434 (2017).
- [8] M. V. Shugaev a kol.: *Mechanism of single-pulse ablative generation of laser-induced periodic surface structures*, Phys. Rev. B **96**, 205429, 2017.
- [9] I. Gnilitzki a kol.: *High-speed manufacturing of highly regular femtosecond laser-induced periodic surface structures: physical origin of regularity*, Scientific Reports **7**, 8485 (2017).
- [10] Y. Levy a kol.: *Laser-induced periodic surface structures formation: investigation of the effect of nonlinear absorption of laser energy in different materials*, Nonlinear Optics and Applications X, Proc. SPIE **10228** (2017).
- [11] V. P. Zhukov a kol.: *Nonlinear Maxwell's and Schrödinger equations for describing the volumetric interaction of femtosecond laser pulses with transparent solid dielectrics: effect of the boundary conditions*, Journal of Optical Technology **84**, 7 (2017).
- [12] N. M. Bulgakova a kol.: *Non-linear effects during interaction of femtosecond doughnut-shaped laser pulses with glasses: overcoming intensity clamping*, Nonlinear Optics and Applications X, Proc. SPIE **10228** (2017).
- [13] V. P. Zhukov a kol.: *Asymmetry of light absorption upon propagation of focused femtosecond laser pulses with spatiotemporal coupling through glass materials*, Nonlinear Optics and Applications X, Proc. SPIE **10228** (2017).
- [14] T. J.-Y. Derrien a kol.: *Modeling of silicon in femtosecond laser-induced modification regimes: accounting for ambipolar diffusion*, Nonlinear Optics and Applications X, Proc. SPIE **10228** (2017).
- [15] V. P. Zhukov a kol.: *Interaction of doughnut-shaped laser pulses with glasses*, J. Opt. Soc. Am. B **34**, 2 (2017).
- [16] J. Vanda a kol.: *Multiple pulse nanosecond laser induced damage threshold on hybrid mirrors*, Proc. SPIE **10447** (2017).
- [17] J. Krása a kol.: *Spectral and temporal characteristics of target current and electromagnetic pulse induced by nanosecond laser ablation*, Plasma Phys. Control. Fusion **59**, 065007 (2017).
- [18] T. Pisarczyk a kol.: *Kinetic magnetization by fast electrons in laser-produced plasmas at sub-relativistic intensities*, Phys. Plasmas **24**, 102711 (2017).
- [19] J. Dostál a kol.: *Synchronizing single-shot high-energy iodine photodissociation laser PALS and high-repetition-rate femtosecond Ti:sapphire laser system*, Rev. Sci. Instrum. **88**, 102711-1 (2017).
- [20] F. Tavella a kol.: *Soft x-ray induced femtosecond solid-to-solid phase transition*, High Energy Density Physics **24**, 22 (2017).
- [21] N. Medvedev a kol.: *Electron-ion coupling in semiconductors beyond Fermi's golden rule*, Phys. Rev. B **95**, 14309 (2017).
- [22] R. Rymzhanov a kol.: *Damage threshold and structure of swift heavy ion tracks in Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>*, J. Phys. D **50**, 475301 (2017).
- [23] Zh. Li a kol.: *Ultrafast isomerization in acetylene dication after carbon K-shell ionization*, Nature Commun. **8**, Art. Nr. 453 (2017).
- [24] K. Tomanová a kol.: *At the crossroad of photochemistry and radiation chemistry: formation of hydroxyl radicals in diluted aqueous solutions exposed to ultraviolet radiation*, Phys. Chem. Chem. Phys. **19**, 29402 (2017).
- [25] M. Toufarová a kol.: *Contrasting behavior of covalent and molecular carbon allotropes exposed to extreme ultraviolet and soft x-ray free-electron laser radiation*, Phys. Rev. B **96**, 214101 (2017).
- [26] L. Vyšín a kol.: *Degradation of phospholipids under different types of irradiation and varying oxygen saturation*, Radiat. Environ. Biophys. **56**, 241 (2017).
- [27] M. Divoký, P. Straka: *Simple two-dimensional-imaging spectrograph with wedged narrow band filters*, Rev. Sci. Instrum. **79**, 123114 (2008).





## 2.6 Sekce realizace projektu ELI Beamlines v roce 2017

### 2.6.1 Hodnocení hlavní činnosti jednotlivých sekcí

Výzkumné centrum ELI Beamlines v roce 2017 splnilo další z významných milníků na cestě k plnému zprovoznění a rutinnímu poskytování své mimořádné technologické kapacity badatelským skupinám z celého světa. Podařilo se zejména překonat hlavní výzvy spočívající v zajištění stability podlahových vrstev a připravit všechny laserové a experimentální haly k instalacím technologického vybavení. Byla dokončena komplexní infrastruktura o užitné ploše přes 31 000 m<sup>2</sup> s mimořádnou vibrační odolností, rozsáhlou oblastí čistých prostor a plně funkčními specializovanými laboratořemi, na které se podílelo široké spektrum technologických firem prostřednictvím vývoje nových produktů v oblasti elektroniky, optiky, vakua, řídicích systémů, speciálního chlazení, čistící procedury, přesné mechaniky.

Podmínkou pro úspěšné dokončení těchto prací bylo též dlouhodobé zavádění systému řízení kvality, systémového inženýrství a bezpečnosti pro přijímání výzev, které přinášejí technologicky složitější projekty.

Bylo tak možno nainstalovat dva ze čtyř laserových systémů L1 a ve spolupráci s Lawrence Livermore National Laboratory systém L3 včetně vakuové komory PW optického kompresoru dodané společností Delong Instruments, a.s. Uspokojivě probíhaly též vývojové práce na laserovém systému L4, kde došlo k otestování obou stupňů zesílení laserových pulsů. Vývoj je tak na dobré cestě k získání dosud neexistující kapacity 10 PW při vysoké opakovací frekvenci pulsů až 1 za minutu. Díky velkému pokroku v testování čtyř experimentálních stanic výzkumného programu zaměřeného na materiálové a biomolekulární aplikace bylo možné od září 2017 nabídnout tyto stanice pro experimenty národní i mezinárodní vědecké komunitě.

V roce 2017 byla dále rozšířena spolupráce se zahraničními partnery, kteří se tak podílejí na spouštění ELI Beamlines a formování prvních experimentů. Byla uza-

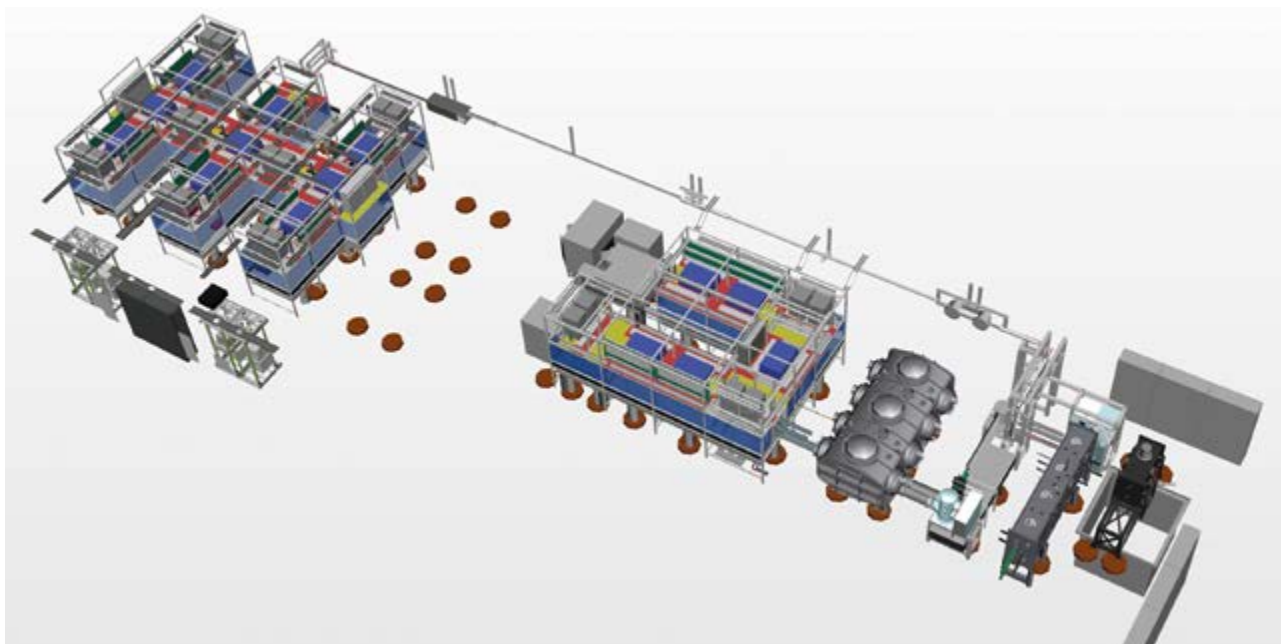
vřena memoranda o spolupráci s European XFEL, QST – KPSI, či University of Oxford. Prostřednictvím řady seminářů byly uskutečněny diskuze s budoucími národními a mezinárodními uživateli výzkumné infrastruktury ELI Beamlines o možnostech jejího využití v rozličných experimentálních oblastech a byly získány pokročilé uživatelské požadavky s cílem ovlivnit budoucí vývoj primárních a sekundárních zdrojů záření.

V roce 2017 byly dále realizovány či zahájeny významné vlastní vědecké aktivity prostřednictvím projektů ELI-BIO a HIFI (celkem cca 500 milionů Kč), které jsou vedeny prof. J. Hajduem a prof. S. V. Bulanovem – celosvětově uznávanými kapacitami ve svých oborech.

Založení ELI ERIC: V prosinci 2016 byla Českou republikou, Maďarskem a Rumunskem předložena Evropské komisi, GR pro výzkum a inovace, žádost o založení ELI ERIC. Připomínky evropské komise byly zpracovány ve spolupráci s partnery sdruženými v ELI Delivery Consortium. Byl definován dlouhodobý model udržitelnosti a projednáno s budoucími členskými státy společnosti ELI ERIC. Výsledky pokroku byly prezentovány komisaři pro výzkum, vědu a inovace Evropské komise a Radě pro konkurenceschopnost v prosinci 2017. Očekává se, že konečná žádost bude předložena v první polovině roku 2018. Z pohledu FZÚ AV ČR, v. v. i. jako hostitelské instituce jednoho z pilířů byl ve spolupráce s AV ČR a MŠMT analyzován způsob a právní náležitosti poskytnutí vybudovaných kapacit ELI ERIC.

### 2.6.2 Vývoj laserů pro centrum ELI Beamlines

Oddělení 91 vyvíjí a uvádí do provozu laserové systémy pro výzkumné centrum ELI Beamlines, v mezinárodní spolupráci zahrnující zejména hlavní partnery laboratoře Lawrence Livermore National Laboratory a společnost National Energetics (USA). Spolupráce na řešení dílčích vývojových úkolů probíhá rovněž s STFC Rutherford Appleton Laboratory (Velká Británie) a dalšími výzkum-



■ **Obr. 1** Struktura laserového systému L1-ALLEGRA a jednotlivé podsystémy. Prvotní pulsy jsou generovány a zesilovány v oscilátoru a předzesilovačích (na obrázku vlevo) umístěných v separátní části laserové haly L1. Výkonová kaskáda čerpacích laserů a OPCPA zesilovačů je v pravé části obrázku.

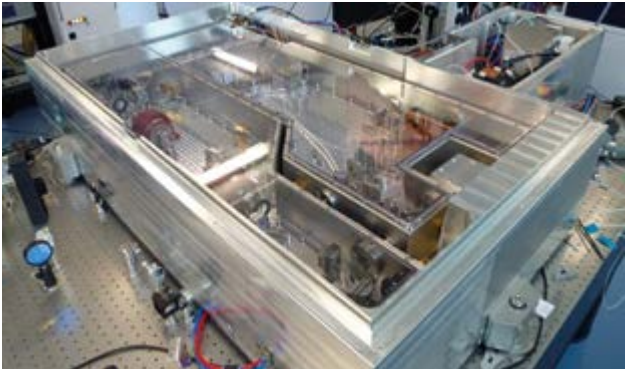
nými centry v Evropě. V roce 2017 byla započata instalace prvních dvou laserových systémů ve výzkumném centru ELI Beamlines, jmenovitě systému L1 a systému L3. V roce 2017 rovněž vstoupilo do finální fáze u dodavatele testování systému L4. Náplní činnosti ve vývoji systému L2 bylo pokračující vylepšování jednotlivých komponent 10J zesilovače.

Laserový systém L1-ALLEGRA je vyvíjen a budován vlastními silami oddělení 91. Systém bude poskytovat

ultrakrátké laserové pulsy s energií přesahující 100 mJ a délce cca 12 fs s opakovací frekvencí 1 kHz. Systém bude sloužit především k buzení femtosekundových zdrojů rentgenového záření pro materiálové, molekulární a biomolekulární aplikace. Architektura systému L1-ALLEGRA umožňuje rozšiřitelnost výstupní energie na úroveň minimálně 200 mJ. Svými parametry a flexibilitou je systémem jedním z nejmodernějších laserových řetězců svého druhu na světě. Klíčovými technologiemi umožňujícími



■ **Obr. 2** Laserová hala L1 centra ELI-Beamlines v průběhu instalace laserového systému L1-ALLEGRA v závěru roku 2017. Snímek zachycuje okamžik před finální instalací vakuové komory bloku výkonových OPCPA zesilovačů krátkého pulsu.



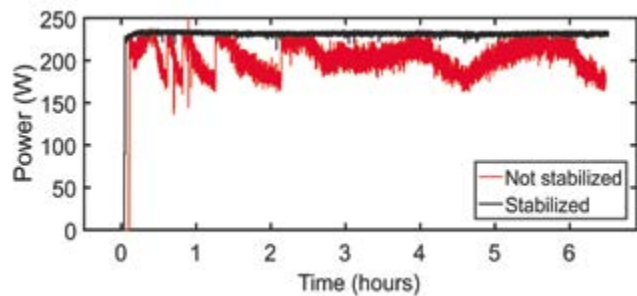
■ **Obr. 3:** Laserová jednotka tenkodiskového regenerativního zesilovače (vyvinutého pro projekt ELI Beamlines firmou Trumpf) systému L1-ALLEGRA využívá aktivního prostředí na bázi Yb:YAG a poskytuje výstupní pulsy s energií >230 mJ při repetici 1 kHz. Díky nové metodě stabilizace vyvinuté a implementované v FZÚ se podařilo výrazně zlepšit stabilitu výstupního svazku a zvýšit provozní spolehlivost systému.

dosažení výše uvedených parametrů jsou jednak vysoce výkonné pulsní čerpačí lasery na bázi tzv. tenkých disků (s aktivním prostředím tvořených Yb:YAG krystaly) a technika zesilování ultrakrátkých širokopásmových pulsů na bázi nelineárního parametrického procesu OPCPA (Optical Parametric Chirped Pulse Amplifier). Dva z pevnolátkových tenkodiskových zesilovačů (30 mJ a 100 mJ) byly vyvinuty přímo v odd. 91, výkonové zesilovače poskytující energii pulsů >200 mJ byly na zakázku vyvinuty průmyslem (Trumpf). Výstupní OPCPA kaskáda systému využívá krystaly LBO (lithium tetraborát). Tento systém OPCPA zesilovačů a návazného kompresoru pulsů na bázi frekvenčně disperzních zrcadel (chirped mirrors) musí být vzhledem k vysokým amplitudám pulsních optických polí umístěn ve vakuu.

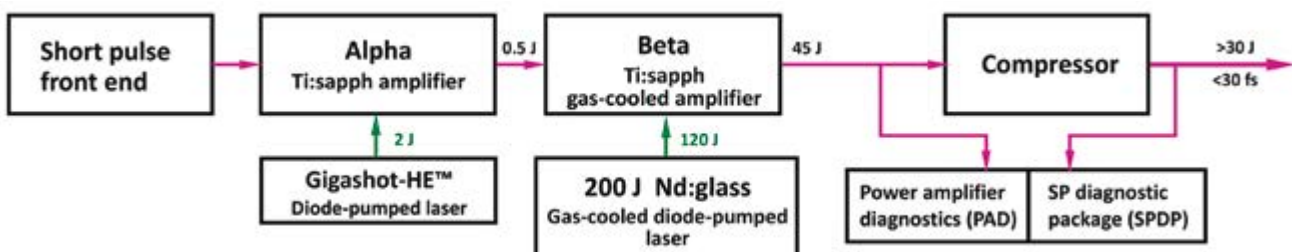
Instalace systému L1-ALLEGRA v laserové hale centra ELI Beamlines probíhá od října 2017. Systém bude podle plánu plně instalován a zprovozněn pro uživatelské ex-

perimenty do konce roku 2018. Plného výkonu systém dosáhne začátkem roku 2019.

Čerpačími jednotkami výstupních OPCPA zesilovačů jsou tzv. regenerativní lasery poskytující pulsy s energií cca 230 mJ na opakovací frekvenci 1 kHz. Významným výsledkem roku 2017, dosaženým pracovníky odd. 91, je nová metoda stabilizace energie a směřování výstupního svazku regenerativních 230 mJ zesilovačů. Podstatou metody je analýza prostorového rozložení spontánní emise z aktivního laserového prostředí, pomocí níž se určuje poloha laserového svazku vůči buzené oblasti. Tato stabilizační metoda byla demonstrována na dvou tenkodiskových regenerativních zesilovačích různé konstrukce a výkonu a v principu ji lze použít na další typy pevnolátkových zesilovačů. U obou laserových systémů, na nichž byla stabilizace testována, byla zcela eliminována nestabilita během zahřívání systému po spuštění, a to z 2 až 3 hodin



■ **Obr. 4** Zlepšení stability výstupního výkonu laserového zesilovače po implementaci techniky vyvinuté laserovým týmem odd. 91. Laserový zesilovač vybavený stabilizačním systémem (černá čára) vykazuje výrazně lepší stabilitu výstupního výkonu ve srovnání s nestabilizovaným zesilovačem (červená čára). Srovnání je ilustrováno v průběhu prvních 6 hodin po zapnutí. Za povšimnutí stojí skokové fluktuační nestabilizovaného laseru, kde jsou nutné opakované manuální zásahy do nastavení zrcadel rezonátoru pro kompenzaci vlivu změny teploty. V případě použití stabilizačního systému je laser stabilní na plném výkonu do 1 minuty po zapnutí.



■ **Obr. 5** Blokové schéma laserového systému L3-HAPLS. Ultrakrátké, spektrálně širokopásmové pulsy jsou generovány čelem krátkopulsního řetězce (short pulse front end) a jsou zesíleny ve dvou výkonových Ti:safírových zesilovačích. Tyto zesilovače jsou buzeny diodovými čerpačími lasery: zatímco první Ti:safírový zesilovač (Alpha) využívá speciální komerční systém Gigashot-HE (Northrop Grumman), výstupní Beta zesilovač je buzen heliem chlazeným diodově čerpaným laserem typu multislab, vyvinutým v Lawrence Livermore National Laboratory. Výstupní pulsy s energií až 45 J jsou komprimovány ve vakuovém optickém kompresoru na délku <30 fs.



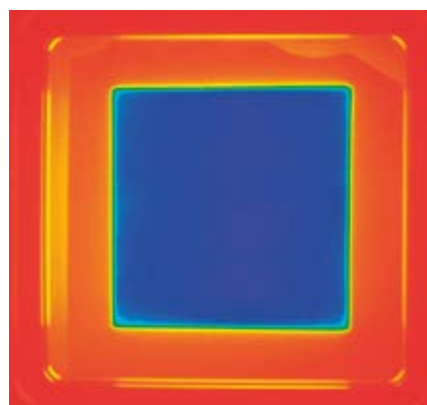


■ **Obr. 6** Laserový systém L3-HAPLS instalovaný v centru ELI-Beamlines. Kompaktní laserový řetězec je umístěn na sedmi optických stolech, viditelných uprostřed a v pravé části obrázku. Závěsný rám nad laserovým systémem slouží k rozvodu chladicího média, vakua a elektrické kabeláže. Vakuový kompresor výstupních PW pulsů, viditelný v levé části obrázku, je v nynější fázi umístěn v odděleném prostoru zajišťujícím ultračisté prostředí pro instalaci difrakčních mřížek a dalších optických jednotek.

na méně než 1 minutu. Metoda rovněž umožňuje výrazně snížit fluktuace výstupní energie, v konkrétním případě z 6% na 0,9%. Laserové jednotky vybavené vyvinutým systémem představují mimořádně stabilní a robustní diodově čerpané zesilovače a jsou ideálním bezúdržbovým řešením pro širokopásmové laserové řetězce. V případě systému L1-ALLEGRA jsou takto stabilizované regenerativní zesilovače použity na čerpání výstupních širokopásmových OPCPA stupňů a umožňují spustit celý 100mJ řetězec na plný výkon během pouhých několika minut.

V druhé polovině roku 2017 byl ve výzkumném centru ELI Beamlines instalován laserový systém L3-HAPLS (*High repetition rate Advanced Petawatt Laser System*), který byl v spolupráci s laserovým týmem oddělení 91 vyvinut v předchozím období americkou Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL). Na instalaci intenzivně pracoval společný tým vědeckých a technických pracovníků z LLNL a centra ELI Beamlines. Po připojení a zprovoznění chladicích, vakuových, elektrických a elektronických systémů laseru začalo počínaje prosincem 2017 uvádění do provozu prvních částí vlastního laserového řetězce L3-HAPLS. Částmi zprovozněnými do konce roku 2017 jsou oscilátorové a předzesilovací jednotky čerpacího laseru a širokopásmového řetězce a velkoplošné matice výkonových pulsních laserových diod pro buzení heliem chlazeného hlavního čerpacího laseru. Zprovoznování a testování celého řetězce L3-HAPLS bude pokračovat v prvním pololetí roku 2018.

Laserový systém L3-HAPLS představuje novou generaci vysokoenergetických výkonových laserových systémů. Jako první PW systém na světě využívá k buzení aktivního prostředí výlučně vysokovýkonové pulsní polovodičové laserové diody a díky průkopnické technologii heliového chlazení a konfiguraci aktivního prostředí výkonových stupňů umožňuje generovat PW pulsy s repe-



■ **Obr. 7** Prostorový intenzitní profil budícího záření generovaného laserovou diodovou maticí č.1 (Array 1) na aktivním prostředí (Nd:dopované sklo) v heliem chlazeném čerpacím laseru typu multislabs. Buzená plocha, odpovídající oblasti zesilování laserového svazku, má velikost 50x50 mm. Využití polí laserových diod a architektura systému umožňuje generaci vysoce homogenního zesilujícího prostředí a tím i generaci prostorově velmi kvalitního laserového svazku.



■ **Obr. 8** Vakuový optický kompresor (5,2 x 2,2 x 2,3 m) PW pulsů systému L3-HAPLS, navržený v oddělení 91 a realizovaný ve spolupráci s tuzemským průmyslem. Uvnitř vakuové komory jsou integrovány 4 velkoplošné difrakční mřížky (výrobce LLNL) pro kompresi laserových pulsů na finální délku <30 fs a soustava optických zrcadel včetně diagnostických zrcadel pro měření parametrů výstupního pulsu. Kompresor dále zahrnuje řadu elektronických a optoelektronických senzorů a komplexní elektronický řídicí systém.

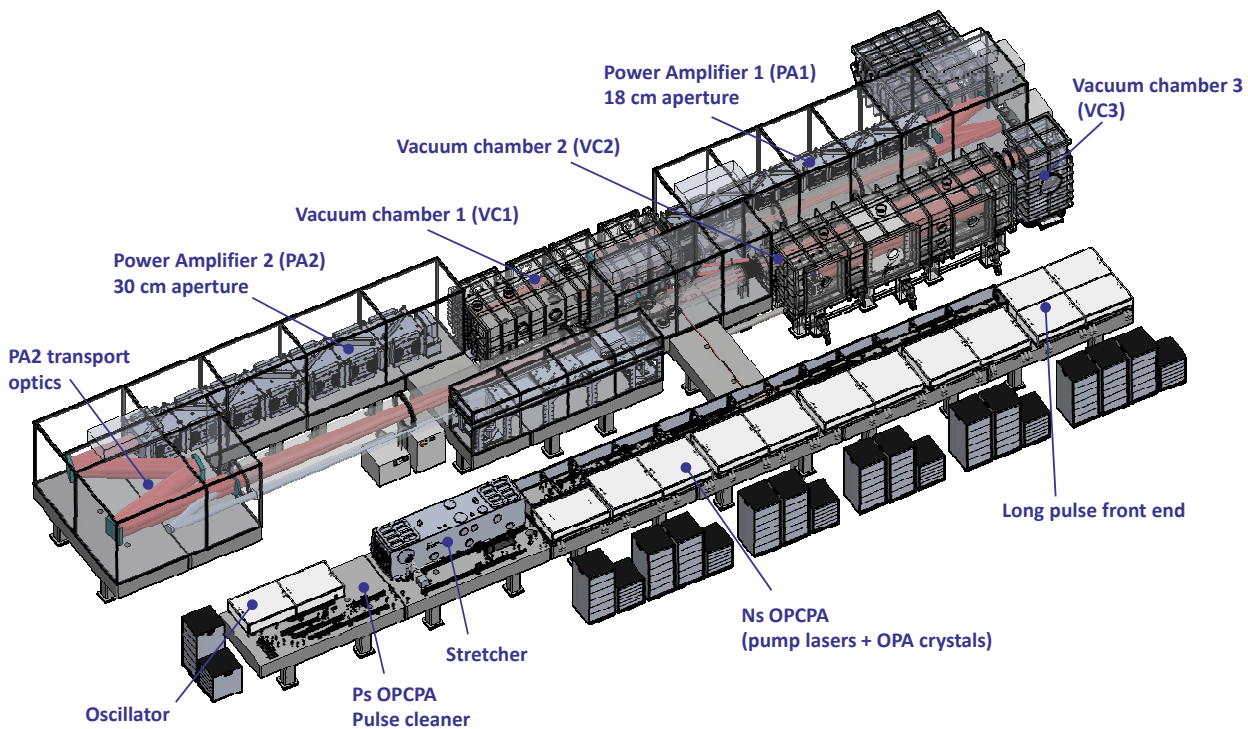
ticí 10 Hz. Tím několikanásobně překonává PW systémy instalované jinde ve světě. Tento nejmodernější laser svého druhu bude mít široké spektrum využití a bude v cen-

tru ELI Beamlines sloužit v mnoha oblastech základního i aplikovaného výzkumu.

Výstupní širokopásmové laserové pulsy systému L3-HAPLS jsou komprimovány na finální délku <30 fs soustavou čtyř velkoplošných difrakčních mřížek, zhotovených v LLNL. Tato optická soustava musí být ustavena s přesností poloh jednotlivých mřížek řádově mikrometr a musí být umístěna ve vysoce čistém vakuovém prostředí. Vakuový kompresor, v němž jsou difrakční mřížky umístěny, dále zahrnuje velkoplošná zrcadla pro vyvedení laserových pulsů do navazujících systémů, komplexní strukturu diagnostických zrcadel pro měření parametrů generovaných pulsů a rovněž řadu polohových, teplotních, oscilačních a vakuových senzorů.

Vakuový optický kompresor byl navržen pracovníky odd. 91 a zhotoven českou firmou Delong Instruments. Ve 4. čtvrtletí 2017 byl kompresor, jeho základní vnitřní struktura a související elektronické řídicí systémy instalovány a otestovány v ELI Beamlines. V roce 2018 proběhne instalace zbývajících systémů a plná integrace s laserovým řetězcem L3-HAPLS.

V roce 2017 dále pokračovala integrace a výkonnostní testování laserového systému L4 pro ELI Beamlines. Tento laser je určen ke generaci výkonových pulsů s energií 1,5 kJ, které budou finálně komprimovány na délku přibližně 150 fs a tím bude generován pulsní optický výkon 10 PW. Laserový řetězec L4 vyvíjí ve spolupráci s odd. 91



■ **Obr. 9** Uspořádání kJ laserového řetězce L4 se znázorněným umístěním jednotlivých subsystémů. Hlavními jednotkami při zesílení výkonových pulsů jsou OPCPA předzesilovací řetězec, výkonový zesilovač PA1 s optickou aperturou 18x18 cm a výstupní výkonový zesilovač PA2 s aperturou 30x30 cm.



■ **Obr. 10** Blok výkonového zesilovače PA1 laserového systému L4 s optickou aperturou 18x18 cm. Tento zesilovač umožňuje zesílit spektrálně širokopásmové pulsy na energii minimálně 100 J.

mezinárodní konsorcium National Energetics / EKSPILA. Nejdůležitějšími aktivitami týmu odd. 91 při vývoji laseru L4 je návrh a testování řetězce parametrického zesílení OPCPA, systém páteřního elektronického časování laseru, systém diagnostiky výstupních kJ laserových pulsů a návrh všech hlavních jednotek optického vakuového 10 PW kompresoru.

L4 je komplexní laserový systém, v němž je širokopásmový laserový puls, generovaný oscilátorem, zesilován nejprve v soustavě parametrických předzesilovačů OPCPA (*Optical Parametric Chirped Pulse Amplification*) a poté ve dvou finálních výkonových zesilovačích na bázi Nd:dopovaného skla. Vhodnou kombinací dvou druhů skel (silikátové a fosfátové) v těchto výkonových stupních (PA1 – *Power Amplifier 1* a PA2 – *Power Amplifier 2*) je možno zesilovat spektrální pásmo o šířce nejméně 13 nm, které odpovídá komprimovatelnosti výstupního pulsu na délku 130–150 fs. Architektura systému L4 rovněž umožňuje generaci časově tvarovatelného nanosekundového výstupního pulsu na úrovni 1,5 kJ a současnou generaci synchronizovaného PW pulsu o délce cca 150 fs pro experimenty typu *pump-probe*.

Oba výkonové stupně řetězce L4 využívají dále vysoce inovativní technologii kapalinového chlazení, která umožní dosáhnout - pro kJ lasery bezprecedentní - četnost výstřelů až 1/minutu. Aktivní prostředí zesilovačů je buzeno kompaktními VN vybojkovými bloky pracujícími na relativně nízkém napětí (cca 3 kV). Oba zesilovací výkonové stupně jsou ve fázi testování v laboratoři National Energetics. Podle plánu by primární testování laserového řetězce v této laboratoři mělo být ukončeno přibližně v polovině roku 2018. Po převezení do centra

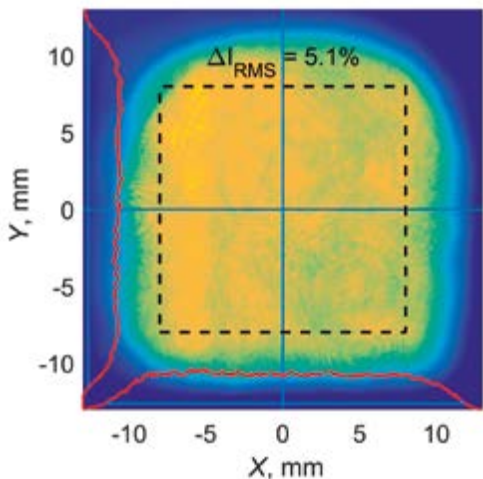
ELI Beamlines bude systém instalován a zprovozněn do konce roku 2018.

Pro efektivní funkci výkonových stupňů využívajících Nd:dopované sklo je nutné předzesílení širokopásmových pulsů na úroveň energie několika joulů. Pro splnění tohoto požadavku laserový tým odd. 91 navrhl a zprovoznil unikátní kaskádu 5 parametrických OPCPA zesilovačů s nelineárními krystaly na bázi LBO (*lithium tetraborát*), který umožňuje generovat pulsy s energií až 5 J při opakovací frekvenci 5 Hz. Výstupní spektrum laseru je plně programovatelné bez nutnosti fyzické intervence na optické soustavě. Vyvinutý OPCPA řetězec je širokopásmovým laserem poskytujícím v současnosti nejvyšší energii v jednom pulsu na opakovací frekvenci 5 Hz a umožní vysokou flexibilitu provozu celého řetězce L4. Excelentní stabilita a prostorová kvalita laserového svazku umožní tak provozovat spolehlivě celý systém L4 na maximálním výkonu.

Jedním z klíčových subsystémů laseru L4, spoluřešeného odd. 91, je kompresor kJ pulsů pro generaci optického výkonu 10 PW. Vzhledem k vysoké energii pulsu musí být výstupní svazek generovaný laserovým řetězcem nejprve zvětšen optickým teleskopem na velikost cca 630 x 630 mm a poté komprimován v soustavě 4 velkoplošných difrakčních mřížek a fázovaných zrcadel. Základem vnitřní struktury kompresoru je speciální nosná konstrukce, strukturovaná do třech segmentů, umožňující splnit parametry kladené na přesnost nastavení, hmotnost a stabilitu polohy jednotlivých optických komponent. Kompresor, jehož realizace představuje mimořádnou výzvu v oboru výkonových laserových systémů, bude integrován v centru ELI Beamlines v průběhu roku 2019.



■ **Obr. 11** Laserový systém L4 ve vývojové laboratoři National Energetics. V popředí v levé části obrázku jsou oscilátorová jednotka, předzesilovače a systém pro zvýšení časového kontrastu laserových pulsů.



■ **Obr. 12** Prostorový profil laserového svazku L4 na výstupu OPCPA řetězce při opakovací frekvenci 5 Hz. Energie pulsů je cca 4,5 J. Vysoce homogenní prostorový profil svazku a jeho stabilita umožňuje spolehlivě provozovat hlavní zesilovače systému L4 na maximálním výkonu.

### 2.6.3 Experimentální programy Beamlines

Oddělení 92 experimentálních programů ELI Beamlines soustředilo svou činnost zejména na výstavbu a testování klíčových stanic (beamlines), experimentálních prostor a platform. Všechny součásti pro budoucí experimenty HHG, PXS, optické, čerpací a sondovací svazky a stanice pro koncové uživatele v E1 (produkce rentgenových svazků), ELIMAIA (urychlování iontů) v E4, P3 (platforma pro plazmovou fyziku) v E3, HELL platforma (elektronové urychlování) a LUX (záření z undulátoru) v E5 pro-

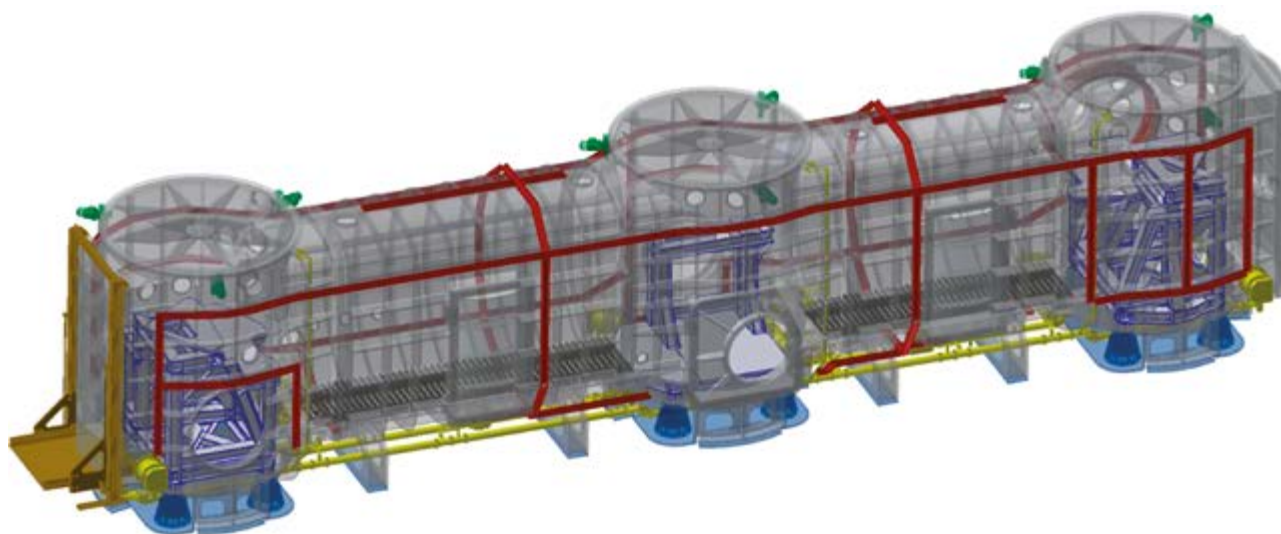
šly velmi významným pokrokem. Některá ze zařízení již po nastavení prvotních parametrů prošla zkušebním provozem a proběhla jejich úprava na předpokládanou úroveň ve smyslu maximálního výkonu, průměrného výkonu a intenzity k úspěšnému zajištění začátku experimentální fáze. Části vakuového systému a transportu svazku byly nainstalovány a řádně testovány. Velký důraz byl kladen na nastavení kontrolních mechanismů a bezpečnostních opatření. Velkou úlohu hraje stabilita všech propojených systémů: směrovosti laseru, jeho energetických fluktuací, délky impulsu, vlnoplochy, zaměřovací stability systému transportu svazku, automatického zaměřování, atd.

Spolupráce s mezinárodními institucemi a laboratorami poskytla prostor pro vývoj stěžejních prvků a diagnostických prostředků včetně rozšíření vědeckých znalostí. Výsledky vědeckých experimentů a teoretického výzkumu provedeného členy výzkumných programů a skupin vedly k velkému množství publikací ve vysoce hodnocených časopisech.

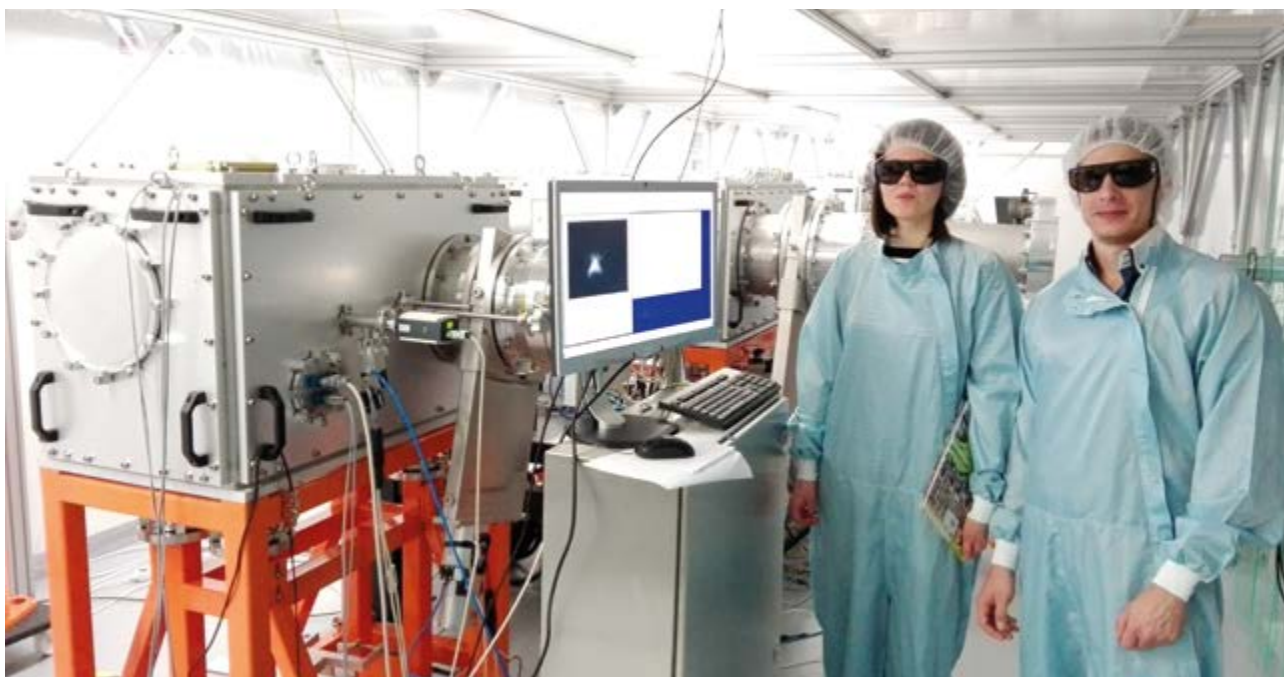
### Výzkumný program 2 – HHG, Plasma-source, Betatron

Tento experimentální program dosáhl v roce 2017 následujících cílů:

- HHG Beamline (zdroj ultrakrátkých pulzů koherentního XUV záření) byl úspěšně otestován pomocí komerčního budícího laseru (1 kHz, 6 mJ, 35 fs). Poté bylo zařízení nainstalováno na svou finální pozici v hale E1 na ELI Beamlines.
- Experiment na generaci vysokých harmonických frekvencí buzených dvoubarevným laserovým polem byl úspěšně realizován v laboratoři PALS.



■ **Obr. 13** Struktura vakuového optického kompresoru pro generaci 10 PW pulsů (délka cca 18 m, výška 4,2 m). Uvnitř vakuové komory je umístěna komplexní struktura fázovaných difrakčních mřížek, velkoplošných zrcadel a justážních systémů.



■ Obr 14 Verifikace HHG Beamline.

## Výzkumný program 2 LUX – Laser Undulator X-Ray Source

V průběhu roku 2017 dosáhly týmy Univerzity v Hamburku a ELI Beamlines všech plánovaných výzkumných milníků instalací LUX svazku v Hamburku. Tento svazek je poháněn laserovým systémem 200 TW. V říjnu vygeneroval LUX v průběhu 24 hodin s opakovacím kmitočtem 0,5 Hz množství elektronů, které mělo za následek přes 40 tisíc výstřelů.

Typická energie elektronů byla 450 MeV. V prosinci bylo vyrobeno ozařování vodních oken (fotony s vlnovou délkou 2,4 až 4,4 nm). Tato radiace bude k dispozici uživatelům, jakmile bude LUIS, svazek vytvořený na základě zkušeností se svazkem LUX, implementován v prostorách ELI Beamlines.

Dalším výzkumným úspěchem svazku LUX byla synchronizace pomocných čerpadel s infračerveným (IR) laserem s časovým rozptylem RMS < 10 femtosekund. To potvrzuje vysokou vibrační stabilitu celé sestavy. Dalším krokem bude synchronizace měkkého rentgenového paprsku s infračervenými pomocnými paprsky. V roce 2017 dokončil ELI tým návrh transportu elektronového svazku pro LUIS beamline, který umožní budoucím uživatelům lepší zaměření rentgenového paprsku na místo s průměrem pod 10  $\mu\text{m}$ . Sestavení funkčního systému LUIS by mělo být dokončeno v průběhu roku 2018. Spuštění do provozu společně s laserovým systémem je plánováno v roce 2019.

## Výzkumný program 3 – ELIMAIA ELI Multidisciplinary Applications of laser-Ion Acceleration

Rok 2017 byl přínosný zejména sestavením testovací laboratoře, umístěné na laserovém patře, zvané "TERESA" (TEstbed for high-REpetition-rate Sources of Accelerated-particles). TERESA umožní testování nastavení pokročilých laserových terčů a diagnostiku částic dříve než budou instalovány do svazku ELIMAI na experimentálním podlaží.

Výzkumné aktivity v zařízení HiLASE pokračovaly třemi zkušebními testovacími kampaněmi - iontovou diagnostikou, pokročilým zaměřováním a iontovou implantací s využitím laseru třídy ns 10J.

Ke zjištění předpokládané dostupnosti iontového paprsku pro budoucí uživatele po spuštění ELIMAIA (včetně přenosu ELIMED svazku a dozimetrie) byly provedeny komplexní (PIC + Monte Carlo) simulace.

Experiment na akceleraci protonů z kryogenního vodíkového cíle proběhl v PW zařízení VULCAN-RAL ve Spojeném království s velmi slibnými výsledky z hlediska maximální protonové energie (až 60 MeV) a energického rozptylu (až 10 %).

Časopis Nature group journal Scientific Reports otiskl článek o alternativním schématu hadronové terapie s využitím proton-boronové fúze (nazvané terapie zachycování proton-boronu). Odpovídající uplatnění této metody je ve schvalovacím procesu u Evropské patentové kanceláře.

## Výzkumný program 3 – HELL High-energy Electron by Laser

V roce 2017 proběhl na IfPPLM ve Varšavě experiment s využitím laserového systému 20 TW, který porovnával vlivy plazmatu s různou hustotou na mechanismus LWFA. Různé aspekty prokázaly rozličné vlastnosti buněk elektronů. Tyto výsledky odpovídaly předpovědím z 2D-PIC simulací. Výrazný vrchol hustoty, který byl zjištěn, zvyšoval vstřikovaný elektronový náboj v prvních stovkách mikronů šíření v podtlakové plazmě. Tento experiment potvrdil flexibilitu plánovaných akceleračních schémat HELL platformy s využitím 1PW 10Hz zdrojů při implementaci v zařízení ELI Beamlines.

Ve stejné době byl nastaven nově vznikající režim interakce, jež má otestovat několik mJ femtosekundových pulsů v kHz opakovací frekvenci. První získané výsledky by měly demonstrovat možnost využití takto vysoké opakovací frekvence laserového systému k urychlování elektronů s mírně krátkým pulsem kolem 60 fs.

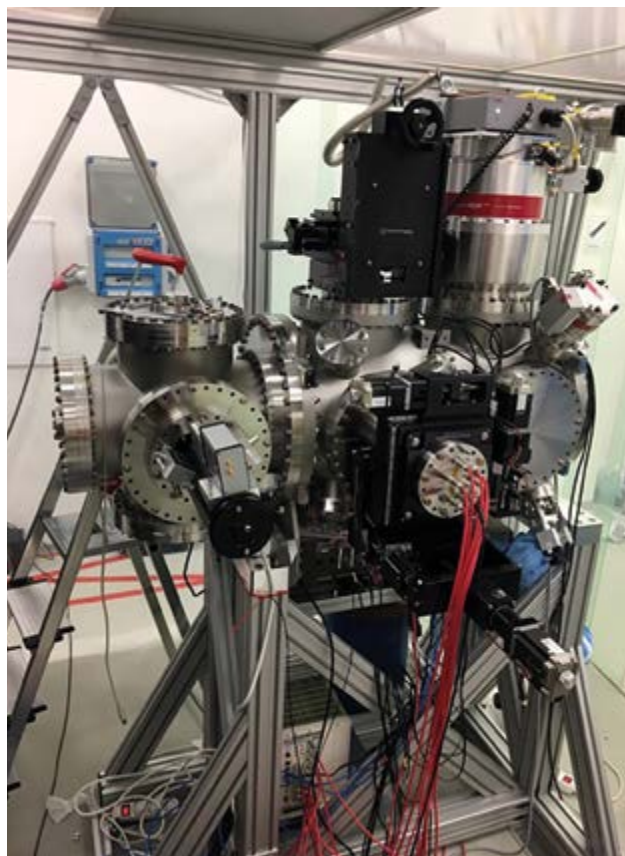
## Výzkumný program 4 – Materiálové a biomolekulární aplikace

Výzkumný tým 4 sestavil femtosekundovou spektroskopickou laboratoř v S1, která byla využita k rozvoji metod, uvedení do provozu cílových zařízení a vědeckým experimentům. Do konce roku 2017 se v této spektroskopické laboratoři prováděly výzkumy transientní absorpce, časově rozlišené spektroskopické elipsometrie a femtosekundové stimulační experimenty Ramanova rozptylu. Uživatelé této laboratoře jsou nejen zaměstnanci, ale také národní a mezinárodní spolupracovníci.

V průběhu roku 2017 byla dodána všechna cílová zařízení, která byla zkušebně uvedena do provozu (např.



■ Obr. 16 Platforma fyziky plazmatu (P3) instalovaná v experimentální hale E3.



■ Obr. 15 Cílová stanice MAC pro výzkum AMO a koherentní difrakční zobrazování v průběhu uvedení do provozu v dočasné laboratoři S1.

MAC stanice). Výzkumná hala E1 dosáhla takové úrovně připravenosti, že instalace přenosové a vědecké techniky probíhá velmi rychle.

V rámci mezinárodní spolupráce se členové výzkumného programu 4 účastnili experimentů rentgenových paprsků FEL (Evropské XFEL, LCLS a FLASH) a synchrotronu (ESRF a Soleil). Výzkumný tým publikoval 9 článků v recenzovaných vědeckých časopisech a pořádal množství akcí pro národní i mezinárodní vědeckou komunitu, např. workshop o časově rozlišené a vakuové elipsometrii v říjnu 2017.

## Výzkumný program 5 – Fyzika plazmatu

Hlavním technologickým úspěchem výzkumného programu 5 byla instalace experimentální komory. Testy prokázaly, že komora má velmi dobré vakuové vlastnosti. V návaznosti na tuto událost proběhlo několik workshopů: jeden na téma P3 komory pro budoucí uživatele a druhý k technologickým otázkám využití komory ve vysokých polích. Vývoj technologie byl zaměřen na přesné zaostřování, pulzní napájecí zařízení, gamma-ray spektrometr a plynový paprsek s vysokou hustotou.

## Výzkumný program 6 – Interakce s ultravysokou intenzitou

Skupina uskutečnila výzkum v mnoha oblastech laserové interakce, o nichž publikovala dva články v Nature Scientific Report, dva v Physical Review Letters a jeden v Physical Review X. Také se podílela na zvláštním vydání časopisu Plasma Physics & Controlled Fusion na téma interakce laserového plazmatu na vysoké úrovni. Na mezinárodní úrovni skupina pořádala přidružený workshop na toto téma v rámci setkání Evropské fyzikální společnosti o fyzice plazmatu, který se konal v Belfastu.

Práce na tvorbě kódu se soustředily na provádění těsného zaměření kinetických kódů a ne-místní radiační hydrodynamiku.

### 2.6.4 ELIBIO - Strukturní dynamika biomolekulárních systémů

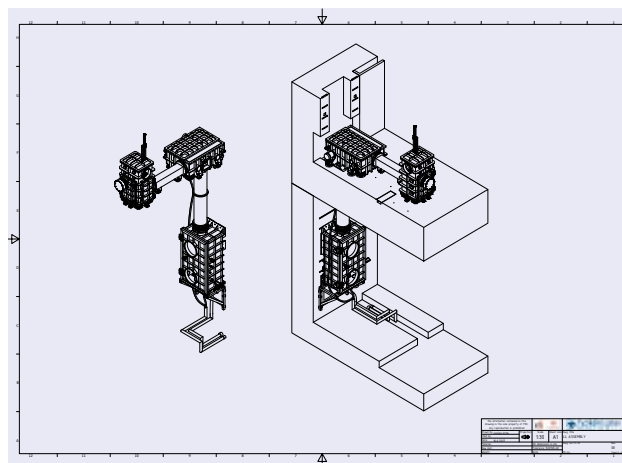
ELIBIO projekt zkoumá nové hranice světla a optiky k získání průlomových objevů v biologii, chemii a fyzice. Spoluprací ELI Beamlines a biotechnologického institutu společnosti BIOCEV vznikne interdisciplinární centrum excellence v biologických vědách. Hlavní činností v roce 2017 bylo sestavení vhodného týmu a příprava podkladů pro vybudování Biolaboratoře, které proběhne v následujícím roce.

V rámci projektu bylo v BIOCEVu sestaveno zařízení pro krystalizaci membránové bílkoviny, jehož testování proběhlo v ELI Beamlines s využitím nové femtosekundové přechodné absorpční spektroskopické stanice a stanice pro stimulovaný Ramanův rozptyl.

Skupina se účastnila několika významných pokusů v European XFEL zařízení. V zařízení FLASH v Hamburku probíhaly výzkumné kampaně: Mapování časového vývoje emisních spekter elektronů z nanočástic vystavených intenzivním měkkým rentgenovým pulsům a dynamika ultrarychlých elektronických procesů v polovodičích vybuzených intenzivními pulzy XUV.

### 2.6.5 HiFI – Výzkum velmi intenzivních polí

Projekt HiFI se zaměřuje na získání vědeckých výsledků v oblasti ultra intenzivní interakce laserové hmoty, která poskytuje teoretickou podporu a modernizaci 10 PW laserů na ELI Beamlines pro provádění celosvětových jedinečných experimentů na vysoké úrovni. Tým se skládá z odborníků se zaměřením na konkrétní výzkum-



■ Obr. 17 Výkres celkové sestavy L4 Compressor Image relay System (CIS).

ná témata, kteří ke své práci využívají vysoce kapacitní počítače. Zviditelnění tohoto projektu na mezinárodní úrovni přispívá i vysoká publikační činnost (15 článků v recenzovaných časopisech, 2 přednášky a 5 pozvaných přednášek na mezinárodních konferencích). V rámci projektu HiFI byla zahájena spolupráce s KPSI-QST institutem a Univerzitou v Osace, Japonsko a Univerzitou v Rostocku, Německo. Tato skupina spolupracuje také s ostatními výzkumnými týmy například na laserovém urychlování iontů a kapilárních plazma výbojích pro vedení laserového pulsu.

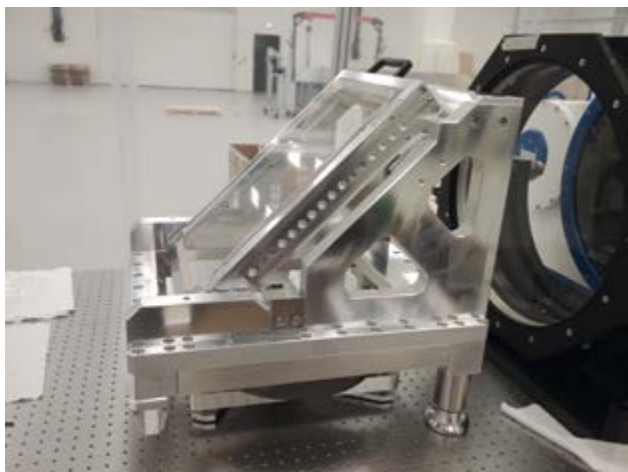
### 2.6.6 Oddělení konstrukční a projekční podpory

Oddělení 93 zajišťuje technickou podporu pro výzkumné centrum ELI Beamlines, především pro vědecké týmy, v oblastech: návrh, konstrukce a výroba mechanických a optomechanických celků, vakuových a kryogenních celků a elektrických systémů.

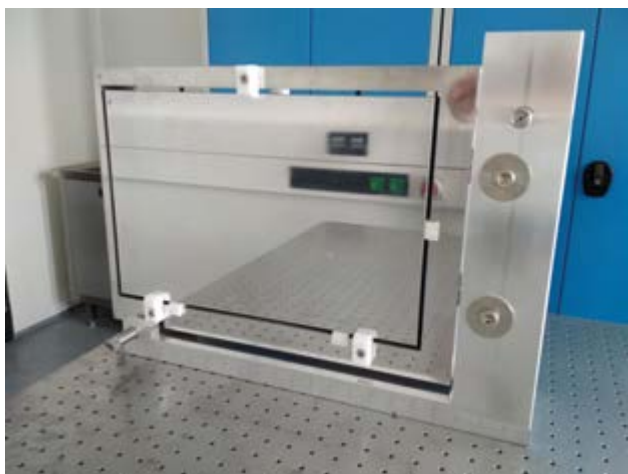
V roce 2017 probíhala úzká spolupráce s laserovým týmem na systémech L1, L2, L3 a L4, dále byla poskytnuta podpora jednotlivým experimentálním programům a také stavebnímu týmu při opravě podlah v laserových a experimentálních halách.

### Příklady výsledků skupiny Mechanika a optomechanika

V roce 2017 poskytovala skupina konstrukční podporu vědeckým týmům na základě zadaných požadavků. Pro laserový systém L4 se konstruoval Compressor Image relay System (CIS). Výsledný 3D model se použil pro přípravu zadávací dokumentace tendru na dodávku



■ Obr. 18 Montáž periskopového zrcadla.



■ Obr. 19 Prototyp kompaktní montáž zrcadla L3.



■ Obr. 20 Rámové konstrukce v L1 – most transportu seedového svazku.

CIS. Systém se skládá ze tří vakuových komor, vakuového potrubí a optomechaniky.

Realizovala se řada optomechanických prototypů a zařízení. Příkladem jsou montáže horizontálního a vertikálního referenčního zrcadla, montáže periskopového zrcadla, prototyp kompaktní montáže rovinného zrcadla a konstrukce montáže OAP L3 svazku pro ECU komory experimentů ELIMAIA a HELL, optomechanika diagnostiky L3 PAD a další.

Další oblastí práce byla konstrukce a instalace rámových konstrukcí v hale L1, čistého stanu pro kompresor L3,



■ Obr. 21 Nosná konstrukce video stěny řídicí místnosti laseru L3.



■ Obr. 22 Věž diagnostiky čerpacího svazku v L1.



■ Obr. 23 Čistý stan pro kompresor L3 a instalaci optiky v L3.



čistého stanu pro instalaci optiky v hale L3, beam dumpy pro kompresor L1, nosná konstrukce video stěny pro velín laseru L3 atd.

### Příklady výsledků skupiny Vakuum a kryogenika

V roce 2017 bylo v laserové budově instalováno několik kilometrů potrubí (DN160 a DN100) centrálního rozvodu vakua, které slouží pro flexibilní předčerpání vakuových komor a pro podporu sekundárních čerpacích jednotek. Po testech na těsnost a testech RGA byly na instalované potrubí připojeny vysokokapacitní vývěvy v technologickém zázemí budovy, které byly následně uvedeny do provozu.

V prvních halách (L1, L2, L3 a E1) byl centrální rozvod napojen na čerpané recipienty. Po testování řídicího systému jsou vakuové komory odčerpávány kontinuálně vakuovým rozvodem.

Dalším významným milníkem z vakuového hlediska byla instalace vakuového systému, který se skládá z osmi



■ Obr. 24 Centrální rozvod vakua v hale L4b.



■ Obr. 25 Primární vývěvy Edwards GXS ve strojně.



■ Obr. 26 a, b Vakuový systém v hale E1.

vakuových komor a je propojen potrubím DN250. Při zkušebním provozu byly dosaženy tlaky blížíící se hodnotě  $1 \cdot 10^{-7}$  mbar.

V hale L2 byl instalován vakuový rozvod, na kterém se odzkoušely čerpací sekvence a možnosti instalace v podmínkách čistých prostor.

### Příklady výsledků skupiny Elektro a EMP

V roce 2017 byla připravena elektroinstalace pro lasery L1 a L3, dále pro experimentální halu E1, halu S2 (podpůrné technologie pro L3) a pro vakuovou laboratoř.



■ Obr. 27 Vakuové komory pro projekt TERESA v hale L2.

Elektroinstalace zahrnovala:

- návrh a vypracování výrobní dokumentace elektrických rozvaděčů pro napájení, rozvaděčů pro Interlocky a rozvaděčů pro LSS (Laser Safety System) a jejich výrobu, instalaci a uvedení do provozu
- instalace plastových a kovových kabelových tras
- instalace napájecích kabelů a zásuvek
- návrh a výrobu ovládacích panelů pro jednotlivá vakuová zařízení
- instalace hardwaru (magnetická čidla, zámky, tlačítka, informační tabule atd.) pro systém Personal a Machine Interlock
- instalace kabelů pro Interlock
- instalace Intercomů



■ Obr. 28 LSS pro L1 oscilátorovnu (severní chodba).



■ Obr. 29 Ovládací skříňka Interlock + Intercom v L3.



■ Obr. 30 Informační tabule LSS + plastové kabelové žlaby v L3.



■ Obr. 31 Skříň LSS v L3.



■ Obr. 32 Kovové kabelové žlaby v L1.

- instalace datových kabelů
- instalace kabelů pro hepa filtry a osvětlovací tělesa včetně jejich úpravy umístěných na konstrukce nad laserovými stoly
- pospojování všech kovových částí z důvodu ochrany osob před úrazem elektrickým proudem



■ Obr. 33 Rozvaděčová sestava v S2.



■ Obr. 34 Rozvaděč s transformátorem v S2.



■ Obr. 35 Kabelové trasy v S2.

V hale S2 se navíc provedl návrh a vypracování výrobní dokumentace rozvaděče s napájecím transformátorem pro světelné zdroje a rozvaděčů pro napájení chillerů a bloweru plus veškerá elektroinstalace instalace ovládacích kabelů pro chillery a blower.

V experimentální hale E1 provedla instalační práce externí firma. Skupina elektro připravila zadání a vypracovala projektovou dokumentaci pro napájecí a datové rozvody, osazení racků a skříni řídicího systému, návrh kovových a plastových kabelových tras v podlahových kanálech a vedení kabelů po podlaze (pochází hliníkové kabelové trasy). Dále vykonávala technický dozor při vlastní realizaci instalačních prací.

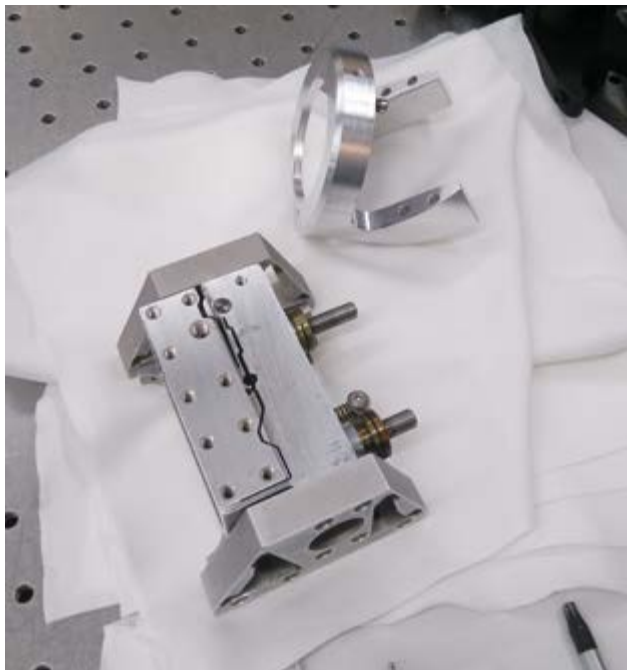


■ Obr. 36 Certifikát EZÚ.

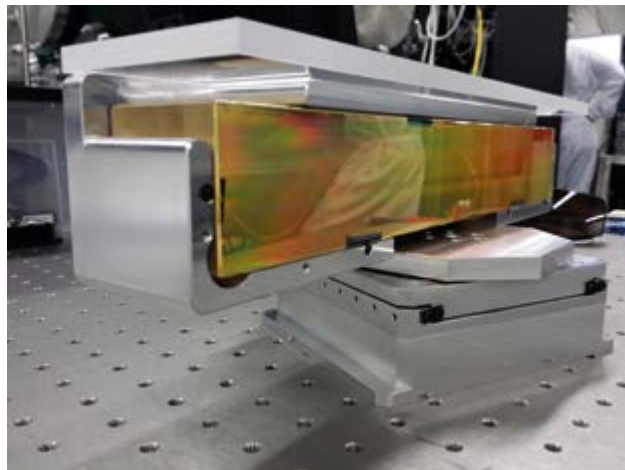
Skupina vykonala ve spolupráci s EZU typovou zkoušku elektrického rozvaděče pro oscilátorovnu L1. Výsledky typové zkoušky a následné vydání „Certifikátu“ opravňuje k výrobě elektrických rozvaděčů, které budou použity v prostorách FZÚ a ELI. Výsledky typové zkoušky a následné vydání „Certifikátu“ opravňuje k výrobě elektrických rozvaděčů, které budou použity v prostorách FZÚ a ELI.

### Příklady výsledků skupiny Výroba a montáž (dílny)

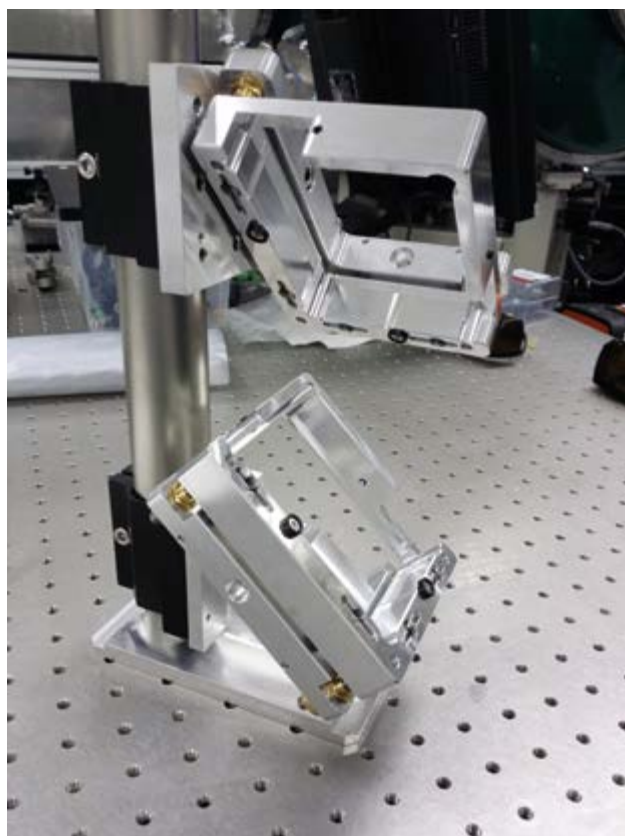
V dílnách ELI a FZÚ se v roce 2017 realizovala řada prototypů a finálních zařízení kromě těch, která se z technologických nebo kapacitních důvodů zadávala externě nebo výběrovým řízením.



■ Obr. 37 Ukázka výrobků dílen oddělení 93: justážní mechanika na principu pružných kloubů.



■ Obr. 38 Ukázka výrobků dílen oddělení 93: montáž mřížky L3 PAD.



■ Obr. 39 Ukázka výrobků dílen oddělení 93: periskop L3 PAD.



## 2.7 Projekty programů EU řešené na pracovišti v roce 2017

### AIDA-2020 (V. Vrba)

Evropský projekt H2020

Účastníme se projektu *Moderní evropské infrastruktury pro detektory na urychlovačích*, akronym AIDA-2020, který byl zahájen v květnu 2015 a potrvá čtyři roky. Projekt spojuje dohromady hlavní evropské infrastruktury pro vývoj detektorů s řadou akademických institucí a účastní se ho celkem 19 zemí a CERN. AIDA-2020 vychází z priorit Evropské strategie pro částicovou fyziku, konkrétně pracujeme v balíčku WP14 – Infrastruktura pro moderní kalorimetry – a v balíčku WP5 – Sběr dat pro testy na svazcích. Specifickými úkoly, které řešíme, jsou: Infrastruktura pro testy inovativních kalorimetrů s optickým vyčítáním (spolu s Univerzitou v Bergenu), Vyčítací systém pro inovativní kalorimetry (s DESY Hamburk) a Vývoj monitorování kvality dat a slow control (společně s britskými institucemi pod vedením University College London a University of Bristol a s DESY Hamburk).

### ASCIMAT (M. Nikl)

Evropský projekt H2020 – Twinning

V roce 2015 byl udělen evropský projekt ASCIMAT (*Zvýšení vědecké excelence a inovační kapacity v oblasti pokročilých scintilačních materiálů ve Fyzikálním ústavu AV ČR*) v programu Twinning, H2020, v němž je FZÚ koordinačním pracovištěm. Tříletý projekt byl zahájen 1. ledna 2016 a jeho cílem je zvýšení vědecké excelence a inovační kapacity v oboru scintilačních materiálů s pomocí cílené a koordinované spolupráce především formou výměnných stáží mladých vědeckých pracovníků s vysoce kvalifikovanými partnerskými pracovišti: European Organization for Nuclear Research (CERN), Université Claude Bernard Lyon 1 – Institut Lumière Matière (UCBL-ILM), Università degli Studi di Milano-Bicocca (UNIMIB) a Intelligentsia Consultants (Intelligentsia). Projekt ASCIMAT s celkovým rozpočtem 1 milion eur je jedním z pěti udělených z celkem 56 zaslaných návrhů v České republice. Celková úspěšnost v rámci výše zmíněné výzvy byla méně než 13 %.

### ASPIN (T. Jungwirth)

Evropský výzkumný projekt *Antiferromagnetic spintronics* – ASPIN koordinovaný Fyzikálním ústavem Akademie věd uspěl v náročné soutěži Future and Emerging Technologies v rámci pilíře Excelentní výzkum rámcového programu Horizon 2020. Projekt ASPIN vychází z práce řešitelského týmu publikované v roce 2016 v časopise Science, která otevřela nový směr výzkumu a vývoje extrémně rychlých pamětí na bázi tzv. antiferomagnetů s potenciálem využití v klasických i neuronových informačních technologiích. Kromě Fyzikálního ústavu a Matematicko-fyzikální fakulty Univerzity Karlovy jsou mezi členy projektového týmu tři německé Max Planck instituty – v Berlíně, Drážďanech a Halle – a univerzita v Mainzu, britská Univerzita v Nottinghamu a španělská firma IGSresearch Ltd. Projekt je čtyřletý s celkovou dotací 3,7 milionu eur.

## ELITRANS (R. Hvězda)

Evropský projekt H2020

Vzhledem k tomu, že realizace *Extreme Light Infrastructure* – ELI – v České republice, Maďarsku a Rumunsku je téměř dokončena, je nutné vytvořit nezbytné podmínky pro budoucí provoz těchto center. Cílem projektu ELITRANS je doplnění závěrečné fáze implementace a příprava a provedení transformace ze tří právně nezávislých stavebních projektů k provozu na jednu mezinárodní právnickou osobu – ELI-ERIC.

Hlavními cíli jsou:

- koncepční návrh budoucího obchodního modelu ELI-ERIC: základní prvky organizace, financování, řízení a mezinárodní integrace,
- příprava obchodního plánu: příprava provozního konceptu jako světově první mezinárodní laserové instituce,
- řízení přechodu z fáze implementace financované ze strukturálních fondů do fáze provozní financované z ERIC, sloučení tří zařízení do jednotné vnitřní struktury, rozvoj firemní identity, posilování uživatelských vztahů, rozvoj výzkumného profilu.

## EUCALL (R. Hvězda)

Evropský projekt H2020

*Evropský klastr pokročilých laserových světelných zdrojů* (zkr. EUCALL) je zájmová skupina předních uživatelských center pro využití záření laserů na volných elektronech (FEL), synchrotronů a optických laserů a také jejich uživatelů. V rámci EUCALL kooperují na společných výzkumných a technických metodách a výzkumných příležitostech a vyvíjejí nástroje pro udržitelnou podporu této spolupráce v budoucnosti. EUCALL zahrnuje 11 partnerů z devíti zemí, jakož i skupiny Laserlab Europe a FELs of Europe.

## FUNMAH (L. Straka)

Evropský projekt H2020 – Marie Skłodowska-Curie Actions

Projekt *Nová funkčnost materiálů s magnetickou tvarovou pamětí pomocí řízení magnetické hystereze* byl zahájen v březnu 2017. Slitiny s magnetickou tvarovou pamětí vykazují široké spektrum magnetomechanických jevů, které jsou slibné i pro praktické využití v rychlých aktuátorech, generátorech energie anebo např. pro medicínskou a lab-on-chip mikrofluidiku. Cílem projektu je prozkoumat nedávno objevené další nové možnosti materiálu, jichž lze dosáhnout řízením magnetické hystereze. Příkladem nové funkčnosti je mechanicky indukovaná demagnetizace materiálu (MID) nebo mechanicky indukovaná rotace remanentní magnetizace (MIRMR). Jednotlivými podcíli projektu jsou: i) Identifikace příčin zvětšené magnetické hystereze v Ni-Mn-Ga(-B) slitinách, ii) Identifikace fyzikálních mechanismů, které stojí za novou funkčností, iii) Výroba nových slitin, ve kterých bude nová funkčnost dobře pozorovatelná, iv) Ilustrace praktického využití nové funkčnosti.

## HEATEXMOL (G. Foti)

Evropský projekt H2020 – Marie Skłodowska-Curie Actions

Projekt zkoumá vibrační zahřívání a ochlazování molekulárních přechodů vyvolané elektronovým proudem. Na těchto přechodech lze dosáhnout velké dynamiky ohřevu/chlazení vnějšími vlivy, a to v závislosti nejen na použité molekule, ale také na uspořádání jednotlivých atomů na rozhraních molekuly s elektrodami. Vibrační zahřívání a ochlazování molekulárních přechodů má významné důsledky pro stabilitu a chování molekulárních obvodů. V prvním roce jsme zkoumali sérii molekulárních přechodů založených na karbenových molekulách a objevili jsme vysokou citlivost těchto přechodů na zakončení elektrod na atomární úrovni. Ostře zakončené a protáhlé elektrody podporují rozptyl nadměrného tepla, což zvyšuje stabilitu přechodu pod napětím, na rozdíl od elektrod s tupým zakončením.

## HiLASE CoE (T. Mocek)

Projekt *HiLASE – Centre of Excellence* je první a dosud jediný český projekt schválený v rámci výzvy „Widespread Teaming“ evropského programu Horizon 2020 a komplementární výzvy OP VVV. Společný projekt Fyzikálního ústavu a Science & Technology Facilities Council (STFC) z Velké Británie má za cíl přeměnit HiLASE do roku 2022 na centrum excelence v oblasti aplikačně orientovaného laserového výzkumu a vývoje. V partnerství se STFC dojde k modernizaci stávajících laserových technologií centra a k rozšíření nabídky VaV služeb pro externí uživatele podle jejich skutečných potřeb. Dalším cílem je zajištění dlouhodobé finanční stability centra založené na kvalitním managementu, vícezdrojovém financování a otevřenosti vůči uživatelům z řad vědecko-výzkumných institucí a high-tech průmyslu.

## CHAMPP (G. Korn)

Navržený projekt *Teaming* umožní transformaci ELI-Beamlines v centrum excelence CHAMPP s celosvětově unikátními a bezprecedentními příležitostmi, a to jak pro vědecké komunity, tak i pro zvýšení inovačního potenciálu České republiky. V případě úspěšného hodnocení tohoto projektu v H2020 se Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy zavázalo poskytnout rozhodující dodatečné financování z Operačního programu Výzkum, vývoj a vzdělávání (OP VVV). Oba granty budou cíleny na následující klíčové oblasti:

- poskytnutí vysoce zářivých zdrojů rentgenového záření příští generace uživatelům z vědecké a průmyslové sféry,
- a to díky vývoji a zprovoznění světově prvního ultrakompaktního laseru s volnými elektrony (Free Electron Laser – FEL) buzeného laserem,
- vývoj a zprovoznění inovativního medicínského fotonového svazku a zobrazovacích metod s vysokým rozlišením pro farmakokinetiku a včasnou diagnostiku nádorů.

Klíčovým prvkem projektu je partnerství s DESY a Univerzitou v Hamburku (UHH). DESY je jednou z předních velkých světových laboratoří provozujících urychlovače částic a FEL pro uživatele a získalo rozsáhlé zkušenosti ve vytváření a koordinaci velkých mezinárodních komunit uživatelů s impresivní historií vědeckých publikací a patentů. UHH je světovým leaderem v oblasti elektronových a protonových zdrojů řízených laserem a má bohaté zkušenosti v mezioborovém výzkumu a vzdělávání. Projekt *Teaming* bude stavět na probíhajícím projektu UHH-ELI-Beamlines LUX zahájeném v roce 2012 se sídlem v DESY a bude řízen Fyzikálním ústavem (IoP) v České republice, přičemž členy Projektové řídicí rady budou vysocí představitelé všech projektových partnerů, což zajistí udržitelné strategické partnerství.

## Intelum (M. Nikl)

Evropský projekt H2020

Projekt *Intelum* je čtyřletý evropský projekt v programovém období Horizont 2020, v podprogramu „Marie Skłodowska-Curie Research and Innovation Staff Exchange (RISE)“, podporující mezinárodní a intersektorovou mobilitu vědeckých pracovníků v širokém konsorciu projektu (16 partnerských organizací z Evropy USA a Japonska). Projekt je koordinován z CERNu a je zaměřen na vývoj rychlých scintilačních vláken pro použití v budoucích kalorimetrických detektorech na urychlovačích ve fyzice vysokých energií. Tým FZÚ vede pracovní balíček WP1 zaměřený na přípravu monokrystalických vláken a jejich optimalizaci.

## LASERLAB-EUROPE IV (K. Jungwirth)

Integrovaná iniciativa evropských laserových výzkumných infrastruktur

K hlavním cílům projektu přibylo posláním rozšiřovat evropskou základnu laserového výzkumu a aplikací vazbami na spřízněné vědecké komunity. To našlo svůj odraz i ve dvou startujících JRA – Inovative LASer

Technologies (ILAT), kde je nově zapojeno HiLASE, a Laser-driven High Energy Photon and Particle Sources towards Industrial and Societal Applications (LEPP), kde se zúročí již realizovaná modernizace infrastruktury PALS.

### NextBase (A. Fejfar)

Evropský projekt H2020 – *Low-Carbon Energy NextBase* (plným názvem *Next-generation interdigitated back-contacted silicon heterojunction solar cells and modules by design and process innovations*) je projekt z výzvy Horizon 2020 'Developing the next generation technologies of renewable electricity and heating/cooling'. Tříletý projekt byl zahájen 1. října 2016 a jeho celkový rozpočet 5,6 milionu eur podpoří 14 partnerů z 8 evropských zemí. Cílem projektu je realizace IBC-SHJ solárních článků s účinností přes 26,0% a odpovídajících slunečních panelů s účinností nad 22,0%. Dalším výstupem bude prototyp průmyslového zařízení pro výrobu IBC-SHJ článků s nízkými výrobními náklady, které by dovolily konkurenceschopné náklady výroby na úrovni méně než 0,35 eura za 1 Wp. Tato hodnota by dovolila dosažení LCOE nákladů na výrobu elektřiny v oblastech s hojným osluněním blížící se 0,04 eura za 1 kWh.

### NOTEDEV (P. Kužel)

Evropský program pro podporu začínajících badatelů

Jedná se o síť evropských laboratoří v akademických a průmyslových institucích, která má za cíl vychovávat studenty a mladé vědecké pracovníky v oblasti terahertzové spektroskopie a technologie. Terahertzová oblast se nachází v elektromagnetickém spektru na pomezí mimo dosah konvenční elektroniky a optiky a v současné době existuje řada myšlenek, jak tuto oblast překlenout. Program si klade za cíl vyvinout nové přístupy k optoelektronice v terahertzové spektrální oblasti založené na různých typech materiálů a struktur: polovodiče s malým zakázaným pásem, nanostrukturované polovodiče, kvantové jámy, karbonové nanotrubičky a grafén, a feroelektrické a multiferoické materiály.

### Quantum L&P (T. Derrien)

Projekt pod názvem *Kvantové efekty při mnohobarevném ultrarychlém laserovém zpracování materiálu: posouvání hranic klasických popisů* byl zaměřen na studium interakce ultrakrátkých laserových pulzů s polovodičovými materiály a byl úspěšně dokončen v roce 2017. Tento teoreticky zaměřený projekt byl řešen v laserovém centru HiLASE a zahrnoval šestiměsíční výzkumnou stáž v Max-Planck-Institute for the Structure and Dynamics of Matter (Hamburk, Německo) věnovanou pokročilému kvantovému modelování. Výsledky projektu nyní poskytují kvalitativně nový teoretický základ pro fyzikální interpretaci interakčních experimentů zaměřených na zpracování materiálů pomocí nových laserů vyvíjených v centru HiLASE.

### SC2 (J. Wunderlich)

Evropský projekt pro pokročilá studia

V projektu *Přeměna mezi spinem, nábojem a teplem na hybridních organicko-anorganických rozhraních* jde o teoretický a experimentální výzkum, který má vést k propojení doposud nezávislých oborů organických polovodičů a spintroniky v anorganických materiálech. Organické polovodiče dnes hrají významnou roli v optoelektronice, např. při vývoji flexibilních obrazovek a solárních článků. Spintronika v anorganických materiálech se naopak uplatňuje v magnetických technologiích pro ukládání informace. Cílem projektu je najít synergie mezi fyzikou a chemií v těchto rozdílných oborech a otevřít cestu ke zcela novým typům optoelektronických, spintronických a termoelektrických součástí využívajících hybridní organicko-anorganická rozhraní.



## TAKEMIS (M. Nikl)

V souladu s potřebami průmyslu a Moorova zákona, který je kvantifikován v dokumentech ITRS 2013/2015 a ECSEL JU MASP 2016, hlavním cílem projektu *TAKEMIS* je objevit, vyvinout a demonstrovat litografickou metrologii, proces a integrační technologie, které umožní modulární integraci s rozlišením 5 nm. Toto je plánováno s dostupnými EUV/NA0.33 skenery, které jsou optimalizovány pro spolupráci s existujícími DUV/NA1.35 skenery, s návrhem systému a s vývojem a integrací nového hyper NA EUV litografického nástroje, aby bylo možné dosáhnout v jednotlivé expozici rozlišení 5 nm při tvorbě komplexních integrovaných obvodů.

## TheMoDS (C. Skordis)

7. rámcový program EU – ERC Grant

Projekt *TheMoDS* zpochybňuje jeden z předpokladů moderní kosmologie, tedy že popis gravitace Einsteinovou obecnou teorií relativity je v kosmologickém měřítku správný. S tímto předpokladem a podle současných dat potřebujeme ke kosmologickému modelu existenci takzvaného temného sektoru: temnou hmotu (TH) a temnou energii (TE). O povaze TH víme velice málo a nebyla zatím experimentálně detekována. Nejjednodušší forma TE kompatibilní s daty, kosmologická konstanta, má hodnotu neslučitelnou s kvantovou teorií pole. Náš tým konstruuje parametrické modely temného sektoru a modely gravitace mimo obecnou relativitu. Pomocí měření reliktního mikrovlnného záření pořízených sondou Planck Evropské kosmické agentury hodnotíme, který z modelů nejvíce odpovídá datům, s cílem dosažení přesnějšího porozumění gravitaci a roli temného sektoru v kosmologii.





## 2.8 Spolupráce s vysokými školami v roce 2017

### 2.8.1 Spolupráce s VŠ na uskutečňování bakalářských, magisterských a doktorských studijních programů

#### Forma vědeckého vzdělávání

- Celkový počet doktorandů
 

Počet doktorandů k 31. 12. 2017:	108
Počet absolventů v roce 2017:	19
Počet nově přijatých v roce 2017:	23
  
- Z toho zahraniční doktorandi
 

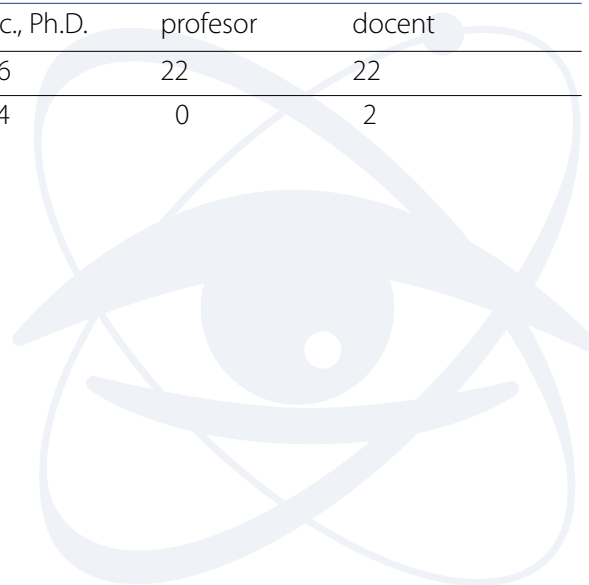
Počet doktorandů k 31. 12. 2017:	27
Počet absolventů v roce 2017:	7
Počet nově přijatých v roce 2017:	11

#### Forma výchovy studentů pregraduálního studia

- |  |    |
|--|----|
| Celkový počet bakalářů:  | 22 |
| Celkový počet diplomantů:  | 20 |
| Počet pregraduálních studentů podléjících se na vědecké činnosti ústavu: | 42 |

#### Vědecké a vědecko-pedagogické hodnosti pracovníků ústavu

	<i>vědecká hodnost nebo titul</i>		<i>vědecko-pedagog. hodnost</i>	
	DrSc., DSc.	CSc., Ph.D.	profesor	docent
Počet k 31. 12. 2017	35	386	22	22
z toho uděleno v roce 2017	0	14	0	2



## 2.8.2 Pedagogická činnost pracovníků ústavu

Zaměstnanci FZÚ přednášejí na více než deseti fakultách vysokých škol v rámci bakalářských, magisterských i doktorských programů. Obzvláště intenzivní je pedagogická činnost v Praze na MFF UK, FJFI ČVUT, FBMI ČVUT, FEL ČVUT, různých fakultách VŠCHT a na Přírodovědecké fakultě UP v Olomouci.

- Celkový počet odpřednášených hodin na VŠ v programech bakalářských/magisterských/doktorských
 

Letní semestr 2016/2017:	1125/787/188
Zimní semestr 2017/2018:	1247/1584/225
- Počet semestrálních cyklů přednášek/seminářů/cvičení v bakalářských programech
 

Letní semestr 2016/2017:	21/5/5
Zimní semestr 2017/2018:	20/9/28
- Počet semestrálních cyklů přednášek/seminářů/cvičení v magisterských programech
 

Letní semestr 2016/2017:	32/10/15
Zimní semestr 2017/2018:	40/10/23
- Počet pracovníků ústavu působících na VŠ v programech bakalářských/magisterských/doktorských
 

Letní semestr 2016/2017:	38/45/26
Zimní semestr 2017/2018:	35/48/28

## 2.8.3 Vzdělávání středoškolské mládeže

Vedení středoškolských studentů v rámci projektu Otevřená věda, účast při organizaci Mezinárodního turnaje mladých fyziků, vedení středoškolských maturitních prací na SPŠ sdělovací techniky, jednotlivé přednášky na gymnáziích v Praze aj.

- Počet odpřednášených hodin v roce 2016/2017 (2017/2018): 121 (194)
- Počet vedených prací (např. SOČ): 4 (4)
- Počet (spolu)organizovaných soutěží: 3 (5)

## 2.8.4 Spolupráce pracoviště s VŠ ve výzkumu

- Počet projektů řešených v r. 2017 společně s VŠ (grantové/programové)
 

Pracoviště AV příjemcem	23/13
Pracoviště AV spolupříjemcem	28/7



## 2.8.5 Doktorandi a diplomanti, kteří vypracovali doktorskou či diplomovou práci ve Fyzikálním ústavu AV ČR a obhájili ji v roce 2017

### Doktorandi

Mgr. Jan Ebr, Ph.D. (MFF UK)

- Fenomenologické modely inspirované QCD a jejich využití v analýze kosmického záření při ultravysokých energiích
- Školitel: prof. Jan Řídký, DrSc. (FZÚ)

Mgr. Vít Zajac, Ph.D. (MFF UK)

- Ultrafast response of electrons in nanostructured and disordered semiconductor systems studied by time-resolved terahertz spectroscopy
- Školitel: doc. RNDr. Petr Kužel, Ph.D. (FZÚ)

MSc. Styliani Skiadopoulou, Ph.D. (MFF UK)

- Spinové a mřížkové excitace v multiferoikách
- Školitel: RNDr. Stanislav Kamba, CSc. (FZÚ)

Ing. Petr Ondrejko, Ph.D. (MFF UK)

- Studium relaxorových feroelektrik se spontánními polárními nanooblastmi
- Školitel: Ing. Jiří Hlinka, Ph.D. (FZÚ)

Mgr. Igor Rafalovskiy, Ph.D. (MFF UK)

- Ramanův rozptyl v elektricky pólovaných feroelektrických krystalech
- Školitel: Ing. Jiří Hlinka, Ph.D. (FZÚ)

Ing. Martin Cigl, Ph.D. (FCHT VŠCHT)

- Kapalně krystalické molekulární přepínače
- Školitel: doc. Ing. František Hampl, CSc. (FCHT VŠCHT)
- Školitel specialista: Mgr. Miroslav Kašpar, CSc. (FZÚ)

Mgr. Terézia Vojtylová, Ph.D. (FCHI VŠCHT)

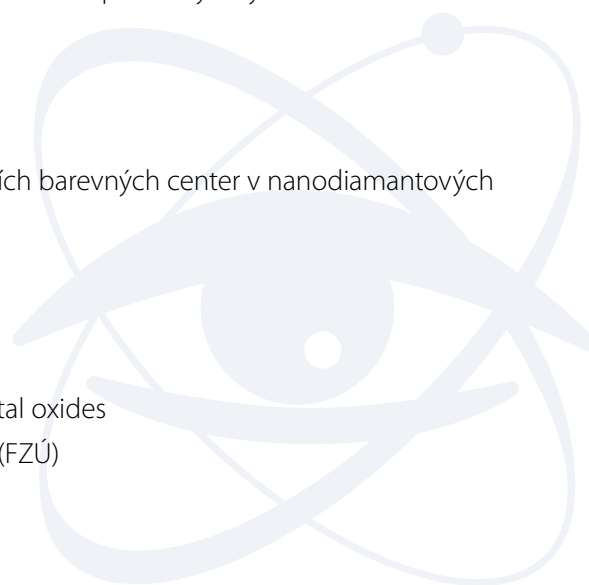
- Separace látek potenciálně využitelných jako feroelektrické kapalně krystalové
- Školitel: doc. Dr. RNDr. David Sýkora (FCHI VŠCHT)
- Školitel specialista: Ing. Věra Hamplová, CSc. (FZÚ)

Ing. Michal Gulka, Ph.D. (FBMI ČVUT)

- Vývoj ultracitlivých molekulárních senzorů využívajících barevných center v nanodiamantových částicích pro diagnostiku v nanomedicině
- Školitel: prof. RNDr. Miloš Nesládek, CSc. (FBMI ČVUT)
- Školitel specialista: Mgr. Zdeněk Remeš, Ph.D. (FZÚ)

RNDr. Alice Řezníčková, Ph.D. (MFF UK)

- Nanostructures of magneto-responsive transition metal oxides
- Školitel: doc. RNDr. Jana Kalbáčová Vejpravová, Ph.D. (FZÚ)



Ing. Agnieszka Lidia Kozub, Ph.D. (MFF UK)

- Electronic structure and magnetic properties of the materials with strong electron-electron correlation
- Školitel: Ing. Alexander Shick, DSc. (FZÚ)

Ing. Václav Eigner, Ph.D. (VŠCHT)

- Modifikace farmaceutických substancí pro strukturní analýzu
- Školitel: Ing. Jan Čejka, Ph.D. (VŠCHT)
- Školitel specialista: RNDr. Michal Dušek, CSc. (FZÚ)

Mgr. Cinthia Antunes Correa, Ph.D. (MFF UK)

- Aplikace elektronové difrakce pro kvantitativní strukturní analýzu nanokrystalů
- Školitel: doc. RNDr. Miloš Janeček, CSc (MFF UK)
- Školitel specialista: Dr.rer.nat. Lukáš Palatinus (FZÚ)

Mgr. Ondřej Krejčí, Ph.D. (MFF UK)

- DFT simulace interakce organických molekul s orientovanými povrchy
- Školitel: RNDr. Pavel Kocán, Ph.D. Fakulta matematicko-fyzikální
- Školitel specialista: doc. Ing. Pavel Jelínek, Ph.D. (FZÚ)

Ing. Vladimír Zobač, Ph.D. (FJFI ČVUT)

- Teoretické studium přenosu náboje v nanostrukturách
- Školitel: doc. Ing. Pavel Jelínek, Ph.D. (FZÚ)
- Školitel specialista: doc. Ing. Ivan Richter, Dr. (FJFI ČVUT)

Ing. Jan Berger, Ph.D. (FJFI ČVUT)

- Studium molekulárních systému na povrchu pevné látky pomocí rastrovacích mikroskopů
- Školitel: doc. Ing. Pavel Jelínek, Ph.D. (FZÚ)
- Školitel specialista: doc. Ing. Ivan Richter, Dr. (FJFI ČVUT)

Mgr. Karol Bartosiewicz, Ph.D. (FJFI ČVUT)

- Luminescence and Scintillation Properties of Doped Multicomponent Garnets
- Školitel: doc. Ing. Martin Nikl, CSc. (FZÚ)

Ing. Markéta Koplová, Ph.D. (FBMI ČVUT)

- Vybrané fyzikální a biologické vlastnosti biokompatibilních materiálů pro implantáty
- Školitel: prof. doc. Ing. Miroslav Jelínek, DrSc. (FZÚ)

Ing. Veronika Vymětalová, Ph.D. (FBMI ČVUT)

- Závislost biokompatibility tenkých vrstev TiO<sub>2</sub> a dopovaných DLC na jejich fyzikálně-chemických parametrech
- Školitel: prof. doc. Ing. Miroslav Jelínek, DrSc. (FZÚ)

Ing. Jan Remsa, Ph.D. (FJFI ČVUT)

- Laserové materiály pro elektroniku a biotechnologie
- Školitel: prof. doc. Ing. Miroslav Jelínek, DrSc. (FZÚ)

Mgr. et Mgr., RNDr. Ladislav Stanke, Ph.D. (PřF UPOL)

- Návrh, simulace a hodnocení optických prvků a zařízení pro PW laserové systémy
- Školitel: Ing. Jaromír Křepelka, CSc. (FZÚ)

Mgr. levgen Arkhipov, Ph.D. (PřF UPOL)

- Fotopulzní statistiky a prostorové korelace v nelineárních optických procesech a jejich měření
- Školitel: doc. RNDr. Ondřej Haderka, Ph.D. (FZÚ)
- Konzultant: prof. doc. RNDr. Jan Peřina, Ph.D. (FZÚ)

Mgr. Petr Hamal, Ph.D. (PřF UPOL)

- Modelování a simulace ve fyzice vysokých energií
- školitel: Mgr. Tomáš Sýkora, Ph.D. (PřF UPOL)
- Konzultant: Mgr. Libor Nožka, Ph.D. (FZÚ)

Ing. Jan Pilař, Ph.D. (FJFI ČVUT)

- Adaptive optics systems for high average power lasers
- Školitel: prof. Ing. Helena Jelínková, DrSc. (FJFI ČVUT)
- školitel specialista: Antonio Lucianetti, Dr. (FZÚ)

Ing. Mgr. Pawel Sikocinski, Ph.D. (FJFI ČVUT)

- Research on compact and high beam quality cryogenically cooled picosecond laser amplifiers
- Školitel: prof. Ing. Helena Jelínková, DrSc. (FJFI ČVUT)
- školitel specialista: Ing. Tomáš Mocek, Ph.D. (FZÚ)

Ing. Jakub Novák, Ph.D. (FJFI ČVUT)

- Diode pumped thin disk lasers for high repetition rate picosecond OPCPA pumping
- Školitel: prof. Ing. Helena Jelínková, DrSc. (FJFI ČVUT)
- Školitel specialista: Ing. Bedřich Rus, Ph.D. (FZÚ - ELI Beamlines)

Ing. Milan Holec, Ph.D. (FJFI ČVUT)

- Numerical modelling of nonlocal energy transport in laser heated plasma
- Školitel: Doc. Ing. Richard Liska, CSc., (FJFI ČVUT)
- Školitel specialista: Dr. Stefan Andreas Weber (FZÚ - ELI Beamlines)

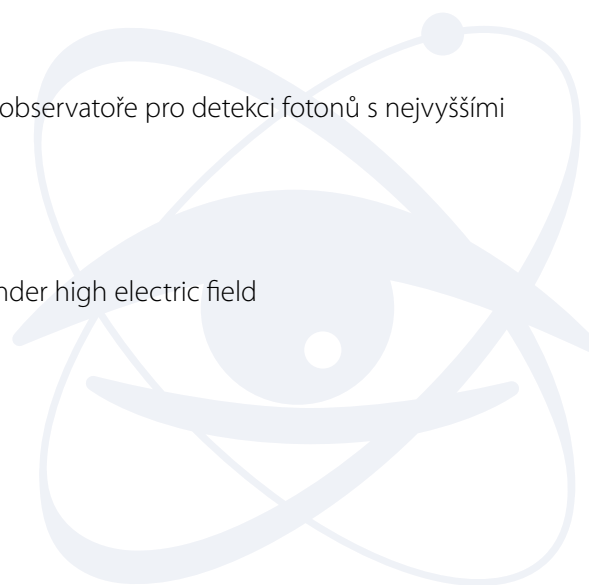
## Diplomanti

Mgr. Jiřina Prokopová (PřF UPOL)

- Atmosférická kalibrace Cherenkov Telescope Array – observatoře pro detekci fotonů s nejvyššími energiemi
- Školitel: RNDr. Michael Prouza, Ph.D. (FZÚ)

Ing. Nicolas Lambert (Ecole Centrale Lille – France)

- Creation of a test bench for I and V measurements under high electric field
- Školitel specialista: Dr. Vincent Mortet, Ph.D. (FZÚ)



Ing. Juraj Páterek (FJFI ČVUT)

- YAG:Ce and LuAG:Ce single crystal scintillator and possibilities of acceleration of its scintillation response by co-doping
- Školitel: doc. Ing. Martin Nikl, CSc. (FZÚ)

Ing. Martin Šilhavík (FJFI ČVUT)

- Název práce – 2D materiály pro účinné uchování energie
- Školitel: RNDr. Antonín Fejfar, CSc. (FZÚ)
- Školitel specialista: doc. Ing. Ivan Richter, Dr. (FJFI ČVUT)

Mgr. Michal Vyvlečka (MFF UK)

- Vysokovýkonný zdroj pikosekundových optických pulzů ve střední infračervené oblasti
- Školitel: Ing. Ondřej Novák, Ph.D. (FZÚ)

Ing. Tomáš Hambálek (FJFI ČVUT)

- Návrh a optimalizace pikosekundového tenkodiskového Yb:YAG oscilátoru se synchronizací módů Kerrovou čočkou
- Školitel: Ing. Martin Smrž, Ph.D. (FZÚ)

Ing. Filip Nechanský (FJFI ČVUT)

- Exkluzivní fotonem indukovaná produkce na urychlovači LHC
- Školitel: Mgr. Oldřich Kepka, Ph.D. (FZÚ)

Ing. Matouš Vozák (FJFI ČVUT)

- Měření pozorovatelných citlivých na underlying event a studium jeho vlivu na určení hmoty top kvarku na urychlovači LHC
- Školitel: Mgr. Oldřich Kepka, Ph.D. (FZÚ)

Ing. Jan Vábek (FJFI ČVUT)

- Generace vysokých harmonických frekvencí produkovaných elipticky polarizovaným IR zářením na atomárních a molekulárních terčích
- Školitel: Ing. Jaroslav Nejd, Ph.D. (FZÚ – ELI Beamlines)

Ing. Tomáš Kerepecký (FJFI ČVUT)

- Zaostření krátkého intenzivního laserového impulsu do velmi malého ohniska v částicových simulacích interakce s plazmatem
- Školitel: Ing. Jan Pšikal, Ph.D. (FZÚ – ELI Beamlines)

Ing. Petr Valenta (FJFI ČVUT)

- Inverzní Comptonův rozptyl na laserem urychlených elektronech
- Školitel: doc. Ing. Ondřej Klimo, Ph.D. (FZÚ – ELI Beamlines)
- Konzultant: Dr. Stefan Andreas Weber (FZÚ – ELI Beamlines)

Bc. Kateřina Žagorová (FM TUL)

- Pasivace křemíkových fotovoltaických struktur pomocí tenkých vrstev hydrogenovaného křemíku
- Školitel: RNDr. Antonín Fejfar, CSc. (FZÚ)

Bc. Iveta Vilímová (PřF UPOL)

- Interferometrické měření povrchu optických ploch
- Školitel: RNDr. Pavel Pavlíček, Ph.D. (FZÚ)

Bc. Lukáš Macek (PřF UPOL)

- Charakterizace optického děliče a jeho vliv na vizibilitu interferometrů
- Školitel: Mgr. Antonín Černocho, Ph.D. (FZÚ)

## 2.8.6 Společná pracoviště ústavu s účastí VŠ

Fyzikální ústav velmi úzce spolupracuje s vysokými školami. Jednou z významných forem této spolupráce jsou společná pracoviště (laboratoře), které sdružují specialisty z různých institucí pro práci na společném výzkumném programu. FZÚ je členem těchto společných pracovišť:

### Společná laboratoř optiky

Je pracovištěm Univerzity Palackého v Olomouci a Fyzikálního ústavu AV ČR, v. v. i. v Praze (založena v roce 1984). Vědecké úsilí je soustředěno na kvantovou a nelineární optiku, kvantové zpracování informace, vlnovou optiku a laserové a optické technologie. V oblasti kvantové optiky je hlavní pozornost věnována statistickým vlastnostem optických polí na úrovni jednotlivých fotonů a elementárním stavebním prvkům pro kvantové zpracování informace, jako jsou kvantová hradla nebo kvantové klonery. Skupina vlnové optiky se zabývá vybranými problémy spekulové interferometrie, interferometrie v bílém světle a moiré topografie. V oblasti optických technologií je hlavní úsilí laboratoře soustředěno na optické a mechanické vlastnosti tenkých vrstev získaných napařováním ve vakuu nebo depozicí z plazmatu nebo na návrh a výrobu specializovaných optických komponent, které nacházejí uplatnění ve velkých mezinárodních vědeckých kolaboracích, jako je např. Observatoř Pierra Augera. Tyto oblasti jsou dále doplněny modelováním detekčních procesů v rámci experimentu CERN-ATLAS nebo výzkumem v oblasti průmyslových aplikací laserů.

Web: [jointlab.upol.cz](http://jointlab.upol.cz)

### Společná laboratoř nízkých teplot

Je pracovištěm Ústavu anorganické chemie AV ČR, v. v. i., Fyzikálního ústavu AV ČR, v. v. i., Matematicko-fyzikální fakulty Univerzity Karlovy a Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy. Výzkum je zaměřen na Mössbauerovu spektroskopii systémů obsahujících nanočástice sloučenin a slitin železa, magnetické a transportní vlastnosti supravodičů, studované pomocí vysoce citlivých magnetometrů typu „RF-SQUID“ a na kryogenní dynamiku tekutin, zejména proudění supratekutého  $^4\text{He}$  a kvantovou turbulenci.

Web: [www.fzu.cz/oddeleni/oddeleni-magnetismu-a-nizkych-teplot/laboratories/spolecna-laborator-nizkych-teplot](http://www.fzu.cz/oddeleni/oddeleni-magnetismu-a-nizkych-teplot/laboratories/spolecna-laborator-nizkych-teplot), [www.superfluid.cz](http://www.superfluid.cz)

### Společná laboratoř pro magnetická studia

Ve společné laboratoři Fyzikálního ústavu AV ČR a Matematicko-fyzikální fakulty UK je studováno široké spektrum materiálů se silně korelovanými d- a f- elektrony v kombinovaných extrémních podmínkách – v teplotním oboru 0,35–350 K, magnetických polích do 14 T a za hydrostatického tlaku do 2 GPa. Hlavním cílem je určit a vysvětlit korelace mezi elektronovou strukturou a fyzikálními vlastnostmi těchto látek, což umožní přípravu nových materiálů s požadovanými vlastnostmi.

Web: [kfkf.cz/jlms](http://kfkf.cz/jlms)



## Badatelské centrum PALS

Bylo vytvořeno ve spolupráci s Ústavem fyziky plazmatu AV ČR v roce 1998 jako uživatelská laboratoř založená na terawattovém Pražském Asterix Laserovém Systému (PALS), který byl původně vyvinut v MPQ v Garchingu ve SRN. Inovované zařízení reinstalované v nové laserové hale v Praze bylo zprovozněno v červnu 2000 a je využíváno ke studiu interakce laserového svazku s hmotou, zvláště pro generaci horkého a hustého plazmatu. Důležitou součástí zařízení PALS je moderní dvojitá terčíková komora vybavená diagnostikou na současné světové úrovni. Od samého počátku poskytuje Centrum PALS část svého experimentálního času evropským badatelům v rámci programu Evropské Unie „Access to Large Scale Facilities“.

*Web: [www.pals.cas.cz](http://www.pals.cas.cz)*

## Společná laboratoř optospintroniky

Společná laboratoř vznikla v roce 2011 jako výsledek spolupráce Oddělení spintroniky a nanoelektroniky FZÚ a Katedry chemické fyziky a optiky MFF UK v rámci předchozího Centra nanotechnologií a materiálů pro nanoelektroniku MŠMT. Výzkum je zaměřen na studium magnetooptických vlastností materiálů pro spintroniku a na studium spintronických nano-součástek s optickou generací a detekcí spinově-polarizovaných nosičů.

Společná laboratoř je podporována z Advanced Grant of European Research Council 0MSPIN.

*Web: [physics.mff.cuni.cz/kchfo/ooe/laserove-laboratore/laborator-opto-spintroniky](http://physics.mff.cuni.cz/kchfo/ooe/laserove-laboratore/laborator-opto-spintroniky)*

## Centrum studia kovových materiálů s mikro- a nanokrystalickou strukturou

Jedná se o společné pracoviště FZÚ, MFF UK, Praha a VŠCHT, Praha. Mikrokrytalické a nanokrystalické (mc/nc) materiály hrají klíčovou úlohu v budoucích technologiích, kde budou vystaveny zvýšenému působení napětí, teploty či tlaku. Základním předpokladem pro jejich úspěšné využití je inovativní a multidisciplinární výzkum zaměřený na vysvětlení chování těchto materiálů za extrémních podmínek. Smyslem centra je posunout hranice poznání mc/nc materiálů vývojem nových struktur na bázi kovových materiálů cílenou kontrolou v mikrostrukturním měřítku a jejich pokročilou charakterizací. Sdílením špičkových metod spolu s řadou klasických charakterizačních technik lze docílit průlomu potřebného pro budoucí aplikace. Centrum se zabývá intenzivní plastickou deformací obtížně tvařitelných slitin, práškovou metalurgií, uchováváním vodíku, in situ nanomechanickým testováním malých vzorků (např. mikro-, nanopilarů), vlastnostmi biodegradabilních slitin a stabilizací hranic zrn in situ nanočásticemi.

*Web: [ukmki.vscht.cz/centrum-excelence](http://ukmki.vscht.cz/centrum-excelence)*

## Společná laboratoř technologie polymerních nanovláken FZÚ AV ČR a FS ČVUT v Praze

Laboratoř byla založena v lednu 2013. Společný výzkum je zaměřen na využívání a rozvoj metod technologie polymerních vláken, které umožňují jejich povrchovou modifikaci nebo cílenou materiálovou transformaci (např. použitím plazmatických technik), studium mechanických, chemických a strukturních vlastností materiálů, které jsou zajímavé z hlediska fyziky, elektroniky a senzoriky, biotechnologií (antibakteriálnost), s vysokým aplikačním potenciálem ve stavitelství a architektuře.

*Web: [www.fzu.cz/spolecna-pracoviste](http://www.fzu.cz/spolecna-pracoviste)*

### 2.8.7 Akreditované programy

Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i., je významným školícím pracovištěm pro celou řadu fyzikálních oborů. V rámci akreditovaných studijních programů ve spolupráci s vysokými školami jsou na pracovištích Fyzikálního ústavu školeni studenti doktorského (Ph.D.) a magisterského studia. V následující tabulce je uveden seznam akreditovaných oborů.

## Akreditované studijní programy ve FZÚ

<i>Dohoda s VŠ</i>	<i>Název programu</i>	<i>Název oboru</i>	<i>Platnost akreditace</i>
FCHT VŠCHT Praha	Chemie a technologie materiálů	Metalurgie	1. 3. 2017
FCHT VŠCHT Praha	Chemie a technologie materiálů	Materiálové inženýrství	1. 3. 2017
MFF UK Praha	Fyzika	Biofyzika, chemická a makromolekulární fyzika (A)	31. 8. 2019
MFF UK Praha	Fyzika	Fyzika kondenzovaných látek a materiálový výzkum	31. 8. 2019
MFF UK Praha	Fyzika	Fyzika plazmatu a ionizovaných prostředí	31. 8. 2019
MFF UK Praha	Fyzika	Fyzika povrchů a rozhraní	31. 8. 2019
MFF UK Praha	Fyzika	Teoretická fyzika, astronomie a astrofyzika	31. 8. 2019
MFF UK Praha	Fyzika	Kvantová optika a optoelektronika	31. 8. 2019
MFF UK Praha	Fyzika	Subjaderná fyzika	31. 8. 2019
MFF UK Praha	Fyzika	Fyzika nanostruktur (A)	31. 8. 2019
FEL ČVUT Praha	Elektrotechnika a informatika	Elektronika	31. 12. 2019
FEL ČVUT Praha	Elektrotechnika a informatika	Elektrotechnologie a materiály	31. 12. 2019
FEL ČVUT Praha	Elektrotechnika a informatika	Fyzika plazmatu	31. 12. 2019
FJFI ČVUT Praha	Aplikace přírodních věd	Fyzikální inženýrství	31. 7. 2023

Kromě doktorských a magisterských (nebo diplomových) prací je možné ve FZÚ vypracovat i práce *bakalářské*. Fyzikální ústav také spolupracuje se středními školami. Je možné dohodnout přednášky pro jejich studenty i učitele a je také možné vypracovat ve FZÚ *středoškolské práce*.





## 2.9 Popularizace, konference, hosté, dohody

### 2.9.1 Nejvýznamnější popularizační aktivity pracoviště

#### Dny otevřených dveří (9. – 11. 11. 2017) a Týden vědy a techniky

Tradičně proběhly přednášky a exkurze v budovách FZÚ, v sídle AV ČR na Národní třídě i jinde. Během Dnů otevřených dveří si pracoviště FZÚ na Slovance, Cukrovarnické, ELI Beamlines a HiLASE prohlédlo přes tisíc návštěvníků, z toho dvě třetiny tvořili studenti ZŠ a SŠ, další zájemci si prohlédli laboratoř PALS, společné pracoviště s ÚFP. V rámci Dnů otevřených dveří proběhlo v roce 2017 přes 15 exkurzí, např. do laboratoře kapalných krystalů, supravodičů, růstu krystalů či tunelovací mikroskopie. Proběhlo rovněž několik přednášek o aktuálních fyzikálních problémech, např. o částicové fyzice, kosmickém záření a na pracovišti v Dolních Břežanech u Prahy proběhlo představení projektů HiLASE a ELI Beamlines.

V rámci nové koncepce Týdne vědy a techniky byl Fyzikální ústav garantem a hlavním organizátorem *Dne superlaserů* (7.11.) a *Dne nanotechnologií* (9.11.) v budově Akademie věd na Národní třídě. Na dnech byly jednotlivé obory představeny více než 3000 návštěvníkům z řad široké veřejnosti pomocí přednášek, exkurzí a interaktivních exponátů, a to jak z hlediska výzkumného, tak z hlediska aplikovaného. Po celý Týden byla též v budově na Národní vědecko-umělecká expozice *Dům nanohrůzy* představující krásy a hrůzy nano- a mikrosvěta na snímcích z elektronových mikroskopů. Zážitková expozice byla rozdělena do osmi částí věnujících se jednotlivým oblastem nanosvěta - od toho, jak můžeme vidět a hýbat jednotlivými atomy, přes krásu chemických zahrad po vnitřní život buňky. Od virů, bakterií a dalších organismů, s nimiž sdílíme svá těla, přes krásu pylových zrn až po impozantní živočišnou nanoříši. Nechyběla ani nanodíla vytvořená lidmi, která už dnes používáme běžně, aniž bychom o tom věděli, či na své využití teprve čekají (např. nanodrátky, netkané textilie, počítačové čipy, chirurgické tkaniny, aj.).

Akce proběhly ve spolupráci s Akademií věd ČR a Univerzitou Palackého v Olomouci.

#### Veletrh vědy

Veletrh vědy je každoroční akcí pořádanou SSČ AV ČR, které se pravidelně účastníme. Dosud největší stánek (90 m<sup>2</sup>) Fyzikálního ústavu v průběhu Veletrhu navštívilo několik tisíc návštěvníků, kteří se mohli seznámit s elektronovým mikroskopem, pozorovat elementární částice v mlžné komoře či zjistit, jak se chovají lasery. Nechyběla ani virtuální realita či ukázka praktické aplikace výzkumu - přístroj na hojení ran nízkoteplotním plazmatem. Stánek FZÚ byl také jedním ze zapojených do celoveletrhové soutěže mladých studentů. Z FZÚ se do přípravy a průběhu veletrhu zapojilo několik desítek pracovníků.

#### Talentová akademie

Zkušenosti pracovníků Akademie věd a českých univerzit daly vzniknout laserovým centrům ELI Beamlines a HiLASE – největší vědecké investici v historii naší země. Být na světové špičce však znamená hledat ty, kdo nám pomohou se tam udržet. Založili jsme proto Talentovou akademii pro nadané středoškoláky se zájmem o vědu

a záplem naplno se pustit do této jen málo probádané oblasti fyziky. Zájemci o účast museli již v červenci vyplnit dotazník sestávající z otázek fyzikálního i obecného charakteru, zaměřený na jejich porozumění a schopnost hledání řešení. Dvanáct vybraných studentů se zúčastnilo víkendového finále přímo v laboratořích laserových center, kde si vyzkoušeli reálnou práci vědců. Studenti museli intenzivní formou získat nové informace a ihned je převádět do praxe. Bylo třeba naučit se pracovat s laserem, poradit si v chemické laboratoři, vytvářet modely pro 3D tisk a také vyrábět a měřit optické elementy. Výsledky komplexního projektu pak týmově obhájit před komisí a kriticky posoudit slabé stránky. Studenti nakonec získali nejen certifikát o absolvování Talentové akademie, ale byla jim i nabídnuta spolupráce na popularizačních aktivitách Fyzikálního ústavu, účast ve vzdělávacích programech a spolupráce při studiu.

### Noc vědců

Noc vědců je celoevropskou akcí, která představuje vědecká pracoviště široké veřejnosti v nevšední atmosféře nočních a večerních hodin. Branami našich pracovišť prošlo během Noci vědců na 550 návštěvníků, kteří se seznámili se špičkami současného fyzikálního výzkumu v České republice a měli příležitost na vlastní oči vidět moderní laboratoře a výzkumná pracoviště. Škála programů byla široká, od běžných přednášek a exkurzí po specializované programy pro studenty fyziky se zájmem o vědeckou kariéru či „science videomapping“. Noc vědců je v ČR známá a zaběhlá akce, jednalo se již o třináctý ročník. Fyzikální ústav se akce zúčastnil poprvé a byl jediným ústavem AV mezi účastníky.

### Příležitostné popularizační přednášky a besedy

V průběhu roku 2017 proběhlo několik besed a popularizačních seminářů o projektech ELI Beamlines a HiLASE, četné přednášky na hvězdárnách a školách o astronomických jevech, o aktuálních tématech z fyziky a o aktuálních problémech, řešených na FZÚ, vystoupení na tuzemských i zahraničních vysokých školách s prezentací evropských projektů ELI, HiLASE, o účasti FZÚ v mnoha mezinárodních projektech a spolupracích (CERN, Fermilab, Observatoř Pierra Augera, CTA, a další).

### Exkurze studentů středních a vysokých škol

Probíhaly ve FZÚ zejména v rámci Jarních exkurzí do světa vědy (organizováno AV ČR), tak na základě individuální dohody v průběhu celého roku 2017; tímto způsobem FZÚ navštívilo více než několik set studentů.

### Rozhovory pro rozhlasové a televizní vysílání

Pracovníci FZÚ poskytli několik desítek rozhovorů a zúčastnili se vystoupení v pořadech veřejnoprávních i komerčních rozhlasových a televizních stanic (Česká televize, TV Nova, Český rozhlas, Radio Impuls, Radio ZET aj.).

### Popularizační články v denním tisku, časopisech a na internetových zpravodajských portálech

Pracovníci FZÚ publikovali či poskytli podklady pro několik stovek příspěvků, např. „Česko spouští nejvýkonnější lasery světa, překonají Temelín. Pomohou v medicíně i astrofyzice“ (Hospodářské noviny), „Zemí ostřeluje záření z dalekého vesmíru, ukázali (také) čeští fyzici“ (technet.idnes.cz), „Laserem lze nahradit drahé technologie, ukazují výzkumníci (novinky.cz), „Palatinus vyvinul metodu, jak určit strukturu i velmi malých krystalů“ (tyden.cz) nebo „Vědci z AV ČR se významně podílejí na zvýšení bezpečnosti jaderných reaktorů“ (vedavyzkum.cz), „Středoškoláci budou moct zkusit práci vědců v laserových centrech“ (prazsky.denik.cz).

### Československý časopis pro fyziku

Fyzikální ústav zajišťuje práci redakce (vedoucí, výkonný a technický redaktor i sekretariát redakce fungují v rámci FZÚ), časté jsou též příspěvky autorů z FZÚ v jednotlivých číslech. Časopis přináší původní i přeložené referativní články, aktuality, zprávy a recenze knih. Uveřejňuje diskuse o filozofických aspektech fyziky, vědní politice a články z historie fyziky (6 čísel ročně).

## Jemná mechanika a optika

Fyzikální ústav zajišťuje práci redakce, četné jsou též příspěvky autorů v jednotlivých číslech, časopis je určen pro informování široké obce zájemců o současných problémech z oborů optiky a jemné mechaniky, včetně interdisciplinárních témat (8 čísel + 2 dvojčísla ročně).

## ELI Beamlines Newsletter

Newsletter projektu ELI Beamlines informuje o postupu projektu ELI Beamlines, přináší články o významných hostech, kteří ELI a HiLASE v Dolních Břežanech navštívili, rozhovory s českými i zahraničními vědci, novinky z vědeckého týmu a řadu dalších informací o dění v projektech ELI Beamlines a HiLASE.

## Další akce

Badatelé z FZÚ se podíleli též na prezentaci FZÚ na několika tematických akcích a veletrzích. FZÚ byl představen například na Festivalu vědy na Vítězném náměstí v Praze či Dni firem pro fyziku studentům MFF UK a ČVUT. Fotografie zaměstnanců Fyzikálního ústavu se také umístily na předních příčkách fotosoutěží Věda fotografická a Wiki Science Competition Czech Republic. Na našem ústavu také probíhají stáže projektu Otevřená věda.

## 2.9.2 Akce s mezinárodní účastí, které pracoviště organizovalo nebo v nich vystupovalo jako spoluorganizátor

- Hranice kvantové a mezoskopické termodynamiky 2017 (Frontiers of Quantum and Mesoscopic Thermodynamics 2017 (FQMT'17)), pořadatelé: Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i., Výbor pro vzdělávání, vědu, kulturu, lidská práva a petice Senátu Parlamentu ČR, počet účastníků 229, z toho 216 zahraničních.
- 9. ročník mezinárodní konference NANOCON 2017 (9<sup>th</sup> NANOCON 2017), pořadatelé: Tanger s.r.o., Ostrava, Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i., počet účastníků 352, z toho 290 zahraničních.
- Workshop o magnetických strukturách počítaných programem Jana2006 (Workshop about magnetic structures calculated by program Jana2006), pořadatelé: Heinz Maier-Leibnitz Zentrum, Technická univerzita Mnichov, počet účastníků 25, z toho 25 zahraničních.
- 32. a 33. workshop Jana2006 (The 32<sup>nd</sup> and 33<sup>rd</sup> workshop Jana2006), pořadatel: Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i., počet účastníků 23, z toho 22 zahraničních.
- 9. workshop strukturní analýzy aperiodických krystalů (The 9<sup>th</sup> workshop on structural analysis of Aperiodic crystals), pořadatelé: Univerzita Bayreuth, počet účastníků 25, z toho 25 zahraničních.
- 15. konference Fyziky vůní a narušení CP (15<sup>th</sup> Conference on Flavor Physics and CP Violation), pořadatelé: Univerzita Karlova, Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i., České vysoké učení technické, počet účastníků 93, z toho 60 zahraničních.
- 17. konference Elastického a difrakčního rozptylu, EDS Blois 2017 (The 17<sup>th</sup> conference on Elastic and Diffractive scattering, EDS Blois 2017), pořadatelé: Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i., Univerzita Karlova, České vysoké učení, počet účastníků 81, z toho 68 zahraničních.
- XXXVII mezinárodní symposium Fyzika ve srážkách (XXXVII International Symposium on Physics in Collision), pořadatelé: České vysoké učení, Univerzita Karlova, Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i., Ústav jaderné fyziky AV ČR, Ústav Experimentálnej Fyziky Slovenskej Akadémie Vied, počet účastníků 70, z toho 48 zahraničních.
- SPIE konference o poškozování VUV, EUV a rentgenové optiky ( SPIE Conference on Damage to VUV, EUV, and X-ray Optics), pořadatelé: SPIE Europe, počet účastníků 50, z toho 40 zahraničních.

- Workshop o technologiích a aplikacích intenzivních laserů s vysokým středním výkonem (Technology and Applications of Intense, High Average Power Lasers Workshop), pořadatelé: SPIE Europe, HiLASE, ALLU, STFC, AWE, počet účastníků 50, z toho 35 zahraničních.
- 2. výroční workshop HiLASE (The 2<sup>nd</sup> Annual HiLASE Workshop), pořadatelé: Centrum HiLASE, Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i., počet účastníků 60, z toho 30 zahraničních
- 16<sup>th</sup> IUVESTA International Summer School on Physics at Nanoscale, pořadatelé: Česká fyzikální společnost, Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i., Fakulta strojního inženýrství VUT v Brně, počet účastníků 151 z toho 128 zahraničních.
- EPS Satellite Meeting on High-Field Laser-Plasma Interaction, pořadatelé: EPS, počet účastníků 40, z toho 35 zahraničních.
- High-Field Technical Task Force Meeting, pořadatelé: ELI Beamlines, Dolní Břežany, INRS, Kanada, počet účastníků 60, z toho 30 zahraničních.

### 2.9.3 Nejvýznamnější zahraniční vědci, kteří navštívili pracoviště

- Prof. Martin Roček, SUNY, Stony Brook, New York, USA, laureát ceny Neuron za celoživotní přínos vědě. Prof. Roček se zasloužil mimo jiné o objev superprostorových technik v supersymetrických teoriích pole, pochopení T-duality a zrcadlitě symetrie v teorii strun, a konstrukci hyperkahlerovských variet.
- Prof. Misao Sasaki, Yukawa Institute for Theoretical Physics, Kyoto University, přední světový expert na teorii kosmologických perturbací a teorii inflace.
- Prof. Stuart Parkin, ředitel Max Planck Institute of Microstructure Physics v Halle a profesor fyziky na Universitě Martina Luthera v Halle- Wittenbergu (SRN), významný odborník na spintroniku a magnetoelektroniku.
- Prof. Anton Zeilinger, Austrian Academy of Sciences & University of Vienna, Rakousko. Předseda Rakouské akademie věd a jeden z nejvýznačnějších světových odborníků v oboru základů kvantové mechaniky a optiky.
- Prof. John Pendry, Imperial College, London, Velká Británie, průkopník výzkumu v oboru metamateriálů.
- Prof. Marlan Scully, Texas A&M University, Baylor University and Princeton University, USA, vynikající badatel v oboru kvantové optiky a laserů.
- Prof. Tania Paskova, North Carolina State University – NSF, USA (NC), významná odbornice na růst krystalů metodami HVPE a MOCVD.
- Dr. Yuji Sano, Japan Science and Technology Agency & Toshiba Corporation, Japan. Špičkový odborník v oblasti laserových aplikací, specialista na laser shock peening.
- Dr. Claude Phipps, Photonic Associates, USA. Špičkový odborník v oblasti interakce laserového záření s hmotou a fyzice plazmatu, specialista na laserovou ablací a laserový vesmírný pohon.
- Prof. dr hab. Adam Miranowicz, Nonlinear Optics Division, Faculty of Physics, Adam Mickiewicz University (AMU), Poznań, Poland. Přední odborník v oblasti teoretické nelineární a kvantové optiky.
- Prof. dr hab. Wieslaw Leonski, zakladatel a vedoucí Quantum Optics and Engineering Division at the Institute of Physics, University Zielona Gora, Poland. Přední odborník v oblasti kvantové optiky.
- Prof. Yukitoshi OTANI, Optical Research and Education (CORE), Utsunomiya University, Japan. Významný odborník v oblasti polarimetrie a optomechatroniky.
- Dr. Maria Bondani, CNR – Institute for Photonics and Nanotechnologies, University of Insubria, Como, Italy. Odbornice v oblasti kvantové statistiky.

- Dr. Alessia Allevi, CNR – Institute for Photonics and Nanotechnologies, University of Insubria, Como, Italy. Odbornice v oblasti kvantové informatiky.
- Prof. Martha Greenblatt, Rutgers, The State University of New Jersey, USA. Významná odbornice na chemii pevných látek, úspěšně syntetizovala řadu unikátních ferroelektrických a magnetických látek, vedoucí chemické katedry na Rutgers, nositelka Garvin-Olin medaile.
- Prof. S. Pamir Alpay, University of Connecticut, USA. Přední materiálový odborník se širokým zájmem od ferroelektrických tenkých filmů po metalurgii, nyní je výkonným ředitelem technologického parku na Univerzitě v Connecticutu, je zodpovědný za spolupráci s průmyslem.
- Dr. James Lloyd-Hughes, University of Warwick, England. Specialista na ultrarychlou spektroskopii a její využití pro výzkum nových materiálů.
- Prof. Sang-Wook Cheong, Rutgers, the State University of New Jersey, USA. Odborník na materiálovou vědu komplexních oxidů, zakladatel a současný ředitel Rutgers Center for Emergent Materials.
- Prof. N. David Mermin, Cornell University, Ithaca, USA. Prominentní teoretický fyzik, zabývá se statistickou fyzikou, fyzikou pevných látek, topologickou teorií defektů nebo krystalografií aperiodických krystalů.
- Prof. Alexander I. Lichtenstein, University Hamburg, Německo. Odborník na výpočty elektronové struktury materiálů se silně korelovanými elektrony.
- Dr. David Tremouilles, Laboratory for analysis and architecture of systems (CNRS), Toulouse, France. Vedoucí oddělení „Integrovaného systému řízení“, je specialistou na elektrostatické výboje vysokovýkonných a vysokorychlostních měřicích zařízení a v současnosti se věnuje studiu ochrany zařízení a odolnosti nových širokopásmových napájecích zařízení.
- Ofir Akunis, Ministr pro vědu a technologie, Stát Izrael.
- Prof. Chunli Bai, prezident Čínské akademie věd, Čínská lidová republika.
- H. E. Moon Seoung-hyun, Velvyslanec Korejské republiky v České republice.
- Prof. Arie Zigler, Racah, Fyzikální ústav, Hebrejská Univerzita v Jeruzalému, Stát Izrael, špičkový odborník v oboru laserového urychlování částic.
- Dr. Paul Gibbon, Institut pro pokročilé simulace, Jülich Supercomputing Centre, Vědecké centrum Jülich, Německo. Specializuje se na fyziku plazmatu, laserové částice a zdroje záření.
- Prof. Tomonao Hosokoai, Photon Pioneers Centrum, Univerzita v Osace, Japonsko, špičkový odborník na laser wakefield acceleration.
- Dr. Shigeru Yamamoto, from KEK - Photon Factory, High Energy Accelerator Research Organization, Tsukuba, Japonsko, špičkový odborník na generování rentgenového záření pomocí undulátorů.
- Evans Ian Walter - SLAC National Accelerator Laboratory, USA, špičkový odborník v oblasti bezpečnosti velkých výzkumných infrastruktur.

#### 2.9.4 Aktuální meziústavní dvoustranné dohody 2017

- Advanced Photonics Research Institute (APRI-GIST), Korea, MoU for a scientific and technological collaboration towards „Ultraviolet Intensity Laser-Matter Interaction at ELI-Beamlines“
- Akademie věd ČR, v.v.i., Ústav fyziky plazmatu AV ČR, v.v.i., Akademie věd ČR, v.v.i., ČR, Smlouva o spolupráci v oblasti výzkumu a vývoje
- AXEL Co., Ltd., Korea Electronic Technology Institute, PROFiber Networking CZ s.r.o., Korea, Agreement on Research and Development (Project TA ČR, Program DELTA)
- Brookhaven Science Associates, LLC, Brookhaven National Laboratory, USA, Non-proprietary User Agreement - granted access to and use of the facility

- Brookhaven Science Associates, LLC, Brookhaven National Laboratory, USA, Amendment to Non-proprietary User Agreement
- CARDAM s.r.o., ČR, Rámcová smlouva o základních zásadách vzájemné spolupráce
- Center for Physical Sciences and Technology, Litva, MoU on joint project proposal ELI-SA (H2020)
- Centre Nationale de la Recherche Scientifique (CNRS), Francie, CNRS transfers material to the FZU
- Centre Nationale de la Recherche Scientifique (CNRS), Francie, MoU on the terms and conditions of mutual cooperation
- Centre Nationale de la Recherche Scientifique (CNRS), Francie, Ústav jaderné fyziky AV ČR, v. v. i., Agreement to create the European Associated Laboratory „Nuclear Astrophysics and Grids“ (LeA NuAG)
- Centre Nationale de la Recherche Scientifique (CNRS), Université of Caen (UNICAEN), École Nationale Supérieure d'Ingénieurs de Caen (ENSICAEN), Francie, Confidential Agreement with CRIStallography and MATerials science Laboratory
- Centro De Laseres Pulsados (CLPU), Španělsko, MoU on a scientific and technological collaboration for „Experiments and Simulations in the Field of High Power Lasers and Secondary Sources“
- Centro Láser de la Universidad Politécnica de Madrid (CLUPM), Španělsko, MoU on a Development of Laser Shock Processing
- Commissariat a l'Energie Atomique et aux Energies Alternatives (CEA), Institute of Plasma Physics, ASCR, Francie, Lol for a joint experimental campaign on „Laser driven proton acceleration from H2 cryogenic target“
- České vysoké učení technické v Praze, Faculty of Nuclear Sciences and Physical Engineering, ČR, MoU on Scientific Collaboration
- České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství, ČR, Dohoda o vzájemné spolupráci při uskutečňování doktorského studijního programu Biomedicínská a klinická technika (smlouva trvá po dobu studia studenta)
- České vysoké učení technické v Praze, Fakulta elektrotechnická, České vysoké učení technické v Praze, ČR, Dohoda o spolupráci
- České vysoké učení technické v Praze, Astronomický ústav AV ČR, Ústav jaderné fyziky, Technická univerzita v Liberci, Slezská univerzita v Opavě, Univerzita Karlova, Univerzita Palackého v Olomouci, ČR, Společenská smlouva - byla založena „Česká společnost pro astročásticovou fyziku“
- České vysoké učení technické v Praze, Westinghouse Electric ČR s.r.o., ČR, Smlouva o využití výsledků projektu
- Deep Underground Neutrino Experiment (DUNE) Collaboration, Velká Británie, Lol on Scientific Collaboration
- Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY, Německo, Cooperation Agreement - HERA experiments
- Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY, Německo, Software licence agreement - XRAYPAC Software
- Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY. Cherenkov Telescope Array Observatory gemeinnützige GmbH, Německo, Nákup akcií v Cherenkov Telescope Array project (CTA-Project)
- Donetsk National Medical University of Maxim Gorky, Ukrajina, MoU for research collaboration: „Medical nonthermal plasma (MNP)“
- École Polytechnique Federale de Lausanne, Photovoltaics-Laboratory of Microengineering Institute, Švýcarsko, MoU on the terms and conditions of mutual cooperation
- Elettra - Sincrotrone Trieste S.C.p.A., Itálie, Agreement on the access to electron beam
- Elettra - Sincrotrone Trieste S.C.p.A., Itálie, MoU on a scientific and technological collaboration



- ELI Attosecond Light Pulse Source, ELI Nuclear Physics, ČR, MoU on ELI-ERIC
- ENSTA-ParisTech, Laboratoire d'Optique Appliquée (LOA), CNRS Centre Nationale de la Recherche Scientifique (CNRS), Francie, MoU on Collaborative Program for Applications of High Energy, Diode-Pumped Lasers in Laser Induced Damage Studies
- ENVINET a.s., ČR, Smlouva o spolupráci č.: RS0510, „Nové scintilační a další materiály“
- European Organization for Nuclear Research (CERN), Švýcarsko, License Agreement
- European Organization for Nuclear Research (CERN), Švýcarsko, Memorandum on cooperation for the CLIC Detector and Physics Study
- European Organization for Nuclear Research (CERN), Švýcarsko, MoU for collaboration in the field of technology transfer
- European Synchrotron Radiation Facility, European Synchrotron Radiation Facility, Francie, MoU - Medium Term Arrangement concerning the scientific use of synchrotron radiation for non-proprietary research for the period 2018-2022
- European Synchrotron Radiation Facility, Francie, MoU for TANGO Collaboration
- European Synchrotron Radiation Facility, Francie, MoU on Arrangement between CENTRALSYNC Consortium and the European Synchrotron Radiation Facility concerning the long-term scientific use of synchrotron radiation for non-proprietary research
- European Synchrotron Radiation Facility, Francie, Studentship Agreement - „In-situ synchrotron X-Ray diffraction studies of smart structures for actuators by shape memory alloys (SMA)“
- European X-Ray Free-Electron Laser Facility GmbH, Německo, MoU on cooperation in the field of Photon Science
- Ferdinand-Braun-Institut, Leibnitz-Institut fuer Hoechstfrequenztechnik (FBH), Německo, MoU on collaborative program on Laser-Diode Technology for High Average Power, Diode - Pumped Solid State Lasers
- Fermi Research Alliance, LLC, Fermi National Accelerator Laboratory, USA, Non-proprietary User Agreement
- Fondazione Famiglia Pintaura, Itálie, MoU on Collaborative Research partnership for Master and PhD Students
- Forschungszentrum Jülich GmbH, Německo, Agreement for Cooperation concerning „Electrospray deposition of large organic compounds“
- Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Institute for Surface Science and Corrosion, Německo, MoU on the terms and conditions of mutual cooperation
- GIGAPHOTON INC., Japonsko, Collaborative research agreement, Project: „Research and development of 1 MHz, 1 kW, picosecond solid state laser“
- Government of India, Ministry of Defence, Defence Research & Development Organization, Laser Science & Technology Centre (LASTEC), Indie, Contract Proposal - Research Studies on Centrifugal Spray Singlet Oxygen Generator for COIL
- Government of India, Ministry of Defence, Defence Research & Development Organization, Laser Science & Technology Centre (LASTEC), Indie, Contract Proposal - Research Studies on Molecular Iodine Generation for COIL
- Hangdong Global University, Global Institute of Laser Technology, Korea, MoU on Collaborative program development of high energy laser for industry and application of laser shock peening
- Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH, Německo, MoU on establishing framework and academic cooperation

- Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf e. V. (HZDR), Německo, MoU for a scientific and technological collaboration towards „Plasma and High Energy Density Physics“ experiment at ELI-Beamlines“
- HITACHI EUROPE LIMITED, Velká Británie, Cooperation Agreement in the common field of Nanospintronics
- Chinese Academy of Sciences, Shanghai Institute of Ceramics, Čína, Collaborative research agreement
- Chinese Academy of Sciences, Shanghai Institute of Ceramics, Čína, MoU on the terms and conditions of mutual cooperation
- Innsbruck Medical University, University of Innsbruck, Department of Therapeutic Radiology and Oncology, Innsbruck Medical University, Department of Infrastructure, Rakousko, Cooperation Agreement - Project: „i-scaff“
- European Organization for Nuclear Research (CERN), Institut for Physical Research, Vrije Universiteit Brussel (VUB), Forschungszentrum Jülich GmbH, Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), Université de la Méditerranée, Claud Bernard Lyon 1, Institute for Nuclear Problems - Belarussian State University, Laboratório de Instrumentacao e Física Experimental de Partículas, Sungkyunkwan University, Centro De Investigaciones Energeticas, Medioambientales Y Technologicas, Deutsches Krebsforschungszentrum (DKFZ), Universita Politecnica Delle Marche (UPM), Universiteit Gent (uGent), Faculty of Sciences, University of Lisbon, Švýcarsko, Agreement for Accession to the Crystal Clear Collaboration Agreement
- Institut National de la Recherche Scientifique (INRS), Kanada, MoU on a scientific collaboration on „Warm Dense Matter physics induced by laser-matter interactions“
- Institute of Optics and Quantum Electronics (IOQ), Německo, MoU on Collaborative Program for High Power, Diode-Pumped Laser Science and Technology
- Institute of Plasma Physics and Laser Microfusion, Polsko, MoU on a scientific and technological collaboration
- Instituto de Astrofísica de Canarias, Španělsko, Agreement on the instalation and the operation of the FRAM telescope at the Roque de Los Muchachos Observatory
- Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores para os Microsistemas e as Nanotecnologias (INESC-MN), Portugalsko, MoU on the terms and conditions of mutual cooperation
- Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Laboratori Nazionali del Sud, Itálie, MoU on a scientific and technological collaboration towards medical applications at ELI-Beamlines
- Ioffe Institute, Rusko, MoU on the terms and conditions of mutual cooperation
- Italian National Research Council, Institute of Photonics and Nanotechnology (CNR-IFN), Itálie, MoU on Collaborative Program on Adaptive Optics Technology for High Average Power, Diode-Pumped Solid State Lasers
- Jan Kochanowski University in Kielce, Polsko, MoU on the terms and conditions of mutual cooperation
- Japan Atomic Energy Agency (JAEA), Japonsko, General Arrangement for Cooperation in Research, Development and Applications of High Power Laser Systems
- Kazimierz Wielki University in Bydgoszcz, Polsko, MoU for research collaboration in the field of optical, optoelectronic, luminescence and scintillation materials
- Keldysh Institute of Applied Mathematics (KIAM), Rusko, MoU on a scientific collaboration in „Modelling of capillary discharges and pre-plasma formation“ at ELI-Beamlines
- Korea Advanced Institute of Science and Techology (KAIST), Laser Science Research Laboratory, Korea, MoU on Collaborative Program on Application on Multi-slab, Diode Pumped Solid State Laser to SBS-PCM and Holographic Machining

- Korea Atomic Energy Research Institute, Korea, MoU on Collaborative Program for High Power Pulsed Laser Technology Development
- Korea Basic Science Institute (KBSI), Korea, MoU on Scientific Collaboration
- Korea Institute of Materials Science, Korea, MoU for a scientific and technological collaboration
- Kumamoto University, Faculty of Engineering and Graduate School of Science and Technology, Japonsko, Agreement on Academic Exchange
- Laboratoire de Physique des Interfaces et des Couches Minces, Ecole Polytechnique, Francie, MoU on the terms and conditions of mutual cooperation
- Laboratori Nazionali del Sud (LNS), INFN, Itálie, MoU for a scientific and technological collaboration towards medical applications at ELI-Beamlines
- Large Synoptic Survey Telescope, INC., USA, MoU on scientific collaboration - „Large Synoptic Survey Telescope“
- Laser-Laboratorium Göttingen e. V. (LLG), Německo, MoU on collaborative program on EUV light source and applications
- Leipzig University, Institute of Experimental Physics II, Německo, MoU on terms and conditions of mutual cooperation
- Leland Stanford, Jr., University, SLAC National Accelerator Laboratory, USA, Non-proprietary User Agreement - Contract
- Ludwig-Maximilians-Universität München, Německo, Mutual nondisclosure agreement for exchange of information with Ludwig-Maximilians-Universität
- Masarykova universita, Centrum CERIT-SC, Ústav výpočetní techniky, ČR, Dohoda o vzájemné spolupráci mezi Fyzikálním ústavem AV ČR a Centrem CERIT-SC
- Max-Planck-Gesellschaft , Max Planck Institute for the Structure and Dynamics of Matter, Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e. V., Německo, Partnership Agreement - Project: Quantum Effects in Multicolor Ultrafast Laser Processing: Broadening Boundaries of Classical Descriptions „QuantumLaP“
- Max-Planck-Gesellschaft , Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e. V., Německo, Agreement to establish a partner group
- Medizinische Universität Innsbruck, Rakousko, MoU on the terms and conditions of mutual cooperation
- Moskevská státní univerzita M. V. Lomonosova, Rusko, Smlouva o vědecké a vzdělávací spolupráci, zejména v oblasti přípravy a výzkumu organických spontánně se uspořádávajících materiálů s kapalně krystalickými vlastnostmi
- Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Čína, MoU on Research Collaboration - research and PhD training in the field of smart engineering materials
- National Academy of Sciences of Ukraine, Donetsk Institute for Physics and Engineering named after O. O. Galkin, Ukrajina, MoU for research collaboration: „The electron paramagnetic resonance study of functional oxide-based materials“
- National Applied Research Laboratories, Instrument Technology Research Center, National Applied Research Laboratories, Taiwan, MoU on Research Collaboration with a vision to promote bilateral cooperation in science and technology development
- National Council of Research of Italy, Institute of Photonics and Nanotechnology of National Council of Research of Italy, Itálie, MoU on scientific and technological collaboration

- National Institute for Laser, Plasma and Radiation Physics, Rumunsko, Agreement for Collaboration: „New pulsed laser technology of organic bi- and multi-layers depositions for photovoltaic applications“
- National Institute for Laser, Plasma and Radiation Physics, Rumunsko, Agreement of joint scientific research and technical assistance in the field of Al and Ni doped ZnO synthesized by PLD for high temperature thermoelectric applications“
- National Institutes of Natural Sciences, National Institute for Fusion Science (NIFS), Japonsko, MoU on providing the framework for scientific and technical exchanges in the development of High Power Lasers and their Application
- National Kaohsiung University of Applied Sciences, Taiwan, MoU on education and academic research
- National Research Nuclear University „MEPhI“, Rusko, MoU for a scientific collaboration towards „ultra-intense laser matter interaction“
- Penza State University, Rusko, MoU on Research Collaboration
- Pierre Auger Observatory, Argentina, Agreement for the Organization, Management and Funding of the Pierre Auger Observatory
- Pierre et Marie Curie University, Francie, Agreement on Cooperation: Theory, simulation and experiment of laboratory astrophysics, ELI-Beamlines project
- Polish Academy of Sciences University of Geneva (UNIGE), H. Niewodniczanski Institute of Nuclear Physics, Polish Academy of Sciences, University of Geneva (UNIGE), Švýcarsko, Polsko, Agreement on „SST-1M Mini-array Construction and Testing as Technology Demonstrator for the Cherenkov Telescope Array“
- Polish Academy of Sciences, Institute of Physical Chemistry, Polsko, MoU - Agreement on the terms and conditions of mutual cooperation
- Polish Academy of Sciences, Institute of Physical Chemistry, Polsko, MoU - Agreement on the terms and conditions of mutual cooperation
- Proton Therapy Provider s.r.o., Proton Therapy Center Czech s.r.o., ČR, Memorandum o společném zájmu
- Research and Development Center Saigon Hi-Tech Park, Vietnam, Lol on scientific collaboration: „Development of alternative PECVD technology of hydrogenated silicon thin films for solar cells
- Russian Academy of Sciences, Institute of Automation and Control Processes, Rusko, Lol on scientific collaboration
- Russian Academy of Sciences, Institute of Thermophysics of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (ITP), Rusko, Amendment to MoU on Collaborative Program on Material Processing with High Average Power, Diode - Pumped Solid State and Fiber Lasers
- Russian Academy of Sciences, Institute of Thermophysics of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (ITP), Rusko, MoU on Collaborative Program on Material Processing with High Average Power, Diode-Pumped Solid State and Fiber Lasers
- Russian Academy of Sciences, Ioffe Institute, Rusko, Příprava a charakterizace pokročilých GaN nano-hetero-struktur
- Russian Academy of Sciences, V. S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (IGM), Rusko, MoU on framework for scientific and technical exchanges between IGM and HiLASE, Collaborative Program on Modification of Materials by Lasers
- Science and Technology Facilities Council (STFC), Velká Británie, Consortium Agreement - Teaming Phase 2 - HiLASE Centre of Excellence

- Scuola Internazionale Superiore di Studi Avanzati, Itálie, Agreement on educational, cultural and scientific exchanges
- Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics (SIOM), Čína, MoU on a scientific collaboration on „Laboratory astrophysics, multiple beam experiments and theory/simulation“
- SIGMA Clermont, Francie, MoU - Framework Agreement for Research and Academic Cooperation
- Strathclyde University, Strathclyde Intense Laser Interaction Studies Group, Velká Británie, MoU on scientific collaboration on „Expert, theory and simulation of plasma amplification, laser driven particle acceleration, light sources and diagnostics“
- Sumy State University, Ukrajina, Ukrajina, MoU for research collaboration: „In vivo monitoring of delivery of magnetically labeled stem cells and magnetic carriers“
- Technische Universität Berlin (TUB), Německo, Agreement on the terms and conditions of mutual cooperation
- Technische Universität Berlin (TUB), Německo, MoU on the terms and conditions of mutual cooperation (kopie)
- Technische Universität Darmstadt, Německo, MoU on a scientific collaboration on „Warm Dense Matter physics induced by intense laser and ion beam interaction with matter“
- The Basque Center for Materials, Applications and Nanostructures (BCM), Španělsko, MoU on the terms and conditions of mutual cooperation
- The Queen’s University of Belfast, Velká Británie, MoU for a scientific and technological collaboration towards Laser-driven Acceleration and Laser Plasma Physics experiments at ELI-Beamlines
- The University of Tokyo, The Institute for Solid State Physics, Japonsko, Agreement on academic exchange
- Tohoku University, Frontier Research Institute for Interdisciplinary Sciences, Japonsko, Join Research Agreement
- Tohoku University, Institute for Materials Research, Tohoku University, Japonsko, MoU on collaboration
- Universität Hamburg, Faculty of Mathematics, Informatics and Natural Sciences (MIN), Německo, MoU on terms and conditions of mutual cooperation
- Universitat Rovira I Virgili (URV), Física i Cristallografia de Materials (FICMA), Španělsko, MoU on Collaborative Program on Diode Pumped Microchip Solid State Lasers
- Universität Wien, Rakousko, Academic license for the use of the software package VASP (Vienna ab.initio simulation program), VASP 5.2 and VASP 4.6
- Université de Bordeaux, Francie, Grant Agreement - Project: „Innovative Training and Education for Large Laser Infrastructures“ - ERASMUS+
- Université de Lorraine, Institut Jean Lamour, Francie, Lol on Scientific cooperation in the frame of the proposed project
- Université Lyon 1, Institute of Light and Matter, Francie, MoU on terms and conditions of mutual cooperation
- University of Bergen, Institute of Physics and technology, Norsko, MoU for research collaboration
- University of Bialystok, Polsko, MoU on the terms and conditions of mutual cooperation
- University of Messina, Section of Radiological Sciences of the Department of Biomedical Sciences and of Morphologic and Functional Imaging, Itálie, MoU for a scientific and technological collaboration for „Monte Carlo characterization of Radiation Fields“ at ELI-Beamlines

- University of Modena and Reggio Emilia, Department of Sciences and Methods for Engineering, Itálie, MoU on Collaborative Program on Development of High Power Ultrafast Surface Treatments for Industrial and Scientific Applications
- University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Srbsko, Partnership Statement - Project: Microtubules as Biological Nanowires and Pathways for Nanomotors
- University of Parma, Information Engineering Department (DII), Itálie, MoU on Collaborative Program on a Fiber Development for High Average Power, Diode-Pumped Solid State and Fiber Lasers
- University of Rochester, Laboratory for Laser Energetics (LLE), USA, MoU on Scientific Collaboration
- University of Zaragoza, Španělsko, MoU on the terms and conditions of mutual cooperation
- Upsalla University, Laboratory of Molecular Biophysics of the Department of Cell and Molecular Biology, Švédsko, MoU on Collaboration in Coherent Diffractive Imaging and Atomic, Molecular and Optical Sciences
- Ural Federal university, Rusko, MoU for collaboration: „Modeling of innovative materials on the basis of first-principles electronic structure calculations“
- UT-BATTELLE, LLC, Oak Ridge National laboratory, USA, Non-proprietary User Agreement
- Utsunomiya University, Faculty of Engineering, Graduate School of Engineering, Japonsko, MoU on Collaborative Program for Applications of Laser Driven Plasma X-ray Source Studies
- Vietnam Academy of Science and Technology (VAST), Ho Chi Minh City Institute of Physics, Vietnam, Lol on scientific collaboration: Development and application of measured methods for spectral changes of solar radiation with aim to realize optimal structures of the solar cells based on hydrogenated silicon thin films
- Vietnam Academy of Science and Technology (VAST), Institute of Applied Material Science, Vietnam, Lol on Scientific Collaboration - Development of hydrogenated silicon thin films for solar cells and alternative applications
- Výzkumný ústav veterinárního lékařství, v. v. i., ČR, Memorandum o spolupráci v oblasti biomedicínských nanotechnologií a nové infrastruktury, která bude pořízena v rámci projektu „FIT“
- Waseda University, Research Institute for Science and Engineering, Japonsko, MoU on Collaborative Program for Applications of High Energy, Diode-Pumped Lasers in Soft X-ray Source Studies
- Západočeská univerzita v Plzni, ČR, Smlouva o spolupráci



## 2.9.5 Statistika zahraničních styků

### Statistika zahraničních cest v roce 2017 – FZÚ

	Výjezdy – počet		Výjezdy – počet dnů	
	<i>celkem</i>	<i>dlouhodobé<sup>1</sup></i>	<i>celkem</i>	<i>dlouhodobé<sup>1</sup></i>
Sekce fyziky elementárních částic	359	23	4 469	1 167
Sekce fyziky kondenzovaných látek	268	10	2 319	567
Sekce fyziky pevných látek	429	17	3 889	1 258
Sekce optiky	116	9	1 494	607
Sekce výkonových systémů	222	12	2 243	675
Sekce ELI Beamlines	553	17	3 871	933
ostatní	31	21	1 263	1 222
<i>celkem</i>	<b>1 978</b>	<b>109</b>	<b>19 548</b>	<b>6 429</b>

<sup>1</sup>dlouhodobý pobyt = delší než 30 dnů

<i>Země</i>	<i>Výjezdy – počet</i>	<i>Země</i>	<i>Výjezdy – počet</i>	<i>Země</i>	<i>Výjezdy – počet</i>
Německo	453	Švédsko	15	Vietnam	4
Francie	189	Irsko	13	Bosna a Hercegovina	3
Švýcarsko	188	Rumunsko	11	Bulharsko	3
Spoj. st. americké	141	Čína	10	Černá Hora	3
Itálie	99	Kanada	10	Chorvatsko	3
Velká Británie	93	Jihoafrická rep.	9	Island	3
Polsko	87	Argentina	8	Kypr	3
Španělsko	63	Ukrajina	8	Lotyšsko	3
Česká republika	61	Dánsko	7	Arménie	2
Japonsko	58	Estonsko	7	Malta	2
Rakousko	57	Norsko	6	Singapur	2
Slovensko	56	Tchaj-wan	6	Srbsko	2
Belgie	55	Indie	5	Hongkong	1
Maďarsko	51	Litva	5	Kolumbie	1
Rusko	37	Řecko	5	Konžská dem. rep.	1
Korejská republika	24	Austrálie, Oceánie	4	Malajsie	1
Finsko	21	Brazílie	4	Mexiko	1
Portugalsko, Azory	21	Chile	4	Saúdská Arábie	1
Izrael	20	Lucembursko	4	Tunisko	1
Nizozemsko	19	Slovinsko	4	<b>celkem</b>	<b>1978</b>

Pracovníci FZÚ vyjeli v roce 2017 celkem do 59 zemí, celkové náklady ze strany FZÚ na jejich cesty činily 45,23 milionu Kč.

### Hosté FZÚ v roce 2017 – přehled

	Počet – přijetí			Přijetí – počet dnů		
	<i>interní</i>	<i>akademické</i>	<i>celkem</i>	<i>interní</i>	<i>akademické</i>	<i>celkem</i>
Sekce fyziky elementárních částic	57	0	57	248	0	248
Sekce fyziky kondenzovaných látek	49	9	58	352	56	408
Sekce fyziky pevných látek	83	23	106	526	156	682
Sekce optiky	13	3	16	222	14	236
Sekce výkonových systémů	26	0	26	134	0	134
Sekce ELI Beamlines	75	0	75	329	0	329
<i>celkem</i>	<b>303</b>	<b>35</b>	<b>338</b>	<b>1 811</b>	<b>226</b>	<b>2 037</b>

<i>Země</i>	<i>interní</i>	<i>akademické</i>	<i>celkem</i>	<i>Země</i>	<i>interní</i>	<i>akademické</i>	<i>celkem</i>
Německo	63	8	71	Finsko	5	0	5
VB	37	0	37	Portugalsko	4	0	4
USA	33	0	33	Nizozemí	4	0	4
Francie	21	0	21	Estonsko	1	2	3
Japonsko	20	0	20	Litva	3	0	3
Rusko	17	0	17	Lotyšsko	0	3	3
Rakousko	17	0	17	Korea	2	0	2
Slovensko	6	11	17	Kanada	2	0	2
Španělsko	16	0	16	Rumunsko	0	2	2
Polsko	14	2	16	Maďarsko	0	1	1
Švýcarsko	11	0	11	Indie	1	0	1
Izrael	8	0	8	Dánsko	1	0	1
Švédsko	3	0	3	Alžírsko	1	0	1
Itálie	6	0	6	JAR	1	0	1
Čína	3	3	6	Slovinsko	1	0	1
Ukrajina	2	3	5	<b>Celkem</b>	<b>303</b>	<b>35</b>	<b>338</b>

V roce 2017 navštívili FZÚ hosté z 31 zemí.





## 2.10 Publikace zaměstnanců FZÚ v roce 2017

### 2.10.1 Přehled

	Sekce fyziky vysokých energií	Sekce fyziky kondenzovaných látek	Sekce fyziky pevných látek	Sekce optiky	Sekce výkonových systémů	Sekce realizace projektu ELI Beamlines	celkem
Kniha, monografie	0	0	0	1	0	0	1
Kapitola v knize	0	1	7	0	1	0	9
Publikace v impaktovaném periodiku	104.66	133.17	233.22	67.08	32.87	41.01	613
Publikace v neimpaktovaném periodiku	2	14.28	21.89	8.03	5	3.80	55
Publikace v konferenčním sborníku	6.38	4.79	17.07	10.77	5.25	10.75	55
Patenty	0	1	0	4	2	0	7
Užité a průmyslové vzory	0	0,5	1,5	1	1	4	8

(Poznámka: Pokud má jeden vědecký výstup autory z různých sekcí Fyzikálního ústavu, jsou v tabulce výše započteny těmto sekcím jen poměrné části takového výstupu. Například pro publikaci s 10 autory z FZÚ, z toho 9 ze Sekce 2 a 1 ze Sekce 3, se započte 0,9 pro Sekci 2 a 0,1 pro Sekci 3.)

### Členění publikací v impaktovaném periodiku dle oborů

Nové technologie a materiály	159
Elektronová a geometrická struktura pevných látek	97
Magnetické a dielektrické vlastnosti	100
Optika	22
Fyzika vysokých energií	108
Fyzika interakce laserového záření s hmotou	74
Ostatní	54
<b>Celkem</b>	<b>613</b>

## 2.10.2 Významné výsledky vědecké činnosti v roce 2017

1

Významný výsledek vědecké činnosti v roce 2017

Nature Physics 13 (2017), 852–858

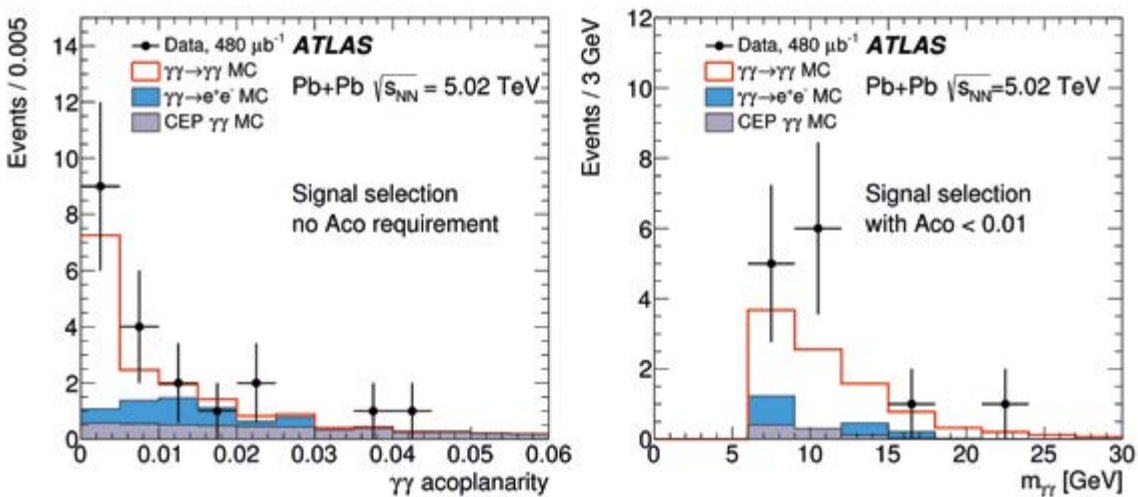
doi:10.1038/nphys4208

### Pozorování rozptylu světla na světle ve srážkách těžkých iontů v detektoru ATLAS na LHC

M. Aaboud et al. (ATLAS Collaboration, z FZÚ: J. Chudoba, J. Hejbal, O. Hladík, T. Jakoubek, O. Kepka, A. Kupčo, V. Kús, M. Lokajíček, R. Lysák, M. Marčíšovský, M. Mikeščíková, S. Němeček, O. Penc, P. Šicho, P. Staroba, M. Svatoš & M. Taševský)

V klasické elektrodynamice nedochází k rozptylu světla na světle, jde o čistě kvantový proces svázaný s polarizací vakua. Tento rozptyl je velice vzácný a jeho pozorování bylo umožněno díky silnému elektromagnetickému poli generovanému v silně relativistických srážkách těžkých iontů. První evidence tohoto fundamentálního procesu byla pozorována v ultraperiferálních srážkách jader olova při těžiškové energii 5,02 TeV na nukleon, za-

znamených detektorem ATLAS na urychlovači Large Hadron Collider v CERNu. V souboru dat odpovídajících luminozitě  $480 \mu\text{b}^{-1}$  zaznamenal experiment ATLAS celkem 13 kandidátů s očekávaným pozadím  $2,6 \pm 0,7$  případu (viz obrázek). Pozorovaná statistická signifikance procesu rozptylu světla na světle tak byla na úrovni  $4,4\sigma$  směrodatné odchylky. Změřená četnost těchto srážek odpovídá predikcím kvantové elektrodynamiky.



Rozdělení vybraných kinematických veličin pro kandidáty na  $\gamma\gamma \rightarrow \gamma\gamma$  případy.

Akoplanarita ( $A_{co}$ ) fotonového páru před aplikací podmínky  $A_{co} < 0,01$  (vlevo) a invariantní hmotnost páru po aplikaci podmínky  $A_{co} < 0,01$  (vpravo). Data (body) jsou porovnána s Monte Carlo (MC) predikcemi. Očekávaný signál pocházející z rozptylu světla na světle je znázorněn červenou čarou, ostatní MC histogramy pak představují hlavní pozadí. Statistické chyby dat jsou zobrazeny vertikálními úsečkami.

## Pozorování velkoškálové anizotropie směrů příletů kosmického záření s energií nad $8 \times 10^{18}$ eV

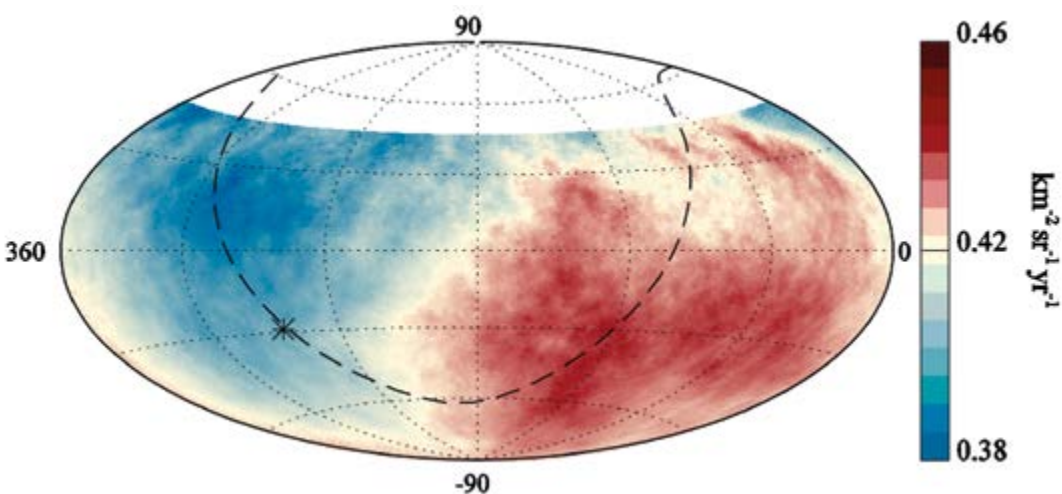
A. Aab et al. (The Pierre Auger Collaboration, z FZÚ: J. Blažek, M. Boháčová, J. Chudoba, J. Ebr, J. Juryšek, D. Mandát, M. Palatka, M. Pech, M. Prouza, J. Řídký, P. Schovánek, P. Trávníček, J. Vícha)

Observatoř Pierra Augera v Argentině zveřejnila v září 2017 zásadní vědeckou publikaci v prestižním časopise Science. Byly zde prezentovány experimentální důkazy toho, že částice kosmického záření s extrémně vysokými energiemi (milionkrát vyššími, než jaké dokážeme připravit na největším pozemském urychlovači LHC) k nám přilétají ze zdrojů mnohem vzdálenějších než jakákoliv část naší Galaxie.

Již od 60. let minulého století, kdy byla potvrzena existence částic kosmického záření s energiemi dosahu-

jícími až několik joulů, si vědci kladli otázku, zda se zdroje těchto částic nacházejí v naší Galaxii, nebo mimo ni. Záhada byla nyní vyřešena pomocí dat Observatoře Pierra Augera. Jak bylo zjištěno, částic s tak velkou energií přilétá z jedné strany oblohy přibližně o 6 procent více než z protilehlé a směr tohoto přebytku se odchyluje o 120 stupňů od směru ke středu naší Galaxie (viz obrázek).

Na stavbě, provozu a analýze dat Observatoře Pierra Augera se podílejí vědci z Fyzikálního ústavu AVČR.



Název ilustrace: Vesmír o nejvyšších energiích

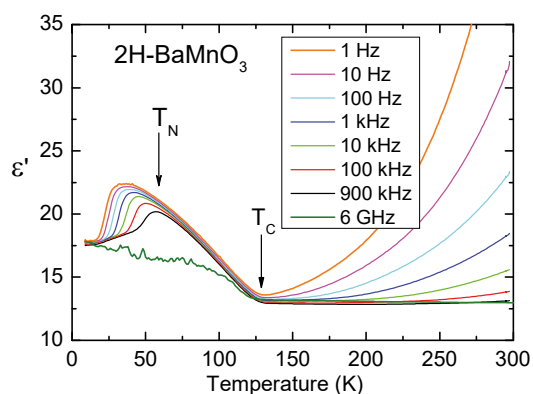
Mapa oblohy zobrazující přebytek toku kosmického záření v rovníkových souřadnicích (deklinace od  $-90^\circ$  do  $+90^\circ$  vs. rektascenze od  $0^\circ$  do  $360^\circ$ ) naměřený na Observatoři Pierra Augera pro energie nad 8 EeV. Střed Galaxie je označen hvězdičkou a galaktická rovina přerušovanou čarou.



## Neočekávané feroelektrické a magnetické fáze v multiferoelektrické keramice 2H-BaMnO<sub>3</sub>

S. Kamba, D. Nuzhnyy, M. Savinov, P. Tolédano, V. Laguta, P. Brázda, L. Palatinus, F. Kadlec, F. Borodavka, C. Kadlec, P. Bednyakov, V. Bovtun, M. Kempa, D. Krieger, J. Drahokoupil, J. Kroupa, J. Prokleška, K. Chapagain, B. Dabrowski, V. Goian

Strukturní fázový přechod v keramice BaMnO<sub>3</sub> byl studován elektronovou a rentgenovou difrakcí a rovněž spektroskopickými metodami. Ukázali jsme, že BaMnO<sub>3</sub> přechází při  $T_C = 130$  K do feroelektrické fáze, která má hexagonální symetrii s trojnásobnou elementární buňkou. Fázový přechod je způsoben měknutím optického módu na hranici Brillouinovy zóny. Pod  $T_C$  je tento mód aktivní v infračervených a Ramanových spektrech a jeho frekvence roste podle Cochranova zákona. Nicméně teplotní závislost permitivity vykazuje neobvyklé chování – pod  $T_C$  roste téměř lineárně s klesající teplotou a při 60 K nabývá maxima, které je frekvenčně závislé, viz obrázek. Tato disperze v permitivitě může být vysvětlena pohybem feroelektrických doménových stěn.



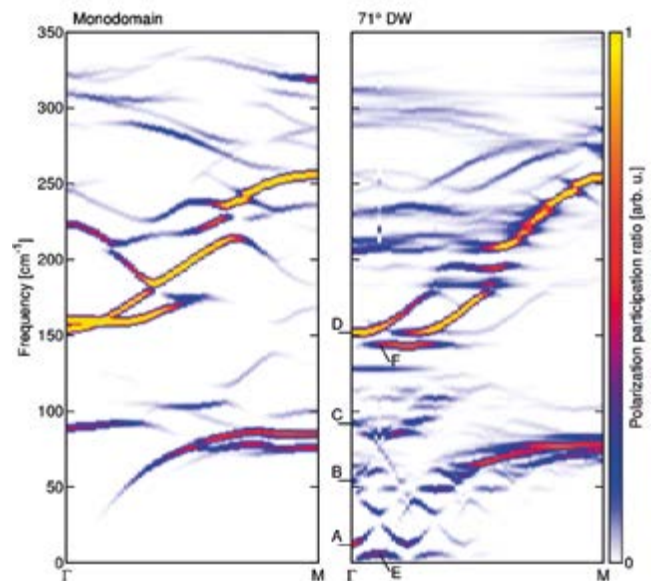
Teplotní závislost dielektrické permitivity keramiky 2H-BaMnO<sub>3</sub> měřené při vybraných frekvencích excitačního elektrického pole.



## Vliv doménové struktury na dynamiku krystalové mřížky a permitivitu $\text{BiFeO}_3$

*J. Hlinka, M. Paściak, S. Körbel, P. Marton*

Ferroelektrické materiály jsou známé svou velkou dielektrickou permitivitou. Ukazuje se, že mikrostruktura materiálu, obzvláště feroelektrická doménová rozhraní, může mít velký vliv na dielektrickou odezvu materiálu. V této studii jsme se zaměřili na různé konfigurace doménových rozhraní v multiferoelektrickém materiálu  $\text{BiFeO}_3$ . Využitím atomistického modelu jsme ukázali, že přítomnost některých doménových rozhraní vede ke vzniku polárních excitací v terahertzové oblasti spektra, jenž významně přispívají do permitivity. Tento zásadní výsledek a jeho porozumění mohou být najít uplatnění v designu nových materiálů.



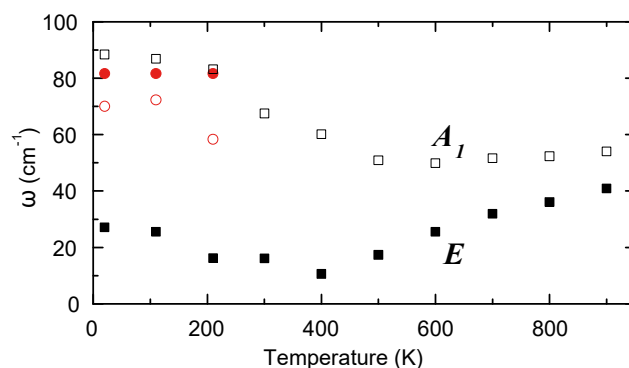
Vliv doménové struktury na fononové spektrum  $\text{BiFeO}_3$ : disperzní fononové křivky monodoménového (levý panel) a multidoménového (pravý panel) materiálu. Přítomností  $71^\circ$  doménových stěn vzniká v  $\Gamma$  bodě fononový mód (označený A), který způsobuje 25krát větší permitivitu multidoménového materiálu oproti monodoménovému.



## Infračervená, terahertzová a mikrovlnná spektroskopie měkkého a centrálního módu v $\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$

*D. Nuzhnyy, J. Petzelt, V. Bovtun, M. Kempa, S. Kamba, J. Hlinka, B. Hehlen*

Detailní měření v infračerveném, terahertzovém a mikrovlnném frekvenčním oboru nám umožnila určit chování relaxačních a vibračních módů v klasickém relaxačním ferroelektriku  $\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$  (PMN). Analýzou infračervených a terahertzových spekter metodou Bruggemanova efektivního prostředí jsme zjistili, že se mezoskopická struktura PMN skládá z náhodně orientovaných jednoosých polárních nanodomén, jež štěpí optický mód na dvě komponenty. Komponenta  $A_1$ , která kmitá podél lokálních elektrických dipólových momentů v těchto nanodoménách, má vyšší frekvenci, zatímco komponenta  $E$  kmitá kolmo na lokální momenty a má nižší frekvenci (viz obrázek). Teplotní závislost frekvence komponenty  $E$  je charakteristická pro tzv. měkký mód a je důkazem, že v PMN dochází k lokálnímu fázovému přechodu při  $T^* \approx 400$  K. Tento mód plně vysvětluje vysokoteplotní chování permitivity, která splňuje Curie-Weissův zákon s kritickou teplotou  $T^*$ .



*Teplotní závislost dvou komponent měkkého módu v PMN získaných z terahertzových a infračervených spekter. Minimum  $E$  komponenty, které je vidět u 400 K, je známkou lokálního strukturního fázového přechodu.*

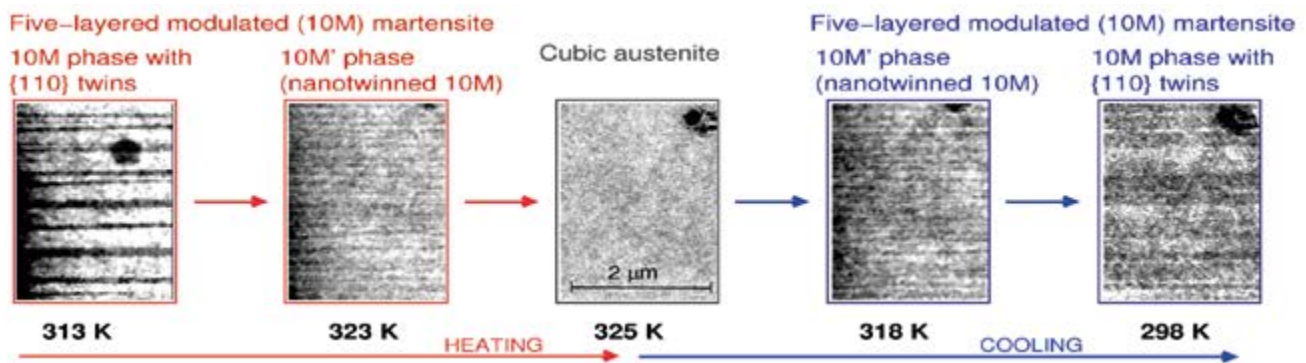


## Nanodvojčatění ve slitinách s magnetickou tvarovou pamětí

L. Straka, J. Drahošoupil, P. Veřtát, J. Kopeček, M. Zelený, H. Seiner, O. Heczko

Jako první na světě jsme pozorovali nanodvojčatění na škále desítek nanometrů v mezifázi slitiny Ni-Mn-Ga vykazující jev magnetické tvarové paměti, obr. Práce zahrnovala identifikaci pomocí rentgenové difrakce a teoretických výpočtů poloh, intenzit a tvarů difrakčních maxim a škály nanodvojčatění, následného potvrzení pomocí přímého pozorování v rastrovacím elektronovém mikroskopu a teoretického objasnění vzniku nanodvojčatění pomocí teorie elastického kontinua a výpočtů energie

hranic tvořících nanodvojčatění z prvních principů. Náš výsledek přináší důležitý náhled na formování martensitické fáze, která ovlivňuje výsledné vlastnosti materiálu. Prokázaná existence nanodvojčatění v Ni-Mn-Ga je důležitá také pro kritické posouzení předchozích strukturálních analýz těchto slitin, jelikož nanodvojčatění generuje zdánlivě symetrie krystalové mřížky, které ve výsledku mohou vést k nesprávné interpretaci pozorovaných komplexních mikrostruktur s hlubokou hierchií dvojčatění.



Přímé pozorování nanodvojčatěle mezifáze (při 323 K a 318 K) ve slitině Ni-Mn-Ga při ohřevu a chlazení pomocí rastrovacího elektronového mikroskopu. Nanodvojčatělá mezifáze se objevuje v úzkém teplotním intervalu mezi kubickou austenitickou (325 K) a pseudotetragonální martensitickou fází (313 K a 298 K).

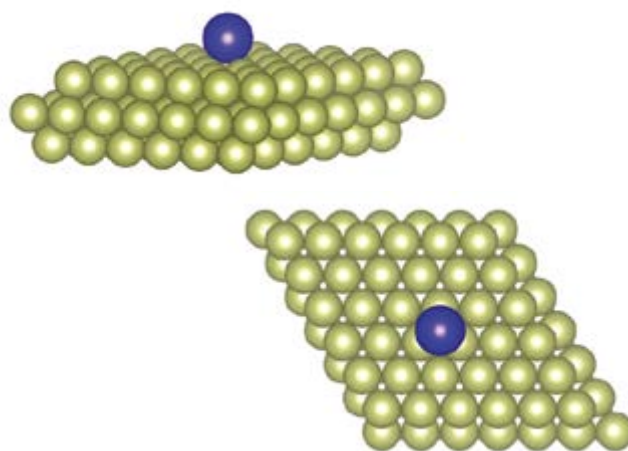




## Magnetismus atomu holmia adsorbovaného na povrchu platiny

*A. B. Shick, D. S. Shapiro, J. Kolorenč, A. I. Lichtenstein*

Jednotlivé magnetické atomy adsorbované na površích krystalů jsou v současnosti studovány jako možný základ budoucích vysokokapacitních úložišť dat, ve kterých by jednotka informace (bit) byla prostorově zmenšena na minimum – do jediného atomu. My jsme se v této oblasti zaměřili na nedávnou kontroverzi o magnetickém stavu atomů holmia umístěných na povrchu platiny, která vznikla rozpornými výsledky několika nezávislých experimentů. Detailními teoretickými výpočty, které berou v úvahu silné korelace mezi valenčními elektrony v adsorbovaném atomu, jsme ukázali, že měření provedená v magnetickém poli a bez něho mohou skutečně vést k rozdílným závěrům o velikosti a orientaci magnetického momentu neseného atomem holmia. Důvodem je, že vnější magnetické pole ovlivňuje tento atom více, než se při rozboru podobných měření běžně předpokládá.



*Atom holmia na povrchu platiny se nachází ve výrazně anizotropním prostředí (z některých stran je obklopen sousedními atomy a z jiných ne), které určuje směr a stabilitu magnetického momentu neseného tímto atomem.*



## Lokalizace vodíkových atomů pomocí elektronové difrakce

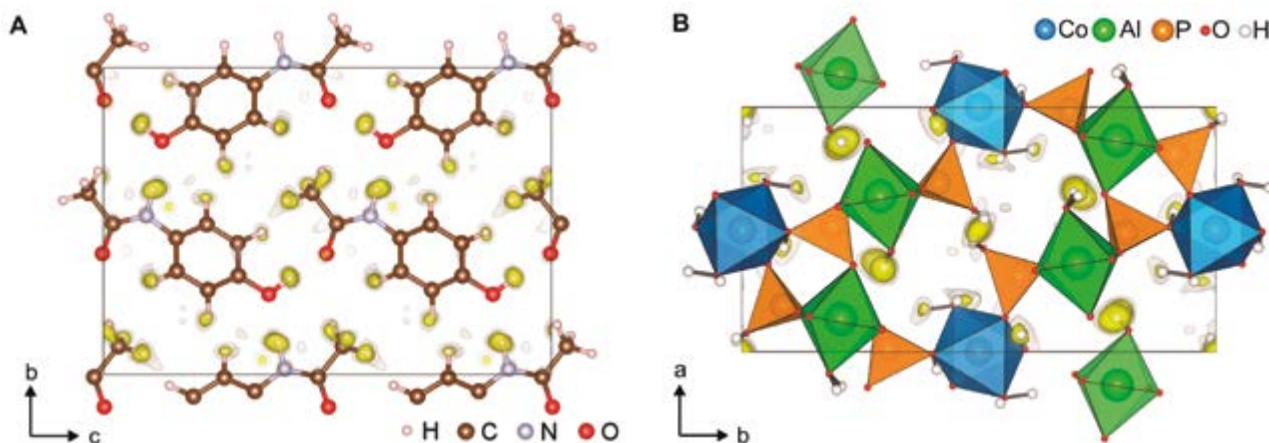
L. Palatinus, P. Brázda, P. Boullay, O. Perez, M. Klementová, S. Petit, V. Eigner, M. Zaarour and S. Mintova

Znalost krystalové struktury je základem pro rozvoj řady vědních oborů. Jedním z přetrvávajících problémů krystalografie ovšem zůstává spolehlivá strukturní analýza nano- a mikrokystalů, což přináší komplikace v celé řadě oborů, ve kterých se studují materiály, které netvoří dostatečně velké krystaly.

V oblasti analýzy nanokrystalů došlo v posledním desetiletí k velkému pokroku díky rozvoji technik využívajících difrakci elektronů na krystalech ke stanovení struktury. Doposud ovšem tato metoda poskytovala pouze přibližné informace o struktuře. Výzkumný tým laboratoře elektronové difrakce v oddělení strukturní analýzy FZÚ AVČR proto vypracoval metodu, jak přesnost této analýzy významně zlepšit. Úspěšnost nové metody demonstroval ve spolupráci s vědci z francouzského CNRS v Caen tak,

že ji využil pro určení pozice atomů vodíku v organické i anorganické látce. Spolehlivá detekce atomů vodíku je obecně považována za jeden z nejobtížnějších úkolů ve strukturní analýze, protože atom vodíku přispívá jen velmi málo k difrakčnímu signálu. V práci byly analyzovány struktury dvou látek – paracetamolu, což je účinná složka řady analgetik a antipyretik, a hydratovaného hlinitofosforečnanu kobaltnatého vybraného jako reprezentanta anorganických materiálů s trojrozměrně propojenou strukturou typickou pro sorbenty a katalyzátory.

Vyvinutá metoda přináší kvalitativní posun v možnostech analýzy krystalických materiálů a vzhledem k širokému použití krystalografie v přírodních vědách má potenciál přispět k rozvoji celé řady vědních oborů.



Struktura formy II paracetamolu (A) a hydratovaného hlinitofosforečnanu kobaltnatého (B) s diferenčním elektrostatickým potenciálem znázorněným pomocí šedých a žlutých isopovrchů. Maxima v elektrostatickém potenciálu odpovídají pozicím vodíkových atomů ve struktuře.

## Zobrazení transformace molekul a jejich chiralidy v submolekulárních detailech

O. Stetsovych, M. Švec, J. Vacek, J. Vacek Chocholoušová, A. Jančařík, J. Rybáček, K. Kosmider, I. G. Stará, P. Jelínek, I. Starý

Vědci z Fyzikálního ústavu AV ČR a Ústavu organické chemie a biochemie AV ČR dokázali sledovat chemické přeměny jednotlivých molekul na povrchu stříbra a prokázali přenos chiralidy v průběhu těchto reakcí. S využitím nejmodernějších metod skenovací hrotové mikroskopie zobrazili tyto přeměny v rozlišení, které dovoluje určit chemickou vazbu mezi jednotlivými atomy, a tak stanovit přesnou strukturu molekuly i její chiralitu. O významu studie svědčí fakt, že získané výsledky byly zveřejněny v prestižním časopise Nature Chemistry.

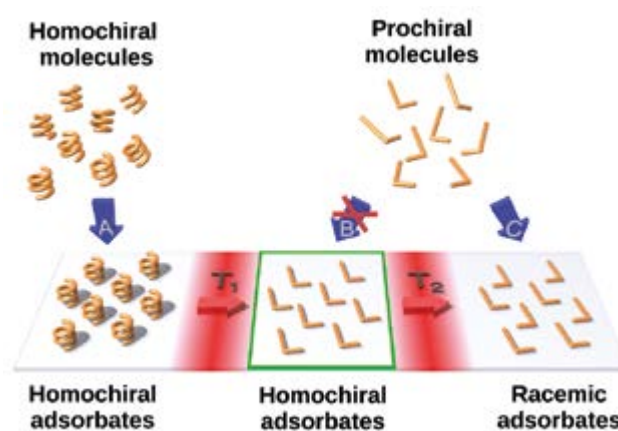


Schéma transformace chirálních molekul na povrchu pevné látky pomocí tepelně řízené chemické reakce (T1).

Transformace chirálních molekul na povrchu pevné látky umožňuje dosažení shodné chiralidy adsorbovaných molekul v celé monovrstvě. Toto uspořádání je nemožné dosáhnout prostou depozicí prochirálních molekul na povrch pevné látky (viz procesy označené B a C).

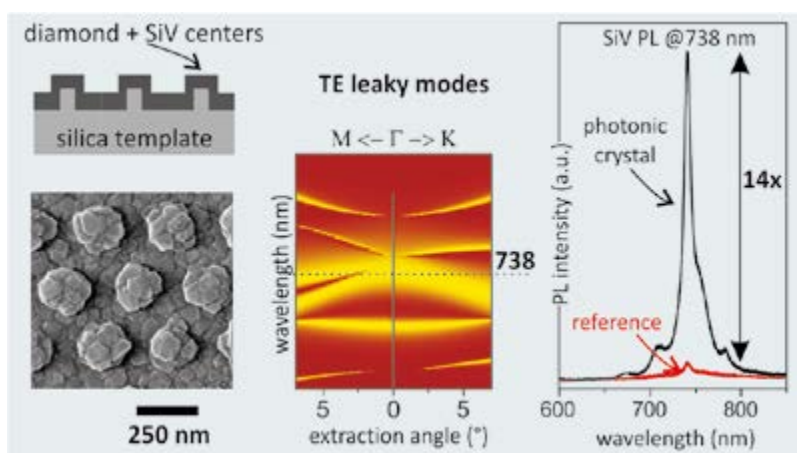


## Zvýšená extrakce světla z křemíkových vakancí polykrystalického diamantu s použitím fotonických krystalů

L. Ondič, M. Varga, K. Hruška, J. Fait, P. Kapusta

Křemíkové vakance jsou opticky aktivní centra v diamantu s úzkou luminescenční čarou 738 nm, což je činí zajímavé z pohledu kvantové fotoniky a biosenzoriky. Nicméně extrakce světla z těchto center je limitována totálním odrazem. Nám se podařilo počítačovou simulací navrhnout a pak i připravit fotonické nanostruktury, tzv.

2D fotonické krystaly, které umožnily světlo z těchto vakancí nejen 14x zesílit, ale i usměrnit do požadovaného (kolmého) směru. Za tímto unikátním výsledkem stojí zejména efektivní spolupráce vědců ze tří různých oddělení Fyzikálního ústavu AV ČR.



2D fotonický krystal na polykrystalickém diamantu s efektivní extrakcí fotoluminiscence z křemíkových vakancí.

Na obrázku vlevo nahoře je náčrtek fotonické struktury v řezu. Pod ním je umístěn obrázek vyrobeného 2D fotonického krystalu získaný skenovacím elektronovým mikroskopem. Uprostřed je tzv. pásová struktura světelných módů dané struktury, demonstrující existenci vyvazovacího kanálu na vlnové délce 738 nm. Vpravo je srovnání fotoluminiscenčního spektra 2D fotonického krystalu a planární referencie, které ukazuje 14násobné zvýšení intenzity fotoluminiscenčního signálu na 738 nm.

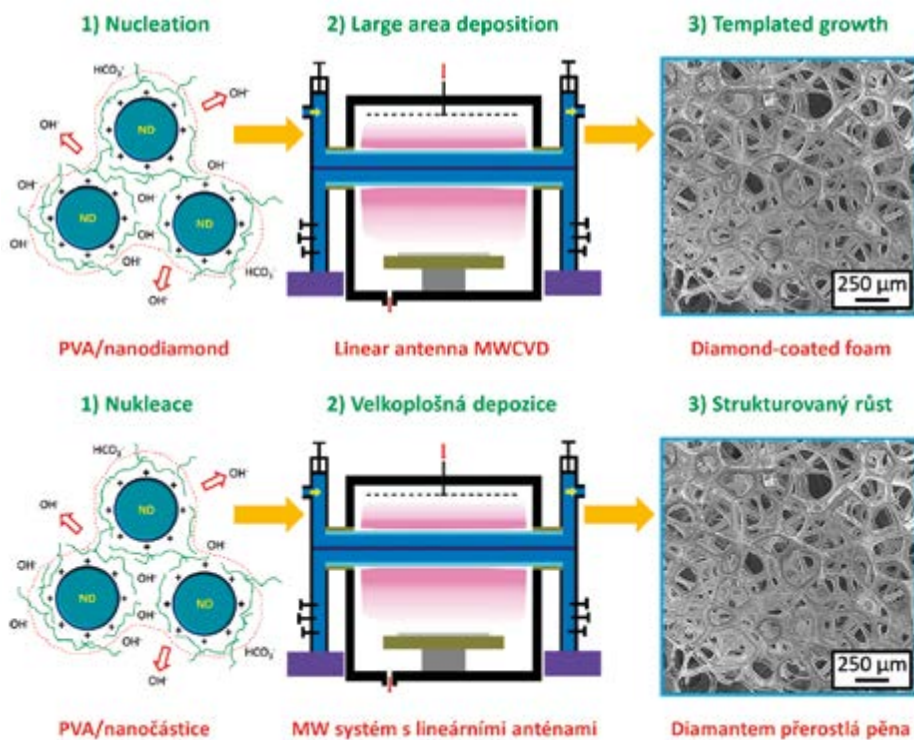


## Stimulace růstu diamantových vrstev na porézní uhlíkové pěně použitím polyvinylalkohol-nanodiamantových kompozitů

M. Varga, S. Stehlik, O. Kaman, T. Izak, M. Domonkos, D. S. Lee, A. Kromka

Při studiu vytváření hybridních  $sp^2$ - $sp^3$  uhlíkových kompozitních materiálů byl realizován růst diamantových tenkých vrstev ( $sp^3$  hybridizace) na porézní uhlíkovou pěnu ( $sp^2$  hybridizace) stimulovaný směsí nanodiamantových částic a polyvinylalkoholu (PVA). Pro přípravu vzorků byla použita chemická depozice z par plynné směsi  $CH_4 + CO_2 + H_2$  za nízkých tlaků s asistencí mikrovlnného plazmatu v konfiguraci s lineárními anténami. Samotná stimulace (nukleace), počáteční fáze růstu vrstvy, jakož i výsledná porézní uhlíková pěna potažená diamantovou vrstvou byly charakterizovány pomocí komplementár-

ních analytických technik a to zejména SEM a AFM mikroskopii a Ramanovou spektroskopií. Dosažené výsledky prokázaly důležitost nosné PVA matrice v procesu nukleace porézních materiálů. Dále bylo zjištěno, že k homogenní nukleaci a růstu souvislé diamantové vrstvy na porézní uhlíkovou pěnu sehrávají klíčovou roli parametry, jako jsou celkový poměr nanodiamantů k PVA a povrchová terminace nanodiamantových částic. Diamantem pokrytá porézní uhlíková pěna se jeví jako vhodná elektroda pro čištění vod, elektrochemické senzory, anebo jako materiál pro mikrofluidní prvky v biotechnologiích.

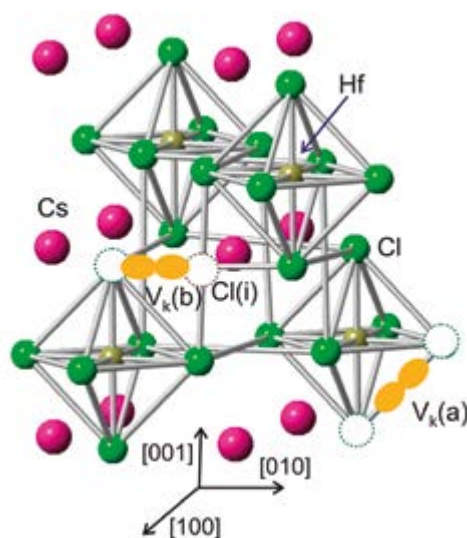


Schematické zobrazení stimulace růstu diamantových vrstev z kompozitu PVA/nanodiamanty. 1) Schematické zobrazení interakce nanodiamantů v PVA polymeru, který byl následně nanesen na porézní uhlíkovou pěnu a vystaven 2) chemické depozici z par plynů v mikrovlnné plazmě s lineárními anténami. 3) Povrchová morfologie diamantem pokryté porézní uhlíkové pěny.

## Luminiscence a záchyt náboje v monokrystalech $\text{Cs}_2\text{HfCl}_6$ : Optická studie a studie elektronové paramagnetické rezonance

R. Král, V. Babin, E. Mihóková, M. Buryi, V. V. Laguta, K. Nitsch, M. Nikl

V současné době jsou krystaly nedopovaného podvojného chloridu cesno-hafničitého ( $\text{Cs}_2\text{HfCl}_6$ ) intenzivně studovány pro své příznivé scintilační vlastnosti. V této práci jsme studovali monokrystaly  $\text{Cs}_2\text{HfCl}_6$  připravené v uzavřené křemenné ampuli vertikální Bridgmanovou metodou. Teplotní závislosti fotoluminiscenčních spekter a dosvitů byly měřeny v širokém teplotním rozmezí 8-500 K a aproximovány fenomenologickým modelem. Luminiscence spojená s autolokalizovaným excitonem byla nad pokojovou teplotou odlišena od defektní luminiscence pomocí různých teplot zhášení. Experiment elektronové paramagnetické rezonance odhalil tvorbu dvou konfigurací  $V_k$  centra (molekulární ion  $\text{Cl}_2^-$ ) při nízkých teplotách. Jedno z  $V_k$  center vzniká záchytem díry na dvou sousedních iontech Cl. V teplotním rozmezí 70-80 K se rozpadá a znovu se objeví v jiné konfiguraci, která je pravděpodobně tvořena intersticiálním Cl iontem (analog H-centra v alkalických halogenidech).



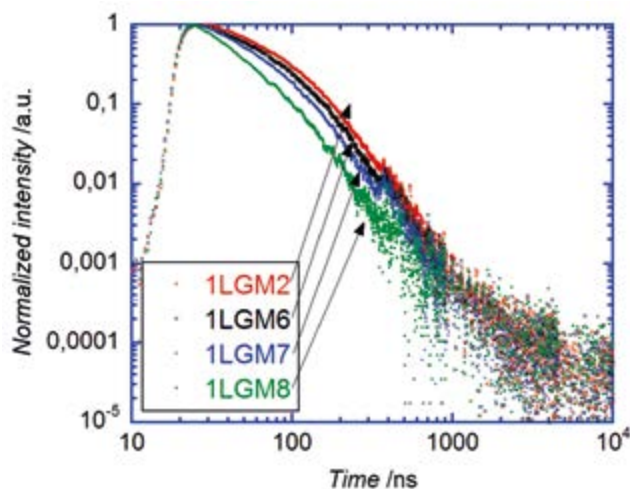
Lokální struktura  $\text{Cs}_2\text{HfCl}_6$  s  $V_k$  centry. Fragment mřížky  $\text{Cs}_2\text{HfCl}_6$  s modely  $V_k$  center. Centrum  $V_k(a)$  je tvořeno dvěma ionty Cl patřícími ke stejnému oktaedru. Centrum  $V_k(b)$  je tvořeno jedním mřížkovým iontem Cl a intersticiálním iontem Cl umístěnými podél krystalografického směru [100].



## Granátové scintilátory s vynikajícími charakteristikami časování: materiály, inženýrství epitaxí v kapalně fázi

*P. Průša, M. Kučera, V. Babin, P. Brůža, D. Pánek, A. Beitlerová, J. A. Mareš, M. Hanuš, Z. Lučeničová, M. Nikl*

S použitím epitaxe v kapalně fázi byly připraveny tenkovrstvé scintilátory na bázi multikomponentního granátu s kodopováním hořčíkem  $((\text{Ce}_{0.01}\text{Lu}_{0.27}\text{Gd}_{0.74})_{3-x}\text{Mg}_x(\text{Ga}_{2.48}\text{Al}_{2.46})\text{O}_{12}, x = 0 - 0.002$  (0 – 700 at. ppm). V závislosti na koncentraci Mg byly studovány následující luminiscenční a scintilační charakteristiky: emisní a excitační spektra fotoluminiscence, radioluminiscenční spektra, fotoluminiscenční a scintilační dosvitové křivky, světelný výtěžek, energetické rozlišení a kinetika dohasínání. Při nižších koncentracích Mg jsou charakteristiky časování mírně vylepšeny, zatímco světelný výtěžek a energetické rozlišení nejsou negativně ovlivněny. Při vyšší koncentraci Mg je scintilační dosvit výrazně zrychlen, ačkoli světelný výtěžek je mírně snížen. Hodnoty dohasínání («afterglow») jsou pro tyto scintilátory na bázi granátů extrémně nízké, minimálně dvakrát nižší než doposud nejlepší publikované hodnoty. To může dláždít cestu pro jejich využití v rychlých zobrazovacích metodách. Mechanismus tohoto vylepšení se také diskutuje.



Scintilační dosvit vybraných vzorků s různým obsahem Mg (0, 100, 300 a 700 atomových ppm) buzený měkkým rentgenovým zářením.

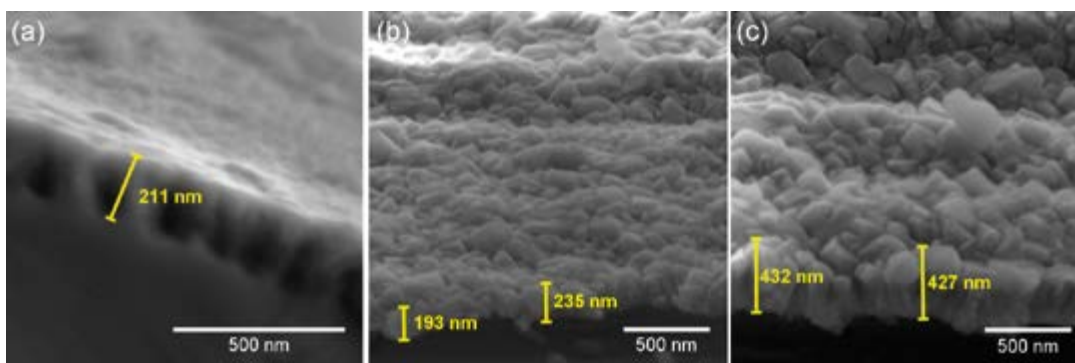


## Polykrystalická diamantová vrstva jako ochrana povrchu Zr slitin proti difuzi kyslíku a vodíku: prodloužení životnosti jaderného paliva

J. Škarohlíd, P. Ashcheulov, R. Škoda, A. Taylor, R. Čtvrtlík, J. Tomáščík, F. Fendrych, J. Kopeček, V. Cháb, S. Cichoň, P. Sajdl, J. Macák, P. Xu, J.M. Partezana, J. Lorinčík, J. Prehradná, M. Steinbrück, I. Kratochvílová

Povrch zirkonových slitin jako konstrukčních materiálů pro jaderné reaktory chrání před korozními změnami polykrystalická diamantová vrstva. Povrch prvků ze zirkonových slitin je pokryt polykrystalickou diamantovou vrstvou (PCD) připravenou pomocí metody „chemical vapor deposition“ v mikrovlnném plasmatu. Dojde-li v havarijním stavu jaderného reaktoru k přehřátí systému, vznikne nová vrstva, která zhorší podmínky pro rozklad molekul vody, vysokoteplotní oxidaci a degeneraci povrchu (i pasivační vrstvy) a významně tak sníží pravděpodobnost kumulace a výbuchu vodíku v reaktoru. PCD se skládají z tvrdé diamantové a měkké grafitické fáze, připravují se nízkoteplotní depozicí z plynné fáze v mikrovlnném plazmatu a byly podrobeny řadě testů. Nejen koroze, ale i průnik H do Zr jsou díky pokrytí PCD sníženy v prostředí reaktoru jak za krátkodobě zvýšených havarijních teplot do 1100°C, tak za dlouhodobě (až 195 dní) udržovaných standardních teplot (360-400°C) – koroze typicky o 35-55%. Pokrytí PCD prodlouží dobu použití paliva, které se odstraňuje z reaktoru z důvodu zkorodovaného povrchu a nikoli dostatečného vyhoření paliva. Vzhledem k nízké

teplotě depozice, charakteru vrstev s vysokým podílem diamantové fáze (96%) a specifčnosti Zr slitin byla adheze PCD k povrchu velmi vysoká. PCD vrstvy si udržely původní vlastnosti i po simulaci interakcí s neutronovým tokem. Na rozdíl od obvyklého způsobu antikorozi ochrany povrchů nepropustnými vrstvami brání PCD korozi komplexně: 1. PCD vydrží teplotně-objemové změny a brání kontaktu Zr s okolím, 2. uhlík z PCD v za zvýšených teplot proniká do povrchové ZrO<sub>2</sub> vrstvy, mění její strukturu i složení, čímž brání korozi. Náklady na pokrytí PCD navýší původní cenu o méně než 1%. Zr články pokryté PCD byly vybrány firmou Westinghouse jako kandidáti na palivo odolné proti nehodám. Palivové články pokryté PCD vrstvami jsou dlouhodobě (do r. 2020) testovány v reaktoru v norském Haldenu. Pokud budou testy úspěšné, bude pokrytí PCD komerčně používáno jako ochrana proti korozi palivových článků. Výsledky vzbudily zájem českých i zahraničních médií (Český rozhlas, HN, Servis24, Energetika, Ekonomia, Materials Performance, Science Daily a další). Český patent byl udělen v r. 2015, v současnosti probíhá patentové řízení v EU, USA, Japonsku a Jižní Koreji.



SEM polykrystalické diamantové vrstvy. Popis ilustrace : a) tloušťka a stav vrstvy polykrystalického diamantu v nm před (a) expozicí v autoklávu, po 30 (b) a 15 (c) dnech v autoklávu.



J Hepatol. 66 (2017) S645

DOI: 10.1016/S0168-8278(17)31749-X

Sci Rep. 7 (2017) 16049

DOI: 10.1038/s41598-017-16447-6

## Amino-funkcionalizované nanočástice jako platforma pro modulaci aktivity mTOR v buněčné linii hepatocelulárního karcinomu Huh7

M. Lunova, V. Zablotkii, A. Prokhorov, M. Jirsa, M. Hof, A. Olžyrnska, P. Jurkiewicz, Š. Kubinová, O. Lunov, A. Dejneka

Rozsáhlé úsilí v boji s rakovinou v posledních pár dekadách vedlo k poklesu celkové úmrtnosti na rakovinu. Nicméně rakovina je stále hlavní příčinou úmrtí v České republice i po celém světě. V této studii demonstrujeme, že amino-funkcionalizované polystyrénové nanočástice spouštějí buněčnou smrt v linii hepatocelulárního karcinomu. Oddělili jsme molekulární mechanismus působení

nanočástic na rakovinové buňky a použili jsme specificky funkcionalizované nanočástice jako protirakovinové léčivo, které může obcházet schopnost nádorových buněk vyvinout si rezistenci vůči léku. Naše data poskytují základní znalosti, které by mohly pomoci vývoji bezpečného a účinného nano- terapeutika.

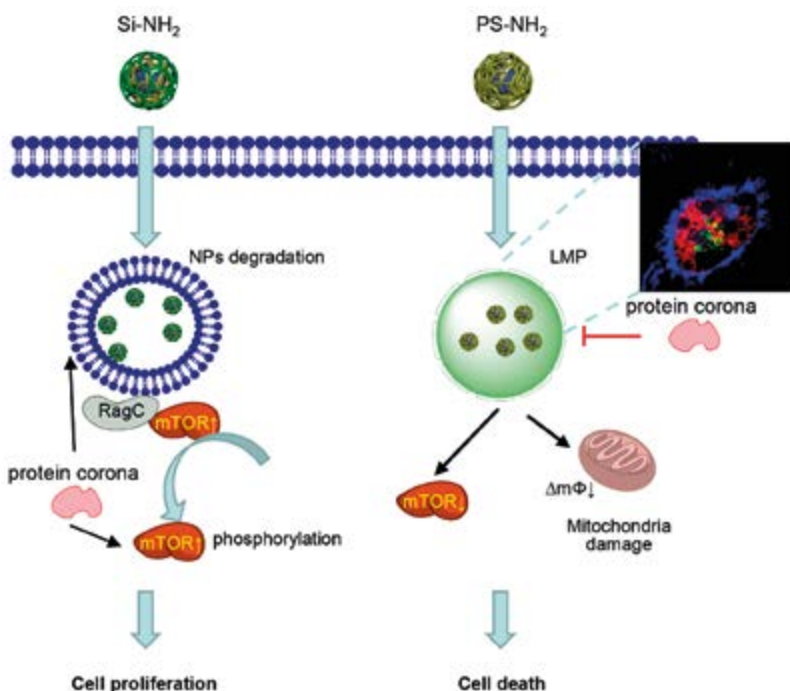


Schéma aktivace rozdílných signálních biochemických drah po stimulaci s amino-funkcionalizovanými ne-biodegradovatelnými polystyrénovými a biodegradovatelnými křemíkovými nanočásticemi. LMP- permeabilizace lyzozomální membrány; ΔmΦ – mitochondriální membránový potenciál.

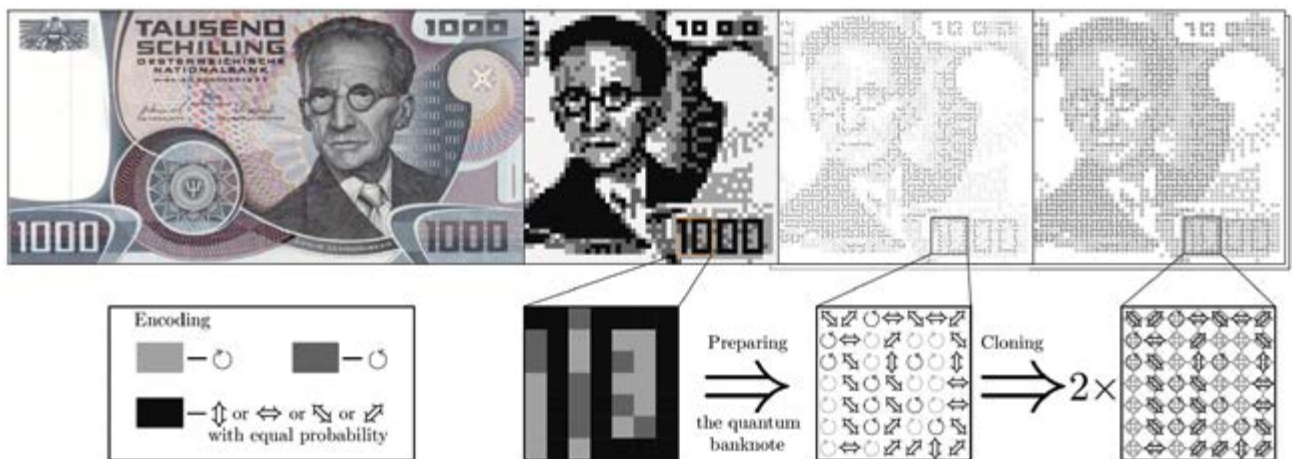
Navrhujeme následovný model rozdílného působení nanočástic na proliferaci tumorových buněk jater (obrázek). Částice na bázi oxidu křemičitého jsou rychle zaznamenány buňkami a následně přemístěny do lyzozomů. Kvůli nestabilitě jsou nanočástice rapidně degradovány lyzozomálním obsahem. Tato degradace má za následek aktivaci mTOR komplexu. Aktivace signální dráhy mTOR přispívá k buněčné proliferaci. Naproti tomu u buněk ovlivněných polystyrénovými nanočásticemi jsme zaznamenali akumulaci protonů v lyzozomech spojenou s lyzozomální destabilizací a poškozením mitochondriální membrány. Na molekulární úrovni polystyrénové nanočástice brání aktivaci mTOR signalizace a jejich působení vede k buněčné smrti.

## Experimentální realizace kvantového padělání kvantových peněz v podobě fotonů

K. Bartkiewicz, A. Černocho, G. Chimczak, K. Lemr, A. Miranowicz, F. Nori,

Neznámý kvantový stav nelze bezchybně kopírovat. Na tomto základě fungují všechny kvantové kryptografické protokoly včetně schématu kvantových peněz navrženého Wiesnerem před téměř 50 lety. Kupodivu dodnes nebyl tento koncept experimentálně ověřen, což jsme

učinili v této práci. Připravili jsme kvantovou bankovku zakódovanou do polarizačních stavů jednotlivých fotonů. Následně jsme se pokoušeli tuto bankovku padělat (kopírovat), přičemž jsme ověřovali bezpečnostní limity.



Ukázka možného kódování kvantové bankovky pomocí polarizačních stavů jednotlivých fotonů a důsledky provedeného kopírování.

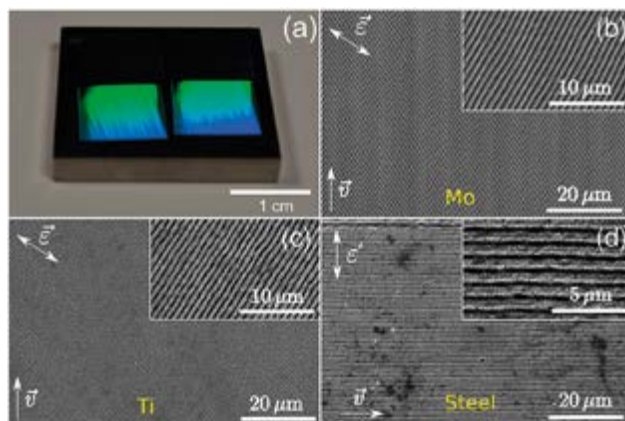
*Jako předlohu kvantové bankovky jsme použili klasickou rakouskou bankovku znázorňující zakladatele kvantové teorie Erwina Schrödingera. Stupeň šedi jednotlivých „pixelů“ byl překódován do šesti různých polarizačních stavů jednotlivých fotonů. Optimální možný způsob padělání – kvantové kopírování – způsobilo takové poškození bankovky, že byla označena jako padělek.*



## Vysokorychlostní vytváření pravidelných povrchových struktur pomocí laseru

*I. Gnilitzkiy, T.J.-Y. Derrien, Y. Levy, N.M. Bulgakova, T. Mocek, L. Orazi*

Vytváření struktur na povrchu materiálů v submikronovém či nanoměřítku je dnes významnou technologií pro mnoho oborů od elektroniky přes fotoniku až po boj proti padělání. Výzkumníkům v HiLASE se podařilo pomocí laserových impulzů vytvořit pravidelné struktury na povrchu vybraných kovů (Al, Ti, Cu, Mo, Au, ocel) výrazně kvalitněji a rychleji, než jak to bylo kdy možné. Obdobné struktury se poprvé podařilo vytvořit už v 60. letech minulého století s využitím nízkoeenergetických pulzů, ale byly nepřesné a proces trval velmi dlouho (např. opracování 1 mm<sup>2</sup> vyžadovalo několik dnů). Vyvinutá metoda využívá silné laserové impulzy a jejím největším kladem je, že dosahuje vysoké rychlosti, přesnosti a kvality změn struktur povrchů materiálů. Během 10 sekund je tak možné upravit asi 1 cm<sup>2</sup> povrchu, což velmi výrazně zvyšuje význam technologie pro praktické použití. Konkrétně např. při úpravě povrchů křídel letadel proti namrzání vody ve výškách, protože periodické struktury umožňují řízení proudění kapalin na nanostrukturálních plochách. Patentované řešení HiLASE tak může být alternativou složitých a nákladných procesů výroby nanostrukturálních povrchů, jako jsou naprašování, chemické a plazmové leptání, chemické vylučování z plynné fáze, nanoimprinting, optické nebo fyzikální litografie.



Detaily vytvořených povrchových struktur HR-LIPSS na různých kovech.

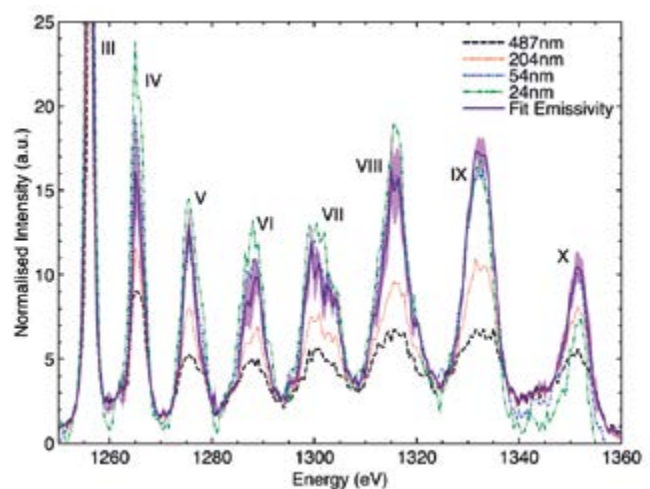
*(a) Pohled lidským okem na povrch vzorku nerezové oceli AISI 316 L opracované metodou HR-LIPSS. (b–d) Detailní snímky povrchu studovaných vzorků (molybden, titan, železo) pořízené elektronovým rastrovacím mikroskopem.*



## Jak moc je husté hořčíkové plazma „průhledné“ v měkké rentgenové oblasti ?

*T. R. Preston, S. M. Vinko, O. Ciricosta, P. Hollebon, H. K. Chung, G. L. Dakovski, J. Krzywinski, M. Minitti, T. Burian, J. Chalupsky, V. Hajkova, L. Juha, V. Vozda, U. Zastra, R. W. Lee, J. S. Wark*

Na prohřátou hustou látku (WDM) narazíme ve hvězdách či při inerciální fúzi a jedná se o stav hmoty na pomezí fyziky plazmatu a fyziky pevných látek, kde podstatnou roli hrají kolektivní procesy charakteristické pro silně vázané systémy. Měření optických vlastností patří k základním nástrojům umožňujícím pochopit složité procesy odehrávající se v hustém plazmatu. Tyto experimenty je však téměř nemožné provádět pomocí konvenčních laserů. Zásadní změna přišla až s nástupem laserů rentgenových, především pak laserů na volných elektronech, které jsou schopny homogenně prohřát studovaný materiál, a to v celém objemu. Naše společná práce pojednává o měření emisivity a opacity v prohřátém hustém hořčíkovém plazmatu, které bylo ohříváno fokusovaným svazkem rentgenového laseru s volnými elektrony LCLS (*Linac Coherent Light Source*) v USA. Princip experimentu tkví v tom, že impulzní K-alfa záření přirozeně vznikající v plazmatu toto plazma „prosvítí“ a z emisního spektra lze odvodit emisivitu a opacitu (neprůhlednost) pro různé nábojové stavy iontů hořčíku. Naměřená spektra a provedené simulace představují první výsledky tohoto druhu, jichž bylo možno dosáhnout právě s využitím laserů na volných elektronech a které nám umožnily nahlédnout do podivuhodného světa krátkovlnných optických vlastností silně vázaného hořčíkového plazmatu.



Emisní spektra silně vázaného hořčíkového plazmatu.

*Naměřená emisní spektra silně vázaného hořčíkového plazmatu pro různé tloušťky hořčíkových fólií, které byly v experimentu použity. Pokles intenzity spektrálních čar pro větší tloušťky fólií dokladuje vliv rostoucí opacity v místě maxim čar, avšak minimální vliv opacity v místě minim (oblasti mezi čarami).*

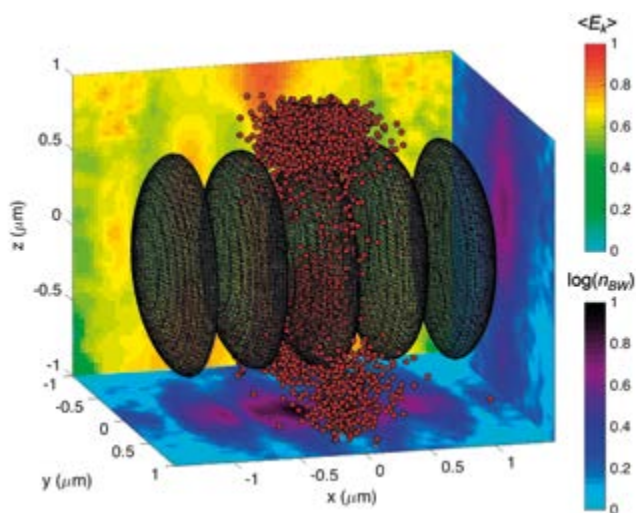


## QED kaskáda s 10 PW třídy laserů

M. Jirka, O. Klimo, M. Vranic, S. Weber, G. Korn

Publikace popisuje možnost dosažení tvorby elektron-pozitronových párů v režimu kaskády, a to při interakci dvou protichůdných, úzce fokusovaných laserových impulsů s terčem. Pro dosažení intenzity laserového záření, která je potřebná pro vznik kaskády, je nezbytná fokusace laserového záření do ohniska, jehož velikost odpovídá vlnové délce použitého záření. Úzká fokusace je však spojena s výrazným působením ponderomotorické síly, která vytlačuje terč z ohniska, čímž zabraňuje generaci elektron-pozitronových párů. Numerickými simulacemi bylo zjištěno, že použitím terče o vhodné hustotě lze tento důsledek úzké fokusace potlačit a dosáhnout tak vzniku kaskády již pomocí 10 PW třídy laserů.

Vznik pozitronů při interakci dvou protichůdných, úzce fokusovaných ( $w_0 = 0.5 \mu\text{m}$ ) laserových impulsů ( $a_0 = 1200$ ) s terčem.  $\langle E_k \rangle$  je střední kinetická energie Breit-Wheelerových pozitronů,  $n_{BW}$  je jejich hustota. Červené kuličky představují pozitrony mající relativistický faktor  $\gamma$  vyšší než 1500.



Trojrozměrná simulace laseru s terčem pro  $w_0 = 0,5 \mu\text{m}$  a  $a_0 = 1200$ . Iso-plochy odpovídají intenzitě laseru  $5 \times 10^{23} \text{ W/cm}^2$ . BW pozitrony s relativistický faktorem  $\gamma > 1500$  jsou označeny červenými body. Rovina  $(x, z)$  ukazuje projekci střední kinetické energie  $\langle E_k \rangle$  BW pozitronů nacházejících se v rovině  $y = 0 \mu\text{m}$ . Hustota BW pozitronů z rovin  $z = 0 \mu\text{m}$  a  $x = 0,25 \mu\text{m}$  je projektována na roviny  $(x, y)$ , respektive  $(y, z)$ . Všechny projektované hodnoty jsou normalizované hodnotou maxima. Škála hustoty je logaritmická.

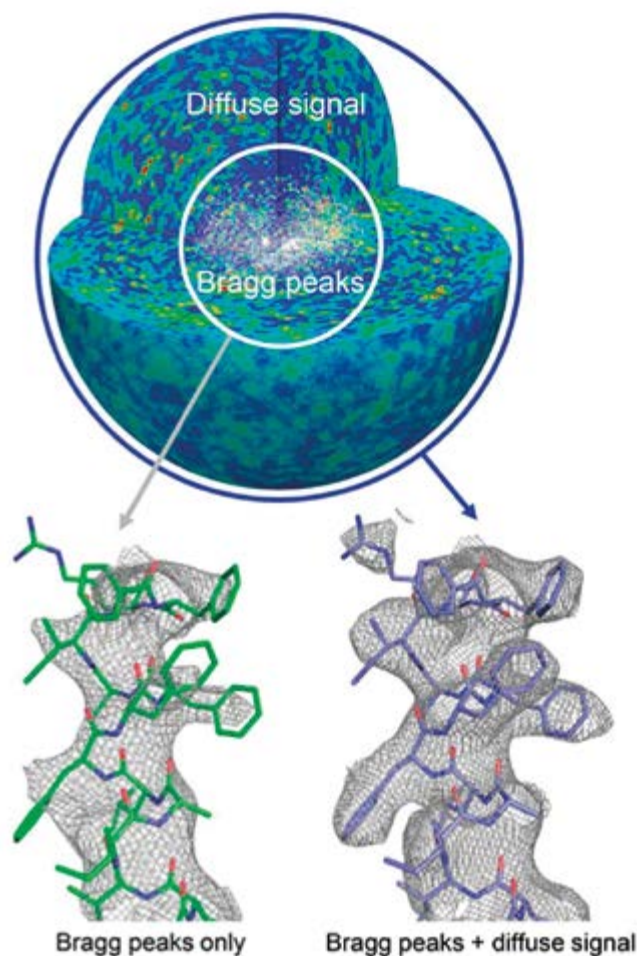


## Struktury ze špatných difrakčních krystalů: nový začátek makromolekulární krystalografie?

J. Hajdu

Článek analyzuje nové průlomové výsledky v analýze ze statistik intenzity kontinuálních difrakčních vzorů z neřízených makromolekulárních krystalů. Tyto studie mají potenciál významného vlivu na makromolekulární krystalografii řešením fázového problému ze souvislé molekulární transformace, dostupného z translačně neorganizovaných makromolekulárních krystalů a nanokrystalů, a rozšířením rozlišení nad rozlišení Braggových vrcholů. Všechny makromolekulární krystaly jsou do jisté míry neuspořádané; přibližně polovinu objemu krystalů tvoří krystalická kapalina, a makromolekuly v mřížce jsou vystaveny statické a dynamické poruše, která zahrnuje posun od správného umístění v mřížce. Předložené úvahy mají obecné důsledky na makromolekulární krystalografii.

Obrázek: Narušení mřížkové symetrie odhaluje kontinuální molekulární transformaci fotosystému II a napomáhá přímému stanovení struktury. Na horním obrázku je zobrazen celý trojrozměrný difrakční objem krystalického fotosystému II, včetně difrakčních maxim (bílá, ve středu) a difuzního rozptylu (modrá a zelená) pocházejících z molekul, které nesledují řádnou mřížkovou symetrii (střední kvadratická odchylka o hodnotě asi 2 Å). Tento difuzní signál umožňuje stanovení přímé struktury pomocí iterativních metod pro výpočet fáze vyvinutých pro koherentní difrakční zobrazování. Jak je vidět, difuzní rozptyl značně přesahuje rozlišení difrakčních maxim, protože signál nezávisí na kvalitě krystalů stejným způsobem jako signál vypočítaný z difrakčních maxim. Na mapě elektronové hustoty odvozené z difuzního rozptylu jsou patrná podstatná zlepšení (vpravo dole) v porovnání s mapou odvozenou z difrakčních maxim (zobrazené vlevo dole). Části obrazu poskytl s laskavým svolením Henry Chapman a Olexandr Yefanov, CFEL, Hamburg.



### 2.10.3 Knihy, monografie

1. **V. Zablotskii, O. Lunov, T. Polyakova, A. Dejneka**  
*Biologie a magnetismus: vzájemná přitažlivost*  
Fyzikální ústav AV ČR, v.v.i, Praha, rok vydání: 2017, ISBN 978-80-905962-6-9, 131 stran.

### 2.10.4 Kapitoly v knihách

1. **M. Holeček, J. J. Mareš, J. Šesták, P. Hubík**  
*Chapter 3: What Is the Physical and Operational Meaning of Temperature and Its Self-Measurability During Unsteady Thermal Processes Within Thermodynamic Concepts?*  
Thermal Physics and Thermal Analysis, Springer, rok vydání: 2017, ISBN 978-3-319-45897-7, pp. 45-78
2. **V. Janiš**  
*Chapter 11: Dynamical Mean-Field Theory of Disordered Electrons: Coherent Potential Approximation and Beyond*  
The Physics of Correlated Insulators, Metals, and Superconductors, Schriften der Forschungszentrum Jülich, Reihe Modeling and Simulation, vol. 7, Jülich, rok vydání: 2017, ISBN 978-3-95806-224-5, pp. 11.1–11.29
3. **J. J. Mareš, P. Hubík, V. Špička**  
*Chapter 24: On the Mathematical Structure of Physical Quantities*  
Thermal Physics and Thermal Analysis, Springer, rok vydání: 2017, ISBN 978-3-319-45897-7, pp. 521-540
4. **K. Kůsová, K. Dohnalová**  
*Chapter 16: Silicon nanocrystals doped with boron and phosphorus*  
Silicon Nanomaterials Sourcebook: Low-Dimensional Structures, Quantum Dots, and Nanowires, Volume I, CRC Press, Taylor & Francis Group, rok vydání: 2017, ISBN: 978-1498763776, pp. 367-398
5. **L. Palatinus, M. Gemmi, M. Klementová**  
*Chapter 3: Electron crystallography*  
Mineralogical Crystallography, Volume 19, European Mineralogical Union, rok vydání: 2017, ISBN 978-0903059-5, ISSN 1417 2917 pp. 139-181
6. **J. Šesták, P. Hubík, Jiří J. Mareš,**  
*Chapter 22: Thermal Analysis Scheme Anticipated for Better Understanding of the Earth Climate Changes: Impact of Irradiation, Absorbability, Atmosphere, and Nanoparticles*  
Thermal Physics and Thermal Analysis, Springer, rok vydání: 2017, ISBN 978-3-319-45897-7, pp. 471-494
7. **J. Šesták, P. Hubík, Jiří J. Mareš, J. Stávek**  
*Chapter 6: Self-organized Periodic Processes: From Macro-layers to Micro-world of Diffusion and Down to the Quantum Aspects of Light*  
Thermal Physics and Thermal Analysis, Springer, rok vydání: 2017, ISBN 978-3-319-45897-7, pp. 131-157
8. **J. Šmydke, J. Ajay, F. Remacle and R. D. Levine**  
*Electronic and Nuclear Dynamics for a Non-Equilibrium Electronic State: The Ultrafast Pumping of N<sub>2</sub>*  
Quantum Systems in Physics, Chemistry, and Biology. Progress in Theoretical Chemistry and Physics, vol 30. Springer, rok vydání: 2017, ISBN 978-3-319-50254-0, pp 195-208
9. **K. Herynková, I. Pelant**  
*Optical Gain in Porous Silicon*  
Handbook of Porous Silicon, Springer, rok vydání: 2017, ISBN 978-3-319-04508-5



## 2.10.5 Publikace v impaktovaných časopisech

### Nové technologie a materiály

1. N. Abdellaoui, A. Pereira, **M. Novotný, J. Bulíř, P. Fitl, J. Lančok**, B. Moinea, A. Pillonnet  
*In situ monitoring of electrical resistance during deposition of Ag and Al thin films by pulsed laser deposition: Comparative study*  
Appl. Surf. Sci. 418 (2017) 517–521.
2. E. Alarcon, **L. Heller**, S. Arbab Chirania, **P. Šittner, J. Kopeček**, L. Saint-Sulpice, S. Calloch  
*Fatigue performance of superelastic NiTi near stress-induced martensitic transformation*  
Int. J. Fatigue 95 (2017) 76–89.
3. E. M. Anghel, P. M. Pavel, M. Constantinescu, S. Petrescu, I. Atkinson, **E. Buixaderas**  
*Thermal transfer performance of a spherical encapsulated PEG 6000-based composite for thermal energy storage*  
Appl. Energy. 208 (2017) 1222–1231.
4. P. Ashcheulov, A. Taylor, **J. More-Chevalier**, A. Kovalenko, **Z. Remeš, J. Drahokoupil, P. Hubík, L. Fekete, L. Klimša, J. Kopeček**, J. Remiášová, **M. Kohout**, O. Frank, L. Kavan, **V. Mortet**  
*Optically transparent composite diamond/Ti electrodes*  
Carbon 119 (2017) 179–189.
5. O. Babchenko, J. Dzuba, T. Lalinsky, M. Vojs, A. Vincze, **T. Ižák**, G. Vanko  
*Stability of AlGaIn/GaN heterostructures after hydrogen plasma treatment*  
Appl. Surf. Sci. 395 (2017) 92–97.
6. **V. Babin, P. Boháček**, L. Grigorjeva, M. Kučera, **M. Nikl**, S. Zazubovich, A. Zolotarjovs  
*Effect of Mg<sup>2+</sup> ions co-doping on luminescence and defects formation processes in Gd<sub>3</sub>(Ga,Al)<sub>5</sub>O<sub>12</sub>:Ce single crystals*  
Opt. Mater. 66 (2017) 48–58.
7. **V. Babin**, K. Chernenko, M. Hanuš, A. Krasnikov, M. Kučera, **M. Nikl**, S. Zazubovich  
*On the origin of the ultraviolet photoluminescence in the Ce<sup>3+</sup>-doped epitaxial films of multicomponent (Lu,Gd)<sub>3</sub>(Ga,Al)<sub>5</sub>O<sub>12</sub> garnets*  
phys. status solidi b 254 (2017) 1600570(1)–1600570(6).
8. K. Bajzík, J. Svoboda, **V. Novotná**, D. Pocięcha, E. Gorecka  
*Bent-core mesogens with an aromatic unit at the terminal position*  
New J. Chem. 41 (2017) 4672–4679.
9. M. Balabajew, N. Balke, M. Bazant, R. Bennewitz, N. Brilliantov, A. S de Wijn, R. Dey, C. Drummond, R. Dryfe, H. Girault, K. Hatzell, R. Hillman, K. Kornev, A. A Kornyshev, **I. Kratochvílová**, T. Krupenkin, A. Lee, A. Mount, F. Mugele, H. Randriamahazaka, O. Robotham, G. Schatz, D. Schiffrin, E. Smela, A. Yaroshchuk  
*Electroactuators: from understanding to micro-robotics and energy conversion: general discussion*  
Faraday Discuss. 199 (2017) 525–545.
10. S. Bamini, **H. Němec**, K. Židek, M. Abdellah, M. J. Al-Marri, P. Chábera, C. Ponceca, K. Zheng, T. Pullerits  
*Time-resolved terahertz spectroscopy reveals the influence of charged sensitizing quantum dots on the electron dynamics in ZnO*  
Phys. Chem. Chem. Phys. 19 (2017) 6006–6012.
11. **K. Bartosiewicz, V. Babin, A. Beitlerová, P. Boháček, K. Jurek, M. Nikl**  
*The temperature dependence studies of rare-earth (Dy<sup>3+</sup>, Sm<sup>3+</sup>, Eu<sup>3+</sup> and Tb<sup>3+</sup>) activated Gd<sub>3</sub>Ga<sub>3</sub>Al<sub>2</sub>O<sub>12</sub> garnet single crystals*  
J. Lumin. 189 (2017) 126–139.
12. **K. Bartosiewicz, V. Babin**, K. Kamada, A. Yoshikawa, **J. A. Mareš, A. Beitlerová, M. Nikl**  
*Luminescence quenching and scintillation response in the Ce<sup>3+</sup> doped GdxY<sub>3-x</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub> (x = 0.75, 1, 1.25, 1.5, 1.75, 2) single crystals*  
Opt. Mater. 63 (2017) 134–142.
13. **K. Bartosiewicz, V. Babin, J. A. Mareš, A. Beitlerová**, Yu. Zorenko, A. Iskalyeva, V. Gorbenko, Z. Bryknar, **M. Nikl**  
*Luminescence and energy transfer processes in Ce<sup>3+</sup> activated (Gd, Tb)<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub> single crystalline films*  
J. Lumin. 188 (2017) 60–66.



14. M. Bazant, R. Bennewitz, L. Bocquet, N. Brilliantov, R. Dey, C. Drummond, R. Dryfe, H. Girault, K. Hatzell, K. Kornev, A. A. Kornyshev, **I. Kratochvilova**, A. Kucernak, M. Kulkarni, S. Kumar, A. Lee, S. Lemay, H. Medhi, A. Mount, F. Mugele, S. Perkin, M. Rutland, G. Schatz, D. Schiffrin, E. Smela, E. Smirnov, M. Urbakh, A. Yaroshchuk  
*Electrotunable wetting, and micro- and nanofluidics: general discussion*  
Faraday Discuss. 199 (2017) 195–237.
15. **I. Bieloshapka, P. Jiricek**, M. Vorokhta, E. Tomsik, A. Rednyk, R. Perekrestov, **K. Jurek, E. Ukraintsev, K. Hruska, O. Romanyuk**, B. Lesiak  
*Pd-catalysts for DFAFC prepared by magnetron sputtering*  
Appl. Surf. Sci. 419 (2017) 838–848.
16. G. A. Bleykher, A. O. Borduleva, A. V. Yuryeva, V. P. Krivobokov, **J. Lančok, J. Bulíř, J. Drahokoupil, L. Klimša, J. Kopeček, L. Fekete**, R. Čtvrtilík, J. Tomaštik  
*Features of copper coatings growth at high-rate deposition using magnetron sputtering systems with a liquid metal target*  
Surf. Coat. Tech. 324 (2017) 111–120.
17. A. Bobrovsky, V. Shibaev, A. Piryazev, D. V. Anokhin, D. A. Ivanov, O. Sinityna, **V. Hamplová, M. Kašpar, A. Bubnov**  
*Photoorientation phenomena and structural properties of photochromic liquid crystalline azobenzene-containing polymethacrylate films with different spacer lengths*  
Macromol. Chem. Phys. 218 (2017) 1700127(1)–1700127(10).
18. J. Bočan, S. Tsurekawa, **A. Jäger**  
*Fabrication and in situ compression testing of Mg micropillars with a nontrivial cross section: Influence of micropillar geometry on mechanical properties*  
Mat. Sci. Eng. A-Struct. 681 (2017) 337–342.
19. P. Brandeburová, L. Bírošová, M. Vojs, **A. Kromka**, M. Gál, J. Tichý, J. Híveš, T. Mackuřak  
*The influence of selected nanomaterials on microorganisms*  
Mon. Chem. 148 (2017) 525–530.
20. A. Brož, L. Bačáková, **P. Štenclová, A. Kromka**, Š. Potocký  
*Uptake and intracellular accumulation of diamond nanoparticles – a metabolic and cytotoxic study*  
Beilstein J. Nanotechnol. 8 (2017) 1649–1657.
21. A. Broz, **E. Ukraintsev, A. Kromka, B. Rezek**, M. Hubalek Kalbacova  
*Osteoblast adhesion, migration, and proliferation variations on chemically patterned nanocrystalline diamond films evaluated by live-cell imaging*  
J. Biomed. Mater. Res. A 105A (2017) 1469–1478.
22. J. Cajzl, P. Nekvindová, A. Macková, P. Malinský, D. Sedmidubský, M. Hušák, **Z. Remeš, M. Varga, A. Kromka, R. Böttger, J. Oswald**  
*Erbium ion implantation into diamond – measurement and modelling of the crystal structure*  
Phys. Chem. Chem. Phys. 19 (2017) 6233–6245.
23. **J. Čapek**, Š. Msallamová, E. Jablonská, J. Lipov, D. Vojtěch  
*A novel high-strength and highly corrosive biodegradable Fe-Pd alloy: Structural, mechanical and in vitro corrosion and cytotoxicity study*  
Mat. Sci. Eng. C-Bio S. 79 (2017) 550–562.
24. I. Carrasco, **K. Bartosiewicz**, F. Piccinelli, **M. Niki**, M. Bettinelli  
*Structural effects and 5d-4f emission transition shifts induced by Y co-doping in Pr-doped K<sub>3</sub>Lu<sub>1-x</sub>Y<sub>x</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>*  
J. Lumin. 189 (2017) 113–119.
25. **Y.-Y. Chang, J. Stuchlík, N. Neykova**, J. Souček, **Z. Remeš**  
*Optical properties of the plasma hydrogenated ZnO thin films*  
J. Electr. Eng. 68 (2017) 70–73.
26. W. Chewpraditkul, O. Sakthong, N. Pattanaboonmee, W. Chewpraditkul, T. Szczesniak, L. Swiderski, M. Moszynski, K. Kamada, A. Yoshikawa, **M. Niki**  
*Optical and scintillation characteristics of Gd<sub>2</sub>YAl<sub>2</sub>Ga<sub>3</sub>O<sub>12</sub>:Ce and Lu<sub>2</sub>YAl<sub>2</sub>Ga<sub>3</sub>O<sub>12</sub>:Ce single crystals*  
J. Cryst. Growth 468 (2017) 395–398.
27. M. Chrunik, A. Majchrowski, M. Szala, D. Zasada, **J. Kroupa, A. Bubnov**, A. Chlanda, M. Wozniak  
*Microstructural and nonlinear optical properties of Bi<sub>2</sub>ZnB<sub>2</sub>O<sub>7</sub>:RE<sup>3+</sup> powders*  
J. Alloy. Compd. 694 (2017) 959–970.

28. R. Chulist, **L. Straka**, A. Sozinov, T. Tokarski, W. Skrotzki  
*Branched needle microstructure in Ni-Mn-Ga 10M martensite: EBSD study*  
Acta Mater. 128 (2017) 113–119.
29. J. Čížek, O. Melikhova, **P. Hruška**, M. Vlček, W. Anwand, M. O. Liedke, **M. Novotný, J. Bulíř**  
*Positronium Formation in Nanostructured Metals*  
Acta Phys. Polon. A 132 (2017) 1579–1584.
30. **D. Dostálová**, V. Kafka, **D. Vokoun, L. Heller**, L. Matějka, **L. Kadeřávek**, and J. Pěňčík  
*Thermomechanical Properties of Polypropylene-Based Lightweight Composites Modeled on the Mesoscale*  
J. Mater. Eng. Perform. 26 (2017) 431–437.
31. **K. Dragounová, T. Ižák, A. Kromka**, Z. Potůček, Z. Bryknar, Š. Potocký  
*Influence of substrate material on spectral properties and thermal quenching of photoluminescence of silicon vacancy colour centres in diamond thin films*  
J. Electr. Eng. 68 (2017) 3–9.
32. **K. Dragounová**, Z. Potůček, Š. Potocký, Z. Bryknar, **A. Kromka**  
*Determination of temperature dependent parameters of zero-phonon line in photo-luminescence spectrum of silicon-vacancy centre in CVD diamond thin films*  
J. Electr. Eng. 68 (2017) 74–78.
33. F. Dubecký, **D. Kindl, P. Hubík**, M. Mičušík, M. Dubecký, P. Boháček, G. Vanko, E. Gombia, V. Nečas, J. Mudroň  
*A comparative study of Mg and Pt contacts on semi-insulating GaAs: Electrical and XPS characterization*  
Appl. Surf. Sci. 395 (2017) 131–135.
34. E. Filová, M. Vandrovcová, **M. Jelínek, J. Zemek, J. Houdková, J. Remsa, T. Kocourek**, L. Stankova, L. Bacakova  
*Adhesion and differentiation of Saos-2 osteoblast-like cells on chromium-doped diamond-like carbon coatings*  
J. Mater. Sci.-Mater. Med. 28 (2017) 1–14.
35. J. Fitas, M. Marzec, K. Kurp, M. Żurowska, M. Tykarska, **A. Bubnov**  
*Electro-optic and dielectric properties of new binary ferroelectric and antiferroelectric liquid crystalline mixtures*  
Liq. Cryst. 44 (2017) 1468–1476.
36. V. Gärtnerová, O. Pacherová, **M. Klinger, M. Jelínek, A. Jäger, M. Tyunina**  
*Strain fluctuations in BaTiO<sub>3</sub>/SrTiO<sub>3</sub> heterostructures*  
Mater. Res. Bull. 89 (2017) 180–184.
37. E. Ghasemi, A. Zarei-Hanzaki, E. Farabi, **K. Tesař, A. Jäger**, M. Rezaee  
*Flow softening and dynamic recrystallization behavior of BT9 titanium alloy: A study using proces map development*  
J. Alloy. Compd. 695 (2017) 1706–1718.
38. **Z. Hájková, M. Ledinský, A. Vetushka, J. Stuchlík, M. Müller, A. Fejfar**, M. Bouša, M. Kalbáč, O. Frank  
*Photovoltaic characterization of graphene/silicon Schottky junctions from local and macroscopic perspectives*  
Chem. Phys. Lett. 676 (2017) 82–88.
39. **O. Heczko**, V. Bradshaw  
*Magnetic Domain Structure and Magnetically-Induced Reorientation in Ni–Mn–Ga Magnetic Shape Memory Alloy*  
Acta Phys. Polon. A 131 (2017) 1063–1065.
40. **O. Heczko, L. Klimša, J. Kopeček**  
*Direct observation of a-b twin laminate in monoclinic five-layered martensite of Ni-Mn-Ga magnetic shape memory single crystal*  
Scripta Mater. 131 (2017) 76–79.
41. **O. Heczko**, O. Perevertov, D. Král, M. Veis, I.V. Soldatov, R. Schäfer  
*Using Kerr Microscopy for Direct Observation of Magnetic Domains in Ni–Mn–Ga Magnetic Shape Memory Alloy*  
IEEE Trans. Magn. 53 (2017) 2502605(1)–2502605(5).
42. **J. Holovský**, S. De Wolf, J. Werner, **Z. Remeš, M. Müller, N. Neykova, M. Ledinský**, L. Černá, P. Hrzina, P. Löper, B. Niesen, Ch. Ballif  
*Photocurrent Spectroscopy of Perovskite Layers and Solar Cells: A Sensitive Probe of Material Degradation*  
J. Phys. Chem. Lett. 8 (2017) 838–843.
43. **K. Horáková, S. Cichoň, J. Lančok, I. Kratochvílová, L. Fekete**, P. Sajdl, A. Krausová, J. Macák, **V. Cháb**  
*Corrosion protection of zirconium surface based on Heusler alloy*  
Pure Appl. Chem. 89 (2017) 553–563.

44. **K. Horáková, S. Cichoň, J. Lančok, P. Sajdl, V. Cháb**  
*Initial stages of Zr-Fe-Si alloy formation on Zr(0001) surface*  
Surf. Sci. 657 (2017) 28–34.
45. P. Horak, **Z. Remeš**, V. Bejsovec, J. Vacik, S. Danis, M. Kormunda  
*Nickel oxide films by thermal annealing of ion-beam-sputtered Ni: Structure and electro-optical properties*  
Thin Solid Films 640 (2017) 52–59.
46. M. Horčic, J. Svoboda, **V. Novotná**, D. Pociecha, E. Gorecka  
*Core-to-core dimers forming switchable mesophase*  
Chem. Commun. 53 (2017) 2721–2724.
47. T. Horiai, S. Kurosawa, R. Murakami, A. Yamaji, Y. Shoji, Y. Ohashi, **J. Pejchal**, K. Kamada, Y. Yokota, A. Yoshikawa  
*Crystal growth and optical properties of Gd admixed Ce-doped Lu<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>7</sub> single crystals*  
J. Cryst. Growth 468 (2017) 391–394.
48. T. Horiai, S. Kurosawa, R. Murakami, A. Yamaji, Y. Shoji, Y. Ohashi, **J. Pejchal**, K. Kamada, Y. Yokota, A. Yoshikawa  
*Temperature dependence of Ce-doped (Gd<sub>0.6</sub>La<sub>0.4</sub>)<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>7</sub> scintillators*  
Opt. Mater. 65 (2017) 56–59.
49. T. Horiai, R. Murakami, S. Kurosawa, Y. Shoji, A. Yamaji, **J. Pejchal**, Y. Ohashi, M. Arakawa, K. Kamada, Y. Yokota, A. Yoshikawa  
*The divalent ion codoping effect on Ce-doped (Gd, La)<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>7</sub> single crystals*  
Opt. Mater. 68 (2017) 42–46.
50. J. Hrbáč, T. Strašák, **L. Fekete**, V. Ladányi, **J. Pokorný, J. Bulíř**, M. Krbal, J. Žádný, J. Storch, J. Vacek  
*Potential-Driven On/Off Switch Strategy for the Electrosynthesis of [7]Helicene-Derived Polymers*  
ChemElectroChem 4 (2017) 3047–3052.
51. Z. Hu, M. Cao, H. Chen, Y. Shi, H. Kou, T. Xie, L. Wu, Y. Pan, X. Feng, A. Vedda, **A. Beitlerová, M. Nikl**, J. Li  
*The role of air annealing on the optical and scintillation properties of Mg co-doped Pr:LuAG transparent ceramics*  
Opt. Mater. 72 (2017) 201–207.
52. **M. Jelínek, J. Drahokoupil, K. Jurek, T. Kocourek, P. Vaněk**  
*Nanocrystalline ferroelectric BaTiO<sub>3</sub>/Pt/fused silica for implants synthesized by pulsed laser deposition method*  
Laser Phys. 27 (2017) 095601(1)–095601(5).
53. M. Jelínek, P. Vaněk, Z. Tolde, **E. Buixaderas, T. Kocourek, V. Studnička, J. Drahokoupil, J. Petzelt, J. Remsa, M. Tyunina**  
*PLD prepared bioactive BaTiO<sub>3</sub> films on TiNb implants*  
Mat. Sci. Eng. C-Bio S. 70 (2017) 334–339.
54. **M. Jelínek, J. Zemek, J. Remsa, J. Mikšovský, T. Kocourek**, P. Písařík, M. Trávníčková, E. Filová, L. Bačáková  
*Hybrid laser technology and doped biomaterials*  
Appl. Surf. Sci. 417 (2017) 73–83.
55. **M. Jirsa, M. Rameš**, I. Ďuran, S. Entler, T. Melíšek, P. Kováč, L. Viererbl  
*Electromagnetic properties of REBaCuO superconducting tapes considered for magnets of fusion reactors*  
Fusion Eng. Des. 124 (2017) 73–76.
56. **M. Jirsa, M. Rameš**, I. Ďuran, T. Melíšek, P. Kováč, L. Viererbl  
*Electric currents in REBaCuO superconducting tapes*  
Supercond. Sci. Tech. 30 (2017) 045010 (1)–045010 (8).
57. **M. Jirsa**, D. Volochová, J. Kováč, P. Diko  
*Clean Bulk YBaCuO Superconductors Doped by Paramagnetic Ions of Sm and Yb*  
Acta Phys. Polon. A 131 (2017) 1027–1029.
58. K. Kamada, Y. Shoji, V. V. Kochurikhin, A. Nagura, S. Okumura, S. Yamamoto, J. Y. Yeom, S. Kurosawa, **J. Pejchal**, Y. Yokota, Y. Ohashi, **M. Nikl**, M. Yoshino, A. Yoshikawa  
*Single crystal growth of Ce:Gd<sub>3</sub>(Ga,Al)<sub>5</sub>O<sub>12</sub> with various Mg concentration and their scintillation properties*  
J. Cryst. Growth 468 (2017) 407–410.
59. K. Kamada, Y. Shoji, V. V. Kochurikhin, M. Yoshino, S. Okumura, S. Yamamoto, J. Y. Yeom, S. Kurosawa, Y. Yokota, Y. Ohashi, **M. Nikl**, M. Yoshino, A. Yoshikawa  
*2 inch size Czochralski growth and scintillation properties of Li-co-doped Ce:Gd<sub>3</sub>Ga<sub>3</sub>Al<sub>2</sub>O<sub>12</sub>*  
Opt. Mater. 62 (2017) 52–55.

60. **T. Kocourek, M. Jelínek**, P. Písařík, **J. Remsa**, M. Janovská, M. Landa, **J. Zemek**, V. Havránek  
*Diamond-like carbon layers modified by ion bombardment during growth and researched by Resonant Ultrasound Spectroscopy*  
Appl. Surf. Sci. 417 (2017) 213–217.
61. M. Kohout, M. Alaasar, A. Poryvai, **V. Novotná**, S. Poppe, C. Tschierske, J. Svoboda  
*Photosensitive bent-core liquid crystals based on methyl substituted 3-hydroxybenzoic acid*  
RSC Adv. 7 (2017) 35805–35813.
62. M. Koller, T. Chraska, J. Cinert, **O. Heczko, J. Kopecek**, M. Landa, R. Musalek, **M. Rames**, H. Seiner, J. Strasky, M. Janecek  
*Mechanical and magnetic properties of semi-Heusler/light-metal composites consolidated by spark plasma sintering*  
Mater. Des. 126 (2017) 351–357.
63. A. Kovalenko, C. Yumusak, P. Heinrichova, S. Stritesky, **L. Fekete**, M. Vala, M. Weiter, N. S. Sariciftci, J. Krajcovic  
*Adamantane substitutions: a path to high-performing, soluble, versatile and sustainable organic semiconducting materials*  
J. Mater. Chem. C 5 (2017) 4716–4723.
64. **Z. Kožíšek, P. Demo**  
*Homogeneous crystal nucleation in Ni droplets*  
J. Cryst. Growth 475 (2017) 247–250.
65. **R. Král, V. Babin, E. Mihóková, M. Buryi, V. V. Laguta, K. Nitsch, M. Nikl**  
*Luminescence and charge trapping in Cs<sub>2</sub>HfCl<sub>6</sub> single crystals: Optical and magnetic resonance spectroscopy study*  
J. Phys. Chem. C 121 (2017) 12375–12382.
66. A. Krasnikov, A. Luchechko, **E. Mihóková, M. Nikl**, I. I. Syvorotka, S. Zazubovich, Ya. Zhydachevskii  
*Origin of Bi<sup>3+</sup>-related luminescence in Gd<sub>3</sub>Ga<sub>5</sub>O<sub>12</sub>:Bi epitaxial films*  
J. Lumin. 190 (2017) 81–88.
67. **I. Kratochvílová, M. Golan, K. Pomeisl**, J. Richter, **S. Sedláková**, J. Šebera, J. Mičová, M. Falk, I. Falková, D. Řeha, K. W. Elliott, K. Varga, S. E. Follett, **D. Šimek**  
*Theoretical and experimental study of antifreeze protein AFP752, trehalose and dimethyl sulfoxide cryoprotection mechanism: correlation with cryopreserved cell viability*  
RSC Adv. 7 (2017) 352–360.
68. **O. Krejčí, P. Hapala, M. Ondráček, P. Jelínek**  
*Principles and simulations of high-resolution STM imaging with a flexible tip apex*  
Phys. Rev. B 95 (2017) 045407(1)–045407(9).
69. G. K. Krivyakin, V. A. Volodin, A. A. Shklyaev, **V. Mortet, J. More-Chevalier, P. Ashcheulov, Z. Remeš**, T. H. Stuchliková, **J. Stuchlik**  
*Formation and study of p–i–n structures based on two-phase hydrogenated silicon with a germanium layer in the i-type region*  
Semiconductors 51 (2017) 1370–1376.
70. Patryk Krzyścyczko, James Wells, Alexander Fernández Scarioni, **Zbyněk Šobáň, Tomáš Janda**, Xiukun Hu, Vít Saidl, Richard P. Campion, Rhodri Mansell, Ji-Hyun Lee, Russell P. Cowburn, Petr Němec, Olga Kazakova, Joerg Wunderlich, Hans Werner Schumacher  
*Nanoscale thermoelectrical detection of magnetic domain wall propagation*  
Phys. Rev. B 95 (2017) 220410-1–220410-6.
71. S. Pavan Kumar Naik, M. Muralidhar, **M. Jirsa** and M. Murakami  
*Growth and physical properties of top-seeded infiltration growth processed large grain (Gd, Dy)BCO bulk superconductors*  
J. Appl. Phys. 122 (2017) 193902(1)–193902(10).
72. S. Kurosawa, S. Kodama, Y. Yokota, T. Horiái, A. Yamaji, Y. Shoji, **R. Král, J. Pejchal**, Y. Ohashi, K. Kamada, **M. Nikl**, A. Yoshikawa  
*Cesium hafnium chloride scintillator coupled with an avalanche photodiode photodetector*  
JINST 12 (2017) C02042(1)–C02042(8).
73. S. Kurosawa, A. Yamaji, V. V. Kochurikhin, M. Ivanov, **J. Pejchal**, R. Murakami, Y. Shoji, Y. Ohashi, Y. Yokota, K. Kamada, A. Yoshikawa  
*Development of a real-time dose monitor with Cr-doped Gd<sub>3</sub>Ga<sub>5</sub>O<sub>12</sub> infrared scintillator*  
Radiat. Meas. 106 (2017) 187–191.

74. S. Kurosawa, A. Yamaji, **J. Pejchal**, Y. Yokota, Y. Ohashi, K. Kamada, A. Yoshikawa  
*Growth of LiF/LiBaF<sub>3</sub> eutectic scintillator crystals and their optical properties*  
J. Mater. Sci. 52 (2017) 5531–5536.
75. K. Kurp, M. Czerwiński, M. Tykarska, **A. Bubnov**  
*Design of advanced multicomponent ferroelectric liquid crystalline mixtures with sub-micrometer helical pitch*  
Liq. Cryst. 44 (2017) 748–756.
76. J. Kvasnicka, T. Urban, J. Tous, J. Smejkal, K. Blazek, **M. Nikl**  
*Alpha spectroscopy by the  $\Phi 25\text{ mm} \times 0.1\text{ mm}$  YAlO<sub>3</sub>:Ce scintillation detector under atmospheric conditions*  
Nucl. Instrum. Meth. A 856 (2017) 72–76.
77. A. Lančok, **L. Volfová**  
*Mössbauer spectroscopy: epoch-making biological and chemical applications*  
Pure Appl. Chem. 89 (2017) 461–470.
78. **P. Lejček**, P. Šandera, J. Horníková, P. Řehák, J. Pokluda  
*Grain boundary segregation of elements of groups 14 and 15 and its consequences for intergranular cohesion of ferritic iron*  
J. Mater. Sci. 52 (2017) 5822–5834.
79. **P. Lejček**, M. Šob, **V. Paidar**  
*Interfacial segregation and grain boundary embrittlement: An overview and critical assessment of experimental data and calculated results*  
Prog. Mater. Sci. 87 (2017) 83–139.
80. P. Lertloypanyachai, W. Chewpraditkul, N. Pattanaboonmee, D. Chen, **V. Babin**, **A. Beitlerová**, **M. Nikl**  
*Luminescence, scintillation and energy transfer in SiO<sub>2</sub>–Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>–B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>–Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:Ce<sup>3+</sup>, Pr<sup>3+</sup> glasses*  
phys. status solidi a 214 (2017) 1700072(1)–1700072(6).
81. P. Lertloypanyachai, N. Pathumrangsarn, K. Sreebunpeng, N. Pattanaboonmee, W. Chewpraditkul, A. Yoshikawa, K. Kamada, **M. Nikl**  
*Luminescence and light yield of (Gd<sub>2</sub>Y)(Ga<sub>3</sub>Al<sub>2</sub>)O<sub>12</sub>:Pr<sup>3+</sup> single crystal scintillators*  
J. Cryst. Growth 468 (2017) 369–372.
82. B. Lesiak, **P. Jiříček**, **I. Bieloshapka**  
*Chemical and structural properties of Pd nanoparticle-decorated graphene–Electron spectroscopic methods and QUASES*  
Appl. Surf. Sci. 404 (2017) 300–309.
83. B. Lesiak, **J. Zemek**, **P. Jiříček**, A. Malolepszy, L. Stobinski  
*Influence of the preparation conditions of Pd-ZrO<sub>2</sub> and AuPd-ZrO<sub>2</sub> nanoparticle-decorated functionalised MWCNTs: Electron spectroscopy study aided with the QUASES*  
Surf. Interface Anal. 49 (2017) 1124–1134.
84. V. Levushkina, D. Spassky, M. G. Brik, E. Zych, A. Madej, A. N. Belsky, **K. Bartosiewicz**, **M. Nikl**  
*Mixed vanadates: Optimization of optical properties by varying chemical composition*  
J. Lumin. 189 (2017) 140–147.
85. S. Liu, X. Feng, **J. A. Mareš**, **V. Babin**, C. Hu, H. Kou, C. D'Ambrosio, J. Li, Y. Pan, **M. Nikl**  
*Effect of Li<sup>+</sup> ions co-doping on luminescence, scintillation properties and defects characteristics of LuAG:Ce ceramics*  
Opt. Mater. 64 (2017) 245–249.
86. S. Liu, **J. A. Mareš**, **V. Babin**, C. Hu, H. Kou, C. D'Ambrosio, Y. Pan, **M. Nikl**  
*Effect of reducing Lu<sup>3+</sup> content on the fabrication and scintillation properties of non-stoichiometric Lu<sub>3-x</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub>:Ce ceramics*  
Opt. Mater. 63 (2017) 179–184.
87. Shuping Liu, **J. A. Mareš**, **V. Babin**, Chen Hu, Huamin Kou, Carmelo D'Ambrosio, Jiang Li, Yubai Pan, **M. Nikl**  
*Composition and properties tailoring in Mg<sup>2+</sup> codoped non-stoichiometric LuAG:Ce,Mg scintillation ceramics*  
J. Eur. Ceram. Soc. 37 (2017) 1689–1694.
88. M. G. S. Londesborough, J. Dolanský, L. Cerdán, K. Lang, T. Jelínek, J. M. Oliva, D. Hnyk, D. Roca-Sanjuán, A. Francés-Monerris, **J. Martinčík**, **M. Nikl**, J. D. Kennedy  
*Thermochromic Fluorescence from B<sub>18</sub>H<sub>20</sub>(NC<sub>5</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>: An Inorganic–Organic Composite Luminescent Compound with an Unusual Molecular Geometry*  
Adv. Opt. Mater. 5 (2017) 1600694(1)–1600694(16).

89. F. Lorenzo, A. B. Aebbersold, M. Morales-Masis, **M. Ledinský**, S. Escrig, **A. Vetushka**, D. T. L. Alexander, A. Hessler-Wyser, **A. Fejfar**, C. Hébert, S. Nicolay, C. Ballif  
*Direct Imaging of Dopant Distribution in Polycrystalline ZnO Films*  
ACS Applied Materials and Interfaces 9 (2017) 7241–7248.
90. M. T. Lucchini, S. Gundacker, P. Lecoq, A. Benaglia, **M. Nikl**, K. Kamada, A. Yoshikawa, E. Auffray  
*Timing capabilities of garnet crystals for detection of high energy charged particles*  
Nucl. Instrum. Meth. A 852 (2017) 1–9.
91. M. Lunova, V. Zablotskii, **A. Prokhorov**, M. Jirsa, M. Hof, A. Olzyńska, P. Jurkiewicz, Š. Kubinová, **O. Lunov**, **A. Dejneka**  
*Amino-functionalized nanoparticles as a platform for mTOR activity modulation in hepatocellular carcinoma Huh7 cell line*  
J. Hepatol. 66 (2017) S645–S646.
92. **F. Máca**, **J. Kudrnovský**, **V. Drchal**, K. Carva, P. Baláž, I. Turek  
*Physical properties of the tetragonal CuMnAs: A first-principles study*  
Phys. Rev. B 96 (2017) 094406(1)–094406(8).
93. E. Maheux, M. Yu. Hrebtov, G. Sukhorukov, N. N. Kozyulin, M. S. Bobrov, K. G. Dobroselsky, L. M. Chikishev, V. M. Dulin, **P. V. Yudin**  
*A strategy for high specific power pyroelectric energy harvesting from a fluid source*  
Appl. Phys. Lett. 111 (2017) 233903–233903.
94. T. Martin, A. Koch, **M. Nikl**  
*Scintillator materials for x-ray detectors and beam monitors*  
MRS Bulletin 42 (2017) 451–456.
95. **M. Marysko**, **V. V. Laguta**, I. P. Raevski, R. O. Kuzian, N. M. Olekhovich, A. V. Pushkarev, Y. V. Radyush, S. I. Raevskaya, V. V. Titov, and S. P. Kubrin  
*Magnetic susceptibility of multiferroics and chemical ordering*  
AIP Adv. 7 (2017) 056409(1)–056409(6).
96. J. Matějček, V. Weinzettl, M. Vilémová, T. W. Morgan, G. De Temmerman, M. Dimitrova, J. Cavalier, J. Adámek, J. Seidl, **A. Jäger**  
*ELM-induced arcing on tungsten fuzz in the COMPASS divertor region*  
J. Nucl. Mater. 492 (2017) 204–212.
97. I. Matulková, M. Fridrichová, I. Císařová, **P. Vaněk**, F. Uhlík, I. Němec  
*Vibrational spectroscopic and crystallographic study of the novel guanylurea salts with sulphuric and selenic acids*  
J. Mol. Struct. 1131 (2017) 294–305.
98. T. Meier, R. Pawlak, Sh. Kawai, Y. Geng, X. Liu, S. Decurtins, **P. Hapala**, A. Baratoff, Sh. -X. Liu, **P. Jelínek**, E. Meyer, Th. Glatzel  
*Donor–Acceptor Properties of a Single-Molecule Altered by On-Surface Complex Formation*  
ACS Nano 11 (2017) 8413–8420.
99. A. Michalcová, I. Marek, A. Len, **O. Heczko**, **J. Drahokoupil**, D. Vojtěch, Š. Huber, R. Nováková  
*Structure and properties of nanocrystalline nickel prepared by selective leaching at different temperatures*  
Pure Appl. Chem. 89 (2017) 1–8.
100. J. Mičová, **Z. Remeš**, Y. -Y. Chang  
*Production of zinc oxide nanowires power with precisely defined morphology*  
J. Electr. Eng. 68 (2017) 66–69.
101. **E. Mihóková**, **V. Babin**, **V. Jarý**, **L. Havlák**, **M. Buryi**, **M. Nikl**  
*Defect states and temperature stability of Eu<sup>2+</sup> center in Eu-doped yttrium aluminum garnet*  
J. Lumin. 190 (2017) 309–313.
102. **V. Mortet**, Z. Vlčková Živcová, **A. Taylor**, O. Frank, **P. Hubík**, D. Trémouilles, F. Jomard, J. Barjon, L. Kavan  
*Insight into boron-doped diamond Raman spectra characteristic features*  
Carbon 115 (2017) 279–284.
103. M. Muralidhar, M. Higuchi, **M. Jirsa**, P. Diko, I. Kokal, M. Murakami  
*Improved Critical Current Densities of Bulk MgB<sub>2</sub> Using Carbon-Coated Amorphous Boron*  
IEEE Trans. Appl. Supercond. 27 (2017) 6201104 (1)–6201104 (4).

104. **N. Neykova, J. Stuchlik, K. Hruska, A. Poruba, Z. Remeš, O. Pop-Georgievski**  
*Study of the surface properties of ZnO nanocolumns used for thin-film solar cells*  
Beilstein J. Nanotechnol. 8 (2017) 446–451.
105. **R. Niemann, A. Backen, S. Kauffmann-Weiss, C. Behler, U. K. Rößler, H. Seiner, O. Heczko, K. Nielsch, L. Schultz, S. Fähler**  
*Nucleation and growth of hierarchical martensite in epitaxial shape memory films*  
Acta Mater. 132 (2017) 327–334.
106. **P. Novák, H. Moravec, V. Vojtěch, A. Knaislová, A. Školáková, T. F. Kubatík, J. Kopeček**  
*Powder-metallurgy preparation of NiTi shape-memory alloy using mechanical alloying and spark-plasma sintering*  
Mater. Tehnol. 61 (2017) 141–144.
107. **J. Olejníček, M. Brunlíková, Š. Kment, Z. Hubička, H. Kmentová, P. Kšírová, M. Čada, M. Zlámal, J. Krýsa**  
*WO<sub>3</sub> thin films prepared by sedimentation and plasma sputtering*  
Chem. Eng. J. 318 (2017) 281–288.
108. **L. Ondič, M. Varga, K. Hruška, J. Fait, P. Kapusta**  
*Enhanced Extraction of Silicon-Vacancy Centers Light Emission Using Bottom-Up Engineered Polycrystalline Diamond Photonic Crystal Slabs*  
ACS Nano 11 (2017) 2972–2981.
109. **L. Ondič, M. Varga, I. Pelant, J. Valenta, A. Kromka, R. G. Elliman**  
*Silicon nanocrystal-based photonic crystal slabs with broadband and efficient directional light emission*  
Sci. Rep. 7 (1) (2017) 5763(1)–5763(8).
110. **V. Paidar, A. Ostapovets**  
*The balance between the energies of the symmetric (1012) twin boundaries and asymmetric basal/prismatic interfaces in hcp metals*  
Mater. Lett. 198 (2017) 93–96.
111. **L. Pallová, V. Kozmík, M. Kohout, J. Svoboda, V. Novotná, D. Pociеча**  
*Bent-core liquid crystals with a 2-substituted 3-hydroxybenzoic acid central core*  
Liq. Cryst. 44 (2017) 1306–1315.
112. **J. Pejchal, V. Babin, A. Beitlerová, S. Kurosawa, Y. Yokota, A. Yoshikawa, M. Nikl**  
*Improvement of the growth of Li<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub> single crystals for neutron detection and their scintillation and luminescence properties*  
J. Cryst. Growth 457 (2017) 143–150.
113. **J. Pejchal, M. Buryi, V. Babin, P. Prusa, A. Beitlerová, J. Barta, L. Havlak, K. Kamada, A. Yoshikawa, V. Laguta, M. Nikl**  
*Luminescence and scintillation properties of Mg-codoped LuAG:Pr single crystals annealed in air*  
J. Lumin. 181 (2017) 277–285.
114. **V. Petrák, Z. Vlčková Živcová, H. Krýsová, O. Frank, A. Zukal, L. Klimša, J. Kopeček, A. Taylor, L. Kavan, V. Mortet**  
*Fabrication of porous boron-doped diamond on SiO<sub>2</sub> fiber templates*  
Carbon 114 (2017) 457–464.
115. **A. Pirri, G. Toci, J. Li, T. Xie, Y. Pan, V. Babin, A. Beitlerová, M. Nikl, M. Vannini**  
*High efficiency laser action in mildly doped Yb:LuYAG ceramics*  
Opt. Mater. 73 (2017) 312–318.
116. **P. Písařík, M. Jelínek, J. Remsa, J. Mikšovský, J. Zemek, K. Jurek, Š. Kubinová, J. Lukeš, J. Šepitka**  
*Antibacterial, mechanical and surface properties of Ag-DLC films prepared by dual PLD for medical applications*  
Mat. Sci. Eng. C-Bio S. 77 (2017) 955–962.
117. **P. Pokorný, J. Musil, J. Lančok, P. Fitl, M. Novotný, J. Bulíř, J. Vlček**  
*Mass spectrometry investigation of magnetron sputtering discharges*  
Vacuum 143 (2017) 438–443.
118. **P. Pokorný, J. Musil, M. Novotný, J. Lančok, P. Fitl, J. Vlček**  
*Creation and behavior of radicals and ions in the Acetylene/Argon microwave ECR discharge*  
Plasma Process. Polym. 14 (2017) 1–9.
119. **V. Procházka, M. Cifra, P. Kulha, T. Ižák, B. Rezek, A. Kromka**  
*Influence of non-adherent yeast cells on electrical characteristics of diamond-based field-effect transistors*  
Appl. Surf. Sci. 395 (2017) 214–219.

120. A. A. Prokhorov, L. F. Chernush, V. Babin, M. Buryi, D. Savchenko, J. Lančok, M. Nikl, A. D. Prokhorov  
*EPR and luminescence studies of the radiation induced  $\text{Eu}^{2+}$  centers in the  $\text{EuAl}_3(\text{BO}_3)_4$  single crystals*  
Opt. Mater. 66 (2017) 428–433.
121. P. Průša, M. Kučera, V. Babin, P. Brůža, D. Pánek, A. Beitlerová, J. A. Mareš, M. Hanuš, Z. Lučeničová, M. Nikl, T. Parkman  
*Garnet Scintillators of Superior Timing Characteristics: Material, Engineering by Liquid Phase Epitaxy*  
Adv. Opt. Mater. 5 (2017) 1600875(1)–1600875(9).
122. M. Rejman, V. Babin, R. Kučerková, M. Nikl  
*Temperature dependence of CIE-x,y color coordinates in YAG:Ce single crystal phosphor*  
J. Lumin. 187 (2017) 20–25.
123. Z. Remeš, J. Stuchlík, A. Purkrť, M. Ledinský, J. Kupčík  
*Near infrared photoluminescence of the hydrogenated amorphous silicon thin films with in-situ embedded silicon nanoparticles*  
Ceram.-Silik. 61 (2017) 136–140.
124. I. Romet, M. Buryi, G. Corradi, E. Feldbach, V. Laguta, É. Tichy-Rács, V. Nagirnyi  
*Recombination luminescence and EPR of Mn doped  $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$  single crystals*  
Opt. Mater. 70 (2017) 184–193.
125. E. Rucavado, Q. Jeangros, D. F. Urban, J. Holovský, Z. Remeš, M. Duchamp, F. Landucci, R. E. Dunin-Borkowski, W. Körner, C. Elsässer, A. Hessler-Wyser, M. Morales-Masis, C. Ballif  
*Enhancing the optoelectronic properties of amorphous zinc tin oxide by subgap defect passivation: A theoretical and experimental demonstration*  
Phys. Rev. B 95 (2017) 245204(1)–245204(10).
126. S. Samal, Nhan Phan Thanh, B. Marvalová, I. Petrikova  
*Thermal Characterization of Metakaolin-Based Geopolymer*  
JOM 69 (2017) 2480–2484.
127. S. Samal, Martin Stuchlík, Iva Petrikova  
*Thermal behavior of flax and jute reinforced in matrix acrylic composite*  
J. Therm. Anal. Calorim. 2 (2017) 1035–1040.
128. D. Savchenko, E. Kalabukhova, A. Prokhorov, J. Lančok, B. Shanina  
*Temperature behavior of the conduction electrons in the nitrogen-doped 3C SiC monocrystals as studied by electron spin resonance*  
J. Appl. Phys. 121 (2017) 025705(1)–025705(6).
129. D. Savchenko, V. Vorliček, E. Kalabukhova, A. Sitnikov, D. Kysil, S. Sevostianov, V. Tertykh, A. Nazarov  
*Infrared, Raman and Magnetic Resonance Spectroscopic Study of  $\text{SiO}_2\text{:C}$  Nanopowders*  
Nanoscale Res. Lett. 12 (2017) 292(1)–292(12).
130. V. Schmiedova, J. Pospisil, A. Kovalenko, P. Ashcheulov, L. Fekete, T. Cubon, P. Kotrusz, O. Zmeskal, M. Weiter  
*Physical Properties Investigation of Reduced Graphene Oxide Thin Films Prepared by Material Inkjet Printing*  
J. Nanomater. 2017 (2017) 3501903 (1)–3501903 (8).
131. K. Schwarzová-Pecková, J. Vosáhllová, J. Barek, I. Šloufová, E. Pavlova, V. Petrák, J. Zavázalová  
*Influence of boron content on the morphological, spectral, and electroanalytical characteristics of anodically oxidized boron-doped diamond electrodes*  
Electrochim. Acta 243 (2017) 170–182.
132. P. Sedlák, H. Seiner, L. Bodnárová, O. Heczko, M. Landa  
*Elastic constants of non-modulated Ni-Mn-Ga martensite*  
Scripta Mater. 136 (2017) 20–23.
133. J. Škarohlíd, P. Ashcheulov, R. Škoda, A. Taylor, R. Čtvrtlík, J. Tomáščík, F. Fendrych, J. Kopeček, V. Cháb, S. Cichoň, P. Sajdl, J. Macák, Peng Xu, J. M. Partezana, J. Lorinčík, J. Prehradná, M. Steinbrücker, I. Kratochvílová  
*Nanocrystalline diamond protects Zr cladding surface against oxygen and hydrogen uptake: Nuclear fuel durability enhancement*  
Sci. Rep. 7 (2017) 6469(1)–6469(14).



134. A. Sozinov, A. Soroka, N. Lanska, **M. Rameš**, **L. Straka**, K. Ullakko  
*Temperature dependence of twinning and magnetic stresses in  $Ni_{46}Mn_{24}Ga_{22}Co_4Cu_4$  alloy with giant 12% magnetic field-induced strain*  
Scripta Mater. 131 (2017) 33–36.
135. K. Sreebunpeng, W. Chewpraditkul, **M. Nikl**  
*Light yield and light loss coefficient of LuAG:Ce and LuAG:Pr under excitation with  $\alpha$ - and  $\gamma$ -rays*  
J. Cryst. Growth 468 (2017) 373–375.
136. **I. Stachiv**, **P. Sittner**, Y. R. Jeng, **D. Vokoun**  
*Active frequency tuning of the cantilever nanoresonator utilizing a phase transformation of NiTi thin film*  
JVE 19 (2017) 5161–5169.
137. **I. Stachiv**, **P. Šittner**, **J. Olejniczek**, M. Landa, **L. Heller**  
*Exploiting NiTi shape memory alloy films in design of tunable high frequency microcantilever resonators*  
Appl. Phys. Lett. 111 (2017) 213105 (1)–213105 (5).
138. Š. Stehlík, **M. Varga**, **P. Štenclová**, **L. Ondič**, **M. Ledinský**, **J. Pangrác**, O. Vaňek, J. Lipov, **A. Kromka**, B. Rezek  
*Ultrathin Nanocrystalline Diamond Films with Silicon Vacancy Color Centers via Seeding by 2 nm Detonation Nanodiamonds*  
ACS Applied Materials and Interfaces 9 (2017) 38842–38853.
139. **L. Straka**, J. Drahoukoupil, **P. Veřtát**, **J. Kopeček**, **M. Zelený**, H. Seiner, **O. Heczko**  
*Orthorhombic intermediate phase originating from {110} nanotwinning in  $Ni_{50.0}Mn_{28.7}Ga_{21.3}$  modulated martensite*  
Acta Mater. 132 (2017) 335–344.
140. S. Takahashi, S. Kobayashi, **I. Tomáš**, L. Dupre, G. Vertesy  
*Comparison of magnetic nondestructive methods applied for inspection of steel degradation*  
NDT&E Int. 91 (2017) 54–60.
141. G. Tamulaitis, A. Vaitkevicius, S. Nargelas, R. Augulis, V. Gulbinas, **P. Bohacek**, **M. Nikl**, A. Borisevich, A. Fedorov, M. Korjik, E. Auffray  
*Subpicosecond luminescence rise time in magnesium codoped GAGG:Ce scintillator*  
Nucl. Instrum. Meth. A 870 (2017) 25–29.
142. C. Tanaka, Y. Yokota, S. Kurosawa, A. Yamaji, **V. Jary**, **V. Babin**, **J. Pejchal**, Y. Ohashi, K. Kamada, **M. Nikl**, A. Yoshikawa  
*Crystal growth and optical properties of indium doped  $LiCaAlF_6$  scintillator single crystals*  
Opt. Mater. 65 (2017) 69–72.
143. Ch. Tanaka, Y. Yokota, S. Kurosawa, A. Yamaji, Y. Ohashi, K. Kamada, **M. Nikl**, A. Yoshikawa  
*Effects of Na co-doping on optical and scintillation properties of  $Eu:LiCaAlF_6$  scintillator single crystals*  
J. Cryst. Growth 468 (2017) 399–402.
144. M. Thomasová, H. Seiner, P. Sedlák, M. Frost, M. Ševčík, I. Szurman, R. Kocich, **J. Drahoukoupil**, **P. Šittner**, M. Landa  
*Evolution of macroscopic elastic moduli of martensitic polycrystalline NiTi and NiTiCu shape memory alloys with pseudoplastic straining*  
Acta Mater. 123 (2017) 146–156.
145. R. Váňa, J. Dluhoš, **M. Varga**, Ch. Schmid, **A. Kromka**  
*Multimodal Analysis of Diamond Crystals and Layers Using RISE Microscopy*  
Microsc. Microanal. 23 (2017) 2280–2281.
146. **M. Varga**, **T. Ižák**, V. Vretenár, **H. Kozak**, **J. Holovský**, **A. Artemenko**, M. Hulman, V. Skákalová, D. S. Lee, **A. Kromka**  
*Diamond/carbon nanotube composites: Raman, FTIR and XPS spectroscopic studies*  
Carbon 111 (2017) 54–61.
147. **M. Varga**, Š. Stehlík, **O. Kaman**, **T. Ižák**, **M. Domonkos**, D. S. Lee, **A. Kromka**  
*Templated diamond growth on porous carbon foam decorated with polyvinyl alcohol-nanodiamond composite*  
Carbon 119 (2017) 124–132.
148. Tim Verhagen, **Barbara Pacakova**, Vaclav Vales, Karolina Drogowska, Milan Bousa, Uwe Hübner, Martin Kalbac, **Jana Vejpravova**, and Otakar Frank  
*Tuning the Interlayer Interaction of a Twisted Multilayer Wrinkle With Temperature*  
phys. status solidi b 254 (2017) 1700237(1)–1700237(6).

149. G. Vértesy, P. Balassa, A. Gasparics, **I. Tomáš**, I. Mészáros  
*Inspection of diesel engine injectors by several electromagnetic nondestructive methods*  
Int. J. Appl. Electromagn. Mech. 54 (2017) 449–459.
150. G. Vértesy, T. Uchimoto, T. Takagi, **I. Tomáš**, H. Kage  
*Graphite structure and magnetic parameters of flake graphite cast iron*  
J. Magn. Magn. Mater. 442 (2017) 397–402.
151. D. Volochová, P. Diko, S. Piovarči, V. Antal, J. Kováč, **M. Jirsa**  
*The Effect of Sm Addition on the Microstructure and Superconducting Properties of YBCO Bulk Superconductors*  
Acta Phys. Polon. A 131 (2017) 1009–1011.
152. M. Vorokhta, I. Khalakhan, I. Matolínová, J. Nováková, S. Haviar, **J. Lančok**, **M. Novotný**, H. Yoshikawa, V. Matolín  
*PLD prepared nanostructured Pt-CeO<sub>2</sub> thin films containing ionic platinum*  
Appl. Surf. Sci. 396 (2017) 278–283.
153. **M. Vronka**, H. Seiner, **O. Heczko**  
*Temperature dependence of twinning stress – Analogy between Cu–Ni–Al and Ni–Mn–Ga shape memory single crystals*  
Philos. Mag. 97 (2017) 1479–1497.
154. K. Wantong, N. Yawai, W. Chewpraditkul, M. Kucera, M. Hanus, **M. Nikl**  
*Luminescence and scintillation properties of liquid phase epitaxy grown Y<sub>2</sub>SiO<sub>5</sub>:Ce single crystalline films*  
J. Cryst. Growth 468 (2017) 275–277.
155. H. Yamaguchi, K. Kamada, **J. Pejchal**, S. Kurosawa, Y. Shoji, Y. Yokota, Y. Ohashi, A. Yoshikawa  
*Effects of Mg-codoping on luminescence and scintillation properties of Ce doped Lu<sub>3</sub>(Ga,Al)<sub>5</sub>O<sub>12</sub> single crystals*  
Opt. Mater. 65 (2017) 60–65.
156. N. Yawai, K. Wantong, W. Chewpraditkul, R. Murakami, T. Horiai, S. Kurosawa, A. Yoshikawa, **M. Nikl**  
*Comparison of luminescence, energy resolution and light loss coefficient of Gd<sub>1.53</sub>La<sub>0.47</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>7</sub>:Ce and Lu<sub>1.9</sub>Y<sub>0.1</sub>SiO<sub>5</sub>:Ce scintillators*  
Nucl. Instrum. Meth. A 844 (2017) 129–134.
157. A. Yoshikawa, Y. Yokota, Y. Shoji, **R. Král**, K. Kamada, S. Kurosawa, Y. Ohashi, M. Arakawa, V. I. Chani, V. V. Kochurikhin, A. Yamaji, A. Medvedev, **M. Nikl**  
*Development and melt growth of novel scintillating halide crystals*  
Opt. Mater. 74 (2017) 109–119.
158. Martin Zelený, Alexei Sozinov, Torbjörn Björkman, **Ladislav Straka**, **Oleg Heczko**, Risto M. Nieminen  
*Effect of Magnetic Ordering on the Stability of Ni–Mn–Ga(–Co–Cu) Alloys Along the Tetragonal Deformation Path*  
IEEE Trans. Magn. 53 (2017) 1700306(1)–1700306(6).
159. **J. Zemek**, **P. Jiříček**, **J. Houdková**, **K. Jurek**, O. Gedeon  
*Lead-silicate glass surface sputtered by an argon cluster ion beam investigated by XPS*  
J. Non-Cryst. Solids 469 (2017) 1–6.

## Elektronová a geometrická struktura pevných látek

1. G. Ahadiat, M. Tabatabaee, K. Gholivand, K. Zare, **M. Dušek**, **M. Kučeráková**  
*A two-dimensional bismuth coordination polymer with tartaric acid: Synthesis, characterization and thermal decomposition to Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanoparticles*  
Main Group Chem. 16 (2017) 7–16.
2. Z. Asadi, M. Golchin, **V. Eigner**, **M. Dušek**, Z. Amirghofran  
*A detailed study on the interaction of a novel water-soluble glycine bridged zinc(II) Schiff base coordination polymer with BSA: Synthesis, crystal structure, molecular docking and cytotoxicity effect against A549, Jurkat and Raji cell lines*  
Inorg. Chim. Acta 465 (2017) 50–60.
3. Z. Asadi, N. Nasrollahi, H. Karbalaeei-Heidari, **V. Eigner**, **M. Dušek**, N. Mobaraki, R. Pournajati  
*Investigation of the complex structure, comparative DNA-binding and DNA cleavage of two water-soluble mono-nuclear lanthanum(III) complexes and cytotoxic activity of chitosan-coated magnetic nanoparticles as drug delivery for the complexes*  
Spectrochim. Acta A 178 (2017) 125–135.

4. L. Bindi, **V. Petříček**, C. Biagioni, **J. Plášil**, Y. Moelo  
*Could incommensurability in sulfosalts be more common than thought? The case of meneghinite,  $\text{CuPb}_{13}\text{Sb}_7\text{S}_{24}$*   
Acta Crystallogr. B 73 (2017) 369–376.
5. A. Charvátová Campbell, **Pavel Jelínek**, P. Klapetek  
*Study of uncertainties of height measurements of monoatomic steps on Si 5x5 using DFT*  
Meas. Sci. Technol. 28 (2017) 034005(1)–034005(6).
6. R. Černý, V. Favre-Nicolin, **J. Rohlíček**, M. Hušák  
*FOX, Current State and Possibilities*  
Crystals 7, 322 (2017) 1–9.
7. A. Choudhury, S. Mohapatra, H. Y. Asl, S. H. Lee, Y. S. Hor, J. E. Medvedeva, D. L. McClane, G. E. Hilmas, M. A. McGuire, A. F. May, H. Wang, S. Dash, A. Welton, P. Boolchand, K. P. Devlin, J. Aitken, R. Herbst-Irmer, **V. Petříček**  
*New insights into the structure, chemistry, and properties of  $\text{Cu}_4\text{SnS}_4$*   
J. Solid State Chem. 253 (2017) 192–201.
8. **T. Chutora**, J. Redondo, B. de la Torre, **M. Švec**, **P. Jelínek**, **H. Vazquez**  
*Stable Au–C bonds to the substrate for fullerene-based nanostructures*  
Beilstein J. Nanotechnol. 8 (2017) 1073–1079.
9. C. A. Correa, O. Perez, **J. Kopeček**, **P. Brázda**, **M. Klementová**, **L. Palatinus**  
*Crystal structures of  $\eta\text{-Cu}_{3+x}\text{Si}$  and  $\eta\text{-Cu}_{3+x}\text{Si}$*   
Acta Crystallogr. B 73 (2017) 767–774.
10. C. A. Corrêa, **M. Poupon**, **J. Kopeček**, **R. Král**, **P. Zemenová**, J. Lecourt, N. Barrier, **P. Brázda**, **M. Klementová**, **L. Palatinus**  
*Phase transitions of  $\text{Cu}_{3+x}\text{Si}$  observed by temperature-dependent x-ray powder diffraction*  
Intermetallics 91 (2017) 129–139.
11. J. Donkeng Dazie, A. Liška, J. Ludvík, **J. Fábry**, **M. Dušek**, **V. Eigner**  
*Planarity of substituted pyrrole and furan rings in ( $3R^*$ ,  $1'S^*$ ,  $3'R^*$ )-3-(1'-tert-butylamino-1'H, 3'H-benzo[c]furan-3'-yl)-2-tert-butyl-2,3-dihydro-1H-benzo[c]pyrrol-1-one*  
Z. Kristallogr. 232 (2017) 441–452.
12. J. Donkeng Dazie, J. Ludvík, **J. Fábry**, **V. Eigner**  
*Crystal structure of 2-tert-butyl-2,3-dihydro-1H-benzo[c]pyrrol-1-one*  
Acta Crystallogr. E 73 (2017) 1184–1188.
13. **Z. Dočekalová**, **M. Pasciak**, **J. Hlinka**  
*Theoretical modeling of infrared spectra of twinned lead zirconate*  
Phase Transit. 90 (2017) 17–23.
14. T. Domański, M. Žonda, **V. Pokorný**, G. Górski, **V. Janiš**, T. Novotný  
*Josephson-phase-controlled interplay between correlation effects and electron pairing in a three-terminal nanostructure*  
Phys. Rev. B 95 (2017) 045104(1)–045104(11).
15. **V. Drchal**, **J. Kudrnovský**, D. Wagenknecht, I. Turek, S. Khmelevskiy  
*Transport properties of iron at Earth's core conditions: The effect of spin disorder*  
Phys. Rev. B 96 (2017) 024432(1)–024432(5).
16. **J. Fábry**  
*4-Aminobenzoic acid 4-methylpyridine/4-methylpyridinium 4-aminobenzoate 0.58/0.42: a redetermination from the original data*  
Acta Crystallogr. E 73 (2017) 1508–1512.
17. **J. Fábry**  
*A long symmetric  $N\cdots H\cdots N$  hydrogen bond in bis(4-aminopyridinium)(1+) azide(1-): redetermination from the original data*  
Acta Crystallogr. E 73 (2017) 1344–1347.
18. B. S. Far, G. Grivani, A. D. Khalaji, M. Khorshidi, **V. Eigner**, **M. Dušek**  
*A New Trinuclear Zn(II) Complex  $\{[\text{Zn}(\mu\text{-ONN})(\mu_2\text{-O})(\mu\text{-OO})]_2\text{Zn}\}$ : Synthesis, Characterization, Thermal Decomposition and Antibacterial Activity*  
J. Clust. Sci. 28 (2017) 3217–3227.

19. S. Farhadi, M. M. Amini, **M. Dušek**, **M. Kučeráková**, F. Mahmoudi  
*A new nanohybrid material constructed from Keggin-type polyoxometalate and Cd(II) semicarbazone Schiff base complex with excellent adsorption properties for the removal of cationic dye pollutants*  
J. Mol. Struct. 1130 (2017) 592–602.
20. S. Farhadi, **M. Dušek**, F. Siadatnasab, **V. Eigner**, A. Mokhtari andani  
*First organic–inorganic hybrid nanomaterial constructed from a Keggin-type polyoxometalate and a copper-dithiocarbamate complex: Sonochemical synthesis, crystal structure and its adsorption performance for organic dye pollutants*  
Polyhedron 126 (2017) 227–238.
21. S. Farhadi, F. Mahmoudi, M. M. Amini, **M. Dušek**, **M. Jarošová**  
*Synthesis and characterization of a series of novel perovskite-type LaMnO<sub>3</sub>/Keggin-type polyoxometalate hybrid nanomaterials for fast and selective removal of cationic dyes from aqueous solutions*  
Dalton T. 46 (2017) 3252–3264.
22. S. Farhadi, F. Mahmoudi, **M. Dušek**, **V. Eigner**, **M. Kučeráková**  
*A new inorganic–organic nanohybrid based on a copper(II) semicarbazone complex and the PMo<sub>12</sub>O<sub>40</sub><sup>3-</sup> polyanion: Synthesis, characterization, crystal structure and photocatalytic activity for degradation of cationic dyes*  
Polyhedron 122 (2017) 247–256.
23. **G. Foti**, **H. Vázquez**  
*Interface Tuning of Current-Induced Cooling in Molecular Circuits*  
J. Phys. Chem. C 121 (2017) 1082–1088.
24. **G. Foti**, **H. Vázquez**  
*Adsorbate-driven cooling of carbene-based molecular junctions*  
Beilstein J. Nanotechnol. 8 (2017) 2060–2068.
25. S. Fujii, S. Marqués-González, J. Y. Shin, H. Shinokubo, T. Masuda, T. Nishino, N. P. Arasu, **H. Vázquez** and M. Kiguchi  
*Highly-conducting molecular circuits based on antiaromaticity*  
Nat. Commun. 8 (2017) 15984 (1)–15984 (8).
26. M. Ghorbani, A. D. Khalaji, N. Feizi, A. Akbari, **V. Eigner**, **M. Dušek**  
*μ<sub>2</sub>-Oxido bridged dinuclear vanadium(V) complex: Synthesis and characterization*  
J. Mol. Struct. 1130 (2017) 442–446.
27. A. Harchani, **M. Kučeráková**, **M. Dušek**, A. Haddad  
*Synthesis, characterization, Hirshfeld surface and theoretical properties of (C<sub>7</sub>H<sub>10</sub>N)<sub>4</sub>[H<sub>2</sub>P<sub>2</sub>Mo<sub>5</sub>O<sub>23</sub>]·H<sub>2</sub>O*  
J. Chem. Sci. 8 (2017) 1361(1)–1361(9).
28. F. Heidari, S. J. A. Fatemi, S. Y. Ebrahimipour, H. Ebrahimnejad, J. Castro, **M. Dušek**, **V. Eigner**  
*Six-coordinate oxo-vanadium(V) dimer complex with methoxy bridging: Synthesis, crystal structure, biological activity and molecular docking*  
Inorg. Chem. Commun. 76 (2017) 1–4.
29. S. A. Hosseini-Yazdi, A. Mirzaahmadi, A. A. Khandar, M. Mahdavi, A. Rahimian, **V. Eigner**, **M. Dušek**, G. Zarrini  
*Copper, nickel and zinc complexes of a new water-soluble thiosemicarbazone ligand: Synthesis, characterization, stability and biological evaluation*  
J. Mol. Liq. 248 (2017) 658–667.
30. S. A. Hosseini-Yazdi, A. Mirzaahmadi, A. A. Khandar, **V. Eigner**, **M. Dušek**, M. Mahdavi, S. Soltani, F. Lotfipour, J. White  
*Reactions of copper(II), nickel(II), and zinc(II) acetates with a new water-soluble 4-phenylthiosemicarbazone Schiff base ligand: Synthesis, characterization, unexpected cyclization, antimicrobial, antioxidant, and anticancer activities*  
Polyhedron 124 (2017) 156–165.
31. S. A. Hosseini-Yazdi, A. Mirzaahmadi, A. A. Khandar, **V. Eigner**, **M. Dušek**, F. Lotfipour, M. Mahdavi, S. Soltani, G. Dehghan  
*Synthesis, characterization and in vitro biological activities of new water-soluble copper(II), zinc(II), and nickel(II) complexes with sulfonato-substituted Schiff base ligand*  
Inorg. Chim. Acta 458 (2017) 171–180.
32. **J. Hybler**, J. Sejkora  
*Polytypism of cronstedtite from Chyňava, Czech Republic*  
Journal of Geosciences 62 (2017) 137–146.

33. **J. Hybler**, M. Števkó, J. Sejkora  
*Polytypism of cronstedtite from Nižná Slaná, Slovakia*  
Eur. J. Mineral 29 (2017) 91–99.
34. **V. Janiš, A. Kauch, V. Pokorný**  
*Thermodynamically consistent description of criticality in models of correlated electrons*  
Phys. Rev. B 95 (2017) 045108(1)–045108(14).
35. **V. Janiš, V. Pokorný, A. Kauch**  
*Mean-field approximation for thermodynamic and spectral functions of correlated electrons: Strong coupling and arbitrary band filling*  
Phys. Rev. B 95 (2017) 165113(1)–165113(12).
36. **P. Jelínek**  
*High resolution SPM imaging of organic molecules with functionalized tips*  
J. Phys.-Condens. Mat. 29 (2017) 343002(1)–343002(18).
37. A. R. Kampf, **J. Plášil**, J. Čejka, J. Marty, R. Škoda, L. Lapčák  
*Alwilkinsite-(Y), a new rare-earth uranyl sulfate mineral from the Blue Lizard mine, San Juan County, Utah, USA*  
Mineral. Mag. 81 (2017) 895–907.
38. A. R. Kampf, **J. Plášil**, A. V. Kasatkin, J. Marty, J. Čejka  
*Klaprothite, péligotite and ottobahnite, three new minerals with bidentate UO<sub>7</sub>–SO<sub>4</sub> linkages from the Blue Lizard mine, San Juan County, Utah, USA*  
Mineral. Mag. 81 (2017) 753–779.
39. A. R. Kampf, **J. Plášil**, A. V. Kasatkin, J. Marty, J. Čejka, L. Lapčák  
*Shumwayite, [(UO<sub>2</sub>)(SO<sub>4</sub>)(H<sub>2</sub>O)<sub>2</sub>]<sub>2</sub>·H<sub>2</sub>O, a new uranyl sulfate mineral from Red Canyon, San Juan County, Utah, USA*  
Mineral. Mag. 81 (2017) 273–285.
40. A. R. Kampf, J. Sejkora, T. Witzke, **J. Plášil**, J. Čejka, B. P. Nash, J. Marty  
*Rietveldite, Fe(UO<sub>2</sub>)(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>(H<sub>2</sub>O)<sub>5</sub>, a new uranyl sulfate mineral from Giveaway-Simplot mine (Utah, USA), Willi Agatz mine (Saxony, Germany) and Jáchymov (Czech Republic)*  
Journal of Geosciences 62 (2017) 107–120.
41. P. Kautny, H. Krieger, D. Bader, **M. Dušek**, G. A. Reider, J. Froehlich, B. Stoeger  
*Ethyne-Linked Push–Pull Chromophores: Implications of Crystal Structure and Molecular Electronics on the Quadratic Nonlinear Activity*  
Cryst. Growth Des. 17 (2017) 4124–4136.
42. A. D. Khalaji, M. Ghorbani, N. Feizi, A. Akbari, **V. Eigner, M. Dušek**  
*A novel trinuclear copper(II) complex containing a symmetric tetradentate N<sub>2</sub>O<sub>2</sub> Schiff base ligand: Synthesis, characterization, crystal structure and its usage as a new precursor for the preparation of CuO particles*  
Polyhedron 121 (2017) 9–12.
43. A. D. Khalaji, H. Mighani, M. Kazemnejadi, K. Gotoh, H. Ishida, **K. Fejfarová, M. Dušek**  
*Synthesis, characterization, crystal structure and theoretical studies on 4-bromo-2-[(E)-6-methyl-2-pyridyliminomethyl] phenol*  
Arab. J. Chem. 10 (2017) S1808–S1813.
44. A. D. Khalaji, S. J. Peyghoun, A. Akbari, N. Feizi, **M. Dušek, V. Eigner**  
*1D polymeric copper(I) complex [Cu<sub>2</sub>(μ-(2,6-Cl-ba)<sub>2</sub>en)(μ-I)<sub>2</sub>]<sub>n</sub> with exceptionally short Cu–Cu distance: Synthesis, characterization, thermal study and crystal structure*  
J. Mol. Struct. 1127 (2017) 511–514.
45. A. D. Khalaji, E. Shahsavani, N. Feizi, **M. Kučeráková, M. Dušek**, R. Mazandarani, A. Amiri  
*Ultrasonic-bath-assisted preparation of mononuclear copper(I) thiosemicarbazone complex particles: Crystal structure, characterization and antimicrobial activity*  
C. R. Chim. 20 (2017) 125–131.
46. S. A. Khan, J. Minár, H. Ebert, P. Blaha, **O. Šipr**  
*Local environment effects in the magnetic properties and electronic structure of disordered FePt*  
Phys. Rev. B 95 (2017) 014408(1)–014408(9).
47. K. Kirakci, **K. Fejfarová, J. Martinčík, M. Nikl**, K. Lang  
*Tetranuclear Copper(I) Iodide Complexes: A New Class of X-ray Phosphors*  
Inorg. Chem. 56 (2017) 4609–4614.

48. **M. Klementová**, M. Karlík, P. Novák, **L. Palatinus**  
*Structure determination of a new phase Ni8Ti5 by electron diffraction tomography*  
Intermetallics 85 (2017) 110–116.
49. L. Kobera, **J. Rohlíček**, J. Czernek, S. Abbrent, M. Streckova, T. Sopcak, J. Brus  
*Unexpected Crystallization Patterns of Zinc Boron Imidazolate Framework ZBIF-1: NMR Crystallography of Integrated Metal–Organic Frameworks*  
ChemPhysChem 18 (2017) 3576–3582.
51. **J. Kuneš**, I. Leonov, P. Augustinský, V. Křápek, M. Kollar, D. Vollhardt  
*LDA+DMFT approach to ordering phenomena and the structural stability of correlated materials*  
Eur. Phys. J.-Spec. Top. 226 (2017) 2641–2675.
52. J. LaRue, **O. Krejčí**, L. Yu, M. Beye, M. L. Ng, H. Öberg, H. Xin, G. Mercurio, S. Moeller, J. J. Turner, D. Nordlund, R. Coffee, M. P. Minitti, W. Wurth, L. G. M. Pettersson, H. Öström, A. Nilsson, F. Abild-Pedersen, H. Ogasawara  
*Real-Time Elucidation of Catalytic Pathways in CO Hydrogenation on Ru*  
J. Phys. Chem. Lett. 8 (2017) 3820–3825.
53. F. Laufek, F. Veselovský, M. Drábek, B. Kříbek, **M. Klementová**  
*Experimental formation of Pb, Sn, Ge and Sb sulfides, selenides and chlorides in the presence of sal ammoniac: A contribution to the understanding of the mineral formation processes in coal wastes self-ignition*  
Int. J. Coal Geol. 176–177 (2017) 1–7.
54. F. Laufek, A. Vymazalová, T. L. Grokhovskaya, **J. Plášil**, **M. Dušek**, D. A. Orsoev, V. V. Kozlov  
*The crystal structure of sopcheite, Ag<sub>4</sub>Pd<sub>3</sub>Te<sub>4</sub>, from the Lukkulaisvaara intrusion, Karelia, Russia*  
Eur. J. Mineral 29 (2017) 603–612.
55. **V. Lavrentiev**, **D. Chvostova**, I. Lavrentieva, J. Vacík, Ye. Daskal, M. Barchuk, D. Rafaja, **A. Dejneka**  
*Optical transitions and electronic interactions in self-assembled cobalt-fullerene mixture films*  
J. Phys. D-Appl. Phys. 50 (2017) 485305(1)–485305(8).
56. F. Lehchili, F. Setifi, X. Liu, A. Saneei, **M. Kučeráková**, Z. Setifi, **M. Dušek**, **M. Poupon**, M. Pourayoubi, J. Reedijk  
*The non-coordinating anion 1,1,3,3-tetracyano-2-propoxy-propenide as an anion-π donor in cis-diaquabis(2,20-dipyridylamine)zinc and its cadmium analog: Luminescence properties, Hirshfeld analysis and central-atom induced polymorphism*  
Polyhedron 131 (2017) 27–33.
57. N. Magnani, R. Eloirdi, F. Wilhelm, E. Colineau, J. -C. Griveau, **A. B. Shick**, G. H. Lander, A. Rogalev, and R. Caciuffo  
*Probing Magnetism in the Vortex Phase of PuCoGa<sub>5</sub> by X-Ray Magnetic Circular Dichroism*  
Phys. Rev. Lett. 119 (2017) 157204 (1)–157204 (6).
58. J. Majzlan, M. Števkó, E. Dachs, A. Benisek, **J. Plášil**, J. Sejkora  
*Thermodynamics, stability, crystal structure, and phase relations among euchroite, Cu<sub>2</sub>(AsO<sub>4</sub>)(OH)·3H<sub>2</sub>O, and related minerals*  
Eur. J. Mineral 29 (2017) 5–16.
59. I. Matulková, R. Andreoni, I. Císařová, I. Němec, **J. Fábry**  
*Crystallographic aspects of hydrated salts of 4,6-diaminopyrimidine with the first five dicarboxylic acids*  
Z. Kristallogr. 232 (2017) 471–484.
60. I. Matulková, I. Císařová, **P. Vaněk**, P. Němec, I. Němec  
*Novel organic NLO material bis(N-phenylbiguanidium(1+)) oxalate – A combined X-ray diffraction, DSC and vibrational spectroscopic study of its unique polymorphism*  
Spectrochim. Acta A 170 (2017) 256–266.
61. I. Matulková, **Jan Fábry**, I. Němec, I. Císařová, **P. Vaněk**  
*Migrating hydrogen in 2,4,6-triaminopyrimidinium(1+)x hydrogen trioxofluorophosphate(1-)x monohydrate/2,4,6-triaminopyrimidinium(2+)1-x trioxofluorophosphate(2-)1-x monohydrate (0.0 < x < 0.73) with changing temperature*  
Acta Crystallogr. B 73 (2017) 1114–1124.
62. M. Menšík, S. -J. Sun, P. Toman, **K. Král**  
*Modelling of charge carrier mobility for transport between elastic polyacetylene-like polymer nanorods*  
Ceram.-Silik. 61 (2) (2017) 127–135.
63. B. Mohammadi, B. R. Khorrami, M. Ghorbani, **M. Dušek**  
*A novel, three-component reaction to the synthesis of 3-amino-4-cyano-5-aryl-1H-pyrrole-2-carboxamides*  
Tetrahedron 73 (2017) 7291–7294.

64. V. Murašková, N. Szabó, M. Pižl, I. Hoskovcová, **M. Dušek**, Š. Huber, D. Sedmidubský  
*Self assembly of dialkoxo bridged dinuclear Fe(III) complex of pyridoxal Schiff base with CAC bond formation – Structure, spectral and magnetic properties*  
Inorg. Chim. Acta 461 (2017) 111–119.
65. L. Noohinejad, S. van Smaalen, **V. Petříček**, A. Schönleber  
*Incommensurately modulated structure of morpholinium tetrafluoroborate and configurational versus chemical entropies at the incommensurate and lock-in phase transitions*  
Acta Crystallogr. B 73 (2017) 836–843.
66. T. A. Olds, **J. Plášil**, A. R. Kampf, A. Simonetti, L. R. Sadergaski, Y. -S. Chen, P. C. Burns  
*Ewingite: Earth's most complex mineral*  
Geology 45(11) (2017) 1007–1010.
67. T. A. Olds, **J. Plášil**, A. R. Kampf, R. Škoda, P. C. Burns, J. Čejka, V. Bourgoïn, J. -C. Boulliard  
*Gauthierite,  $KPb[(UO_2)_7O_5(OH)_7] \cdot 8H_2O$ , a new uranyl-oxide hydroxy-hydrate mineral from Shinkolobwe with a novel uranyl-anion sheet-topology*  
Eur. J. Mineral 29 (2017) 129–141.
68. T. A. Olds, L. R. Sadergaski, **J. Plášil**, A. R. Kampf, P. C. Burns, I. M. Steele, J. Marty, S. M. Carlson, O. P. Mills  
*Leószilárdite, the first Na, Mg-containing uranyl carbonate from the Markey Mine, San Juan County, Utah, USA*  
Mineral. Mag. 81 (2017) 743–754.
69. **L. Palatinus**, **P. Brázda**, P. Boullay, O. Perez, **M. Klementová**, S. Petit, **V. Eigner**, M. Zaarour, S. Mintova  
*Hydrogen positions in single nanocrystals revealed by electron diffraction*  
Science 355 (2017) 166–169.
70. J. Panas, **A. Kauch**, K. Byczuk  
*Spectral properties and phase diagram of correlated lattice bosons in an optical cavity within bosonic dynamical mean-field theory*  
Phys. Rev. B 95 (2017) 115105(1)–115105(9).
71. **J. Plášil**  
*Crystal structure of richetite revisited: Crystallographic evidence for the presence of pentavalent uranium*  
Am. Mineral. 102 (2017) 1771–1775.
72. **J. Plášil**  
*Crystal structure of vanuralite,  $Al[(UO_2)_2(VO_4)_2](OH) \cdot 8.5H_2O$*   
Z. Kristallogr. 232(12) (2017) 807–814.
73. **J. Plášil**  
*A novel sheet topology in the structure of kamitugaite,  $PbAl[(UO_2)_5(PO_4)_{2.38}(AsO_4)_{0.62}O_2(OH)_2](H_2O)_{11.5}$*   
Journal of Geosciences 62 (2017) 253–260.
74. **J. Plášil**, J. Čejka, J. Sejkora, J. Hloušek, R. Škoda, M. Novák, **M. Dušek**, I. Císařová, I. Němec, J. Ederová  
*Línkite,  $K_2Ca_3[(UO_2)(CO_3)_3]_2 \cdot 8H_2O$ , a new uranyl carbonate mineral from Jáchymov, Czech Republic*  
Journal of Geosciences 62 (2017) 201–213.
75. **J. Plášil**, **V. Petříček**  
*Crystal structure of the (REE)-uranyl carbonate mineral kamotoite-(Y)*  
Mineral. Mag. 81 (2017) 653–660.
76. **J. Plášil**, **V. Petříček**, J. Majzlan  
*A commensurately modulated structure of parabutlerite,  $Fe^{III}SO_4(OH) \cdot 2H_2O$*   
Acta Crystallogr. B 73 (2017) 1–7.
77. **J. Plášil**, P. Škácha, J. Sejkora, A. R. Kampf, R. Škoda, J. Čejka, J. Hloušek, A. V. Kasatkin, R. Pavlíček, K. Babka  
*Plavnoite, a new K–Mn member of the zippeite group from Jáchymov, Czech Republic*  
Eur. J. Mineral 29 (2017) 117–128.
78. **J. Plášil**, P. Škácha, J. Sejkora, R. Škoda, M. Novák, F. Veselovský, J. Hloušek  
*Babánekite,  $Cu_3(AsO_4)_2 \cdot 8H_2O$ , from Jáchymov, Czech Republic – a new member of the vivianite group*  
Journal of Geosciences 62 (2017) 261–270.
79. **J. Plášil**, R. Škoda  
*Crystal structure of the (REE)-uranyl carbonate mineral shabaite-(Nd)*  
Journal of Geosciences 62 (2017) 97–105.

80. **V. Pokorný**, M. Žonda, **A. Kauch**, **V. Janiš**  
*Simplified parquet equations for the Anderson impurity model: comparison with numerically exact solutions*  
 Acta Phys. Polon. A 131 (2017) 1042–1044.
81. V. Pushkarev, T. Ostatnický, **H. Němec**, T. Chlouba, F. Trojánek, P. Malý, M. Zacharias, S. Gutsch, D. Hiller, **P. Kužel**  
*Quantum behavior of terahertz photoconductivity in silicon nanocrystals networks*  
 Phys. Rev. B 95 (2017) 125424(1)–125424(9).
82. M. Rendošová, Z. Vargová, J. Kuchár, D. Sabolová, Š. Levoča, J. Kudláčková, H. Paulíková, D. Hudecová, V. Helebrandtová, M. Almáši, M. Vilková, **M. Dušek**, D. Bobálová  
*Newsilver complexes with bioactive glycine and nicotinamide molecules – characterization, DNA binding, antimicrobial and anticancer evaluation*  
 J. Inorg. Biochem. 168 (2017) 1–12.
83. J. Sejkora, P. Škácha, F. Laufek, **J. Plášil**  
*Brodtkorbite,  $Cu_2HgSe_2$ , from Příbram, Czech Republic: crystal structure and description*  
 Eur. J. Mineral 29 (2017) 663–672.
84. H. Shams, Z. Derikvand, **M. Dušek**, **V. Eigner**, A. Shokrollahi, M. Refahi, A. Azadbakht  
*Solution and solid state studies of a new supramolecular proton transfer salt and its  $VO_2$  complex constructed with chelidamic acid and 3,4-diaminopyridine*  
 J. Iran Chem. Soc. 14 (2017) 811–822.
85. **A. B. Shick**, D. S. Shapiro, **J. Kolorenč**, A. I. Lichtenstein  
*Magnetic character of holmium atom adsorbed on platinum surface*  
 Sci. Rep. 7 (2017) 2751(1)–2751(6).
86. D. Simeone, G. J. Thorogood, D. Huo, L. Luneville, G. Baldinozzi, **V. Petříček**, F. Porcher, J. Ribis, L. Mazerolles, L. Largeau, J. F. Berar, S. Surble  
*Intricate disorder in defect fluorite/pyrochlore: a concord of chemistry and crystallography*  
 Sci. Rep. 7 (2017) 3727(1)–3727(7).
87. **A. Šimůnek**, **M. Dušek**  
*Generalized bond-strength model of Vickers hardness: Application to  $Cr_4B$ ,  $CrB$ ,  $CrB_2$ ,  $CrB_4$ ,  $Mo_2B$ ,  $MoB_2$ ,  $OsB_2$ ,  $ReB_2$ ,  $WB_2$ ,  $WB_3$  and  $Ti_{1.87}B_{50}$*   
 Mech. Mater. 112 (2017) 71–75.
88. P. Škácha, J. Sejkora, **J. Plášil**  
*Selenide Mineralization in the Příbram Uranium and Base-Metal District (Czech Republic)*  
 Minerals 7, 91 (2017) 1–56.
89. P. Škácha, J. Sejkora, **J. Plášil**  
*Příbramite,  $CuSbSe_2$ , the Se-analogue of chalcocite, a new mineral from Příbram, Czech Republic*  
 Eur. J. Mineral 29 (2017) 653–661.
90. E. Skorepova, I. Čerňa, R. Vlasáková, **V. Zvoníček**, M. Tkadlecová, **M. Dušek**  
*Spirocyclic character of ixazomib citrate revealed by comprehensive XRD, NMR and DFT study*  
 J. Mol. Struct. 1148 (2017) 22–27.
91. A. Sotnikov, **J. Kuneš**  
*Competing phases in a model of Pr-based cobaltites*  
 Phys. Rev. B 96 (2017) 245102(1)–245102(5).
92. **O. Stetsovych**, **M. Švec**, J. Vacek, J. Vacek Chocholoušová, A. Jančařík, J. Rybáček, K. Kosmider, I. G. Stará, **P. Jelínek**, I. Starý  
*From helical to planar chirality by on-surface chemistry*  
 Nat. Chem. 9 (2017) 213–218.
93. Y. A. Tyula, A. Zabardasti, H. Goudarzi-fshar, M. S. Roudsari, **M. Dušek**, **V. Eigner**  
*Template synthesis of two new supramolecular zinc(II) complexes containing pentadentate  $N_3O_2$  semicarbazone ligand: Nanostructure synthesis, Hirshfeld surface analysis, and DFT studies*  
 J. Mol. Struct. 1150 (2017) 383–394.
94. S. Varzdar, L. Hashemi, A. Morsali, **M. Dušek**  
*Synthesis and characterization of new coordination polymer with l-proline amino acid ligand; new precursor for preparation of pure phase lead(II) oxide nanoparticles via thermal decomposition*  
 J. Iran Chem. Soc. 14 (2017) 2255–2261.



95. S. Volkov, **M. Dušek**, R. Bubnova, M. Krzhizhanovskaya, V. Ugolkov, E. Obozova, S. Filatov  
*Orientational order-disorder  $\gamma \leftrightarrow \beta \leftrightarrow a' \leftrightarrow a$  phase transitions in  $Sr_2B_2O_5$ , pyroborate and crystal structures of  $\beta$  and  $a$  phases*  
Acta Crystallogr. B 73 (2017) 01–12.
96. M. Zaarour, O. Perez, P. Boullay, J. Martens, B. Mihailova, K. Karaghiosoff, **L. Palatinus**, S. Mintova  
*Synthesis of new cobalt aluminophosphate framework by opening a cobalt methylphosphonate layered material*  
CrystEngComm 19 (2017) 5100–5105.
97. **V. Zvoníček**, E. Skořepová, **M. Dušek**, M. Babor, P. Žvátora, M. Šoóš  
*First Crystal Structures of Pharmaceutical Ibrutinib: Systematic Solvate Screening and Characterization*  
Cryst. Growth Des. 17 (2017) 3116–3127.

## Magnetické a dielektrické vlastnosti

1. J. Fernandez Afonso, **J. Kuneš**  
*Excitonic magnetism in  $d^6$  perovskites*  
Phys. Rev. B 95 (2017) 115131(1)–115131(8).
2. R. Ahluwalia, **P. V. Yudin**, A. S. Yurkov  
*Order parameter boundary conditions for ferroics: application to flexoelectricity*  
phys. status solidi b 2017 (2017) 1700312–1700312.
3. Kyo-Hoon Ahn, Karel Pajskr, Kwan-Woo Lee, and **Jan Kuneš**  
*Calculated  $g$ -factors of  $5d$  double perovskites  $Ba_2NaOsO_6$  and  $Ba_2YO_6$*   
Phys. Rev. B 95 (2017) 064416(1)–064416(5).
4. **A. V. Andreev**, S. Daniš, **J. Šebek**, **M. S. Henriques**, **J. Vejpravová**, **D. I. Gorbunov**, L. Havela  
*Crystal structure and magnetism of  $UOsAl$*   
J. Magn. Magn. Mater. 428 (2017) 144–147.
5. **A. V. Andreev**, **D. I. Gorbunov**, Y. Skourski, M. D. Kuzmin, **E. A. Tereshina**, **M. S. Henriques**  
*Magnetic properties of a  $Ho_2Fe_{14}Si_3$  single crystal*  
J. Alloy. Compd. 694 (2017) 761–766.
6. **A. V. Andreev**, A. A. Zvyagin, Y. Skourski, S. Yasin, S. Zherlitsyn  
*High-field magnetoelasticity of  $Tm_2Co_{17}$  and comparison with  $Er_2Co_{17}$*   
Low Temp. Phys. 43 (2017) 1254–1259.
7. A. Bartha, M. Vališka, **M. Míšek**, P. Proschek, **J. Kaštil**, **M. Dušek**, V. Sechovský, J. Prokleška  
 *$CePd_2Ga_3$  and  $CePd_2Zn_3$  – Kondo lattices and magnetic behaviour*  
Physica B XXX (2017) XXXXXX–XXXXXX.
8. N. M. Belozerova, S. E. Kichanov, D. P. Kozlenko, **O. Kaman** and **Z. Jiráček**  
*Core-Shell Magnetic Structure of  $La_{1-x}Sr_xMnO_{3+\delta}$  Nanocrystallites*  
IEEE Trans. Magn. 53 (2017) 2300905(1)–2300905(5).
9. A. S. Bolyachkin, D. S. Neznakhin, T. V. Garaeva, **A. V. Andreev**, M. I. Bartashevich  
*Magnetic anisotropy of  $YFe_3$  compound*  
J. Magn. Magn. Mater. 426 (2017) 740–743.
10. **E. Buixaderas**, **C. Kadlec**, **M. Kempa**, **V. Bovtun**, **M. Savinov**, **P. Bednyakov**, **J. Hlinka**, J. Dec  
*Fast polarization mechanisms in the uniaxial tungsten-bronze relaxor strontium barium niobate SBN-81*  
Sci. Rep. 7 (2017) 18034(1)–18034(11).
11. **M. Buryi**, **V. Laguta**, M. Fasoli, F. Moretti, M. Trubitsyn, M. Volnianskii, A. Vedda, **M. Nikl**  
*Electron self-trapped at molybdenum complex in lead molybdate: An EPR and TSL comparative study*  
J. Lumin. 192 (2017) 767–774.
12. V. B. Chzhan, **E. A. Tereshina**, A. B. Mikhailova, G. A. Politova, I. S. Tereshina, V. I. Kozlov, J. Čwik, K. Nenkov, O. A. Alekseeva, A. V. Filimonov  
*Effect of Tb and Al substitution within the rare earth and cobalt sublattices on magnetothermal properties of  $Dy_{0.5}Ho_{0.5}Co_2$*   
J. Magn. Magn. Mater. 432 (2017) 461–465.

13. L. V. B. Diop, O. Isnard, **Z. Arnold**, J. P. Itié, **J. Kaštil**, **J. Kamarád**  
*High pressure structural and magnetic studies of  $\text{LaFe}_{12}\text{B}_6$*   
Solid State Commun. 252 (2017) 29–32.
14. **V. Drchal**, I. Turek, **J. Kudrnovský**  
*Ab Initio Theory of the Gilbert Damping in Random Ferromagnetic Alloys*  
J. Superconductivity and Novel Magnetism 30 (2017) 1669–1672.
15. Johan Ek Weis, Sara Costa, Otakar Frank, Michaela Fridrichova, Blanka Vlckova, **Jana Kalbacova Vejpravova**, Martin Kalbac  
*SERS of Isotopically Labelled  $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$  Graphene Bilayer–Au Nanostructured Film Hybrids: Graphene Layer as Spacer and SERS Probe*  
J. Phys. Chem. C 121 (2017) 11680–11686.
16. Johan Ek Weis, **Jana Vejpravova**, Tim Verhagen, Zuzana Melnikova, Sara Costa, Martin Kalbac  
*Surface-enhanced Raman spectra on graphene*  
J. Raman Spectrosc. 49 (2017) 168–173.
17. H. Fujishiro, Y. Noda, K. Akuzawa, T. Naito, A. Ito, T. Goto, **M. Maryško**, **Z. Jiráček**, **J. Hejtmánek**, and K. Nitta  
*Electrical resistivity anomaly, valence shift of Pr ion, and magnetic behavior in epitaxial  $(\text{Pr}_{1-y}\text{Y}_y)_{1-x}\text{Ca}_x\text{CoO}_3$  thin films under compressive strain*  
J. Appl. Phys. 121 (2017) 115104(1)–115104(8).
18. **V. Goian**, E. Langenberg, N. Marcano, **V. Bovtun**, I. Maurel, **M. Kempa**, T. Prokscha, **J. Kroupa**, P. A. Algarabel, J. A. Pardo, **S. Kamba**  
*Spin-phonon coupling in epitaxial  $\text{Sr}_{0.6}\text{Ba}_{0.4}\text{MnO}_3$  thin films*  
Phys. Rev. B 95 (2017) 075126(1)–075126(7).
19. O. Gomonay, **T. Jungwirth**, **J. Sinova**  
*Concepts of antiferromagnetic spintronics*  
Phys. Status Solidi-Rapid Res. Lett. 11 (2017) 1700022(1)–1700022(8).
20. M. J. Grzybowski, **P. Wadley**, K. W. Edmonds, R. Beardsley, V. Hills, R. P. Campion, B. L. Gallagher, J. S. Chauhan, **V. Novak**, **T. Jungwirth**, F. Maccherozzi, S. S. Dhesi  
*Imaging current-induced switching of antiferromagnetic domains in  $\text{CuMnAs}$*   
Phys. Rev. Lett. 118 (2017) 057701(1)–057701(5).
21. Atsushi Hariki, Andreas Hausoel, Giorgio Sangiovanni, and **Jan Kuneš**  
*DFT+DMFT study on soft moment magnetism and covalent bonding in  $\text{SrRu}_2\text{O}_6$*   
Phys. Rev. B 96 (2017) 155135(1)–155135(8).
22. **J. Hejtmánek**, **Z. Jiráček**, **O. Kaman** and S. Vratislav  
*Tunneling magnetoresistance in nanogranular  $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$  ( $x \sim 0.5$ )*  
AIP Adv. 7 (2017) 055818(1)–055818(6).
23. F. Hellman, A. Hoffmann, G. S. D. Beach, E. E. Fullerton, C. Leighton, A. H. MacDonald, D. C. Ralph, D. A. Arena, H. A. Durr, P. Fischer, J. Grollier, J. P. Heremans, **T. Jungwirth**, A. V. Kimel, B. Koopmans, I. N. Krivorotov, S. J. May, A. K. Petford-Long, J. M. Rondinelli, N. Samarth, A. N. Slavin, M. D. Stiles, O. Tchernyshyov, A. Thiaville, and B. L. Zink  
*Interface-induced phenomena in magnetism*  
Rev. Mod. Phys. 89 (2017) 025006(1)–025006(79).
24. **J. Hirschner**, **M. Maryško**, **J. Hejtmánek**, R. Uhrecký, M. Soroka, J. Buršík, A. Anadón, M. H. Aguirre, and **K. Knížek**  
*Spin Seebeck effect in Y-type hexagonal ferrite thin films*  
Phys. Rev. B 96 (2017) 064428(1)–064428(8).
25. **J. Hlinka**, **M. Pasciak**, S. Körbel, **P. Márton**  
*Terahertz-Range Polar Modes in Domain-Engineered  $\text{BiFeO}_3$*   
Phys. Rev. Lett. 119 (2017) 057604(1)–057604(6).
26. **A. Hospodková**, **E. Hulicius**, **J. Pangrác**, **F. Dominec**, M. P. Mikhailova, A. I. Veinger, I. V. Kochman  
 *$\text{InAs}/\text{GaSb}/\text{AlSb}$  composite quantum well structure preparation with help of reflectance anisotropy spectroscopy*  
J. Cryst. Growth 464 (2017) 206–210.
27. **T. Janda**, P. E. Roy, R. M. Otxoa, **Z. Soban**, A. Ramsay, A. C. Irvine, F. Trojanek, R. P. Campion, B. L. Gallagher, P. Nemeč, **T. Jungwirth**, **J. Wunderlich**  
*Inertial displacement of a domain wall excited by ultra-short circularly polarized laser pulses*  
Nat. Commun. 8 (2017) 15226(1)–15226(7).

28. **V. Janovec**  
*Axial crystals – macroscopic symmetry and tensor properties*  
Phase Transit. 90 (2017) 1–10.
29. **Z. Jiráček, J. Hirschner, O. Kaman, K. Knížek, P. Levinský, M. Maryško, J. Hejtmánek**  
*Structure and transport properties of  $La_{1-x}Sr_xMnO_3$  granular ceramics*  
J. Phys. D-Appl. Phys. 50 (2017) 075001(1)–075001(15).
30. **Z. Jiráček, J. Kuličková, V. Herynek, M. Maryško, J. Koktan, O. Kaman**  
*Titania-coated manganite nanoparticles: Synthesis of the shell, characterization and MRI properties*  
J. Magn. Magn. Mater. 427 (2017) 245–250.
31. **A. Kalvová, B. Velický, V. Špička**  
*Transient Magnetic Currents through a Molecular Bridge: Limits to Reduction of Non-equilibrium Green's Functions to a Generalized Master Equation*  
J. Superconductivity and Novel Magnetism 30 (2017) 807–811.
32. **O. Kaman, J. Kuličková, V. Herynek, J. Koktan, M. Maryško, T. Dědourková, K. Knížek, Z. Jiráček**  
*Preparation of Mn-Zn ferrite nanoparticles and their silica-coated clusters: Magnetic properties and transverse relaxivity*  
J. Magn. Magn. Mater. 427 (2017) 251–257.
33. **O. Kaman, J. Kuličková, M. Maryško, P. Veverka, V. Herynek, R. Havelk, K. Královec, D. Kubániová, J. Kohout, P. Dvořák, Z. Jiráček**  
*Mn-Zn Ferrite Nanoparticles with Silica and Titania Coatings: Synthesis, Transverse Relaxivity and Cytotoxicity*  
IEEE Trans. Magn. 53 (2017) 1–8.
34. **J. Kamarád, J. Kaštil, F. Albertini, S. Fabbri, Z. Arnold**  
*Spin disordered resistivity of the Heusler  $Ni_2MnGa$ -based alloys*  
Acta Phys. Polon. A 131 (2017) 1072–1074.
35. **S. Kamba, D. Nuzhnyy, M. Savinov, P. Tolédano, V. Laguta, P. Brázda, L. Palatinus, F. Kadlec, F. Borodavka, C. Kadlec, P. Bednyakov, V. Bovtun, M. Kempa, D. Kriegner, J. Drahokopil, J. Kroupa, J. Prokleška, K. Chapagain, B. Dabrowski, V. Goian**  
*Unusual ferroelectric and magnetic phases in multiferroic 2 H-BaMnO<sub>3</sub> ceramics*  
Phys. Rev. B 95 (2017) 174103(1)–174103(13).
36. **J. Kaštil, Z. Arnold, O. Isnard, Y. Skourski, J. Kamarád, J. P. Itié**  
*Study of magnetic, structural and magnetocaloric properties of  $La_{0.6}Pr_{0.4}Mn_2Si_2$  under high pressure and magnetic field*  
J. Magn. Magn. Mater. 424 (2017) 416–420.
37. **J. Kaštil, M. Míšek, J. Kamarád, Z. Arnold, K. Vlášková, J. Prchal, M. Diviš, P. Doležal, J. Prokleška, J. Valenta, J. Fikáček, A. Rudajevová, D. Kriegner**  
*Properties of the divalent-Yb compound  $YbAu_2Si_2$  under extreme conditions*  
Physica B 505 (2017) 41–44.
38. **K. Knížek, Z. Jiráček, O. Kaman, M. Maryško and F. Damay**  
*Effect of  $Tb^{3+}$  doping in mixed-valence manganites and cobaltites*  
J. Phys.-Condens. Mat. 29 (2017) 405802(1)–405802(9).
39. **J. Koktan, G. Goglio, J. Hejtmánek, Z. Jiráček, K. Knížek, J. Kuličková, M. Maryško, O. Kaman**  
*Magnetoconductivity of the  $La_{1-x}Sr_xMnO_3@TiO_2$  Nanocomposite*  
IEEE Trans. Magn. 53 (2017) 8109606(1)–8109606(6).
40. **N. Kovaleva, D. Chvostova, A. Dejneka**  
*Localization Phenomena in Disordered Tantalum Films*  
Metals 7 (7) (2017) 257(1)–257(12).
41. **N. N. Kovaleva, D. Chvostova, O. Pacherova, L. Fekete, K. I. Kugel, F. A. Pudonin, A. Dejneka**  
*Localization effects in the disordered Ta interlayer of multilayer Ta-FeNi films: Evidence from dc transport and spectroscopic ellipsometry study*  
Appl. Phys. Lett. 11, Iss.18 (2017) 183104(1)–183104(5).
42. **L. Kraus, A. Lynnyk, D. Azamat, J. Drahokoupil, J. Kopeček, M. Rameš**  
*Multi-peak ferromagnetic resonance in Co nanowires array*  
J. Magn. Magn. Mater. 421 (2017) 241–249.

43. **D. Kriegner, H. Reichlova**, J. Grenzer, W. Schmidt, E. Ressouche, J. Godinho, T. Wagner, S. Y. Martin, A. B. Shick, V. V. Volobuev, G. Springholz, V. Holý, **J. Wunderlich, T. Jungwirth, K. Výborný**  
*Magnetic anisotropy in antiferromagnetic hexagonal MnTe*  
Phys. Rev. B 96 (2017) 214418(1)–214418(8).
44. **J. Kudrnovský, V. Drchal**, I. Turek  
*Galvanomagnetic transport properties and Gilbert damping in ferromagnetic PdCo alloy*  
J. Superconductivity and Novel Magnetism 30 (2017) 1367–1370.
45. **J. Kudrnovský, V. Drchal**, and I. Turek  
*Spin-orbitdriven phenomena in the isoelectronic L10-Fe(Pd,Pt) alloys from first principles*  
Phys. Rev. B 96 (2017) 214437(1)–214437(7).
46. **J. Kudrnovský, V. Drchal**, I. Turek  
*Spin-orbit driven phenomena in the isoelectronic L1é-Fe(Pd,Pt) alloys from first principles*  
Phys. Rev. B 96 (2017) 214437(1)–214437(7).
47. **V. V. Laguta, S. Kamba, M. Maryško**, B. Andrzejewski, M. Kachlík, K. Maca, J. H. Lee, D. G. Schlom  
*Magnetic resonance study of bulk and thin film EuTiO<sub>3</sub>*  
J. Phys.-Condens. Mat. 29 (2017) 105401(1)–105401(9).
48. **V. V. Laguta, M. Marysko**, V. A. Stephanovich, I. P. Raevsky, N. M. Olekhnovich, A. V. Pushkarev, Yu. V. Radyush, S. I. Raevskaya, R. O. Kuzian, V. Chlan, H. Štěpánková  
*Cluster superconductivity in the magnetoelectric Pb(Fe1/2Sb1/2)O<sub>3</sub> ceramics*  
Acta Phys. Polon. A 131 (2017) 1534–1538.
49. **V. V. Laguta**, V. A. Stephanovich, I. P. Raevski, S. I. Raevskaya, V. V. Titov, V. G. Smotrakov, and V. V. Eremkin  
*Magnetoelectric effect in antiferromagnetic multiferroic Pb(Fe1/2Nb1/2)O<sub>3</sub> and its solid solutions with PbTiO<sub>3</sub>*  
Phys. Rev. B 95 (2017) 014207(1)–014207(13).
50. **V. Laguta**, Yu Zorenko, **M. Buryi**, V. Gorbenko, T. Zorenko, **J. A. Mareš, M. Nikl**  
*EPR study of Ce<sup>3+</sup> luminescent centers in the Y<sub>2</sub>SiO<sub>5</sub> single crystalline films*  
Opt. Mater. 72 (2017) 833–837.
51. **V. Lavrentiev**, A. Stupakov, I. Lavrentieva, M. Motylenko, M. Barchuk, D. Rafaja  
*Evidence of interface exchange magnetism in self-assembled cobalt-fullerene nanocomposites exposed to air*  
Nanotechnology 28 (2017) 125704(1)–125704(10).
52. **J. Loos**, T. Koch and H. Fehske  
*Heating and thermoelectric transport in a molecular junction*  
Eur. Phys. J. B 90:230 (2017) 1–8.
53. **P. Márton, A. Klíč**, M. Paściak, **J. Hlinka**  
*First-principles-based Landau-Devonshire potential for BiFeO<sub>3</sub>*  
Phys. Rev. B 96 (2017) 174110(1)–174110(5).
54. M. P. Mikhailova, V. A. Berezovets, R. V. Parfeniev, L. V. Danilov, M. O. Safonchik, **A. Hospodková, J. Pangrác, E. Hulicius**  
*Vertical Transport in Type-II Heterojunctions with InAs/GaSb/AlSb Composite Quantum Wells in a High Magnetic Field*  
Semiconductors 51 (2017) 1343–1349.
55. **M. Míšek**, J. Prokleška, P. Opletal, P. Proschek, **J. Kaštil, J. Kamarád**, V. Sechovský  
*Pressure-induced quantum phase transition in the itinerant ferromagnet UCoGa*  
AIP Adv. 7 (2017) 055712(1)–055712(4).
56. K. A. Motovilov, **M. Savinov**, E. S. Zhukova, A. A. Pronin, Z. V. Gagkaeva, V. Grinenko, K. V. Sidoruk, T. A. Voeikova, P. Yu. Barzilovich, A. K. Grebenko, S. V. Lisovskii, V. I. Torgashev, **P. Bednyakov, J. Pokorný**, M. Dressel, B. P. Gorshunov  
*Observation of dielectric universalities in albumin, cytochrome C and Shewanella oneidensis MR–1 extracellular matrix*  
Sci. Rep. 7 (2017) 15731–.
57. **L. Nádvorník**, M. Surýnek, **K. Olejník, V. Novák, J. Wunderlich**, F. Trojánek, **T. Jungwirth**, P. Němec  
*Fast optical control of spin in semiconductor interfacial structures*  
Phys. Rev. Appl. 8 (2017) 034022(1)–034022(10).
58. **P. Novák**, M. Diviš  
*Magnetism and Crystal Field in PrCuAl<sub>3</sub> and NdCuAl<sub>3</sub>*  
Acta Phys. Polon. A 131 (2017) 964–966.

59. **D. Nuzhnyy, J. Petzelt, F. Borodavka, P. Vaněk, D. Šimek, M. Trunec, and K. Maca**  
*Effective infrared reflectivity and dielectric function of polycrystalline alumina ceramics*  
phys. status solidi b 254 (2017) 1600607(1)–1600607(8).
60. **D. Nuzhnyy, J. Petzelt, V. Bovtun, M. Kempa, S. Kamba, J. Hlinka, B. Hehlen**  
*Infrared, terahertz, and microwave spectroscopy of the soft and central modes in  $Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3$*   
Phys. Rev. B 96 (2017) 174113(1)–174113(13).
61. **K. Olejnik, V. Schuler, X. Marti, V. Novak, Z. Kaspar, P. Wadley, R. P. Champion, K. W. Edmonds, B. L. Gallagher, J. Garces, M. Baumgartner, P. Gambardella, T. Jungwirth**  
*Antiferromagnetic CuMnAs multi-level memory cell with microelectronic compatibility*  
Nat. Commun. 8 (2017) 15434(1)–15434(7).
62. **B. Pacakova, S. Kubickova, G. Salas, A. R. Mantlikova, M. Marciello, M. P. Morales, D. Niznansky, J. Vejpravova**  
*The internal structure of magnetic nanoparticles determines the magnetic response*  
Nanoscale 9 (2017) 5129–5140.
63. **B. Pacakova, T. Verhagen, M. Bousa, U. Hübner, J. Vejpravova, Martin Kalbac, O. Frank**  
*Mastering the Wrinkling of Self-supported Graphene*  
Sci. Rep. 7 (2017) 1000003(1)–1000003(10).
64. **O. Perevertov**  
*Influence of the applied elastic tensile and compressive stress on the hysteresis curves of Fe-3%Si non-oriented steel*  
J. Magn. Magn. Mater. 428 (2017) 223–228.
65. **O. Perevertov, O. Heczko, R. Schäfer**  
*Direct observation of magnetic domains by Kerr microscopy in a Ni-Mn-Ga magnetic shape-memory alloy*  
Phys. Rev. B 95 (2017) 144431(1)–144431(5).
66. **O. Perevertov, M. Neslušán, A. Stupakov**  
*Detection of milled 100Cr6 steel surface by eddy current and incremental permeance methods*  
NDT&E Int. 87 (2017) 15–23.
67. **G. A. Politova, G. S. Burkhanov, I. S. Tereshina, T. P. Kaminskaya, V. B. Chzhan, E. A. Tereshina**  
*The effect of adding aluminum and iron to Tb–Dy–Ho–Co multicomponent alloys on their structure and magnetic and magnetocaloric properties*  
Tech. Phys. 62 (2017) 577–582.
68. **T. Polyakova, V. Zablotskii, A. Dejneka**  
*Cell Membrane Pore Formation and Change in Ion Channel Activity in High-Gradient Magnetic Fields*  
IEEE Magn. Lett. 8 (2017) 1507806(1)–1507806(5).
69. **K. Prokeš, D. I. Gorbunov, M. Reehuis, B. Klemke, A. Gukasov, K. Uhlířová, X. Fabrèges, Y. Skourski, F. Yokaichiya, S. Hartwig, A. V. Andreev**  
*Anisotropic physical properties of single-crystal  $U_2Rh_2Sn$  in high magnetic fields*  
Phys. Rev. B 95 (2017) 174433(1)–174433(12).
70. **R. Řezníček, V. Chlan, H. Štěpánková, P. Novák, J. Zukrowski, A. Kozłowski, Z. Kakol, Z. Tarnawski and J. M. Honig**  
*Understanding the Mössbauer spectrum of magnetite below the Verwey transition: Ab initio calculations, simulation, and experiment*  
Phys. Rev. B 96 (2017) 195124(1)–195124(10).
71. **Ch. K. Sabdenov, M. D. Davydova, K. A. Zvezdin, D. I. Gorbunov, I. S. Tereshina, A. V. Andreev, A. K. Zvezdin**  
*Magnetic field-induced phase transitions in rare-earth intermetallic ferrimagnets with compensation point*  
Low Temp. Phys. 43 (2017) 551–558.
72. **Ch. K. Sabdenov, M. D. Davydova, K. A. Zvezdin, A. K. Zvezdin, A. V. Andreev, D. I. Gorbunov, E. A. Tereshina, Y. Skourski, J. Šebek, I. S. Tereshina,**  
*Magnetic properties of  $HoFe_2Al_6$  with a compensation point near absolute zero: A theoretical and experimental study*  
J. Alloy. Compd. 708 (2017) 1161–1167.
73. **V. Saidl, P. Němec, P. Wadley, K. W. Edmonds, R. P. Champion, Vít Novák, B. L. Gallagher, F. Trojánek, and T. Jungwirth**  
*Investigation of exchange coupled bilayer Fe/CuMnAs by pump-probe experiment*  
Phys. Status Solidi-Rapid Res. Lett. 11 (2017) 1600441(1)–1600441(5).

74. V. Saidl, P. Nemeč, **P. Wadley**, V. Hills, R. P. Campion, **V. Novak**, K. W. Edmonds, F. Maccherozzi, S. S. Dhesi, B. L. Gallagher, F. Trojanek, J. Kunes, **J. Zelezny**, P. Maly, **T. Jungwirth**  
*Optical determination of the Neel vector in a CuMnAs thin-film antiferromagnet*  
Nature Photon. 11 (2017) 91–96.
75. A. Sakanas, **D. Nuzhnyy**, R. Grigalaitis, J. Banys, **F. Borodavka**, **S. Kamba**, C. E. Ciomaga, L. Mitoseriu  
*Dielectric and phonon spectroscopy of Nb-doped  $Pb(Zr_{1-y}Ti_y)O_3$ -CoFe<SUB>2</SUB>O<SUB>4</SUB> composites*  
J. Appl. Phys. 121 (2017) 214101(1)–214101(11).
76. D. Sander, S. O. Valenzuela, D. Makarov, C. H. Marrows, E. E. Fullerton, P. Fischer, J. McCord, P. Vavassori, S. Mangin, . P. Pirro, B. Hillebrands, A. D. Kent, **T. Jungwirth**, O. Gutfleisch, C. G. Kim and A. Berger  
*The 2017 Magnetism Roadmap*  
J. Phys. D–Appl. Phys. 50 (2017) 363001(1)–363001(33).
77. **M. Savinov**, **P. Bednyakov**, S. I. Raevskaya, A. A. Gusev, V. P. Isupov, I. P. Raevski, V. V. Titov, H. Chen, S. A. Kovrigina, C. -C. Chou, T. A. Minasyan, M. A. Malitskaya  
*Dielectric and polarization studies of magnetoelectric coupling in non-relaxor  $Pb(Fe_{1/2}Ta_{1/2})O_3$  multiferroic ceramics*  
Ferroelectrics 509 (2017) 80–91.
78. **M. Šindler**, **R. Tesař**, **J. Koláček**, L. Skrbek  
*Anisotropic behaviour of transmission through thin superconducting NbN film in parallel magnetic field*  
Physica C 533 (2017) 154–157.
79. **J. Sinova** and **T. Jungwirth**  
*Surprises from the spin Hall effect*  
Phys. Today 70 (2017) 38–42.
80. **S. Skiadopoulou**, **F. Borodavka**, **C. Kadlec**, **F. Kadlec**, M. Retuerto, Z. Deng, M. Greenblatt, **S. Kamba**  
*Magnetoelectric excitations in multiferroic  $Ni_3TeO_6$*   
Phys. Rev. B 95 (2017) 184435(1)–184435(6).
81. **L. Šmejkal**, **T. Jungwirth**, **J. Sinova**  
*Route Towards Dirac and Weyl Antiferromagnetic Spintronics*  
Phys. Status Solidi-Rapid Res. Lett. 11 (2017) 1700044(1)–1700044(17).
82. **L. Šmejkal**, **J. Železný**, **J. Sinova**, **T. Jungwirth**  
*Electric control of Dirac quasiparticles by spin-orbit torque in an antiferromagnet*  
Phys. Rev. Lett. 118 (2017) 106402(1)–106402(5).
83. D. A. Spassky, N. S. Kozlova, M. G. Brik, V. Nagirnyi, S. Omelkov, O. A. Buzanov, **M. Buryi**, **V. Laguta**, V. N. Shlegel, N. V. Ivannikova  
*Luminescent, optical and electronic properties of  $Na_2Mo_2O_7$  single crystals*  
J. Lumin. 192 (2017) 1264–1272.
84. J. Stejskal, P. Bober, M. Trchová, **D. Nuzhnyy**, **V. Bovtun**, **M. Savinov**, **J. Petzelt**, J. Prokeš  
*Interfaced conducting polymers*  
Synth. Met. 224 (2017) 109–115.
85. **V. Stepkova**, **J. Hlinka**  
*On the possible internal structure of the ferroelectric Ising lines in  $BaTiO_3$*   
Phase Transit. 90 (2017) 11–16.
86. A. Stupakov, R. Farda, M. Neslušan, **A. Perevertov**, T. Uchimoto  
*Evaluation of a Nitrided Case Depth by the Magnetic Barkhausen Noise*  
J. Nondestruct. Eval. 36 (2017) 73(1)–73(9).
87. **A. Stupakov**, **O. Perevertov**, M. Landa  
*Dynamic behaviour of magneto-acoustic emission in a grain-oriented steel*  
J. Magn. Magn. Mater. 426 (2017) 685–690.
88. I. S. Tereshina, N. V. Kudrevatykh, L. A. Ivanov, G. A. Politova, **E. A. Tereshina**, D. Gorbunov, M. Doerr, K. Rogacki  
*Magnetic Properties of the Nanocrystalline Nd-Ho-Fe-Co-B Alloy at Low Temperatures: The Influence of Time and Annealing*  
J. Mater. Eng. Perform. 26 (2017) 4676–4680.

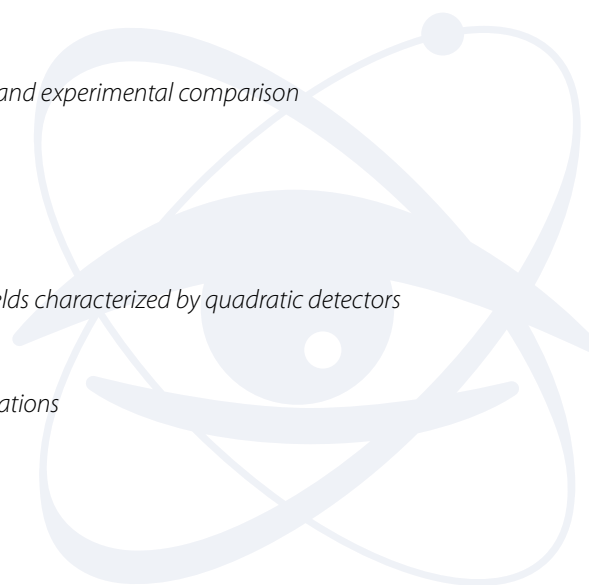


89. **E. A. Tereshina**, M. D. Kuz'min, Y. Skourski, M. Doerr, W. Iwasieczko, J. Wosnitza, I. S. Tereshina  
*Forced-ferromagnetic state in a  $Tm_2Fe_{17}H_5$  single crystal*  
J. Phys.-Condens. Mat. 29 (2017) 24LT01(1)–24LT01(6).
90. I. S. Tereshina, **E. A. Tereshina**-Chitrova, I. A. Pelevin, M. Doerr, J. M. Law, V. N. Verbetski, A. A. Salamova  
*High-Field Magnetization Study of  $R_2Fe_{17}N_2$  ( $R = Ho$  and  $Er$ ) Nitrides*  
J. Low Temp. Phys. xx (2017) x–x.
91. V. Vales, Z. Melnikova, T. Verhagen, **J. Vejpravová**, M. Kalbáč  
*Reversibility of Graphene-Enhanced Raman Scattering with Fluorinated Graphene*  
phys. status solidi b xx (2017) 1700177(1)–1700177(4).
92. T. Verhagen, **B. Pacakova**, V. Vales, K. Drogowska, M. Bousa, U. Hubner, M. Kalbac, **J. Vejpravová**, O. Frank  
*Tuning the Interlayer Interaction of a Twisted Multilayer Wrinkle With Temperature*  
phys. status solidi b xx (2017) 1700237 (1)–1700237(6).
93. **T. G. A. Verhagen**, V. Vales, O. Frank, M. Kalbac, **J. Vejpravova**  
*Temperature-induced strain release via rugae on the nanometer and micrometer scale in graphene monolayer*  
Carbon 119 (2017) 483–491.
94. **T. G. A. Verhagen**, V. Vales, M. Kalbac, **J. Vejpravova**  
*Temperature-induced evolution of strain and doping in an isotopically labeled two-dimensional graphene–C70 fullerene peapod*  
Diam. Relat. Mater. 75 (2017) 140–145.
95. **P. Veverka**, **O. Kaman**, **K. Knížek**, **P. Novák**, **M. Maryško**, **Z. Jiráček**  
*Magnetic properties of rare-earth-doped  $La_{0.7}Sr_{0.3}MnO_3$*   
J. Phys.-Condens. Mat. 29 (2017) 035803(1)–035803(9).
96. **P. Wadley**, K. W. Edmonds, M. Shahedkhan, R. P. Campion, B. L. Gallagher, **J. Zelezny**, J. Kunes, **V. Novak**, **T. Jungwirth**, V. Saidl, P. Nemeč, F. Maccherozzi, S. S. Dhesi  
*Control of antiferromagnetic spin axis orientation in bilayer Fe/CuMnAs films*  
Sci. Rep. 7 (2017) 11147(1)–11147(6).
97. F. Wilhelm, J. P. Sanchez, J. -P. Brison, D. Aoki, **A. B. Shick**, and A. Rogalev  
*Orbital and spin moments in the ferromagnetic superconductor URhGe by x-ray magnetic circular dichroism*  
Phys. Rev. B 95 (2017) 235147(1)–235147(10).
98. **J. Wunderlich**  
*Spintronics: Current-switched magnetic insulator*  
Nature Mater. 16 (2017) 284–285.
99. **V. Železný**, O. Caha, A. Soukiasian, D. G. Schlom, X. X. Xi  
*Temperature-dependent far-infrared reflectance of an epitaxial  $(BaTiO_3)_8/(SrTiO_3)_4$  superlattice*  
Phys. Rev. B 95 (2017) 214110(1)–214110(10).
100. **J. Železný**, H. Gao, Aurélien Manchon, Frank Freimuth, Yuriy Mokrousov, **J. Zemen**, J. Mašek, **Jairo Sinova**, 1 and **T. Jungwirth**  
*Spin-orbit torques in locally and globally non-centrosymmetric crystals: Antiferromagnets and ferromagnets*  
Phys. Rev. B 95 (2017) 014403(1)–014403(18).

## Optika

1. D. V. Azamat, A. G. Badalyan, D. H. Feng, **J. Lančok**, **L. Jastrabík**, **A. Dejneka**, P. G. Baranov, D. R. Yakovlev, M. Bayer.  
*ENDOR investigations of the  $Ce^{3+}$  ions in YAG: Transferred hyperfine interaction with nearest aluminum ions*  
J. Appl. Phys. 122 (2017) 243903(1)–243903(3).
2. **D. V. Azamat**, V. V. Belykh, D. R. Yakovlev, F. Fobbe, D. H. Feng, E. Evers, **L. Jastrabík**, **A. Dejneka**, M. Bayer  
*Electron spin dynamics of  $Ce^{3+}$  ions in YAG crystals studied by pulse-EPR and pump-probe Faraday rotation*  
Phys. Rev. B 96 (2017) 075160(1)–075160(10).
3. K. Bartkiewicz, **A. Černoč**, G. Chimczak, **K. Lemr**, A. Miranowicz, F. Nori  
*Experimental quantum forgery of quantum optical money*  
npj Quantum Inform. 3 (2017) 7(1)–7(8).

4. K. Bartkiewicz, **K. Lemr**, **A. Černoč**, A. Miranowicz  
*Bell nonlocality and fully entangled fraction measured in an entanglement-swapping device without quantum state tomography*  
Phys. Rev. A 95 (2017) 030102(1)–030102(7).
5. **M. Čada**, D. Lundin, **Z. Hubička**  
*Measurement and modeling of plasma parameters in reactive high-power impulse magnetron sputtering of Ti in Ar/O<sub>2</sub> mixtures*  
J. Appl. Phys. 121 (2017) 171913(1)–171913(7).
6. **E. Chernova**, C. Brooks, **D. Chvostova**, Z. Bryknar, **A. Dejneka**, **M. Tyunina**  
*Optical NIR-VIS-VUV constants of advanced substrates for thin-film devices*  
Opt. Mater. Express 7/11 (2017) 3844–3862.
7. **A. Dejneka**, **M. Tyunina**  
*Elasto-optic behaviour in epitaxial films of perovskite oxide ferroelectrics*  
Adv. Appl. Ceram. 117 (2017) 62–65.
8. **Řurák M.**, Praveen K. Velpula, Karmer D., Cupal J., Medřík T., Hřebíček J., Golasowski J., Peceli D., **Kozlová M.**, **Rus B.**  
*Laser-induced damage threshold tests of ultrafast multilayer dielectric coatings in various environmental conditions relevant for operation of ELI beamlines laser systems*  
Opt. Eng. 56 (2017) 011024–011024.
9. **M. F. Pereira**  
*Analytical Expressions for Numerical Characterization of Semiconductors per Comparison with Luminescence*  
Materials 11 (2017) 1–15.
10. R. Hippler, **M. Čada**, **V. Straňák**, **Z. Hubička**, C. A. Helm  
*Pressure dependence of Ar<sub>2</sub><sup>+</sup>, ArTi<sup>+</sup>, and Ti<sub>2</sub><sup>+</sup> dimer formation in a magnetron sputtering discharge*  
J. Phys. D-Appl. Phys. 50 (2017) 445205(1)–445205(8).
11. R. Hippler, **Z. Hubička**, **M. Čada**, **P. Kšířová**, H. Wulff, C. A. Helm, **V. Straňák**  
*Angular dependence of plasma parameters and film properties during high power impulse magnetron sputtering for deposition of Ti and TiO<sub>2</sub> layers*  
J. Appl. Phys. 121 (2017) 171906(1)–171906(9).
12. **Jaromír Hrdý**  
*The X-ray crystal bichromator – Possible modifications and applications*  
Nucl. Instrum. Meth. A 854 (2017) 1–2.
13. L. Indra, F. Batysta, **P. Hříbek**, **J. Novák**, Z. Hubka, J. T. Green, R. Antipenkov, R. Boge, J. A. Naylor, **P. Bakule**, **B. Rus**  
*Picosecond pulse generated supercontinuum as a stable seed for OPCPA*  
Opt. Lett. 42 (2017) 843–846.
14. D. Javůrek, **J. Peřina**  
*Role of volume and surface spontaneous parametric down-conversion in the generation of photon pairs in layered media*  
Phys. Rev. A 95 (2017) 043828(1)–043828(13).
15. P. Klein, J. Hnilica, **Z. Hubička**, **M. Čada**, M. Šlapanská, M. Zemánek, P. Vašina  
*Cathode voltage and discharge current oscillations in HiPIMS*  
Plasma Sources Sci. T. 26 (2017) 055015(1)–055015(12).
16. **J. Peřina Jr.**, **V. Michálek**, **O. Haderka**  
*Higher-order sub-Poissonian-like nonclassical fields: Theoretical and experimental comparison*  
Phys. Rev. A 96 (2017) 033852(1)–033852(7).
17. M. Muntwiler, **P. Oberta**, et. al.  
*Surface science at the PEARL beamline of the Swiss Light Source*  
J. Synchrot. Radiat. 24 (2017) 354–366.
18. **J. Peřina, Jr.**; I. Arkhipov, **V. Michálek**, **O. Haderka**  
*Nonclassicality and entanglement criteria for bipartite optical fields characterized by quadratic detectors*  
Phys. Rev. A 96 (2017) 043845(1)–043845(15).
19. **J. Peřina, Jr.**, **V. Michálek**, **O. Haderka**  
*Noise Reduction in Photon Counting by Exploiting Spatial Correlations*  
Phys. Rev. Appl. 8 (2017) 044018(1)–044018(12).





20. M. V. Shugaev, C. Wu, O. Armbruster, A. Naghilou, N. Brouwer, D. S. Ivanov, T. J. -Y. Derrien, N. M. Bulgakova, W. Kautek, B. Rethfeld, L. V. Zhigilei  
*Fundamentals of ultrafast laser-material interaction*  
MRS Bulletin 41 (2017) 960–968.
21. **V. Straňák**, J. Kratochvíl, **J. Olejníček**, **P. Kšířová**, P. Sezemský, **M. Čada**, **Z. Hubička**  
*Enhanced oxidation of TiO<sub>2</sub> films prepared by high power impulse magnetron sputtering running in metallic mode*  
J. Appl. Phys. 121 (2017) 171914(1)–171914(9).
22. G. Suchaneck, **E. Chernova**, A. Kleiner, R. Liebschner, **L. Jastrabík**, D. C. Meyer, **A. Dejneka**, G. Gerlach  
*Vacuum-ultraviolet ellipsometry spectra and optical properties of Ba(Zr,Ti)O<sub>3</sub> films*  
Thin Solid Films 621 (2017) 58–62.
23. **M. F. Pereira**, V. A. Anfertev, J. P. Zubelli, V. L. Vaks  
*Terahertz generation by gigahertz multiplication in superlattices*  
J. of Nanophotonics 11 (2017) 046022.

## Fyzika vysokých energií

The Pierre Auger Collaboration, z FZÚ: **J. Blažek**, **M. Boháčová**, **J. Chudoba**, **J. Ebr**, **D. Mandát**, **M. Palatka**, **M. Pech**, **M. Prouza**, **J. Řídký**, **P. Schovánek**, **P. Trávníček**, **J. Vícha**

1. *Calibration of the logarithmic-periodic dipole antenna (LPDA) radio stations at the Pierre Auger Observatory using an octocopter*  
JINST 12 (2017) T10005(1)–T10005(38).
2. *A Targeted Search for Point Sources of EeV Photons with the Pierre Auger Observatory*  
Astrophys. J. Lett. 837 (2017) L25(1)–L25(7).
3. *Muon counting using silicon photomultipliers in the AMIGA detector of the Pierre Auger observatory*  
JINST 12 (2017) P03002(1)–P03002(24).
4. *Combined fit of spectrum and composition data as measured by the Pierre Auger Observatory*  
J. Cosmol. Astropart. Phys. 2017 (2017) 038(1)–038(41).
5. *Search for photons with energies above 10(18) eV using the hybrid detector of the Pierre Auger Observatory*  
J. Cosmol. Astropart. Phys. 2017 (2017) 009(1)–009(22).
6. *Multi-resolution anisotropy studies of ultrahigh-energy cosmic rays detected at the Pierre Auger Observatory*  
J. Cosmol. Astropart. Phys. 2017 (2017) 026(1)–026(26).
7. *Impact of atmospheric effects on the energy reconstruction of air showers observed by the surface detectors of the Pierre Auger Observatory*  
JINST 12 (2017) P02006(1)–P02006(23).

The Pierre Auger Collaboration, z FZÚ: **J. Blažek**, **M. Boháčová**, **J. Chudoba**, **J. Ebr**, **J. Juryšek**, **D. Mandát**, **M. Palatka**, **M. Pech**, **M. Prouza**, **J. Řídký**, **P. Schovánek**, **P. Trávníček**, **J. Vícha**

1. *Observation of a large-scale anisotropy in the arrival directions of cosmic rays above  $8 \times 10(18)$  eV*  
Science 357 (2017) 1266–1270.
2. *Spectral calibration of the fluorescence telescopes of the Pierre Auger Observatory*  
Astropart Phys. 95 (2017) 44–56.
3. *Inferences on mass composition and tests of hadronic interactions from 0.3 to 100 EeV using the water-Cherenkov detectors of the Pierre Auger Observatory*  
Phys. Rev. D 96 (2017) 122003(1)–122003(22).

The Pierre Auger Collaboration and other Collaborations, z FZÚ: **J. Blažek**, **M. Boháčová**, **J. Chudoba**, **J. Ebr**, **J. Juryšek**, **D. Mandát**, **M. Palatka**, **M. Pech**, **M. Prouza**, **J. Řídký**, **E. Santos**, **P. Schovánek**, **P. Trávníček**, **J. Vícha**, **A. Yushkov**

1. *Search for High-energy Neutrinos from Binary Neutron Star Merger GW170817 with ANTARES, IceCube, and the Pierre Auger Observatory*  
Astrophys. J. Lett. 850 (2017) L35(1)–L35(18).

The Pierre Auger Collaboration and other collaborations, z FZÚ: **J. Blažek, M. Boháčová, J. Chudoba, J. Ebr, J. Juryšek, D. Mandát, M. Palatka, M. Pech, M. Prouza, J. Řídký, E. Santos, P. Schovánek, P. Trávníček, J. Vícha, A. Yushkov, Kubánek P.**

1. *Multi-messenger Observations of a Binary Neutron Star Merger*  
Astrophys. J. Lett. 848 (2017) L12(1)–L12(59).

F. Acero, et al. (z FZÚ: **J. Blažek, J. Chudoba, J. Ebr, P. Janeček, D. Mandát, M. Palatka, M. Prouza, P. Schovánek, P. Trávníček, M. Vraštil**)

1. *Prospects for Cherenkov Telescope Array Observations of the Young Supernova Remnant RX J1713.7-3946*  
ApJ 840 (2017) 74(1)–74(14).

J. A. Aguilar, W. Bilnik, J. Block et al. (z FZÚ: **D. Mandát, M. Pech, P. Schovánek**)

1. *Characterization and commissioning of the SST-1M camera for the Cherenkov Telescope Array*  
Nucl. Instrum. Meth. A 845 (2017) 350–354.

T. Baker, E. Bellini, P. G. Ferreira, M. Lagos, J. Noller, **I. Sawicki**

1. *Strong constraints on cosmological gravity from GW170817 and GRB 170817A*  
Phys. Rev. Lett. 119 (2017) 251301(1)–251301(4).

FAST collaboration (z FZÚ: **D. Mandát, M. Palatka, M. Pech, P. Schovánek, P. Trávníček**)

1. *The prototype opto-mechanical system for the Fluorescence detector Array of Single-pixel Telescopes*  
JINST 12 (2017) T07001(1)–T07001(10).

M. Heller et al. (z FZÚ: **D. Mandát, M. Pech, P. Schovánek**)

1. *An innovative silicon photomultiplier digitizing camera for gamma-ray astronomy*  
Eur. Phys. J. C 77 (2017) 47(1)–47(31).

M. Zumalacárregui, E. Bellini, **I. Sawicki**, J. Lesgourgues, P. G. Ferreira

1. *hi\_class: Horndeski in the Cosmic Linear Anisotropy Solving System*  
J. Cosmol. Astropart. Phys. 08(2017) (2017) 019(1)–019(30).

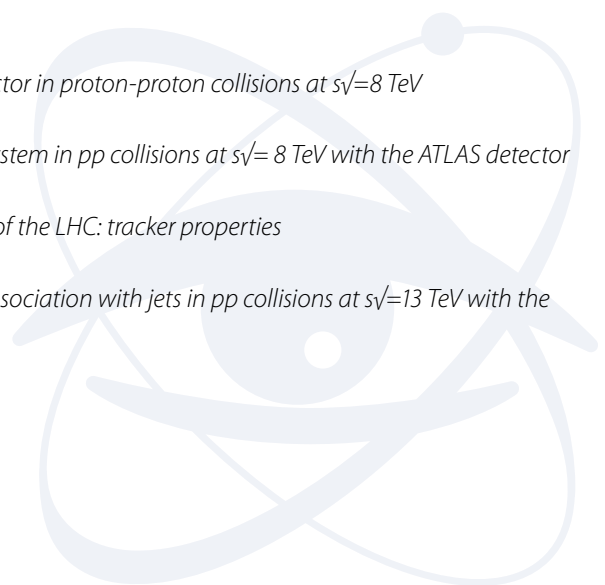
**Ignacy Sawicki** Ippocratis D. Saltas Mariele Motta Luca Amendola Martin Kunz

1. *Nonstandard gravitational waves imply gravitational slip: On the difficulty of partially hiding new gravitational degrees of freedom*  
Phys. Rev. D 95 (2017) 083250(1)–083250(16).

ATLAS Collaboration, z FZÚ **J. Chudoba, J. Hejbal, O. Hladík, T. Jakoubek, O. Kepka, J. Kroll, A. Kupčo, V. Kůs, M. Lokajíček, R. Lysák, M. Marčíšovský, M. Mikeščíková, S. Němeček, O. Penc, P. Šícho, P. Staroba, M. Svatoš, M. Taševský**

1. *Identification and rejection of pile-up jets at high pseudorapidity with the ATLAS detector*  
Eur. Phys. J. C 77 (2017) 580(1)–580(49).
2. *Identification and rejection of pile-up jets at high pseudorapidity with the ATLAS detector*  
Eur. Phys. J. C 10 (2017) 712(1)–712(49).
3. *Performance of the ATLAS Trigger System in 2015*  
Eur. Phys. J. C 77 (2017) 317(1)–317(76).
4. *High-ET isolated-photon plus jets production in pp collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV with the ATLAS detector*  
Nucl. Phys. B 918 (2017) 257–316.
5. *Search for new phenomena in events containing a same-flavour opposite-sign dilepton pair, jets, and large missing transverse momentum in  $\sqrt{s}=13$  pp collisions with the ATLAS detector*  
Eur. Phys. J. C 77 (2017) 144(1)–144(63).
6. *Search for heavy resonances decaying to a W or Z boson and a Higgs boson in the  $qq^{(*)}bb^{-}$  final state in pp collisions at  $\sqrt{s}=13$  TeV with the ATLAS detector*  
Phys. Lett. B 774 (2017) 494–515.
7. *Study of  $WW\gamma$  and  $WZ\gamma$  production in pp collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV and search for anomalous quartic gauge couplings with the ATLAS experiment*  
Eur. Phys. J. C 77 (2017) 646(1)–646(44).
8. *Search for top quark decays  $t \rightarrow qH$ , with  $H \rightarrow \gamma\gamma$ , in  $\sqrt{s}=13$  TeV pp collisions using the ATLAS detector*  
JHEP 1710 (2017) 129(1)–129(41).
9. *Measurement of jet  $p_T$  correlations in Pb+Pb and pp collisions at  $\sqrt{s_{NN}}=2.76$  TeV with the ATLAS detector*  
Phys. Lett. B 774 (2017) 379–402.
10. *Search for supersymmetry in final states with two same-sign or three leptons and jets using  $36\text{ fb}^{-1}$  of  $\sqrt{s}=13$  TeV pp collision data with the ATLAS detector*  
JHEP 1709 (2017) 084(1)–084(43).
11. *Measurement of the inclusive jet cross-sections in proton-proton collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV with the ATLAS detector*  
JHEP 1709 (2017) 020(1)–020(54).
12. *Measurement of  $WW/WZ \rightarrow \ell\nu qq'$  production with the hadronically decaying boson reconstructed as one or two jets in pp collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV with ATLAS, and constraints on anomalous gauge couplings*  
Eur. Phys. J. C 77 (2017) 563(1)–563(47).
13. *Search for pair production of vector-like top quarks in events with one lepton, jets, and missing transverse momentum in  $\sqrt{s}=13$  TeV pp collisions with the ATLAS detector*  
JHEP 1708 (2017) 052(1)–052(39).
14. *Search for the dimuon decay of the Higgs boson in pp collisions at  $\sqrt{s}=13$  TeV with the ATLAS detector*  
Phys. Rev. Lett. 119 (2017) 051802(1)–051802(20).
15. *Measurement of multi-particle azimuthal correlations in pp, p+Pb and low-multiplicity Pb+Pb collisions with the ATLAS detector*  
Eur. Phys. J. C 77 (2017) 428(1)–428(54).
16. *Studies of Z gamma production in association with a high-mass dijet system in pp collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV with the ATLAS detector*  
JHEP 1707 (2017) 107(1)–107(50).
17. *Search for new phenomena in a lepton plus high jet multiplicity final state with the ATLAS experiment using  $\sqrt{s}=13$  TeV proton-proton collision data*  
JHEP 1709 (2017) 088(1)–088(51).
18. *Performance of the ATLAS Track Reconstruction Algorithms in Dense Environments in LHC Run 2*  
Eur. Phys. J. C 77 (2017) 673(1)–673(44).
19. *Search for dark matter at  $\sqrt{s}=13$  TeV in final states containing an energetic photon and large missing transverse momentum with the ATLAS detector*  
Eur. Phys. J. C 77 (2017) 393(1)–393(45).
20. *Measurements of integrated and differential cross sections for isolated photon pair production in pp collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV with the ATLAS detector*  
Phys. Rev. D 95 (2017) 112005(1)–112005(27).

21. *Measurement of the  $kt$  splitting scales in  $Z \rightarrow \ell\ell$  events in  $pp$  collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV with the ATLAS detector*  
JHEP 1708 (2017) 026(1)–026(42).
22. *Jet reconstruction and performance using particle flow with the ATLAS Detector*  
Eur. Phys. J. C 77 (2017) 466(1)–466(67).
23. *Jet energy scale measurements and their systematic uncertainties in proton-proton collisions at  $\sqrt{s}=13$  TeV with the ATLAS detector*  
Phys. Rev. D 96 (2017) 072002(1)–072002(36).
24. *Search for new phenomena in dijet events using  $37 \text{ fb}^{-1}$  of  $pp$  collision data collected at  $\sqrt{s}=13$  TeV with the ATLAS detector*  
Phys. Rev. D 96 (2017) 052004(1)–052004(26).
25. *Measurements of electroweak  $Wjj$  production and constraints on anomalous gauge couplings with the ATLAS detector*  
Eur. Phys. J. C 77 (2017) 474(1)–474(103).
26. *Measurement of the  $t\bar{t}$  production cross section in the  $\tau+$  jets final state in  $pp$  collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV using the ATLAS detector*  
Phys. Rev. D 95 (2017) 072003(1)–072003(26).
27. *Probing the  $Wtb$  vertex structure in  $t$ -channel single-top-quark production and decay in  $pp$  collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV with the ATLAS detector*  
JHEP 1704 (2017) 124(1)–124(48).
28. *Top-quark mass measurement in the all-hadronic  $t\bar{t}$  decay channel at  $\sqrt{s}=8$  TeV with the ATLAS detector*  
JHEP 1709 (2017) 118(1)–118(39).
29. *Measurement of the cross-section for electroweak production of dijets in association with a  $Z$  boson in  $pp$  collisions at  $\sqrt{s}=13$  TeV with the ATLAS detector*  
Phys. Lett. B 775 (2017) 206–228.
30. *Search for Heavy Higgs Bosons  $A/H$  Decaying to a Top Quark Pair in  $pp$  Collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV with the ATLAS Detector*  
Phys. Rev. Lett. 119 (2017) 191803(1)–191803(20).
31. *Search for new phenomena in high-mass diphoton final states using  $37 \text{ fb}^{-1}$  of proton-proton collisions collected at  $\sqrt{s}=13$  TeV with the ATLAS detector*  
Phys. Lett. B 775 (2017) 105–125.
32. *Search for pair production of heavy vector-like quarks decaying to high- $p_T$   $W$  bosons and  $b$  quarks in the lepton-plus-jets final state in  $pp$  collisions at  $\sqrt{s}=13$  TeV with the ATLAS detector*  
JHEP 10 (2017) 141(1)–141(41).
33. *Search for new high-mass phenomena in the dilepton final state using  $36 \text{ fb}^{-1}$  of proton-proton collision data at  $\sqrt{s}=13$  TeV with the ATLAS detector*  
JHEP 1710 (2017) 182(1)–182(42).
34. *Search for Dark Matter Produced in Association with a Higgs Boson Decaying to  $b\bar{b}$  using  $36 \text{ fb}^{-1}$  of  $pp$  collisions at  $\sqrt{s}=13$  TeV with the ATLAS Detector*  
Phys. Rev. Lett. 119 (2017) 181804(1)–181804(21).
35. *Search for direct top squark pair production in events with a Higgs or  $Z$  boson, and missing transverse momentum in  $\sqrt{s}=13$  TeV  $pp$  collisions with the ATLAS detector*  
JHEP 1708 (2017) 006(1)–006(29).
36. *Measurement of  $b$ -hadron pair production with the ATLAS detector in proton-proton collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV*  
JHEP 1711 (2017) 062(1)–062(49).
37. *Studies of  $Z\gamma$  production in association with a high-mass dijet system in  $pp$  collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV with the ATLAS detector*  
JHEP 1707 (2017) 107(1)–107(50).
38. *Performance of the ATLAS Transition Radiation Tracker in Run 1 of the LHC: tracker properties*  
JINST 12 (2017) 05002(1)–05002(45).
39. *Measurements of the production cross section of a  $Z$  boson in association with jets in  $pp$  collisions at  $\sqrt{s}=13$  TeV with the ATLAS detector*  
Eur. Phys. J. C 77 (2017) 361(1)–361(47).



40. *Measurement of the  $W+W-$  production cross section in  $pp$  collisions at a centre-of-mass energy of  $\sqrt{s} = 13$  TeV with the ATLAS experiment*  
Phys. Lett. B 773 (2017) 354–374.
41. *Fiducial, total and differential cross-section measurements of  $t$ -channel single top-quark production in  $pp$  collisions at 8 TeV using data collected by the ATLAS detector*  
Eur. Phys. J. C 77 (2017) 531(1)–531(70).
42. *Evidence for light-by-light scattering in heavy-ion collisions with the ATLAS detector at the LHC*  
Nature Phys. 13 (2017) 852–858.
43. *Measurement of jet fragmentation in  $Pb+Pb$  and  $pp$  collisions at  $\sqrt{s_{NN}}=2.76$  TeV with the ATLAS detector at the LHC*  
Eur. Phys. J. C 77 (2017) 379(1)–379(41).
44. *Measurement of the cross section for inclusive isolated-photon production in  $pp$  collisions at  $\sqrt{s}=13$  TeV using the ATLAS detector*  
Phys. Lett. B 770 (2017) 473–493.
45. *Measurement of charged-particle distributions sensitive to the underlying event in  $\sqrt{s}=13$  TeV proton-proton collisions with the ATLAS detector at the LHC*  
JHEP 1703 (2017) 157(1)–157(40).
46. *Measurements of top quark spin observables in  $tt^-$  events using dilepton final states in  $\sqrt{s}=8$  TeV  $pp$  collisions with the ATLAS detector*  
JHEP 1703 (2017) 113(1)–113(50).
47. *Measurements of top-quark pair differential cross-sections in the  $e\mu$  channel in  $pp$  collisions at  $\sqrt{s}=13$  TeV using the ATLAS detector*  
Eur. Phys. J. C 77 (2017) 292(1)–292(43).
48. *Measurements of top-quark pair to  $Z$ -boson cross-section ratios at  $\sqrt{s}=13, 8, 7$  TeV with the ATLAS detector*  
JHEP 1702 (2017) 117(1)–117(55).
49. *Precision measurement and interpretation of inclusive  $W+$ ,  $W-$  and  $Z/\gamma^*$  production cross sections with the ATLAS detector*  
Eur. Phys. J. C 77 (2017) 367(1)–367(98).
50. *Measurement of the prompt  $J/\psi$  pair production cross-section in  $pp$  collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV with the ATLAS detector*  
Eur. Phys. J. C 77 (2017) 76(1)–76(53).
51. *Measurement of the  $W$  boson polarisation in  $tt^-$  events from  $pp$  collisions at  $\sqrt{s} = 8$  TeV in the lepton + jets channel with ATLAS*  
Eur. Phys. J. C 77 (2017) 264(1)–264(42).
52. *Electron efficiency measurements with the ATLAS detector using 2012 LHC proton-proton collision data*  
Eur. Phys. J. C 77 (2017) 195(1)–195(64).
53. *Reconstruction of primary vertices at the ATLAS experiment in Run 1 proton-proton collisions at the LHC*  
Eur. Phys. J. C 77 (2017) 332(1)–332(52).
54. *Measurement of  $W\pm W\pm$  vector-boson scattering and limits on anomalous quartic gauge couplings with the ATLAS detector*  
Phys. Rev. D 96 (2017) 012007(1)–012007(34).
55. *Measurement of jet activity produced in top-quark events with an electron, a muon and two  $b$ -tagged jets in the final state in  $pp$  collisions at  $\sqrt{s}=13$  TeV with the ATLAS detector*  
Eur. Phys. J. C 77 (2017) 220(1)–220(57).
56. *Measurements of  $\psi(2S)$  and  $X(3872) \rightarrow J/\psi\pi^+\pi^-$  production in  $pp$  collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV with the ATLAS detector*  
JHEP 1701 (2017) 117(1)–117(42).
57. *Measurements of charge and  $CP$  asymmetries in  $b$ -hadron decays using top-quark events collected by the ATLAS detector in  $pp$  collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV*  
JHEP 1702 (2017) 071(1)–071(47).
58. *Measurement of the  $ZZ$  production cross section in proton-proton collisions at  $\sqrt{s} = 8$  TeV using the  $ZZ \rightarrow \ell-\ell+\ell'-\ell'+$  and  $ZZ \rightarrow \ell-\ell+\nu\nu^-$  channels with the ATLAS detector*  
JHEP 1701 (2017) 099(1)–099(54).

59. *Search for triboson  $W^\pm W^\pm W^\pm$  production in pp collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV with the ATLAS detector*  
Eur. Phys. J. C 77 (2017) 141(1)–141(36).
60. *Performance of algorithms that reconstruct missing transverse momentum in  $\sqrt{s}=8$  TeV proton-proton collisions in the ATLAS detector*  
Eur. Phys. J. C 77 (2017) 241(1)–241(68).
61. *Measurement of W boson angular distributions in events with high transverse momentum jets at  $\sqrt{s}=8$  TeV using the ATLAS detector*  
Phys. Lett. B 765 (2017) 132–153.
62. *Measurements of long-range azimuthal anisotropies and associated Fourier coefficients for pp collisions at  $\sqrt{s}=5.02$  and 13 TeV and p+Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}}=5.02$  TeV with the ATLAS detector*  
Phys. Rev. C 96 (2017) 024908(1)–024908(37).
63. *Search for anomalous electroweak production of WW/WZ in association with a high-mass dijet system in pp collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV with the ATLAS detector*  
Phys. Rev. D 95 (2017) 032001(1)–032001(25).
64. *Search for dark matter in association with a Higgs boson decaying to b-quarks in pp collisions at  $\sqrt{s}=13$  TeV with the ATLAS detector*  
Phys. Lett. B 765 (2017) 11–31.
65. *Measurement of the inclusive cross-sections of single top-quark and top-antiquark t-channel production in pp collisions at  $\sqrt{s}=13$  TeV with the ATLAS detector*  
JHEP 1704 (2017) 086(1)–086(24).
66. *Measurement of the  $tt^*Z$  and  $tt^*W$  production cross sections in multilepton final states using  $3.2\text{ fb}^{-1}$  of pp collisions at  $\sqrt{s}=13$  TeV with the ATLAS detector*  
Eur. Phys. J. C 77 (2017) 40(1)–40(22).
67. *A measurement of the calorimeter response to single hadrons and determination of the jet energy scale uncertainty using LHC Run-1 pp-collision data with the ATLAS detector*  
Eur. Phys. J. C 77 (2017) 26(1)–26(65).
68. *Search for new resonances decaying to a W or Z boson and a Higgs boson in the  $\ell^+\ell^-bb^-$ ,  $\ell\nu bb^-$ , and  $\nu\nu^*bb^-$  channels with pp collisions at  $\sqrt{s}=13$  TeV with the ATLAS detector*  
Phys. Lett. B 765 (2017) 32–52.
69. *Measurement of forward-backward multiplicity correlations in lead-lead, proton-lead, and proton-proton collisions with the ATLAS detector*  
Phys. Rev. C 95 (2017) 064914(1)–064914(30).
70. *Search for lepton-flavour-violating decays of the Higgs and Z bosons with the ATLAS detector*  
Eur. Phys. J. C 77 (2017) 70(1)–70(46).
71. *Topological cell clustering in the ATLAS calorimeters and its performance in LHC Run 1*  
Eur. Phys. J. C 77 (2017) 490(1)–490(87).

ATLAS Collaboration, z FZÚ J. Bohm, J. Chudoba, M. Havránek, J. Hejbal, T. Jakoubek, O. Kepka, A. Kupčo, V. Kůs, M. Lokajíček, R. Lysák, M. Marčíšovský, M. Mikeščíková, S. Němeček, O. Penc. P. Šícho, P. Staroba, M. Svatoš, M. Taševský, V. Vrba

1. *Search for heavy resonances decaying to a Z boson and a photon in pp collisions at  $\sqrt{s}=13$  TeV with the ATLAS detector*  
Phys. Lett. B 764 (2017) 11–30.

M. Aaboud et al. (ATLAS Collaboration, z FZÚ J. Chudoba, J. Hejbal, O. Hladík, T. Jakoubek, O. Kepka, J. Kroll, A. Kupčo, V. Kůs, M. Lokajíček, R. Lysák, M. Marčíšovský, M. Mikeščíková, S. Němeček, O. Penc. P. Šícho, P. Staroba, M. Svatoš)

1. *Measurement of inclusive and differential cross sections in the  $H\rightarrow ZZ^*\rightarrow 4\ell$  decay channel in pp collisions at  $\sqrt{s}=13$  TeV with the ATLAS detector*  
JHEP 1710 (2017) 132(1)–132(49).

2. *Searches for the  $Z\gamma$  decay mode of the Higgs boson and for new high-mass resonances in  $pp$  collisions at  $\sqrt{s}=13$  TeV with the ATLAS detector*  
JHEP 1710 (2017) 112(1)–112(52).

H1 Collaboration, z FZÚ **J. Cvach, J. Hladký, P. Reimer**

1. *Measurement of  $D^*$  Production in Diffractive Deep Inelastic Scattering at HERA*  
Eur. Phys. J. C 77 (2017) 340(1)–340(14).
2. *Measurement of Jet Production Cross Sections in Deep-inelastic  $ep$  Scattering at HERA*  
Eur. Phys. J. C 77 (2017) 251(1)–215(41).

CALICE collaboration, z FZÚ **J. Cvach, M. Janata, M. Kovalčuk, J. Kvasnička, I. Polák, J. Smolík, V. Vrba, J. Zálešák, J. Zuklín**

1. *Tracking within Hadronic Showers in the CALICE SDHCAL prototype using a Hough Transform Technique*  
JINST 12 (2017) P05009(1)–P05009(15).

PHENIX Collaboration, z FZÚ **F. Křížek, V. Vrba**

1. *Cross section and transverse single-spin asymmetry of muons from open heavy-flavor decays in polarized  $p+p$  collisions at  $\sqrt{s}=200$  GeV*  
Phys. Rev. D 95 (2017) 112001(1)–112001(15).

PHENIX Collaboration, z FZÚ **P. Mikeš, P. Růžička, L. Tomášek**

1. *Measurements of  $e+e^-$  pairs from open heavy flavor in  $p+p$  and  $d+A$  collisions at  $\sqrt{s}NN=200$  GeV*  
Phys. Rev. C 96 (2017) 024907(1)–024907(19).

PHENIX Collaboration, z FZÚ **L. Tomášek, V. Vrba**

1. *Nonperturbative-transverse-momentum effects and evolution in dihadron and direct photon-hadron angular correlations in  $p+p$  collisions at  $\sqrt{s}=510$  GeV*  
Phys. Rev. D 95 (2017) 072002(1)–072002(19).

PHENIX Collaboration, z FZÚ **V. Vrba**

1. *Measurement of the relative yields of  $\psi(2S)$  to  $\psi(1S)$  mesons produced at forward and backward rapidity in  $p+p$ ,  $p+Al$ ,  $p+Au$ , and  $3He+Au$  collisions at  $\sqrt{s}NN=200$  GeV*  
Phys. Rev. C 95 (2017) 034904(1)–034904(10).

CDF Collaborations, z FZÚ: **R. Lysák**

1. *Measurement of the inclusive-isolated prompt-photon cross section in  $pp^-$  collisions using the full CDF data set*  
Phys. Rev. D 96 (2017) 092003(1)–092003(9).
2. *Measurement of the  $D^{*-}$  Meson Production Cross Section at Low Transverse Momentum in  $pp^-$  Collisions at  $\sqrt{s}=1.96$  TeV*  
Phys. Rev. D 95 (2017) 092006(1)–092006(8).

D0 Collaboration, z FZÚ **A. Kupčo, M. Lokajčiek, Ch. Royon**

1. *Combination of  $D0$  measurements of the top quark mass*  
Phys. Rev. D 95 (2017) 112004(1)–112004(11).

D0 Collaboration, z FZÚ: **A. Kupčo, M. Lokajčiek**

1. *Measurement of the direct CP violating charge asymmetry in  $B_{\pm} \rightarrow \mu^{\pm} \nu_{\mu} D^0$  decays*  
Phys. Rev. D 95 (2017) 031101(1)–031101(8).
2. *Measurement of top quark polarization in  $t\bar{t}^{-}$  lepton+jets final states*  
Phys. Rev. D 95 (2017) 011101(1)–011101(9).

NOvA Collaboration, z FZÚ **M. Lokajíček, J. Zálešák**)

1. *Constraints on Oscillation Parameters from  $\nu_e$  Appearance and  $\nu_{\mu}$  Disappearance in NOvA*  
Phys. Rev. Lett. 118 (2017) 231801(1)–231801(7).
2. *Search for active-sterile neutrino mixing using neutral-current interactions in NOvA*  
Phys. Rev. D 96 (2017) 072006(1)–072006(9).
3. *Measurement of the neutrino mixing angle  $\theta_{23}$  in NOvA*  
Phys. Rev. Lett. 118 (2017) 151802(1)–151802(7).

## Fyzika interakce laserového záření s hmotou

1. **P. Adámek, J. Olejníček, Z. Hubička, M. Čada, Š. Kment, M. Kohout, H. T. Do**  
*System for time-resolved laser absorption spectroscopy and its application to high-power impulse magnetron sputtering*  
Rev. Sci. Instrum. 88 (2017) 023105-1–023105-8.
2. **F. Ahr, S. Jolly**, N. H. Matlis, S. Carbajo, T. Kroh, K. Ravi, D. N. Schimpf, J. Schulte, H. Ishikuzi, T. Taira, A. R. Maier, F. X. Karten  
*Narrowband terahertz generation with chirped-and-delayed laser pulses in periodically poled lithium niobate*  
Opt. Lett. 42 (2017) 2118–(1)–2121–(4).
3. **A. Angelova, B. Angelov**  
*Dual and multi-drug delivery nanoparticles towards neuronal survival and synaptic repair*  
Neural regen. res. 12 (2017) 886–889.
4. **B. Angelov, A. Angelova**  
*Nanoscale clustering of the neurotrophin receptor TrkB revealed by super-resolution STED microscopy*  
Nanoscale 9 (2017) 9797–9804.
5. **B. Angelov, V. M. Garamus, M. Drechsler, A. Angelova**  
*Structural analysis of nanoparticulate carriers for encapsulation of macromolecular drugs*  
J. Mol. Liq. 235 (2017) 83–89.
6. **A. Chacón, L. Ortmann, F. Cucchiatti, N. Suarez, J. A. PérezHernández, M. F. Ciappina, A. S. Landsman, M. Lewenstein**  
*Doubleelectron ionization driven by inhomogeneous fields*  
Appl. Phys. B-Lasers O. 116 (2017) 1–11.
7. **B. I. Cho, M. S. Cho, M. Kim, H. -K. Chung, B. Barbrel, K. Engelhorn, T. Burian, J. Chalupský, O. Ciricosta, G. L. Dakovski, V. Hájková, M. Holmes, L. Juha, J. Krzywinski, R. W. Lee, Chang Hee Nam, D. S. Rackstraw, S. Toleikis, J. J. Turner, S. M. Vinko, J. S. Wark, U. Zastra, P. A. Heimann**  
*Observation of Reverse Saturable Absorption of an X-ray Laser*  
Phys. Rev. Lett. 119 (2017) 075002(1)–075002(5).
8. **M. F. Ciappina, J. A. Pérez-Hernández, A. S. Landsman, W. A. Okell, S. Zherebtsov, B. Förg, J. Schötz, L. Seiffert, T. Fennel, T. Shaaran, T. Zimmermann, A. Chacón, R. Guichard, A. Zair, J. W. G. Tisch, J. P. Marangos, T. Witting, A. Braun, S. A. Maier, L. Roso, M. Krüger, P. Hommelhoff, M. F. Kling, F. Krausz, M. Lewenstein**  
*Attosecond physics at the nanoscale*  
Rep. Prog. Phys. 80 (2017) 054401(1)–054401(50).
9. **G. Cristoforetti, A. Colatis, L. Antonelli, S. Atzeni, F. Baffigi, D. Batani, F. Barbato, G. Boutoux, R. Dudzak, P. Koester, E. Krousky, L. Labate, Ph. Nicolai, O. Renner, M. Skoric, V. Tikhonchuk, L. A. Gizzi**  
*Experimental observation of parametric instabilities at laser intensities relevant for shock ignition*  
Europhys. Lett. 117 (2017) 35001(1)–35001(6).

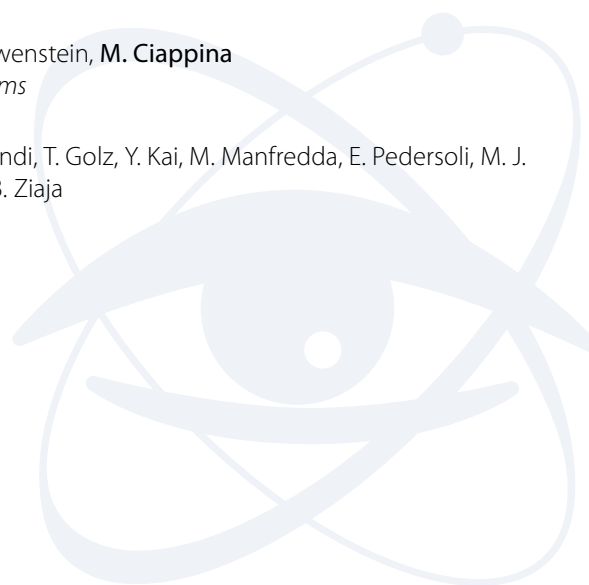


10. **J. Dostál, R. Dudžák, T. Pisarczyk, M. Pfeifer, J. Huynh, T. Chodukowski, Z. Kalinowska, E. Krouský, J. Skála, J. Hřebíček, T. Medřík, J. Golasowski, L. Juha, J. Ullschmied**  
*Synchronizing single-shot high-energy iodine photodissociation laser PALS and high-repetition-rate femtosecond Ti:sapphire laser system*  
Rev. Sci. Instrum. 88 (2017) 102711-1–102711-11.
11. **A. Endo, M. Smrž, J. Mužík, O. Novák, M. Chyla, T. Mocek**  
*kW-class picosecond thin-disc prepulse laser Perla for efficient EUV generation*  
J. Microlithogr. Microfabr. Microsyst. 16 (2017) 041011-1–041011-6.
12. **K. Falk, C. L. Fryer, E. J. Gamboa, C. W. Greeff, H. M. Johns, D. W. Schmidt, M. Šmíd, J. F. Benage, D. S. Montgomery**  
*X-ray Thomson scattering measurement of temperature in warm dense carbon*  
Plasma Phys. Control. Fusion 59 (2017) 014050 (1)–014050 (7).
13. **J. C. Fernández, D. C. Gautier, C. Huang, S. Palaniyappan, B. J. Albright, W. Bang, G. Dyer, A. Favalli, J. F. Hunter, J. Mendez, M. Roth, M. Swinhoe, P. A. Bradley, O. Deppert, M. Espy, K. Falk, N. Guler, Ch. Hamilton, B. M. Hegelich, D. Henzlova, K. D. Ianakiev, M. Iliev, R. P. Johnson, A. Kleinschmidt, A. S. Losko, E. McCary, M. Mocko, R. O. Nelson, R. Roycroft, M. A. Santiago Cordoba, V. A. Schanz, G. Schaumann, D. W. Schmidt, A. Sefkow, T. Shimada, T. N. Taddeucci, A. Tebartz, S. C. Vogel, E. Vold, G. A. Wurden, L. Yin**  
*Laser-plasmas in the relativistic-transparency regime: Science and applications*  
Phys. Plasmas 24 (2017) 056702-(1)–056702-(19).
14. **P. Finetti, H. Höppner, E. Allaria, C. Callegari, F. Capotondi, P. Cinquegrana, M. Coreno, R. Cucini, M. B. Danailov, A. Demidovich, G. De Ninno, M. Di Fraia, R. Feifel, E. Ferrari, L. Fröhlich, D. Gauthier, T. Golz, C. Grazioli, Y. Kai, G. Kurdi, N. Mahne, M. Manfreda, N. Medvedev, I. P. Nikolov, E. Pedersoli, G. Penco, O. Plekan, M. J. Prandolini, K. C. Prince, L. Raimondi, P. Rebernik, R. Riedel, E. Roussel, P. Sigalotti, R. Squibb, N. Stojanovic, S. Stranges, C. Svetina, T. Tanikawa, U. Teubner, V. Tkachenko, S. Toleikis, M. Zangrando, B. Ziaja, F. Tavella and L. Giannessi**  
*Pulse Duration of Seeded Free-Electron Lasers*  
Phys. Rev. X 7 (2017) 021043(1)–021043(19).
15. **E. Giuffreda, D. Delle Side, V. Nassisi, J. Krása**  
*Plasma production in carbon-based materials*  
Nucl. Instrum. Meth. A 406 (2017) 225–228.
16. **L. Giuffrida, K. Svensson, J. Psikal, M. Dalui, H. Ekerfelt, I. Gallardo Gonzalez, O. Lundh, A. Persson, P. Lutoslawski, V. Scuderi, J. Kaufman, T. Wiste, T. Lastovicka, A. Picciotto, S. A. Bagolini, M. Crivellari, P. Bellutti, G. Milluzzo, G. A. P. Cirrone, J. Magnusson, A. Gonoskov, G. Korn, C-G. Wahlström, D. Margarone**  
*Manipulation of laser-accelerated proton beam profiles by nanostructured and microstructured targets*  
PRAB 20 (2017) 081301 (1)–081301 (8).
17. **L. Giuffrida, K. Svensson, J. Psikal, D. Margarone, P. Lutoslawski, V. Scuderi, G. Milluzzo, J. Kaufman, T. Wiste, M. Dalui, H. Ekerfelt, I. Gallardo Gonzalez, O. Lundh, A. Persson, A. Picciotto, M. Crivellari, A. Bagolini, P. Bellutti, J. Magnusson, A. Gonoskov, L. Klimsa, J. Kopecek, T. Lastovicka, G. A. P. Cirrone, C. -G. Wahlström, G. Korn**  
*Nano and micro structured targets to modulate the spatial profile of laser driven proton beams*  
JINST 12 (2017) C03040(1)–C03040(6).
18. **I. Gnilitzki, T. J. -Y. Derrien, Y. Levy, N. M. Bulgakova, T. Mocek & L. Orazi**  
*High-speed manufacturing of highly regular femtosecond laser-induced periodic surface structures: physical origin of regularity*  
Sci. Rep. 7 (2017) 1–11.
19. **E. L. Gurevich, Y. Levy, S. V. Gurevich, and N. M. Bulgakova**  
*Role of the temperature dynamics in formation of nanopatterns upon single femtosecond laser pulses on gold*  
Phys. Rev. B 95 (2017) 054305-1–054305-12.
20. **M. Holec, J. Limpouch, R. Liska, S. Weber**  
*High-order discontinuous Galerkin nonlocal transport and energy equations scheme for radiation hydrodynamics*  
Int. J. Numer. Meth. Fluids 83 (2017) 779–797.
21. **V. Horný, J. Nejd, M. Kozlová, M. Krůs, K. Boháček, V. Petržílka, O. Klimo**  
*Temporal profile of betatron radiation from laser-driven electron accelerators*  
Phys. Plasmas 24 (2017) 063107(1)–063107(9).

22. V. Horný, V. Petržílka, **O. Klimo, M. Krůs**  
*Short electron bunches generated by perpendicularly crossing laser pulses*  
Phys. Plasmas 24 (2017) 103125 (1)–103125(8).
23. V. JAMBUNATHAN, P. NAVRATIL, T. MIURA, F. YUE, A. ENDO, A. LUCIANETTI, T. MOCEK  
*Cryogenic Yb:YGAG ceramic laser pumped at 940 nm and zero-phonon-line: a comparative study*  
Opt. Mater. Express 7 (2017) 477–483.
24. **M. Jirka, O. Klimo, M. Vranic, S. Weber, G. Korn**  
*QED cascade with 10 PW-class lasers*  
Sci. Rep. 7 (2017) 15747(1)–15747(7).
25. H. Kadlecova, **O. Klimo, S. Weber, G. Korn**  
*Gravitational wave generation by interaction of high power lasers with matter using shock waves*  
Eur. Phys. J. D 71 (2017) 1–10.
26. **J. Krása, E. Giuffreda, D. Delle Side, V. Nassisi, D. Klír, J. Cikhardt, K. Řezáč**  
*Target current: a useful parameter for characterizing laser ablation*  
Laser Part. Beams 35 (2017) 170–176.
27. **J. Krása, M. De Marco, J. Cikhardt, M. Pfeifer, A. Velyhan, D. Klír, K. Řezáč, J. Limpouch, E. Krouský, J. Dostál, J. Ullschmied, R. Dudžák**  
*Spectral and temporal characteristics of target current and electromagnetic pulse induced by nanosecond laser ablation*  
Plasma Phys. Control. Fusion 59 (2017) 065007(1)–065007(8).
28. M. Krupka, M. Kalal, **J. Dostal, R. Dudzak, L. Juha**  
*Precise signal amplitude retrieval for a non-homogeneous diagnostic beam using complex interferometry approach*  
JINST 12 (2017) 1–6.
29. J. Krzywinski, A. Andrejczuk, R. M. Bionta, **T. Burian, J. Chalupský, M. Jurek, M. Kirm, V. Nagirnyi, R. Sobierajski, K. Tiedtke, S. Vielhauer, and L. Juha**  
*Saturation of a Ce:Y<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub> scintillator response to ultra-short pulses of extreme ultraviolet soft X-ray and X-ray laser radiation*  
Opt. Mater. Express 7 (2017) 665–675.
30. S. Kubinova, K. Zaviskova, L. Uherkova, **V. Zablotskii, O. Churpita, O. Lunov, A. Dejneka**  
*Non-thermal air plasma promotes the healing of acute skin wounds in rats*  
Sci. Rep. 7 (2017) 45183(1)–45183(11).
31. B. R. Lamichhane, T. Arthanayaka, J. Remolina, A. Hasan, **M. F. Ciappina, F. Navarrete, R. O. Barrachina, R. A. Lomsadze, M. Schulz**  
*Fully Differential Study of Capture with Vibrational Dissociation in p + H<sub>2</sub> Collisions*  
Phys. Rev. Lett. 119 (2017) 083402(1)–083402(5).
32. Z. Li, L. Inhester, Ch. Liekhus-Schmaltz, B. F. E. Curchod, J. W. Snyder Jr., **N. Medvedev, J. Cryan, T. Osipov, S. Pabst, O. Vendrell, Ph. Bucksbaum, T. J. Martinez**  
*Ultrafast isomerization in acetylene dication after carbon K-shell ionization*  
Nat. Commun. 8 (2017) 453(1)–453(7).
33. P. Loiko, J. M. Serres, X. Mateos, X. Xu, J. Xu, **V. Jambunathan, P. Navratil, A. Lucianetti, T. Mocek, X. Zhang, U. Griebner, V. Petrov, M. Aguiló, F. Díaz, and A. Major**  
*Microchip Yb:CaLnAlO<sub>4</sub> lasers with up to 91% slope efficiency*  
Opt. Lett. 42 (2017) 2431–2434.
34. **O. Lunov, V. Zablotskii, O. Churpita, M. Lunova, M. Jirsa, A. Dejneka, Š. Kubinová**  
*Chemically different non-thermal plasmas target distinct cell death pathways*  
Sci. Rep. 7 (2017) 41598(1)–41598(17).
35. S. Maragkakia, T. J. -Y. Derrien, **Y. Levy, N. M. Bulgakova, A. Ostendorf, E. L. Gurevicha**  
*Wavelength dependence of picosecond laser-induced periodic surface structures on copper*  
Appl. Surf. Sci. 417 (2017) 88–92.
36. **M. De Marco, J. Krása, J. Cikhardt, A. Velyhan, M. Pfeifer, R. Dudžák, J. Dostál, E. Krouský, J. Limpouch, T. Pisarczyk, Z. Kalinowska, T. Chodukowski, J. Ullschmied, L. Giuffrida, D. Chatain, J. -P. Perin, D. Margarone**  
*Electromagnetic pulse (EMP) radiation by laser interaction with a solid H<sub>2</sub> ribbon*  
Phys. Plasmas 24 (2017) 083103(1)–083103(6).

37. **N. Medvedev**, Z. Li, V. Tkachenko, B. Ziaja  
*Electron-ion coupling in semiconductors beyond Fermi's golden rule*  
Phys. Rev. B 95 (2017) 014309(1)–014309(10).
38. **N. Medvedev**, A. E. Volkov  
*Femto-clock for the electron kinetics in swift heavy ion tracks*  
J. Phys. D-Appl. Phys. 50 (2017) 445302(1)–445313(11).
39. G. Milluzzo, **V. Scuderi**, A. G. Amico, G. A. **P. Cirrone**, G. Cuttone, M. De Napoli, J. Dostal, G. Larosa, R. Leanza, **D. Margarone**, G. Petringa, J. Pipek F. Romano **F. Schillaci**, **A. Velyhan**  
*TOF technique for laser-driven proton beam diagnostics for the ELIMED beamline*  
JINST 12 (2017) 03044 (1)–03044 (4) .
40. F. Navarrete, **M. F. Ciappina**, L. Sarkadi, R. O. Barrachina  
*The role of the wave packet coherence on the ionization cross section of He by p(+) and C6+ projectiles*  
Nucl. Instrum. Meth. B 408 (2017) 165–168.
41. P. Navratil, **V. Jambunathan**, S. P. David, F. Yue, J. M. Serres, X. Mateos, M. Aguiló, F. Díaz, U. Griebner, V. Petrov, **A. Lucianetti**, and **T. Mocek**  
*Continuous-wave and passively Q-switched cryogenic Yb:KLu(WO4)2 laser*  
Opt. Express 25 (2017) 25886–25893.
42. V. E. Nefedova, **M. Albrecht**, **M. Kozlová**, **J. Nejd**  
*Development of a high-flux XUV source based on high-order harmonic generation*  
J. Electron. Spectrosc. 220 (2017) 9–13.
43. L. Ortman, J. A. Pérez-Hernández, **M. F. Ciappina**, J. Schötz, A. Chacón G. Zeraouli, M. F. Kling, L. Roso, M. Lewenstein, A. S. Landsman  
*Emergence of a Higher Energy Structure in Strong Field Ionization with Inhomogeneous Electric Fields*  
Phys. Rev. Lett. 119 (2017) 053204 (1)–053204 (5).
44. E. N. Osika, A. Chacón, L. Ortman, N. Suárez, J. A. Pérez-Hernández, B. Szafran, **M. F. Ciappina**, F. Sols, A. S. Landsman, M. Lewenstein  
*Wannier-Bloch Approach to Localization in High-Harmonics Generation in Solids*  
Phys. Rev. X 7 (2017) 021017(1)–021017(14).
45. G. Petringa, G. A. **P. Cirrone**, C. Caliri, G. Cuttone, L. Giuffrida, G. La Rosa, R. Manna, L. Manti, V. Marchese, C. Marchetta, **D. Margarone**, G. Milluzzo, A. Picciotto, F. Romano, F. P. Romano, A. D. Russo, G. Russo, D. Santonocito, **V. Scuderi**  
*Prompt gamma-ray emission for future imaging applications in proton-boron fusion therapy*  
JINST 12 (2017) 03059(1)–03059(4).
46. G. Petringa, G. Cirrone, C. Caliri, G. Cuttone, L. Giuffrida, G. Larosa, R. Manna, L. Manti, V. Marchese, C. Marchetta, **D. Margarone**, G. Milluzzo, A. Picciotto, F. Romano, F. P. Romano, A. D. Russo, G. Russo, D. Santonocito, **V. Scuderi**  
*Study of gamma-ray emission by proton beam interaction with injected Boron atoms for future medical imaging applications*  
JINST 12 (2017) C03049(1)–C03049(10).
47. J. Pipek, F. Romano, G. Milluzzo, G. A. **P. Cirrone**, G. Cuttone, A. G. Amico, **D. Margarone**, G. Larosa, R. Leanza, G. Petringa, **F. Schillaci**, **V. Scuderi**  
*Monte Carlo simulation of the ELIMED beamline using Geant4*  
JINST 12 (2017) C03027 (1)–C03027 (5).
48. T. Pisarczyk, S. Y. Gus'kov, T. Chodukowski, **R. Dudžák**, P. Korneev, N. N. Demchenko, Z. Kalinowska, **J. Dostál**, A. Zaras-Szydłowska, S. Borodziuk, **L. Juha**, J. Cikhardt, **J. Krása**, D. Klír, B. Cikhardtova, P. Kubeš, **E. Krouský**, M. Krůs, J. Ullschmied, **K. Jungwirth**, J. Hřebíček, T. Medřík, J. Golasowski, **M. Pfeifer**, **O. Renner**, S. Singh, S. Kar, H. Ahmed, **J. Skála**, P. Pisarczyk  
*Kinetic magnetization by fast electrons in laser-produced plasmas at sub-relativistic intensities*  
Phys. Plasmas 24 (2017) 102711-1–102711-11.
49. T. R. Preston, S. M. Vinko, O. Ciricosta, P. Hollebon, H. -K. Chung, G. L. Dakovski, J. Křivinski, M. Minitti, **T. Burian**, **J. Chalupský**, **V. Hájková**, **L. Juha**, **V. Vozda**, U. Zastra, R. W. Lee, J. S. Wark  
*Measurements of the K-Shell Opacity of a Solid-Density Magnesium Plasma Heated by an X-Ray Free-Electron Laser*  
Phys. Rev. Lett. 119 (2017) 085001(1)–085001(5).

50. A. D. Russo, **F. Schillaci**, L. Pommarel, F. Romano, A. Amato, A. G. Amico, A. Calanna, G. A. **P. Cirrone**, M. Costa, G. Cuttone, C. Amato, G. De Luca, F. A. Flacco, G. Gallo, D. Giove, A. Grmek, G. La Rosa, R. Leanza, **M. Maggiore**, V. Malka, G. Milluzzo, G. Petringa, J. Pipek, **V. Scuderi**, B. Vauzour, E. Zappala  
*Characterization of the ELIMED prototype permanent magnet quadrupole system*  
JINST 12 (2017) 1–4.
51. **F. Schillaci**, G. A. **P. Cirrone**, G. Cuttone, F. Romano, **V. Scuderi**, L. Allegra, A. Amato, L. Andó, M. Costa, G. Gallo, R. Leanza, **M. Maggiore**, G. Milluzzo, G. Petringa, J. Pipek, A. D. Russo, **G. Korn**, **D. Margarone**, M. J. Leray, O. Tasset-Maye, S. Antoined, P. Jehanno  
*Status of the ELIMED Beamline at the ELIMAIA facility*  
JINST 11 (2017) C12052(1)–C12052(5).
52. M. V. Shugaev, I. Gnilitzkiy, **N. M. Bulgakova**, L. V. Zhigilei  
*Mechanism of single-pulse ablative generation of laser-induced periodic surface structures*  
Phys. Rev. B 96 (2017) 205429-1–205429-9.
53. **M. Šindelka**, L. F. Santos, N. Moiseyev  
*Excited-state quantum phase transitions studied from a non-Hermitian perspective*  
Phys. Rev. A 95 (2017) 010103(1)–010103(5).
54. S. Singh, T. Slavicek, R. Hodak, **R. Versaci**, P. Pridal, D. Kumar  
*Absolute calibration of imaging plate detectors for electron kinetic energies between 150 keV and 1.75 MeV*  
Rev. Sci. Instrum. 88 (2017) 075105(1)–075105 (4).
55. R. L. Singh, C. Stehlé, F. Suzuki-Vidal, **M. Kozlová**, J. Larour, U. Chaulagain, T. Clayson, R. Rodriguez, J. M. Gil, **J. Nejd**, **M. Krůs**, **J. Dostal**, **R. Dudžák**, P. Barroso, O. Acef, M. Cotelo, P. Velarde  
*Experimental study of the interaction of two laser-driven radiative shocks at the PALS laser*  
High Energy Density Physics 23 (2017) 20–30.
56. M. Šmíd, I. Gallardo González, H. Ekerfelt, J. Björklund Svensson, M. Hansson, J. C. Wood, A. Persson, S. P. D. Mangles, O. Lundh, and **K. Falk**  
*Highly efficient angularly resolving x-ray spectrometer optimized for absorption measurements with collimated sources*  
Rev. Sci. Instrum. 88 (2017) 063102 (1)–063102 (8).
57. **M. Smrž**, **O. Novák**, **J. Mužík**, **H. Turčičová**, **M. Chyla**, **S. S. Nagisetty**, M. Vylvlečka, L. Roškot, **T. Miura**, J. Černohorská, **P. Sikocinski**, L. Chen, **J. Huynh**, **P. Severová**, **A. Pranovich**, **A. Endo**, **T. Mocek**  
*Advances in High-Power, Ultrashort Pulse DPSSL Technologies at HiLASE*  
Appl. Sci. 1016 (2017) 1–12.
58. J. Solanpaa, **M. F. Ciappina**, E. Rasanen  
*Optimal control of photoelectron emission by realistic waveforms*  
J. Mod. Opt. 64 (2017) 1784–1792.
59. L. Stanke, A. Thakur, M. Šmíd, Y. J. Gub, **K. Falk**  
*Optical simulations of laser focusing for optimization of laser betatron*  
JINST 12 (2017) P05004 (1)–P05004 (13).
60. **L. Stanke**, A. Thakur, M. Šmíd, Y. J. Gu, **K. Falk**  
*Optical simulations of laser focusing for optimization of laser betatron*  
JINST 12 (2017) P05004(1)–P05004(14).
61. N. Suarez, A. Chacon, J. A. Perez-Hernandez, J. Biegert, M. Lewenstein, **M. Ciappina**  
*High-order-harmonic generation in atomic and molecular systems*  
Phys. Rev. A 95 (2017) 033415(1)–033415(20).
62. F. Tavella, H. Hoppner, V. Tkachenko, **N. Medvedev**, F. Capotondi, T. Golz, Y. Kai, M. Manfreda, E. Pedersoli, M. J. Prandolini, N. Stojanovic, T. Tanikawa, U. Teubner, S. Toleikis, B. Ziaja  
*Soft x-ray induced femtosecond solid-to-solid phase transition*  
High Energy Density Physics 24 (2017) 22–27.
63. V. Tkachenko, **N. Medvedev**, V. Lipp, B. Ziaja  
*Picosecond relaxation of X-ray excited GaAs*  
High Energy Density Physics 24 (2017) 15–21.

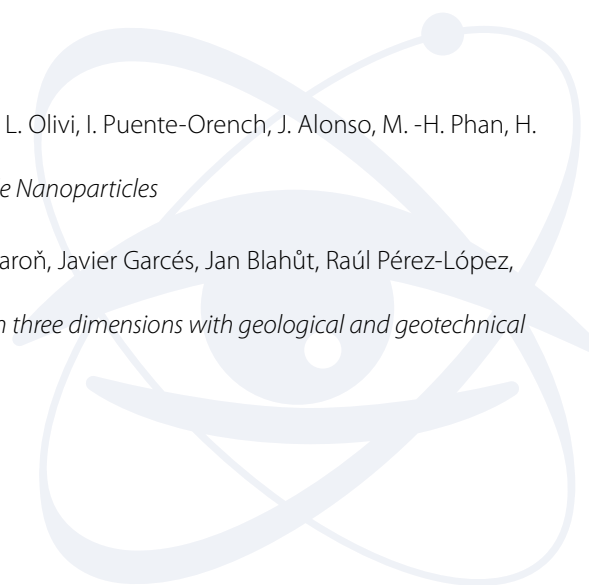


64. K. Tomanová, **M. Přeček**, V. Múčka, **L. Vyšín**, **L. Juha**, V. Čuba  
*At the crossroad of photochemistry and radiation chemistry: formation of hydroxyl radicals in diluted aqueous solutions exposed to ultraviolet radiation*  
 Phys. Chem. Chem. Phys. 19 (2017) 29402–29408.
65. **M. Toufarová**, **V. Hájková**, **J. Chalupský**, **T. Burian**, J. Vacík, **V. Vorlíček**, **L. Vyšín**, J. Gaudin, **N. Medvedev**, B. Ziaja, M. Nagasono, M. Yabashi, R. Sobierajski, J. Krzywinski, H. Sinn, M. Störmer, K. Koláček, K. Tiedtke, S. Toleikis, **L. Juha**  
*Contrasting behavior of covalent and molecular carbon allotropes exposed to extreme ultraviolet and soft x-ray free-electron laser radiation*  
 Phys. Rev. B 96 (2017) 214101(1)–214101(11).
66. A. Velyhan, L. Giuffrida, **V. Scuderi**, J. P. Perin, D. Chatain, S. Garcia, P. Bonnay, **J. Dostál**, J. Ullschmied, **R. Dudzak**, **E. Krouský**, J. Cykhardt, **J. Prokůpek**, **M. Pfeifer**, M. Rosinski, **J. Krása**, K. Brabcova, M. De Napoli, **T. Laštovička**, **D. Margarone**  
*Efficient production and diagnostics of MeV proton beams from a cryogenic hydrogen ribbon*  
 JINST 12 (2017) C06024(1)–C06024(4).
67. **G. Vieux**, S. Cipiccia, D. W. Grant, N. Lemos, P. Grant, C. Ciocarlan, B. Ersfeld, M. S. Hur, P. Lepipas, G. G. Manahan, G. Raj, D. Reboredo Gil, A. Subiel, G. H. Welsh, S. M. Wiggins, S. R. Yoffe, J. P. Farmer C. Aniculaesei, E. Brunetti, X. Yang, R. Heathcote, G. Nersisyan, C. L. S. Lewis, A. Pukhov, J. M. Dias, D. A. Jaroszynski  
*An ultra-high gain and efficient amplifier based on Raman amplification in plasma*  
 Sci. Rep. 7 (2017) 2399 (1)–2399 (10).
68. **D. Vojna**; R. Yasuhara; **O. Slezák**; J. Mužik; **A. Lucianetti**; **T. Mocek**  
*Verdet constant dispersion of CeF<sub>3</sub> in the visible and near-infrared spectral range*  
 Opt. Eng. 56 (2017) 067105-1–067105-4.
69. A. E. Volkov, K. Schwartz, N. **A. Medvedev**, C. Trautmann  
*Effect of ion velocity on creation of point defects halos of latent tracks in LiF*  
 Nucl. Instrum. Meth. B 407 (2017) 80(1)–085001(5).
70. **L. Vyšín**, K. Tomanová, T. Pavelková, R. Wagner, M. Davidková, V. Múčka, V. Čuba, **L. Juha**  
*Degradation of phospholipids under different types of irradiation and varying oxygen saturation*  
 Radiat Environ Biophys 56 (2017) 241–247.
71. H. Yanagisawa, **M. Ciappina**, Ch. Hafner, J. Schötz, J. Osterwalder, M. F. Kling  
*Optical Control of Young's Type Double-slit Interferometer for Laser-induced Electron Emission from a Nano-tip*  
 Sci. Rep. 7 (2017) 12661(1)–12661(9).
72. X. Yang, E. Brunetti, D. Reboredo Gil, G. H. Welsh, F. Y. Li, S. Cipiccia, B. Ersfeld, D. W. Grant, P. A. Grant, M. R. Islam, M. P. Tooley, **G. Vieux**, S. M. Wiggins, Z. M. Sheng, D. A. Jaroszynski  
*Three electron beams from a laser plasma wakefield accelerator and the energy apportioning question*  
 Sci. Rep. 7 (2017) 1(43910)–7(43910).
73. V. P. Zhukov, **N. M. Bulgakova**, M. P. Fedoruk  
*Nonlinear Maxwell's and Schrödinger equations for describing the volumetric interaction of femtosecond laser pulses with transparent solid dielectrics: Effect of the boundary conditions*  
 J. Opt. Tech. 84 (2017) 439–446.
74. A. Zoua, Y. Lia, Y. Chena, A. Angelova, V. Garamus, N. Lid, M. Drechsler, **B. Angelov**, Y. Gong  
*Self-assembled stable sponge-type nanocarriers for Brucea javanica oil delivery*  
 Colloid Surf. B-Biointerfaces 153 (2017) 310–319.

## Ostatní

1. A. Choukourov, O. Kylián, M. Petr, M. Vaidulych, D. Nikitin, J. Hanuš, **A. Artemenko**, A. Shelemin, **I. Gordeev**, Z. Kolská, P. Solář, I. Khalakhan, A. Ryabov, J. Májek, D. Slavínská, H. Biederman  
*RMS roughness-independent tuning of surface wettability by tailoring silver nanoparticles with a fluorocarbon plasma polymer*  
 Nanoscale 9 (2017) 2616–2625.

2. J. D. Clarkson, I. Fina, Z. Q. Liu, Y. Lee, J. Kim, C. Frontera, K. Cordero, S. Wisotzki, F. Sanchez, J. Sort, S. L. Hsu, C. Ko, L. Aballe, M. Foerster, J. Wu, H. M. Christen, J. T. Heron, D. G. Schlom, S. Salahuddin, N. Kioussis, J. Fontcuberta, **X. Martí** & R. Ramesh  
*Hidden Magnetic States Emergent Under Electric Field, In A Room Temperature Composite Magnetolectric Multiferroic*  
Sci. Rep. 7 (2017) 15460-1–15460-7.
3. K. Everschor-Sitte, M. Sitte, T. Valet, A. Abanov, **J. Sinova**  
*Skyrmion production on demand by homogeneous DC currents*  
New J. Phys. 19 (2017) 092001 -1–092001–5.
4. Ignasi Fina, Alberto Quintana, Jessica Padilla-Pantoja, **Xavier Martí**, Ferran Macià, Florencio Sánchez, Michael Foerster, Lucia Aballe, Josep Fontcuberta, Jordi Sort  
*Electric-Field-Adjustable Time-Dependent Magnetolectric Response in Martensitic FeRh Alloy*  
ACS Applied Materials and Interfaces 9 (2017) 15577–15582.
5. L. Hao, D. Meyers, C. Frederick, G. Fabbris, J. Yang, N. Traynor, L. Horak, **D. Kriegner**, Y. Choi, J-W. Kim, D. Haskel, P. J. Ryan, M. P. M. Dean, J. Liu  
*Two-Dimensional Jeff=1/2 Antiferromagnetic Insulator Unraveled from Interlayer Exchange Coupling in Artificial Perovskite Iridate Superlattices*  
Phys. Rev. Lett. 119 (2017) 027204-1–027204-6.
6. L. Horák, **D. Kriegner**, J. Liu, C. Frontera, **X. Martí**, V. Holý  
*Structure of epitaxial SrIrO3 perovskite studied by interference between X-ray waves diffracted by the substrate and the thin film*  
J. Appl. Crystallogr. 50 (2017) 385–398.
7. J. Kim, K. W Kim, H. Wang, **J. Sinova**, R. Q Wu  
*Understanding the Giant Enhancement of Exchange Interaction in Bi2Se3-EuS Heterostructures*  
Phys. Rev. Lett. 119 (2017) 027201-1–027201-5.
8. Kyoung-Whan Kim, Kyung-Jin Lee, **J. Sinova**, Hyun-Woo Lee, M. D. Stiles  
*Spin-orbit torques from interfacial spin-orbit coupling for various interfaces*  
Phys. Rev. B 96 (2017) 104438 -1–104438 -23.
9. **K. Kúsová**  
*Silicon Nanocrystals: From Indirect to Direct Bandgap*  
phys. status solidi a EarlyView (2017) 1700718–1700718(6).
10. H. P. Martins, R. J. O. Mossaneck, **X. Martí**, F. Sánchez, J. Fontcuberta, M. Abbate  
*Mn 3d bands and Y–O hybridization of hexagonal and orthorhombic YMnO3 thin films*  
Condens. Matter. Phys. 29 (2017) 295501-1–295501-6.
11. Dong Nguyen Thanh, Pavel Novák, **Jana Vejpravova**, Hong Nguyen Vu, Jaromír Lederer, Tasnim Munshi  
*Removal of copper and nickel from water using nanocomposite of magnetic hydroxyapatite nanorods*  
J. Magn. Magn. Mater. xx (2017) xx–xx.
12. U. Petralanda, **J. Hlinka**, I. Extebarria  
*Influence of epitaxial strain on multiple-mode compounds: The case of SrBi2Nb2O9*  
Phys. Rev. B 96 (2017) 144112(1)–144112(7).
13. **J. Pokorný**, J. Pokorný, **F. Borodavka**  
*Warburg effect—damping of electromagnetic oscillations*  
Electromagn. Biol. Med. 36 (2017) 270–278.
14. N. Rinaldi-Montes, P. Gorria, A. B. Fuertes, D. Martinez-Blanco, L. Olivi, I. Puente-Orench, J. Alonso, M. -H. Phan, H. Skrikanth, **X. Martí**, J. A. Blanco  
*Disclosure of Double Exchange Bias Effect in Chromium (III) Oxide Nanoparticles*  
IEEE Trans. Magn. 53 (2017) 2300204-1–2300204-4.
15. Natalia Rinaldi-Montes, Matt Rowberry, Carlos Frontera, Ivo Baroň, Javier Garcés, Jan Blahůt, Raúl Pérez-López, Christos Pennos, **Xavi Martí**  
*A contactless positioning system for monitoring discontinuities in three dimensions with geological and geotechnical applications*  
Rev. Sci. Instrum. 88 (2017) 074501-1–074501 -8.



16. D. R. Rodrigues, K. Everschor-Sitte, O. A. Tretiakov, **J. Sinova**, A. Abanov,  
*Spin texture motion in antiferromagnetic and ferromagnetic nanowires*  
Phys. Rev. B 95 (2017) 174408-1–174408-7.
17. M. Rodriguez-Vega, G. Schwiete, **J. Sinova**, E. Rossi  
*Giant Edelstein effect in topological-insulator-graphene heterostructures*  
Phys. Rev. B 96 (2017) 235419-1–235419-8.
18. T. Wagner, J. A. Haigh, **K. Olejník**, A. C. Irvine, **V. Novák**, **J. Wunderlich**  
*Noise-based approximation to thermal spin-injection in Fe/GaAs*  
Appl. Phys. Lett. 111 (2017) 142401-1–142401-5.
19. Y. Yamane; O. Gomony ; H. Velkov ; **J. Sinova**  
*Combined effect of magnetic field and charge current on antiferromagnetic domain-wall dynamics*  
Phys. Rev. B 96 (2017) 064408-1–064408-5.
20. Y. Yin, **J. Červenka**, N. V. Medhekar  
*Molecular dipole-driven electronic structure modifications of DNA/RNA nucleobases on graphene*  
J. Phys. Chem. Lett. 8 (2017) 3087–3094.
21. **J. Železný**, Y. Zhang, C. Felser, B. Yan  
*Spin-Polarized Current in Noncollinear Antiferromagnets*  
Phys. Rev. Lett. 119 (2017) 187204-1–187204-7.
22. H. Zhan, **J. Červenka**, S. Praver, D. J. Garrett  
*Electrical double layer at various electrode potentials: A modification by vibration*  
J. Phys. Chem. C 121 (2017) 4760–4764.
23. P. Zubko, H. Lu, C.-W. Bark, **X. Martí**, J. Santiso, C.-B. Eom, G. Catalan, A. Gruverman  
*On the persistence of polar domains in ultrathin ferroelectric capacitors*  
Condens. Matter. Phys. 29 (2017) 28400 -1–28400 -8.
24. J. Fiala, **Jiří J. Mareš**, **J. Šesták**  
*Reflections on how to evaluate the professional value of scientific papers and their corresponding citations*  
Scientometrics 112 (2017) 697–709.
25. **I. Bartoš**, **O. Romanyuk**, T. Paskova, **P. Jiříček**  
*Electron band bending and surface sensitivity: X-ray photoelectron spectroscopy of polar GaN surfaces*  
Surf. Sci. 664 (2017) 241–245.
26. B. de la Torre, **M. Švec**, **G. Foti**, O. Krejčí, **P. Hapala**, A. Garcia-Lekue, T. Frederiksen, R. Zbořil, A. Arnau, **H. Vázquez**,  
and **P. Jelínek**  
*Submolecular Resolution by Variation of the Inelastic Electron Tunneling Spectroscopy Amplitude and its Relation to the AFM/STM Signal*  
Phys. Rev. Lett. 119 (2017) 166001(1)–166001(6).
27. A. Golubeva, A. Sotnikov, A. Cichy, **J. Kuneš**, and W. Hofstetter,  
*Breaking of SU(4) symmetry and interplay between strongly-correlated phases in the Hubbard model*  
Phys. Rev. B 95 (2017) 125108(1)–125108(7).
28. **A. Hospodková**, **T. Hubáček**, **J. Oswald**, **J. Pangrác**, **K. Kuldová**, **M. Hývl**, **F. Dominec**, G. Ledoux, Ch. Dujardin  
*InGaN/GaN Structures: Effect of the Quantum Well Number on the Cathodoluminescent Properties*  
phys. status solidi b 2017 (2017) 1700464(1)–1700464(5).
29. **A. Hospodková**, **J. Oswald**, **M. Zíková**, **J. Pangrác**, **K. Kuldová**, K. Blažek, G. Ledoux, C. Dujardin, **M. Nikl**  
*On the correlations between the excitonic luminescence efficiency and the QW numbers in multiple InGaN/GaN QW structure*  
J. Appl. Phys. 121 (2017) 214505(1)–214505(8).
30. **A. Hospodková**, **J. Vyskočil**, **M. Zíková**, **J. Oswald**, **J. Pangrác**, **O. Petříček**  
*GaAsSb-capped InAs QD type-II solar cell structures — improvement by composition profiling of layers surrounding QD*  
Mater. Res. Express 4 (2017) 025502(1)–025502(8).
31. **T. Hubáček**, **A. Hospodková**, **J. Oswald**, **K. Kuldová**, **J. Pangrác**  
*Improvement of luminescence properties of GaN buffer layer for fast nitride scintillator structures*  
J. Cryst. Growth 464 (2017) 221–225.

32. J. Kameník, K. Dragounová, J. Kučera, Z. Brykmar, **V. Trepakov**, V. Strunga  
*Determination of vanadium in titanate-based ferroelectrics by INAA with discriminating gamma-ray spectrometry*  
J. Radioanal. Nucl. Chem. 310 (2017) 1–6.
33. **M. Klementová**, L. Krabáč, **P. Brázda**, **L. Palatinus**, V. Dřínek  
*Cu-Si nanoobjects prepared by CVD on Cu/Cu<sub>5</sub>Si-substrates using various precursors (SiH<sub>4</sub>, EtSiH<sub>3</sub>, BuSiH<sub>3</sub>) with added H<sub>2</sub> or air*  
J. Cryst. Growth 465 (2017) 6–11.
34. **M. Klinger**  
*More features, more tools, more CrystBox*  
J. Appl. Crystallogr. 50 (2017) 1226–1234.
35. Z. Kočí, K. Výborný, J. Dubišová, I. Vacková, A. Jäger, **O. Lunov**, K. Jiráková, Š. Kubinová  
*Extracellular Matrix Hydrogel Derived from Human Umbilical Cord as a Scaffold for Neural Tissue Repair and Its Comparison with Extracellular Matrix from Porcine Tissues*  
Tissue Eng. 23, 6 (2017) 333–345.
36. **V. Lavrentiev**, **D. Chvostova**, I. Lavrentieva, J. Vacik, Y. Daskal, M. Barchuk, D. Rafaja, **A. Dejneka**  
*Optical transitions and electronic interactions in self-assembled cobalt-fullerene mixture films*  
J. Phys. D-Appl. Phys. 5 (2017) 123–140.
37. M. Lunova, **A. Prokhorov**, M. Jirsa, M. Hof, A. Olžyńska, P. Jurkiewicz, Š. Kubinová, **O. Lunov**, **A. Dejneka**  
*Nanoparticle core stability and surface functionalization drive the mTOR signaling pathway in hepatocellular cell lines*  
Sci. Rep. 7 (2017) 16049(1)–16049(16) .
38. **J. J. Mareš**, **P. Hubík**, **V. Špička**  
*On relativistic transformation of temperature*  
Fortschr Phys 65 (2017) 1–13.
39. J. Onoda, **M. Ondráček**, **P. Jelínek**, Y. Sugimoto  
*Electronegativity determination of individual surface atoms by atomic force microscopy*  
Nat. Commun. 8 (2017) 15155(1)–15155(6).
40. P. Oswald, **L. Lejček**  
*Drag of a Cottrell atmosphere by an edge dislocation in a smectic-A liquid crystal*  
Eur. Phys. J. E 40 (2017) 84–93.
41. **V. Špička**, **B. Velický**, **A. Kalvová**  
*Non-equilibrium dynamics of open systems and fluctuation-dissipation theorems*  
Fortschr Phys 65 (2017) 1700032(1)–1700032(23).
42. **P. Štenclová**, V. Čeledová, **A. Artemenko**, **V. Jirásek**, **J. Jíra**, B. Rezek, **A. Kromka**  
*Surface chemistry of water-dispersed detonation nanodiamonds modified by atmospheric DC plasma afterglow*  
RSC Adv. 7 (2017) 38973–38980.
43. **A. Tarasenko**  
*Analytical approach for collective diffusion: One-dimensional lattice with the nearest neighbor and the next nearest neighbor lateral interactions*  
Physica E 95 (2017) 37–40.
44. **M. Uzhytchak**, **A. Lynnyk**, **V. Zablotskii**, N. M. Dempsey, A. L. Dias, M. Bonfim, M. Lunova, M. Jirsa, Š. Kubinová, **O. Lunov**, **A. Dejneka**  
*The use of pulsed magnetic fields to increase the uptake of iron oxide nanoparticles by living cells*  
Appl. Phys. Lett. 111 (2017) 243703(1)–243703(5).
45. **T. Vojtylová**, **V. Hamplová**, Z. Galewski, I. Korbecka, D. Sýkora  
*Chiral separation of novel diazenes on a polysaccharide-based stationary phase in the reversed-phase mode*  
J. Sep. Sci. 40 (2017) 1465–1469.
46. **J. Vyskočil**, **A. Hospodková**, **O. Petříček**, **J. Pangrác**, **M. Zíková**, **J. Oswald**, **A. Vetushka**  
*GaAsSb/InAs/(In)GaAs type II quantum dots for solar cell applications*  
J. Cryst. Growth 464 (2017) 64–68.



47. **M. Zíková, A. Hospodková, J. Pangrác, J. Oswald, E. Hulicius**  
*Comparison of MOVPE Grown GaAs, InGaAs and GaAsSb Covering Layers for Different InAs/GaAs Quantum Dot Applications*  
J. Cryst. Growth 464 (2017) 59–63.
48. **T. Azevedo, R. Lipinski Jusinskas**  
*Background constraints in the infinite tension limit of the heterotic string*  
JHEP 133 (2017) 1–23.
49. **T. Erler**  
*Superstring Field Theory and the Wess-Zumino-Witten Action*  
JHEP 1710 (2017) 057(1)–057(63).
50. **O. Hulík, T. Procházka, J. Raeymaekers**  
*Multi-centered AdS3 solutions from Virasoro conformal blocks*  
JHEP 1703 (2017) 129(1)–129(35).
51. **J. Raeymaekers, D. Van den Bleeken**  
*Chiral boundary conditions for singletons and W-branes*  
JHEP 1707 (2017) 049(1)–049(33).
52. **P. Zasche et al. (z FZÚ: J. Juryšek, M. Mašek, M. Prouza)**  
*V773 Cas, QS Aql, AND BR Ind: ECLIPSING BINARIES AS PARTS OF MULTIPLE SYSTEMS*  
Astron. J. 153 (2017) 39–45.
53. **T. G. Złośnik, C. Skordis**  
*Cosmology of the Galileon extension of Bekenstein's theory of relativistic modified Newtonian dynamics*  
Phys. Rev. D 95 (2017) 124023(1)–124023(16).

## 2.10.6 Patenty

### 1. I. Tomáš

*Způsob nedestruktivní indikace provozní degradace feromagnetického materiálu tlakových nádob a svědečný vzorek k jeho provádění*

Způsob nedestruktivní indikace provozní degradace feromagnetického materiálu tlakových nádob probíhá tak, že se do tlakové nádoby umístí nejméně jeden svědečný vzorek a v každém čase  $\tau$ , kdy bude stanoveno provést odečtení úrovně degradace materiálu této nádoby, se provede demagnetování a následně magnetování alespoň jednoho svědečného vzorku až do amplitudy  $A_0$  magnetizačního proudu, která je větší nebo rovna hodnotám amplitudových souřadnic  $A_{j1}, A_{j2}, A_{j3}, \dots$  použitých kalibračních křivek vybraných referenční zkouškou. Během tohoto magnetování je zaznamenáváno elektrické napětí indukované ve snímací cívce, načež se části zaznamenaných hodnot, popř. jejich derivace nebo jejich integrály, porovnají s kalibrační/mi křivkou/křivkami, která/é je/je jsou výslednicí referenční zkoušky. Svědečný vzorek k provádění tohoto způsobu má jádro s magneticky uzavřeným tvarem, je na něm navinuta alespoň jedna magnetizační cívka a alespoň jedna snímací cívka a je zhotovena z materiálu stejného jako plášť tlakové nádoby. Nejvýhodnější tvar je magneticky uzavřený prsten. Datum udělení patentu: 22. 11. 2017, číslo patentu: 307076

### 2. P. Straka, M. Divoký

*Zobrazující spektrograf*

Zobrazující spektrograf je tvořený první optickou soustavou (104), spektrální filtrační jednotkou, druhou optickou soustavou (124) a detektorem (114). Spektrální filtrační jednotka je tvořena alespoň jedním optickým filtrem (110), pro jehož umístění vůči oběma optickým soustavám (104, 124) platí a, kde  $z_1$  je vzdálenost zobrazovaného předmětu (102) od předmětového ohniska první optické soustavy (104),  $z_1'$  je vzdálenost filtru (110) od obrazového ohniska první optické soustavy (104),  $f_1$ , resp.  $f_1'$ , je předmětová, resp. obrazová, ohnisková vzdálenost první optické soustavy (104),  $z_2$  je vzdálenost filtru (110) od předmětového ohniska druhé optické soustavy (124),  $z_2'$  je vzdálenost detekční plochy detektoru (114) od obrazového ohniska druhé optické soustavy (124) a  $f_2$ , resp.  $f_2'$ , je předmětová, resp. obrazová, ohnisková vzdálenost druhé optické soustavy (124). Datum udělení patentu: 27. 09. 2017, číslo patentu: 307000

3. **L. Švandrlík, M. Smrž**

*Upínací systém pro nelineární optické prvky řízené elektrickým polem*

Upínací systém pro nelineární optické prvky (1) řízené elektrickým polem v provedení pro Pockelsovu celou je tvořen spodním a horním chladičem (5) opatřeným chladicím kanálkem (7) a přívodem chladicího média (9) pro odvod tepla mimo sestavu, přičemž tyto chladiče (5) jsou spolu s elektrodami (2) řízeně přitlačovány k optickému prvku (1) pružným elementem (10) se stavitelným předpětím (13) a zároveň jsou tyto spojovací prvky (12) odděleny izolačními prvky (11) a přívody napětí (3) jsou odděleny izolačními kryty (4) od ostatních součástí především adaptéru (14), který umožňuje začlenit celou sestavu do dalšího systému.

Datum udělení patentu: 15. 11. 2017, číslo patentu: 307066

4. **Z. Hubička, M. Čada, Š. Kment, J. Olejníček, P. Adámek, V. Straňák**

*Způsob měření depozičního nízkotlakého plazmatu s využitím vlnové rezonance elektronové cyklotronové vlny a zařízení k provádění tohoto způsobu*

Způsob měření depozičního nízkotlakého plazmatu s využitím vlnové rezonance elektronové cyklotronové vlny za účelem určení jeho parametrů, zejména koncentrace elektronů v plazmatu přiváděného do měřicího prostoru (1) vytvořeného ve vakuové komoře (2), spočívá v tom, že v měřicím prostoru (1), v němž je aplikováno regulovatelné stacionární pomocné magnetické pole (B), je pomocí vysokofrekvenčního buzení ze signálového vysokofrekvenčního generátoru (10) s nastavitelnou frekvencí generována pravotočivě polarizovaná elektronová cyklotronová vlna. Velikost její amplitudy je regulována tak, aby neovlivňovala měřené plazma. Jeho vlastnosti se současně měří minimálně dvěma vysokofrekvenčními magnetickými sondami (11). Ze získaných údajů se vyhodnocují a vypočítávají se parametry měřeného plazmatu. Dále je podstatou vynálezu zařízení k provádění tohoto způsobu.

Datum udělení patentu: 31. 05. 2017, číslo patentu: 306799

5. **M. Novotný, J. Bulíř, J. Lančok, P. Pokorný**

*Metoda přípravy vrstev černého hliníku, charakterizovaných vysokou optickou hustotou a nízkou odrazivostí, pomocí magnetronového naprašování, využití povlaku drahého kovu pro ochranu a vylepšení vlastností těchto vrstev a jejich aplikace pro tepelně absorpční pokrytí anod*

Předmětem navrhovaného patentu je metoda přípravy tenkých vrstev (2) „černého“ hliníku pomocí vakuové techniky magnetronového naprašování, využití povlaku (4) s vrstvou (3) drahého kovu pro ochranu a vylepšení vlastností těchto vrstev a aplikace tohoto povlaku pro tepelně absorpční pokrytí anod. Pro přípravu vrstev (2) je využit jako zdrojový materiál terč čistého hliníku a modifikace vlastností vrstev (3) je dosaženo vhodnou kombinací depozičních podmínek. Vrstvy (2) černého hliníku vykazují díky specifické nanostruktuře povrchu vynikající absorpční vlastnosti v ultrafialové (UV), viditelné a infračervené oblasti spektra elektromagnetického záření. Zvolená metoda umožňuje efektivně a levně připravovat tyto vrstvy na různé substráty (např. sklo, ocel) a je vhodná i pro pokrývání velkých ploch. Překrytí vrstvy (2) „černého“ hliníku tenkou vrstvou (3) drahého kovu umožňuje další vylepšení zmiňovaných vlastností a navíc poskytuje její ochranu.

Datum udělení patentu: 06. 12. 2017, číslo patentu: 307110

6. **P. Adámek, M. Čada, Z. Hubička, L. Jastrabík, Š. Kment, J. Olejníček**

*Způsob diagnostiky plazmatu s vyloučením měření narušených nestabilitami a přechodovými jevy v plazmatu a zařízení k provádění tohoto způsobu*

Způsob diagnostiky plazmatu s vyloučením měření narušených nestabilitami a přechodovými jevy v plazmatu je realizovaný na měřicím systému tvořeném vzájemně propojeným plazmochemickým reaktorem (1), do něhož je zavedena Langmuirova sonda (4), řídicím a měřicím blokem (6), řídicím počítačem (7) a generátorem (8) spouštěcích impulzů. Stav diagnostikovaného plazmatického objektu (5) je na výstupu z referenční a výbojové elektrody (3) nepřetržitě sledován a vyhodnocován ve vloženém blokovacím obvodu (9) pomocí filtrace a tvarování vstupních signálů (31) z referenční a výbojové elektrody (3), zachycující časové změny napětí ve výboji. Při zjištění vzniku nestabilit v plazmatickém objektu (5) jsou spouštěcí impulzy vysílány z generátoru (8) do řídicího a měřicího bloku (6) zablokovány do okamžiku ustálení nestabilit v plazmatickém objektu (5). Načež je obnoveno propouštění spouštěcích impulzů do řídicího a měřicího bloku (6). Podstatou vynálezu je i konstrukce zařízení k realizaci tohoto způsobu diagnostiky plazmatu.

Datum udělení patentu: 29. 11. 2017, číslo patentu: 307104

7. **J. Olejníček, J. Šmíd, Z. Hubička, P. Adámek, M. Čada, Š. Kment**

*Způsob řízení rychlosti depozice tenkých vrstev ve vakuovém vícetryskovém plazmovém systému a zařízení k provádění tohoto způsobu*

Způsob řízení rychlosti depozice tenkých vrstev ve vakuovém vícetryskovém plazmovém systému využívajícím plazmochemické reakce v aktivní zóně generovaného výboje a tvořeném alespoň jednou řadou plazmatických trysek (4), jejichž pracovní trubice (42) jsou zakončeny dutou katodou (44), jejíž ústí je ustaveno v blízkosti horní plochy nosné soupravy (2) s uloženým substrátem (3), kde podstata řešení spočívá v tom, že při depozici tenké vrstvy na substrát (3) je po samostatném zapálení výbojů v každé plazmové trysce (4) a při řízení jejich parametrů prostřednictvím vnějších zdrojů (6) napětí je teplota každé duté katody (44) bezkontaktně monitorována vlastním pyrometrem (8) a na základě vyhodnocení naměřených hodnot teploty a nastavených parametrů výboje je pomocí řídicí jednotky (9) regulován efektivní proud v každé z plazmatických trysek (4) tak, aby depoziční rychlosti všech dutých katod (44) plazmatických trysek (4) byly shodné. Podstatou vynálezu je rovněž zařízení k provádění způsobu řízení rychlosti depozice.

Datum udělení patentu: 13. 09. 2017, číslo patentu: 306980

## 2.10.7 Užité a průmyslové vzory

1. **R. Matějka, V. Procházka, T. Ižák, J. Štěpanovská, A. Kromka, M. Trávníčková, L. Bačáková**

*Kultivační komora pro in-vitro opticko-elektrické monitorování biologických kultur s impedančními opticky-transparentními diamantovými elektrodami*

Datum zápisu užitého vzoru: 18. 05. 2017, číslo užitého vzoru: 30691

2. **M. Horáček, L. Indra, J. T. Green**

*Vícekanálový vláknový systém distribuce signálního impulsu pro laserové zesilovače s frekvenčně rozmiřnými impulsy a vzájemnou femtosekundovou synchronizací*

Datum zápisu užitého vzoru: 07. 03. 2017, číslo užitého vzoru: 30454

3. **M. Rebarz, M. Kloz, S. J. Espinoza Herrera, C. D. Brooks**

*UV-VIS-NIR femtosekundový elipsometrický systém*

Datum zápisu užitého vzoru: 18. 07. 2017, číslo užitého vzoru: 30838

4. **T. Wiste**

*Vakuová optická komorová průchodka s vícenásobným portem*

Datum zápisu užitého vzoru: 06. 06. 2017, číslo užitého vzoru: 30731

5. **L. Havlák, V. Jarý, A. Bystřický, M. Nikl**

*Cirkadiánní zdroj bílého světla*

Datum zápisu užitého vzoru: 21. 03. 2017, číslo užitého vzoru: 30510

6. **M. Šmíd, K. Falk**

*Zařízení RTG absorpční spektrometrie optimalizované pro nízké toky fotonů*

Datum zápisu užitého vzoru: 15. 08. 2017, číslo užitého vzoru: 30920

7. **O. Churpita, A. Dejneka, Š. Kubinová**

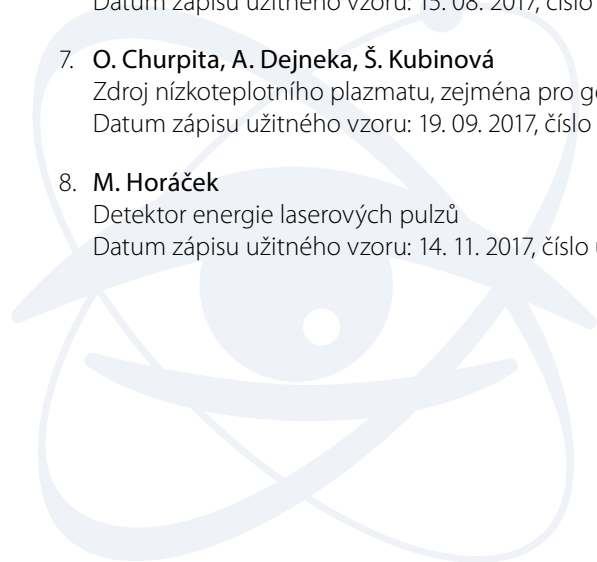
*Zdroj nízkoteplotního plazmatu, zejména pro generaci plazmatu při využití v medicínských bioaplikacích*

Datum zápisu užitého vzoru: 19. 09. 2017, číslo užitého vzoru: 31034

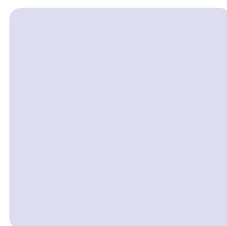
8. **M. Horáček**

*Detektor energie laserových pulzů*

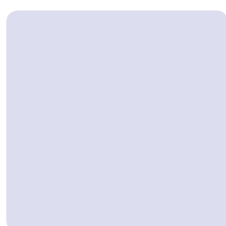
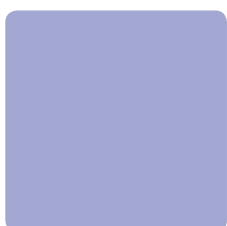
Datum zápisu užitého vzoru: 14. 11. 2017, číslo užitého vzoru: 31189







### 3. Ekonomická část výroční zprávy za rok 2017



**Zřizovatel: Akademie věd ČR**

**Rozvaha**

(v tis. Kč)

sestavena dle vyhl. 504/2002 Sb., ve znění pozdějších předpisů  
k **31. 12. 2017**

Název účetní jednotky:

Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i.

Sídlo: Na Slovance 1999/2, 182 21 Praha 8, Česká republika

IČ: 68378271

	Název	SU	čís. řád.	Stav	
				Stav k 01.01.17	Stav k 31.12.17
<b>A.</b>	<b>Dlouhodobý majetek celkem</b>			<b>7 289 582</b>	<b>7 839 203</b>
<b>I.</b>	<b>Dlouhodobý nehmotný majetek celkem</b>	<b>01</b>	<b>1</b>	<b>65 424</b>	<b>68 684</b>
	1. Nehmotné výsledky výzkumu a vývoje	012	2	0	0
	2. Software	013	3	58 207	55 406
	3. Ocenitelná práva	014	4	2 439	2 439
	4. Drobný dlouhodobý nehmotný majetek	018	5	4 002	3 703
	5. Ostatní dlouhodobý nehmotný majetek	019	6	0	0
	6. Nedokončený dlouhodobý nehmotný majetek	041	7	776	7 136
	7. Poskytnuté zálohy na dlouhodobý nehmotný majetek	051	8	0	0
<b>II.</b>	<b>Dlouhodobý hmotný majetek celkem</b>	<b>02+03</b>	<b>9</b>	<b>8 535 477</b>	<b>9 322 857</b>
	1. Pozemky	031	10	276 508	276 508
	2. Umělecká díla, předměty, sbírky	032	11	0	0
	3. Stavby	021	12	2 676 647	2 681 681
	4. Hmotné movité věci a jejich soubory	022	13	2 313 000	2 531 104
	5. Pěstitelské celky trvalých porostů	025	14	0	0
	6. Dospělá zvířata a jejich skupiny	026	15	0	0
	7. Drobný dlouhodobý hmotný majetek	028	16	66 309	60 597
	8. Ostatní dlouhodobý hmotný majetek	029	17	0	0
	9. Nedokončený dlouhodobý hmotný majetek	042	18	3 194 613	3 763 030
	10. Poskytnuté zálohy na dlouhodobý hmotný majetek	052	19	8 400	9 937
<b>III.</b>	<b>Dlouhodobý finanční majetek celkem</b>	<b>06</b>	<b>20</b>	<b>340</b>	<b>340</b>
	1. Podíly - ovládaná nebo ovládající osoba	061	21	0	0
	2. Podíly - podstatný vliv	062	22	0	0
	3. Dluhové cenné papíry	063	23	340	340
	4. Zápůjčky organizačním složkám	066	24	0	0
	5. Ostatní dlouhodobé zápůjčky	067	25	0	0
	6. Ostatní dlouhodobý finanční majetek	069	26	0	0
<b>IV.</b>	<b>Oprávky k dlouhodobému majetku celkem</b>	<b>07 - 08</b>	<b>28</b>	<b>-1 311 659</b>	<b>-1 552 678</b>
	1. Oprávky k nehmotným výsledkům výzkumu a vývoje	072	29	0	0
	2. Oprávky k softwaru	073	30	-38 348	-45 753
	3. Oprávky k ocenitelným právům	074	31	-2 071	-2 257
	4. Oprávky k drobnému dlouhodobému nehmotnému majetku	078	32	-4 002	-3 702
	5. Oprávky k ostatnímu dlouhodobému nehmotnému majetku	079	33	0	0
	6. Oprávky ke stavbám	081	34	-124 036	-177 427
	7. Oprávky k samost. hmot. mov. věcem a jejich souborům	082	35	-1 076 893	-1 262 942
	8. Oprávky k pěstitelským celkům trvalých porostů	085	36	0	0
	9. Oprávky k základnímu stádu a tažným zvířatům	086	37	0	0
	10. Oprávky k drobnému dlouhodobému hmotnému majetku	088	38	-66 309	-60 597
	11. Oprávky k ostatnímu dlouhodobému hmotnému majetku	089	39	0	0

<b>B.</b>		<b>Krátkodobý majetek celkem</b>		<b>40</b>	<b>297 871</b>	<b>819 225</b>
<b>I.</b>		<b>Zásoby celkem</b>	<b>11-13</b>	<b>41</b>	<b>13 429</b>	<b>14 702</b>
	1.	Materiál na skladě	112	42	13 051	12 815
	2.	Materiál na cestě	111,119	43	0	276
	3.	Nedokončená výroba	121	44	378	1 610
	4.	Polotovary vlastní výroby	122	45	0	0
	5.	Výrobky	123	46	0	1
	6.	Mladá a ostatní zvířata a jejich skupiny	124	47	0	0
	7.	Zboží na skladě a v prodejnách	132	48	0	0
	8.	Zboží na cestě	131,139	49	0	0
	9.	Poskytnuté zálohy na zásoby		50	0	0
<b>II.</b>		<b>Pohledávky celkem</b>	<b>31-39</b>	<b>51</b>	<b>65 219</b>	<b>46 175</b>
	1.	Odběratelé	311	52	2 537	6 277
	2.	Směnky k inkasu	312	53	0	0
	3.	Pohledávky za eskontované cenné papíry	313	54	0	0
	4.	Poskytnuté provozní zálohy	314	55	729	834
	5.	Ostatní pohledávky	316	56	300	127
	6.	Pohledávky za zaměstnanci	335	57	879	1 201
	7.	Pohledávky za institucemi sociálního zabezpečení a VZP	336	58	0	0
	8.	Daň z příjmů	341	59	1 569	0
	9.	Ostatní přímé daně	342	60	0	0
	10.	Daň z přidané hodnoty	343	61	0	17
	11.	Ostatní daně a poplatky	345	62	0	0
	12.	Nároky na dotace a ost. zúčtování se státním rozpočtem	346	63	9 430	0
	13.	Nároky na dotace a ost. zúčtování s rozpočt. orgánů ÚSC	x	64	0	0
	14.	Pohledávky za společníky sdruženými ve společnosti	358	65	0	0
	15.	Pohledávky z pevných termínových operací	373	66	0	0
	16.	Pohledávky z vydaných dluhopisů	375	67	0	0
	17.	Jiné pohledávky	378	68	20 674	691
	18.	Dohadné účty aktivní	388	69	29 101	37 028
	19.	Opravná položka k pohledávkám	391	70	0	0
<b>III.</b>		<b>Krátkodobý finanční majetek celkem</b>	<b>21 - 26</b>	<b>71</b>	<b>208 447</b>	<b>749 900</b>
	1.	Peněžní prostředky v pokladně	211	72	860	575
	2.	Ceniny	212	73	0	0
	3.	Peněžní prostředky na účtech	221	74	207 587	749 325
	4.	Majetkové cenné papíry k obchodování	251	75	0	0
	5.	Dluhové cenné papíry k obchodování	253	76	0	0
	6.	Ostatní cenné papíry	254	78	0	0
	7.	Peníze na cestě	262	79	0	0
<b>IV.</b>		<b>Jiná aktiva celkem</b>	<b>38</b>	<b>81</b>	<b>10 776</b>	<b>8 448</b>
	1.	Náklady příštích období	381	82	10 752	8 414
	2.	Příjmy příštích období	385	83	24	34
<b>A+B</b>		<b>Aktiva celkem</b>		<b>85</b>	<b>7 587 453</b>	<b>8 658 428</b>

<b>A.</b>		<b>Vlastní zdroje celkem</b>		<b>86</b>	<b>7 458 527</b>	<b>8 453 129</b>
<b>I.</b>		<b>Jmění celkem</b>	<b>90-92</b>	<b>87</b>	<b>7 455 599</b>	<b>8 452 954</b>
	1.	Vlastní jmění	901	88	7 303 578	7 853 199
	2.	Fondy	91	89	131 828	603 941
	3.	Oceňovací rozdíly z přecenění finanč. majetku a závazků	921	90	20 193	-4 186
<b>II.</b>		<b>Výsledek hospodaření celkem</b>	<b>93-96</b>	<b>91</b>	<b>2 928</b>	<b>175</b>
	1.	Účet výsledku hospodaření	963	92	2 928	175
	2.	Výsledek hospodaření ve schvalovacím řízení	931	93	0	0
	3.	Nerozdělený zisk, neuhrazená ztráta minulých let	932	94	0	0
<b>B.</b>		<b>Cizí zdroje celkem</b>		<b>95</b>	<b>128 926</b>	<b>205 299</b>
<b>I.</b>		<b>Rezervy celkem</b>	<b>94</b>	<b>96</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
	1.	Rezervy	941	97	0	0
<b>II.</b>		<b>Dlouhodobé závazky celkem</b>	<b>38, 95</b>	<b>98</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
	1.	Dlouhodobé úvěry	951	99	0	0
	2.	Vydané dluhopisy	953	100	0	0
	3.	Závazky z pronájmu	954	101	0	0
	4.	Přijaté dlouhodobé zálohy	952	102	0	0
	5.	Dlouhodobé směnky k úhradě	x	103	0	0
	6.	Dohadné účty pasivní	389	104	0	0
	7.	Ostatní dlouhodobé závazky	958	105	0	0
<b>III.</b>		<b>Krátkodobé závazky celkem</b>	<b>28-38</b>	<b>106</b>	<b>118 745</b>	<b>200 839</b>
	1.	Dodavatelé	321	107	14 883	27 621
	2.	Směnky k úhradě	322	108	0	0
	3.	Přijaté zálohy	324	109	485	481
	4.	Ostatní závazky	325	110	10	0
	5.	Zaměstnanci	331	111	37 518	42 235
	6.	Ostatní závazky vůči zaměstnancům	333	112	563	233
	7.	Závazky k institucím sociálního zabezpečení a VZP	336	113	22 262	25 353
	8.	Daň z příjmů	341	114	0	2
	9.	Ostatní přímé daně	342	115	7 747	8 814
	10.	Daň z přidané hodnoty	343	116	34 701	19 609
	11.	Ostatní daně a poplatky	345	117	4	2
	12.	Závazky ze vztahu k státnímu rozpočtu	347	118	0	71 466
	13.	Závazky ze vztahu k rozpočtu ÚSC	x	119	0	0
	14.	Závazky z upsaných nesplacených cenných papírů a podílů	367	120	0	0
	15.	Závazky ke společníkům sdruženým ve společnosti	368	121	0	0
	16.	Závazky z pevných termínových operací a opcí	373	122	0	0
	17.	Jiné závazky	379	123	475	4 945
	18.	Krátkodobé úvěry	231	124	0	0
	19.	Eskontní úvěry	282	125	0	0
	20.	Vydané krátkodobé dluhopisy	283	126	0	0
	21.	Vlastní dluhopisy	284	127	0	0
	22.	Dohadné účty pasivní	389	128	97	78
	23.	Ostatní krátkodobé finanční výpomoci	289	129	0	0
<b>IV.</b>		<b>Jiná pasiva celkem</b>	<b>38</b>	<b>130</b>	<b>10 181</b>	<b>4 460</b>
	1.	Výdaje příštích období	383	131	10 181	3 186
	2.	Výnosy příštích období	384	132	0	1 274
<b>A+B</b>		<b>Pasiva celkem</b>		<b>134</b>	<b>7 587 453</b>	<b>8 658 428</b>

Předmět činnosti: Vědecký výzkum v oblasti fyziky

Rozvahový den: 31. 12. 2017

Ing. Eva Ševčíková



.....  
podpis a jméno  
sestavil

Datum sestavení: 28. 3. 2018

RNDr. Michael Prouza, Ph.D.



.....  
podpis a jméno  
odpovědně osoby

**Fyzikální ústav AV ČR**  
veřejná výzkumná instituce  
182 21 Praha 8, Na Slovance 2

.....  
otisk razítka



**Zřizovatel: Akademie věd ČR**

## Výkaz zisku a ztráty

(v tis. Kč)

sestavený dle vyhl. 504/2002 Sb., ve znění pozdějších předpisů  
k **31. 12. 2017**

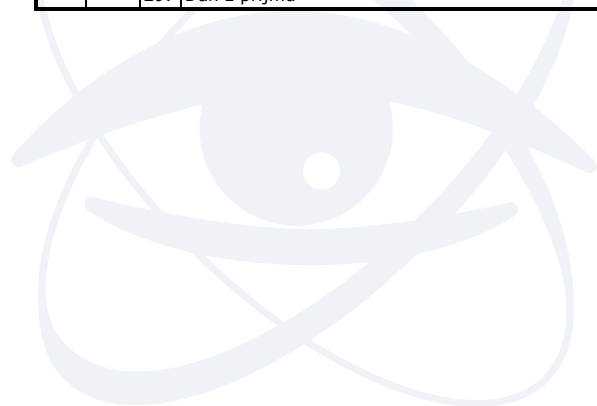
Název účetní jednotky:

Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i.

Sídlo: Na Slovance 1999/2, 182 21 Praha 8, Česká republika

IČ: 68378271

	Název ukazatele	SÚ	čís. řád.	Činnost		
				hlavní 1	další 2	jiná 3
<b>A.</b>	<b>Náklady</b>		<b>1</b>	<b>1 464 892</b>	<b>0</b>	<b>5 969</b>
<b>I.</b>	<b>Spotřebované nákupy celkem</b>	<b>50+51</b>	<b>2</b>	<b>340 248</b>	<b>0</b>	<b>1 984</b>
	1. Spotřeba materiálu, energie a ostatních neskladovaných látek	501-503	3	142 422	0	1 350
	2. Prodané zboží	504	4	0	0	0
	3. Opravy a udržování	511	5	13 589	0	254
	4. Náklady na cestovné	512	6	48 312	0	299
	5. Náklady na reprezentaci	513	7	1 172	0	0
	6. Ostatní služby	518, 514	8	134 753	0	81
<b>II.</b>	<b>Změny stavu zásob vlastní činnosti a aktivace</b>	<b>56+57</b>	<b>9</b>	<b>-3 092</b>	<b>0</b>	<b>268</b>
	7. Změna stavu zásob vlastní činnosti	56	10	-1 500	0	268
	8. Aktivace materiálu, zboží a vnitroorganizačních služeb	571, 572	11	-1 592	0	0
	9. Aktivace dlouhodobého majetku	573, 574	12	0	0	0
<b>III.</b>	<b>Osobní náklady</b>	<b>52</b>	<b>13</b>	<b>817 890</b>	<b>0</b>	<b>1 910</b>
	10. Mzdové náklady	521,3	14	594 837	0	1 442
	11. Zákonné sociální pojištění	524	15	196 575	0	442
	12. Ostatní sociální pojištění	525	16	0	0	0
	13. Zákonné sociální náklady	527	17	26 478	0	26
	14. Ostatní sociální náklady	528	18	0	0	0
<b>IV.</b>	<b>Daně a poplatky</b>	<b>53</b>	<b>19</b>	<b>327</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
	15. Daně a poplatky	53	20	327	0	0
<b>V.</b>	<b>Ostatní náklady</b>	<b>54</b>	<b>21</b>	<b>34 382</b>	<b>0</b>	<b>948</b>
	16. Smluvní pokuty, úroky z prodlení, ostatní pokuty a penále	541, 542	22	149	0	0
	17. Odpis nedobytné pohledávky	543	23	0	0	0
	18. Nákladové úroky	544	24	6	0	0
	19. Kurzové ztráty	545	25	14 261	0	71
	20. Dary	546	26	0	0	0
	21. Manka a škody	548	27	10	0	0
	22. Jiné ostatní náklady	547, 549	28	19 956	0	877
<b>VI.</b>	<b>Odpisy, prodaný majetek, tvorba a použití rezerv a opr.položek</b>	<b>55</b>	<b>29</b>	<b>275 137</b>	<b>0</b>	<b>859</b>
	23. Odpisy dlouhodobého majetku	551	30	274 836	0	859
	24. Prodaný dlouhodobý majetek	552	31	301	0	0
	25. Prodané cenné papíry a podíly	553	32	0	0	0
	26. Prodaný materiál	554	33	0	0	0
	27. Tvorba a použití rezerv a opravných položek	556, 559	34	0	0	0
<b>VII.</b>	<b>Poskytnuté příspěvky</b>	<b>58</b>	<b>38</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
	28. Poskytnuté člen. příspěvky a příspěvky zúčt. mezi organiz. složkami	581	39	0	0	0
<b>VIII.</b>	<b>Daň z příjmů</b>	<b>59</b>	<b>40</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
	29. Daň z příjmů	59	41	0	0	0



	Název ukazatele	SÚ	čís. řád.	Činnost		
				hlavní	další	jiná
				1	2	3
<b>B.</b>	<b>Výnosy</b>		<b>1</b>	<b>1 464 795</b>	<b>0</b>	<b>6 241</b>
<b>I.</b>	<b>Provozní dotace</b>	<b>69</b>	<b>2</b>	<b>1 094 502</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
	1. Provozní dotace	691	3	1 094 502	0	0
<b>II.</b>	<b>Přijaté příspěvky</b>	<b>68</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
	2. Přijaté příspěvky zúčtované mezi organizačními složkami		7	0	0	0
	3. Přijaté příspěvky (dary)	681	8	0	0	0
	4. Přijaté členské příspěvky	682	9	0	0	0
<b>III.</b>	<b>Tržby za vlastní výkony a za zboží</b>	<b>60</b>	<b>11</b>	<b>3 687</b>	<b>0</b>	<b>6 239</b>
<b>IV.</b>	<b>Ostatní výnosy</b>	<b>64</b>	<b>16</b>	<b>366 448</b>	<b>0</b>	<b>2</b>
	5. Smluvní pokuty, úroky z prodlení, ostatní pokuty a penále	641, 642	17	7 257	0	0
	6. Platby za odepsané pohledávky	643	18	0	0	0
	7. Výnosové úroky	644	19	105	0	0
	8. Kurzové zisky	645	20	2 423	0	2
	9. Zúčtování fondů	648	21	79 372	0	0
	10. Jiné ostatní výnosy	649	22	277 291	0	0
<b>V.</b>	<b>Tržby z prodeje majetku</b>	<b>65</b>	<b>24</b>	<b>158</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
	11. Tržby z prodeje DNM a DHM	651	25	158	0	0
	12. Tržby z prodeje cenných papírů a podílů	653	26	0	0	0
	13. Tržby z prodeje materiálu	654	27	0	0	0
	14. Výnosy z krátkodobého finančního majetku	655	28	0	0	0
	15. Výnosy z dlouhodobého finančního majetku	657	29	0	0	0
<b>C.</b>	<b>Výsledek hospodaření před zdaněním</b>		<b>38</b>	<b>-97</b>	<b>0</b>	<b>272</b>
<b>D.</b>	<b>Výsledek hospodaření po zdanění</b>		<b>40</b>	<b>-97</b>	<b>0</b>	<b>272</b>

Předmět činnosti: Vědecký výzkum v oblasti fyziky	Datum sestavení: 28. 3. 2018
Rozvahový den: 31. 12. 2017	
Inq. Eva Ševčíková	RNDr. Michael Prouza, Ph.D.
	
..... podpis a jméno sestavitel	..... podpis a jméno odpovědné osoby
	<b>Fyzikální ústav AV ČR</b> veřejná výzkumná instituce 182 21 Praha 8, Na Slovance 2 - 1 - osk razítka



**Příloha k účetní závěrce v plném rozsahu k 31. 12. 2017**

**I.  
Obecné údaje**

- 1.** **Název účetní jednotky:** Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i. (dále jen "FZÚ")  
**DIČ:** CZ68378271  
**Sídlo:** Na Slovance 1999/2, 182 21 Praha 8  
**Právní forma:** veřejná výzkumná instituce

**Vznik a údaj o zápisu do rejstříku v. v. i.**

- Pracoviště bylo zřízeno usnesením 26. zasedání prezidia Československé akademie věd ze dne 18. prosince 1953 s účinností od 1. ledna 1954 pod názvem Fyzikální ústav ČSAV. Ve smyslu § 18 odst. 2 zákona č. 283/1992 Sb. se stalo pracovištěm Akademie věd České republiky s účinností ke dni 31. prosince 1992.
- Na základě zákona č. 341/2005 Sb. se právní forma FZÚ dnem 1. ledna 2007 změnila ze státní příspěvkové organizace na veřejnou výzkumnou instituci.
- Zápis FZÚ do rejstříku veřejných výzkumných institucí byl proveden k 1. 1. 2007.

**Rozhodující předmět činnosti:** Vědecký výzkum v oblasti fyziky, zejména fyziky elementárních částic, kondenzovaných systémů, plazmatu a optiky.

**Zřizovatel:** Akademie věd České republiky  
se sídlem Národní 1009/3, 117 20 Praha 1

**Datum vzniku:** 01.01.2007

**Rozvahový den:** 31.12.2017

**2. Organizační struktura instituce a její zásadní změny během účetního období:**

Organizačními útvary FZÚ jsou:

- a) centrální úsek,
- b) technicko-hospodářská správa (THS),
- c) vědecké sekce (6),
- d) výzkumná, podpůrná a administrativní oddělení,
- e) laboratoře a samostatné technické úseky.

Centrální úsek tvoří:

- a) interní auditor,
- b) BOZP a PO,
- c) sekretariát ředitele,
- d) vědecká knihovna Na Slovance,
- e) oddělení síťování a výpočetní techniky.

THS tvoří:

- a) oddělení personální a mzdové,
- b) oddělení finanční účtárny,
- c) oddělení provozní účtárny a rozpočtu,
- d) oddělení zásobování a dopravy,
- e) oddělení technicko-provozní.

Vědecká činnost FZÚ se provádí ve vědeckých sekcích:

**1. Sekce fyziky elementárních částic**

Výzkumná oddělení:

- astročásticové fyziky,
- experimentální fyziky částic,
- teorie a fenomenologie částic,
- vývoje detektorů a zpracování dat.

## 2. Sekce fyziky kondenzovaných látek

Výzkumná oddělení:

- magnetických měření a materiálů,
- dielektrik,
- materiálové analýzy,
- funkčních materiálů,
- teorie kondenzovaných látek,
- chemie.

## 3. Sekce fyziky pevných látek

Výzkumná oddělení:

- polovodičů,
- spintroniky a nanoelektroniky,
- strukturní analýzy,
- magnetik a supravodičů,
- tenkých vrstev a nanostruktur,
- optických materiálů.

Podpůrná oddělení:

- vědecké knihovny v Cukrovarnické,
- mechanických dílen v Cukrovarnické.

Administrativní oddělení:

- technicko-hospodářských služeb v Cukrovarnické.

## 4. Sekce optiky

Výzkumná oddělení:

- analýzy funkčních materiálů,
- optických a biofyzikálních systémů,
- nízkoteplotního plazmatu,
- společná laboratoř optiky (SLO).

Podpůrné oddělení:

- optických a mechanických dílen Na Slovance.

## 5. Sekce výkonových systémů

Výzkumná oddělení:

- radiační a chemické fyziky,
- centrum HiLASE.

Podpůrná oddělení:

- technické podpory.

Oddělení 53 Centrum HILASE se nachází v Dolních Břežanech. Jeho mezinárodní tým se zabývá vývojem laserových technologií pro high-tech průmysl. Výzkumné centrum získalo v roce 2016 prestižní projekt HILASE Centre of Excellence v rámci historicky první výzvy programu Evropské komise Horizon 2020 "WIDESPREAD Teaming". V roce 2017 pokračovala realizace tohoto společného projektu FZÚ a Science and Technology Facilities Council (STFC) z Velké Británie. Cílem je přeměnit HILASE do roku 2022 na Centrum Excellence v oblasti aplikačně orientovaného laserového výzkumu a vývoje. V partnerství s STFC dojde k modernizaci stávajících laserových technologií centra a k rozšíření nabídky VaV služeb pro externí uživatele podle jejich skutečných potřeb. Dalším cílem je zajištění dlouhodobé finanční stability centra založené na kvalitním managementu, vícezdrojovém financování a otevřenosti vůči uživatelům z řad vědecko-výzkumných institucí a hi-tech průmyslu.

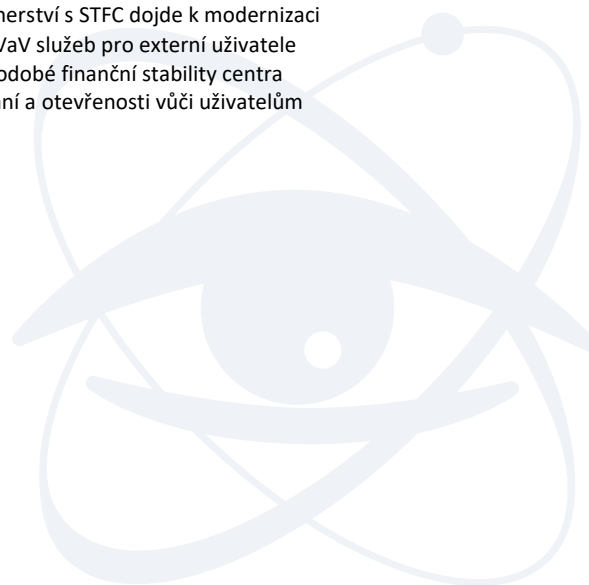
## 9. Sekce realizace projektu ELI Beamlines

Výzkumná oddělení:

- laserových systémů,
- experimentálních programů Beamlines,
- systémového inženýrství.

Podpůrná oddělení:

- konstrukční a projekční podpory,
- financování a monitoringu,
- akvizice a logistiky,



- řízení projektu,
- transferu technologií.

V roce 2017 probíhala 2. fáze realizace projektu ELI a bylo zahájeno jednání o jeho dalším prodloužení z důvodů zpoždění dodávky laserového systému L4 a problematice dokončování připravenosti hal pro instalace. Závěrem roku došlo k prodloužení projektu do konce roku 2018. V červnu byl přivezen laserový systém L3, aby v září byla zahájena jeho instalace ve spolupráci s americkým dodavatelem. Byly dodány některé z experimentálních stanic a probíhala jejich instalace v experimentálních halách. Systém L1 byl kompletně přestěhován z prostor FZÚ Na Slovance, Praha 8 a byla zahájena jeho instalace v laserové hale L1 v Dolních Břežanech.

### 3. Jména a příjmení členů statutárních orgánů ke konci účetního období:

jmeno a příjmení	funkce
RNDr. Michael Prouza, Ph.D.	ředitel

Rada FZÚ, v. v. i.	funkce
doc. Ing. Martin Nikl, CSc.	předseda
Ing. Tomáš Mocek, Ph.D.	místopředseda
RNDr. Antonín Fejfar, CSc.	interní člen
Ing. Alexandr Dejneka, Ph.D.	interní člen
RNDr. Stanislav Kamba, CSc.	interní člen
Mgr. Jindřich Kolorenč, Ph.D.	interní člen
RNDr. Jiří J. Mareš, CSc.	interní člen
prof. Jan Řídký, DrSc.	interní člen
prof. Ing. Pavel Lejček, DrSc.	interní člen
RNDr. Michael Prouza, Ph.D.	interní člen
doc. RNDr. Zdeněk Doležal, Dr.	externí člen
Mgr. Jindřich Houzvička, Ph.D.	externí člen
doc. RNDr. František Chmelík, CSc.	externí člen
prof. RNDr. Zdeněk Samec, DrSc.	externí člen
Ing. Oldřich Schneeweiss, DrSc.	externí člen
RNDr. Jiří Rameš, CSc.	tajemník

Dozorčí rada FZÚ, v. v. i.	funkce
RNDr. Jan Šafanda, CSc.	předseda
Ing. Ivan Gregora, CSc.	místopředseda
prof. Ing. Tomáš Čechák, CSc.	člen
RNDr. Vladimír Wagner, CSc.	člen
Ing. Jiří Plešek, CSc.	člen
prof. RNDr. Ladislav Skrbek, DrSc.	člen
Ing. Miroslav Hořejší	tajemník

Člen Rady FZÚ Mgr. Jindřich Houzvička, Ph.D. je současně jednatelem společnosti Crytur, s. r. o., IČ 25296558, s níž FZÚ uzavřel v roce 2017 několik obchodních smluv, resp. objednávek (dodavatelských i odběratelských), z nichž celkové plnění představuje 839 tis. Kč včetně DPH.

Kromě výše uvedené skutečnosti vedení FZÚ není známo, že by některý ze členů řídicích, kontrolních orgánů a jejich rodinných příslušníků měl účast v osobách, s nimiž organizace uzavřela za účetní období roku 2017 obchodní smlouvy nebo jiné smluvní vztahy. Členům řídicích a kontrolních orgánů organizace nebyly poskytnuty v účetním období 2017 žádné zálohy, závadvky nebo úvěry.

## II.

### Informace o použitých účetních metodách, obecných účetních zásadách a způsobech oceňování

#### 1. Obecné účetní zásady

Při vedení účetnictví a sestavování účetní závěrky postupoval FZÚ v souladu se zákonem 563/1991 Sb., o účetnictví ve znění pozdějších předpisů, vyhláškou 504/2002 Sb., kterou se provádějí některá ustanovení zákona č. 563/1991 Sb., o účetnictví, ve znění pozdějších předpisů, pro účetní jednotky, u kterých hlavním předmětem činnosti není podnikání, pokud účtují v soustavě podvojného účetnictví

a českých účetních standardů č. 401 – 414, pro účetní jednotky, které účtují podle vyhlášky 504/2002 Sb. ve znění pozdějších předpisů, a to v plném rozsahu za použití informačního systému iFIS firmy BBM.

Účetním obdobím je kalendářní rok.

Vedeny jsou agendy	
Účetnictví	
Finance	pokladna, banka, závazky, pohledávky,
Majetek	
Zásoby	

FZÚ je měsíčním plátcem DPH.

Činnosti: hlavní a jiná

U všech dokladů je přiložen doklad o účtování a podpis odpovědných osob.

Všechny doklady jsou řádně archivovány.

## 2. Způsoby oceňování

Druhy aktiv	ocenění:
Materiál, zásoby	pořizovací cena
Nedokončená výroba	vlastní náklady
Výrobky	vlastní náklady
DHM nakoupený	pořizovací cena
DHM vytvořený vlastní činností	vlastní náklady
DNM nakoupený	pořizovací cena
Bezplatně získaný DHM	reprodukční pořizovací cena
Cenné papíry a majetkové účasti	reálná hodnota
Deriváty	reálná hodnota
Pohledávky	jmenovitá hodnota
Finanční majetek(pokladna, banka)	jmenovitá hodnota

FZÚ je vlastníkem 34% podílu ve společnosti CARDAM, s. r. o. v hodnotě 340 000,- Kč.

CARDAM s. r. o., IČ: 05437032, se sídlem v Dolních Břežanech, Pražská 636, PSČ 252 41 byla zapsána do obchodního rejstříku 30. 9. 2016. Předmětem podnikání je výroba, obchod a služby neuvedené v přílohách č. 1 až 3 živnostenského zákona a dále vývoj zbraní. Dalšími společníky se stejným podílem 33 % jsou Česká zbrojovka, a. s., IČ: 463 45 965 a společnost BENEŠ a LÁT a. s., IČ 257 24 304.

## 3. Druhy nákladů souvisejících s pořízením zásob:

doprava, clo, DPH, pojistné, provize apod.

## 4. Způsob stanovení opravných položek k majetku

FZÚ k datu účetní závěrky nevykazuje.

## 5. Způsob sestavení odpisových plánů pro DM a použité odpisové metody při stanovení odpisů

Odpisy jsou prováděny měsíčně ve výši 1/12 roční odpisové sazby u hmotného i nehmotného majetku.

Majetek FZÚ je zařazen do odpisových skupin podle přílohy č. 1 zákona č. 586/1992 Sb.

a je odepisován rovnoměrně. Použité odpisové sazby jsou stanoveny Odpisovým plánem.

## 6. Způsob uplatnění při přepočtu údajů v cizích měnách na českou měnu

FZÚ používá pro ocenění majetku a závazků v zahraniční měně denní kurs ČNB.

V průběhu roku se účtuje pouze o realizovaných kurzových ziscích a ztrátách.

Aktiva a pasiva v zahraniční měně jsou k rozvahovému dni přepočítávány podle oficiálního kurzu ČNB k 31. 12. daného roku.

Kurzové rozdíly z ocenění finančních účtů, pohledávek, závazků, úvěrů a finančních výpomocí se účtují k datu účetní závěrky výsledkově na účet kurzových rozdílů.

## 7. Podstatné změny způsobů oceňování oproti předchozímu účetnímu období

Od roku 2012 je zavedena metodika Full Cost jako nezbytná podmínka realizace projektů ELI a HiLASE.

Pro použití v roce 2017 byly dle platné metodiky využity vstupní údaje roku 2016.

8. **Podstatné změny způsobů oceňování oproti požadavkům § 24-27 Zákona o účetnictví**  
Způsoby oceňování odpovídají požadavkům Zákona o účetnictví.
9. **Podstatné změny způsobů odpisování oproti požadavkům § 28 Zákona o účetnictví**  
Způsoby odpisování odpovídají požadavkům Zákona o účetnictví.
10. **Podstatné změny postupů účtování oproti požadavkům § 4 Zákona o účetnictví**  
Postupy účtování odpovídají požadavkům Zákona o účetnictví.

III.

**Doplňující informace k rozvaze a výkazu zisku a ztráty**  
Údaje jsou v tisících Kč

1. **Účet 022 - Samostatné movité věci a soubory movitých věcí a 082 - Oprávky k samostatným movitým věcem**

Skupina majetku	2017			2016		
	Vstupní cena (022)	Oprávky (082)	Zůstatková cena	Vstupní cena (022)	Oprávky (082)	Zůstatková cena
<b>Celkem, v tom</b>	<b>2 531 104</b>	<b>1 262 942</b>	<b>1 268 162</b>	<b>2 313 000</b>	<b>1 076 894</b>	<b>1 236 106</b>
Dopravní prostředky	7 496	3 430	4 066	7 643	3 458	4 185
Inventář	6 614	2 381	4 233	6 368	2 025	4 343
Předměty z drahých kovů	14 407	12 649	1 758	14 407	12 447	1 960
Stroje, přístroje a zařízení	2 315 786	1 124 133	1 191 653	2 172 099	1 002 776	1 169 323
Výpočetní technika	186 801	120 349	66 452	112 483	56 188	56 295

2. **Dlouhodobý nehmotný majetek**

Skupina majetku	2017			2016		
	Vstupní cena (022)	Oprávky (082)	Zůstatková cena	Vstupní cena (022)	Oprávky (082)	Zůstatková cena
<b>Celkem, v tom:</b>	<b>60 646</b>	<b>40 420</b>	<b>20 226</b>	<b>60 646</b>	<b>40 420</b>	<b>20 226</b>
Ocenitelná práva	2 439	2 072	367	2 439	2 257	182
Software	58 207	38 348	19 859	55 406	45 753	9 653

3. **Nedokončený dlouhodobý majetek**

Skupina majetku	2017			
	Stav k 1.1.	Pořízeno	Vyřazeno z nedokonč. majetku	Zůstatek k 31.12.
<b>Celkem, v tom:</b>	<b>3 194 613</b>	<b>817 215</b>	<b>248 798</b>	<b>3 763 030</b>
Nedok. dl. nehmotný maj. (041)	776	6 864	504	7 136
Nedok. dl. hmotný maj. (042)	3 195 389	824 079	249 302	3 770 166

4. **Přehled přírůstků a úbytků dlouhodobého majetku dle skupin**

Skupina majetku	2017			
	Stav k 1.1.	Pořízeno	Vyřazeno	Zůstatek k 31.12.
Software	58 207	500	3 301	55 406
Ocenitelná práva	2 439	0	0	2 439
Drobný dlouhodobý nehm. majetek	4 002	0	300	3 702
Nedok. dlouhodobý nehmotný maj.	776	6 864	504	7 136
Pozemky	276 508	0	0	276 508
Stavby	2 676 647	5 033	0	2 681 680
Dopravní prostředky	7 643	889	1 036	7 496
Inventář	6 368	340	95	6 613
Předměty z drahých kovů	14 407	0	0	14 407
Stroje, přístroje a zařízení	2 172 099	201 597	18 886	2 354 810
Výpočetní technika	112 483	40 942	5 647	147 778
Drobný dlouhodobý hm. majetek	66 309	0	5 712	60 597
Nedok. dlouhodobý hmotný maj.	3 194 613	817 215	248 798	3 763 030
Poskytnuté zálohy na dlouh. hm. maj.	8 400	13 667	12 130	9 937

**5. Souhrnná výše majetku neuvedeného v rozvaze**

Skupina majetku	Analytický účet	Zůstatek k 31.12.
Drobný dlouhodobý nehmotný majetek	9712	19 194
Drobný dlouhodobý hmotný majetek	9711	256 579

**6. Pohledávky**

**Pohledávky po lhůtě splatnosti**

do 30 dnů	1 082
31 - 90 dnů	0
91 - 180 dnů	0
nad 180 dnů	3 453
celkem	4 535

**Pohledávky kryté podle zástavního práva**

FZÚ k datu účetní závěrky nevykazuje.

**Opravné položky**

FZÚ k datu účetní závěrky nevykazuje.

**7. Jmění**

Jmění celkem	8 452 954
z toho: vlastní jmění	7 853 199
: fondy	603 941
Oceňovací rozdíl finančních derivátů	-4 186

**8. Rozdělení zisku za minulé účetní období**

Příděl do rezervního fondu	250 900
Příděl do fondu reprodukce majetku	2 677 091

**9. Závazky**

**Dlouhodobé závazky**

FZÚ k datu účetní závěrky nevykazuje.

**Krátkodobé závazky**

K dodavatelům	27 621
Přijaté zálohy	481
K zaměstnancům	42 468
K institucím soc. zabezp. a veř. zdrav. pojišť.	25 353
Daň z příjmů ze závislé č. za zaměstnance	8 814
DPH	19 629
Daň z příjmů PO	2
Ostatní daně	2
Závazky ze vztahu k SR	0
Jiné závazky	4 945
Dohadné položky	78

-FZÚ eviduje na účtech pouze splatné závazky pojistného na sociální zabezpečení a příspěvků na státní politiku zaměstnanosti a splatných závazků veřejného pojištění.

-FZÚ nemá žádné nedoplatky u místně příslušného FÚ.

**Závazky po lhůtě splatnosti**

do 30 dnů	1 914
31 - 90 dnů	0
91 - 180 dnů	0
nad 180 dnů	0

Organizace neeviduje dluhy vzniklé v daném účetním období, kde doba splatnosti k 31.12.2017 přesahuje 5 let.

Všechny finanční a jiné dluhy jsou obsaženy v rozvaze.



**Závazky kryté podle zástavního práva**

FZÚ k datu účetní závěrky nevykazuje.

**10. Krátkodobé a dlouhodobé bankovní úvěry**

FZÚ k datu účetní závěrky nevykazuje.

**11. Finanční leasing**

FZÚ k datu účetní závěrky nevykazuje.

**12. Nepeněžitě závazky a jiná plnění neuvedené v účetnictví**

FZÚ k datu účetní závěrky nevykazuje.

**13. Výnosy z běžné činnosti**

Výnosy celkem	Hlavní činnost	Jiná činnost
Provozní institucionální dotace na výzkum od zřizovatele - AV ČR celkem	384 607	0
Provozní účelové dotace na výzkum od poskytovatelů z ČR mimo zřizovatele	709 894	0
Dotace, granty a dary na výzkum ze zahraničí *	45 985	0
Tržby za výrobky a poskytnuté služby	3 687	6 239
Aktivace vnitroorganiz. složek	0	0
Smluvní pokuty a penále	7 257	0
Úroky	105	0
Kurzové zisky	2 423	2
Zúčtování fondu účelově určených prostředků od poskytovatelů z ČR a soc. fondu	33 387	0
Nájemné, výnosy z konferencí, jiné ostatní výnosy	5 189	0
Zúčtování poměrné části odpisů	272 102	0
Tržby z prodeje dlouhodobého majetku	158	0

\*Užití provozní dotace, granty a dary na výzkum od poskytovatelů ze zahraničí jsou vykazovány v položce "Zúčtování fondů" B.IV.9 Výkazu zisku a ztráty VVI

**14. Osobní náklady 2017**

Průměrný počet zaměstnanců:	1 012
- z toho řídicích:	9
Výše osobních nákladů na zaměstnance: v tis. Kč	819 801
z toho: na řídicí pracovníky:	18 263
z toho: hrubé mzdy pracovníků (bez OON)	556 078
: OON	21 106
: sociální a zdrav. pojištění	197 667
: přiděl do sociálního fondu	11 500
: příspěvky ze sociálního fondu	15 005
Odměny Radě ústavu	155
Odměny Dozorčí radě	27

**15. Významné položky výkazu zisku a ztrát**

FZÚ k datu účetní závěrky nevykazuje.

**16. Propojené a spřízněné osoby**

FZÚ vykazuje pouze půjčky zaměstnancům ve výši 516 tisíc Kč.

**17. Půjčky, záruky a ostatní plnění poskytnutá členům orgánů FZÚ včetně bývalých členů**

FZÚ k datu účetní závěrky nevykazuje.

**18. Pohledávky vůči propojeným osobám**

FZÚ k datu účetní závěrky nevykazuje.

**19. Závazky vůči propojeným osobám**

FZÚ k datu účetní závěrky nevykazuje.

**20. Významné položky, které jsou ve výkazech kompenzovány s jinými položkami**

FZÚ k datu účetní závěrky nevykazuje.

**21. Události mezi rozvahovým dnem a datem sestavení závěrky**

FZÚ k datu účetní závěrky nevykazuje.

**22. Přijaté dary a veřejné sbírky**

FZÚ k datu účetní závěrky nepřijal finanční dary ani veřejné sbírky.

**23. Poskytnuté dary**

FZÚ k datu účetní závěrky neposkytl žádné dary jiným subjektům.

Odměna auditora za povinný audit roční účetní závěrky včetně ověření výroční zprávy za rok 2017 činí 140 360,- Kč včetně DPH.

**24. Dotace**

Přijaté prostředky na výzkum a vývoj - provozní dotace

Poskytovatel	částka v tis. Kč
AV ČR - podpora činn. pracoviště AV a VO	330 829
AV ČR - příspěvek na zajištění činnosti	53 778
GA ČR	104 434
projekty ostatních resortů	536 617
TA ČR	10 070
projekty - FZÚ je spolupříjemce	58 774
ostatní	0
<b>Celkem</b>	<b>1 094 502</b>

Přijaté prostředky na investice



Poskytovatel	částka v tis. Kč
AV ČR - podpora činnosti VO	0
AV ČR - příspěvek na zajištění činnosti	111 759
GA ČR	0
projekty ostatních resortů	690 963
dotace mimorozpočtové ostatní	893
<b>Celkem</b>	<b>803 615</b>

**25. Daňová povinnost**

Za rok 2017 nevznikla FZÚ daňová povinnost.

Způsob zajištění základu daně je podle Zákona o daních z příjmů dle platného znění.

Organizace použila daňové úlevy v předcházejícím zdaňovacím období v souladu se zněním Zákona o daních z příjmů.

Předmět činnosti: Vědecký výzkum v oblasti fyziky	Datum sestavení: 28. 3. 2018
Ing. Eva Ševčíková	RNDr. Michael Prouza, Ph.D.
	
..... podpis a jméno sestavil	..... podpis a jméno odpovědné osoby
	<b>Fyzikální ústav AV ČR</b> veřejná výzkumná instituce 182 21 Praha 8, Na Slovance 2 - 1 - otisk razítka

### 3.1.4 Předpokládaný vývoj pracoviště\*

Výzkumná činnost pracoviště bude probíhat v souladu s projekty, na nichž se pracoviště podílí. Důraz bude kladen na další prohloubení mezinárodní spolupráce, do níž je zapojena většina pracovních skupin. Z hlediska dlouhodobější perspektivy je důležité dále rozšiřovat experimentální infrastrukturu a dále rozvíjet spolupráci s vysokými školami. Důraz bude kladen na řádné začlenění administrativních činností spojených s projekty financovanými z evropských fondů tak, aby nedošlo k narušení probíhajících badatelských aktivit.

### 3.1.5 Aktivity v oblasti pracovněprávních vztahů\*

V roce 2017 FZÚ AV ČR, v. v. i. obdržel pětiletý projekt týkající se „Zkvalitnění strategického řízení Fyzikálního ústavu AV ČR“. Základním cílem projektu je především nastavení strategického řízení výzkumné organizace v souladu s podmínkami pro získání certifikátu HR Award. V oblasti HR je cílem dosáhnout nastavení takového systému, který zajistí atraktivitu instituce jak pro nové zaměstnance z celého světa, tak i vytvoří optimální pracovní podmínky pro dlouhodobý rozvoj a stabilizaci výzkumných týmů v rámci celého FZÚ.

S veškerými HR procesy v zásadě souvisí i velké množství administrativy, ke kterému je potřeba využívat HR informační systém, který centralizuje veškerá personální data o zaměstnancích, potencialních zaměstnancích, spolupracovnících či externích stážistech apod. Jedním z výstupů uvedeného projektu bude také implementace nového HR systému v rámci celé instituce FZÚ a to takového, který bude schopen pracovat nejen s personálními daty, ale také ulehčí proces náboru zaměstnanců, systému vzdělávání, systemizace, alokace zaměstnanců na jednotlivých zakázkách apod. Takovýto systém umožní zaměstnancům Personálních oddělení zvýšit efektivitu práce týkající se administrativních procesů a možnost se tak zaměřit více na práci „řízení lidských zdrojů“ (nejen tzv. personální administrativu). Přípravné práce na výběru nového HR systému byly zahájeny již v roce 2017, samotná implementace systému se předpokládá do konce roku 2018.

V souvislosti s připravovanými legislativními změnami platnými od roku 2018 bylo nutné přejít ze mzdového systému EG na jeho aktualizovanou verzi EGJE. V posledním čtvrtletí roku 2017 tak probíhaly práce související s přechodem na nový mzdový systém EGJE, který FZÚ využívá pro personalistiku a zpracování mezd od 1. 1. 2018.

### 3.1.6 Aktivity v oblasti ochrany životního prostředí\*

Trvalý dohled nad veškerými zdroji ionizujícího záření zajišťuje SÚJB Regionální centrum Praha.

Zkoušky dlouhodobé stability RTG přístrojů provádí Ing. Jiří Kolařík, Hodonín.

Zkoušky dlouhodobé stability uzavřených radionuklidových záříčů provádí firma ISOTREND spol. s r.o., Praha.

Nebezpečný odpad vzniklý ve FZÚ odváží a následně zajišťuje likvidaci odborná firma ECO VITA s.r.o., Zlatá Olešnice. Tato firma zajišťuje průběžně každý měsíc likvidaci nebezpečného odpadu z nádob pro tento odpad určených. Minimálně 2x ročně provádí svoz a likvidaci velkoobjemových obalů od nebezpečných látek. Zpracovává veškerou administrativu týkající se této oblasti a zajišťuje včasné podání všech hlášení do databáze Ministerstva životního prostředí ČR a provádí školení zaměstnanců o nakládání s nebezpečným odpadem.

Nepotřebné tlakové nádoby určené k přepravě plynů – tlakové lahve likviduje firma Pražské služby, a.s., Pod šancemi 444/1, Praha.

FZÚ zajišťuje sběr plastů do nádob k tomu určených. Odvoz a likvidaci zajišťuje společnost FCC Česká republika, s.r.o., Praha a fi. Pražské služby a.s. Praha.

\* Údaje požadované dle §21 zákona 563/1991 Sb., o účetnictví, ve znění pozdějších předpisů.

### 3.1.7 Zpráva o poskytování informací za období od 1. 1. – 31. 12. 2017\*\*

1. Počet podaných žádostí o informace	0
2. Počet vydaných rozhodnutí o odmítnutí informace	0
3. Počet podaných odvolání proti rozhodnutí	0
4. Opis podstatných částí každého rozsudku soudu ve věci odmítnutí žádosti	Nebyl vydán žádný rozsudek soudu.
5. Výsledky řízení o sankcích za nedodržování zákona bez uvádění osobních údajů	Nebylo vedeno žádné sankční řízení.
6. Výčet poskytnutých výhradních licencí včetně odůvodnění nezbytností poskytnutí výhradní licence	Nebyla podána žádná žádost o informaci, která by byla předmětem ochrany autorského práva a vyžadovala by poskytnutí licence.
7. Počet stížností podaných podle § 16a, důvody jejich podání a stručný popis způsobu jejich vyřízení	Nebyla podána žádná stížnost.
8. Další informace vztahující se k uplatňování zákona	0

\*\* Údaje požadované dle § 18 odst. 1 zákona č. 106/1999 Sb., o svobodném přístupu k informacím, a ve znění pozdějších předpisů.



## Zpráva nezávislého auditora pro vedení organizace Fyzikální ústav AV ČR, v.v.i.

Název organizace: Fyzikální ústav AVČR, v.v.i.  
 Sídlo organizace: Na Slovance 1999/2, Praha 8, 182 21  
 Identifikační číslo: 68378271  
 Právní forma: veřejná výzkumná instituce

### Výrok auditora

Provedli jsme audit přiložené účetní závěrky organizace Fyzikální ústav AVČR, v.v.i. (dále také „Organizace“) sestavené na základě českých účetních předpisů, která se skládá z rozvahy k 31. prosinci 2017, výkazu zisku a ztráty, za rok končící 31. prosince 2017 a přílohy této účetní závěrky, která obsahuje popis použitých podstatných účetních metod a další vysvětlující informace. Údaje o Organizaci jsou uvedeny v příloze této účetní závěrky.

Podle našeho názoru účetní závěrka podává věrný a poctivý obraz aktiv a pasiv Organizace k 31. prosinci 2017 a nákladů a výnosů a výsledku jejího hospodaření za rok končící 31. prosince 2017 v souladu s českými účetními předpisy.

### Základ pro výrok

Audit jsme provedli v souladu se zákonem o auditorech a standardy Komory auditorů České republiky (KA ČR) pro audit, kterými jsou mezinárodní standardy pro audit (ISA) případně doplněné a upravené souvisejícími aplikačními doložkami. Naše odpovědnost stanovená lémito předpisy je podrobněji popsána v oddílu Odpovědnost auditora za audit účetní závěrky. V souladu se zákonem o auditorech a Etickým kodexem přijatým Komorou auditorů České republiky jsme na Organizaci nezávislí a splnili jsme i další etické povinnosti vyplývající z uvedených předpisů. Domníváme se, že důkazní informace, které jsme shromáždili, poskytují dostatečný a vhodný základ pro vyjádření našeho výroku.

### Ostatní informace uvedené ve výroční zprávě

Ostatními informacemi jsou v souladu s § 2 písm. b) zákona o auditorech informace uvedené ve výroční zprávě mimo účetní závěrku a naši zprávu auditora. Za ostatní informace odpovídá statutární orgán.

Náš výrok k účetní závěrce se k ostatním informacím nevztahuje. Přesto je však součástí našich povinností souvisejících s ověřením účetní závěrky seznámení se s ostatními informacemi a posouzení, zda ostatní informace nejsou ve významném (materiálním) nesouladu s účetní závěrkou či s našimi znalostmi o účetní jednotce získanými během ověřování účetní závěrky nebo zda se jinak tyto informace nejeví jako významně (materiálně) nesprávné. Také posuzujeme, zda ostatní informace byly ve všech významných (materiálních) ohledech vypracovány v souladu s příslušnými právními předpisy. Tímto posouzením se rozumí, zda ostatní informace splňují požadavky právních předpisů na formální náležitosti a postup vypracování ostatních informací v kontextu významnosti (materiality), tj. zda případné nedodržení uvedených požadavků by bylo způsobitelné ovlivnit úsudek činěný na základě ostatních informací.

Na základě provedených postupů, do míry, již dokážeme posoudit, uvádíme, že

- ostatní informace, které popisují skutečnosti, jež jsou též předmětem zobrazení v účetní závěrce, jsou ve všech významných (materiálních) ohledech v souladu s účetní závěrkou a
- ostatní informace byly vypracovány v souladu s právními předpisy.

Dále jsme povinni uvést, zda na základě poznatků a povědomí o Organizaci, k nimž jsme dospěli při provádění auditu, ostatní informace neobsahují významné (materiální) věcné nesprávnosti. V rámci uvedených postupů jsme v obdržovaných ostatních informacích žádné významné (materiální) věcné nesprávnosti nezjistili.

### **Odpovědnost statutárního orgánu Organizace za účetní závěrku**

Statutární orgán Organizace odpovídá za sestavení účetní závěrky podávající věrný a poctivý obraz v souladu s českými účetními předpisy, a za takový vnitřní kontrolní systém, který považuje za nezbytný pro sestavení účetní závěrky tak, aby neobsahovala významné (materiální) nesprávnosti způsobené podvodem nebo chybou.

Při sestavování účetní závěrky je statutární orgán Organizace povinen posoudit, zda je Společnost schopna nepřetržitě trvat, a pokud je to relevantní, popsat v příloze účetní závěrky záležitosti týkající se jejího nepřetržitého trvání a použití předpokladu nepřetržitého trvání při sestavení účetní závěrky, s výjimkou případů, kdy statutární orgán plánuje zrušení Organizace nebo ukončení její činnosti, resp. kdy nemá jinou reálnou možnost než tak učinit.

Za dohled nad procesem účetního výkaznictví v Organizaci odpovídá statutární orgán.

### **Odpovědnost auditora za audit účetní závěrky**

Naším cílem je získat přiměřenou jistotu, že účetní závěrka jako celek neobsahuje významnou (materiální) nesprávnost způsobenou podvodem nebo chybou a vydat zprávu auditora obsahující náš výrok. Přiměřená míra jistoty je velká míra jistoty, nicméně není zárukou, že audit provedený v souladu s výše uvedenými předpisy ve všech případech v účetní závěrce odhalí případnou existující významnou (materiální) nesprávnost. Nesprávnosti mohou vznikat v důsledku podvodů nebo chyb a považují se za významné (materiální), pokud lze reálně předpokládat, že by jednotlivě nebo v souhrnu mohly ovlivnit ekonomická rozhodnutí, která uživatelé účetní závěrky na jejím základě přijmou.

Při provádění auditu v souladu s výše uvedenými předpisy je naší povinností uplatňovat během celého auditu odborný úsudek a zachovávat profesní skepticismus. Dále je naší povinností:

- Identifikovat a vyhodnotit rizika významné (materiální) nesprávnosti účetní závěrky způsobené podvodem nebo chybou, navrhnout a provést auditorské postupy reagující na tato rizika a získat dostatečné a vhodné důkazní informace, abychom na jejich základě mohli vyjádřit výrok. Riziko, že neodhalíme významnou (materiální) nesprávnost, k níž došlo v důsledku podvodu, je větší než riziko neodhalení významné (materiální) nesprávnosti způsobené chybou, protože součástí podvodu mohou být tajné dohody (koluze), falšování, úmyslná opomenutí, nepravdivá prohlášení nebo obcházení vnitřních kontrol vedením Organizace.
- Seznámit se s vnitřním kontrolním systémem Organizace relevantním pro audit v takovém rozsahu, abychom mohli navrhnout auditorské postupy vhodné s ohledem na dané okolnosti, nikoli abychom mohli vyjádřit názor na účinnost jejího vnitřního kontrolního systému.
- Posoudit vhodnost použitých účetních pravidel, přiměřenost provedených účetních odhadů a informace, které v této souvislosti Organizace uvedla v příloze účetní závěrky.
- Posoudit vhodnost použití předpokladu nepřetržitého trvání při sestavení účetní závěrky statutárního orgánu a to, zda s ohledem na shromážděné důkazní informace existuje významná (materiální) nejistota vyplývající z událostí nebo podmínek, které mohou významně zpochybnit schopnost Organizaci nepřetržitě trvat. Jestliže dojdeme k závěru, že taková významná (materiální) nejistota existuje, je naší povinností upozornit v naší zprávě na informace uvedené v této souvislosti v příloze účetní závěrky, a pokud tyto informace nejsou dostatečné, vyjádřit modifikovaný výrok. Naše závěry týkající se schopnosti Organizace nepřetržitě trvat vycházejí z důkazních informací, které jsme získali do data naší zprávy. Nicméně budoucí události nebo podmínky mohou vést k tomu, že Organizace ztratí schopnost nepřetržitě trvat.

- Vyhodnotit celkovou prezentaci, členění a obsah účetní závěrky, včetně přílohy, a dále to, zda účetní závěrka zobrazuje podkladové transakce a události způsobem, který vede k věrnému zobrazení.

Naši povinností je informovat statutární orgán o plánovaném rozsahu a načasování auditu a o významných zjištěních, která jsme v jeho průběhu učinili, včetně zjištěných významných nedostatků ve vnitřním kontrolním systému.

V Liberci, dne 22. května 2018

Auditorská společnost:

Auditor, který byl auditorskou společností určen jako odpovědný za provedení auditu jménem auditorské společnosti:



.....

VGD - AUDIT, s.r.o.  
evidenční č. 271  
Bělehradská 18, 140 00 Praha 4



.....

Ing. Monika Händelová  
evidenční č. 1565

