



**Fyzikální ústav**  
Akademie věd ČR, v. v. i.

# Výroční zpráva

o činnosti a hospodaření  
za rok



**2016**





Patrně nejvýznamnější událostí roku 2016 pro Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i., (dále jen FZÚ) byla konečná fáze a ocenění ústavu v rámci hodnocení všech ústavů AV ČR. Zatímco hlavní část hodnocení, která vyžadovala účast většiny výzkumných pracovníků ústavu, probíhala během roku 2015, finální fáze hodnocení proběhla v březnu na úrovni vedení ústavu a vedení Akademie. Výsledné ohodnocení ústavu představuje nárůst institucionálního financování FZÚ o 25 mil. Kč, což absolutně i procentuálně představuje jedno z nejlepších ohodnocení mezi ústavu. Prosincový sněm AV ČR pak tuto částku stvrdil v rámci rozpočtu AV ČR na rok 2017. Na tomto místě je třeba připomenout, že v dlouhém období 2010–2014 institucionální část rozpočtu FZÚ klesala a v roce 2015 stagnovala. Teprve v roce 2016 vzrostla o pouhé 1 %. Zatímco díky nejrůznějším programům cíleného výzkumu, zejména OP PK a OP

VaVpl, jsme dokázali získat významné finanční částky na investiční vybavení ústavu, vytvářel se postupně dluh v oblasti lidských zdrojů. Úspěšné hodnocení, ke kterému položila základ naše činnost v celém posuzovaném období 2010–2014, umožní od roku 2017 tento dluh začít napravit.

Vlastní výzkum v uplynulém roce probíhal se stejnou intenzitou jako i v jiných letech a minimálně se stejnou úspěšností, o čemž svědčí jak počet publikací v impaktovaných časopisech, tak i řada velmi prestižních publikací.

V oblasti fyziky elementárních částic těžiště naší činnosti nadále spočívá v účasti na klíčových světových experimentech, jako jsou ATLAS na urychlovači LHC v CERN, Observatoř Pierra Augera nebo připravované experimenty CTA (Cherenkov Telescope Array) nebo LSST (Large Synoptic Survey Telescope). To, že naše týmy nejsou ve zmíněných experimentech pouze vezoucí se pasažéři, bylo mimo jiné předmětem posuzování zahraničních expertů při výše zmíněném hodnocení. Dva posledně uvedené připravované experimenty se vhodně doplní se vznikající teoretickou skupinou, která se věnuje kosmologii. Zároveň se zaplní mezera, která v ČR v tak významné fyzikální disciplíně vznikala. O dobrém napojení našich fyziků na světovou špičku v této oblasti svědčí mj. i to, že na Dvořákově přednášce v roce 2016 jsme byli informováni o epochálním objevu gravitačních vln přímo jedním ze spoluobjevitelů.

V oblasti fyziky pevných látek, což je hlavní jádro naší činnosti, jsme publikovali velké množství důležitých výsledků – ostatně najdete je všechny v předkládané zprávě. Abych jmenoval jenom dva nejzásadnější, díky nové metodě bylo v Science publikováno první pozorování fázových změn v reálném čase v NiTi slitinách, které mají velký aplikační potenciál. Rovněž v Science byla publikována zpráva o první realizaci antiferomagnetické paměťové buňky. Úspěšně skončila pětiletá perioda udržitelnosti našeho prvního programu SAFMAT ze strukturálních fondů OP PK (Operační program Praha – Konkurenceschopnost), který umožnil dostavbu sekce Optiky na Slovance a přinesl investice na přístroje za 80 mil. Kč. Potěšující je také postupně se rozvíjející spolupráce s průmyslovými partnery.

Stabilně se rozvíjí výzkum v oblasti biofyziky. Je velmi důležité, aby FZÚ zachytil alespoň hlavní trendy v této dynamicky se rozvíjející oblasti a ústav pokrýval všechny zásadní oblasti obecné fyziky. První úspěch se již dostavil, ve veterinární medicíně se testuje zařízení na dezinfekci těžce hojitelných ran bezkontaktní metodou pomocí studeného plazmatu. Aplikace do humánní medicíny se připravuje ve spolupráci s ÚEM AV ČR. Tato zajímavá a užitečná metoda vznikla jako vedlejší produkt dlouho vyvíjené technologie nanášení tenkých vrstev.

Pokrok a vývoj v oblasti laserů na projektech ELI Beamlines a HiLASE je tak široký a mohutný, že si netroufám jej shrnout do několika vět a rovnou odkazuji čtenáře na vlastní zprávu. Kdybych měl zmínit jednu jedinou věc, pak nesporným úspěchem je získání podpory v objemu 1,2 mld. Kč pro prestižní Centrum excelence, kterých bylo v celé Evropě uděleno pouze 10 a v ČR jen jedno – HiLASE. Dokud není možné provádět některé experimenty v Dolních Břežanech, nezastupitelnou roli pro testování hraje i zařízení PALS.



Nemohu opominout oblast, ve které je ústav obzvláště úspěšný, totiž získávání projektů ze strukturálních fondů. I v loňském roce ústav získal ve výzvě Excelentní týmy čtyři projekty (ze čtyř podaných!). To umožní posílit naše řady světově uznávanými odborníky a financovat v nadcházejících letech jejich výzkum v celkové hodnotě přes 850 mil. Kč. Za naprosto zásadní pak považuji přípravu projektu SOLID21 ve výzvě Excelentní výzkum. Je to zatím největší projekt ústavu v oblasti fyziky pevných látek a jeho příprava si vynutila, aby řada týmů napříč ústavem ze sekce 2, 3 a 4 se zamyslela a začala společně rokovat o tom, jak jejich činnosti souvisejí, jaké jsou potenciální synergie, kde se se svým výzkumem nacházejí a kam chtějí směřovat. Projekt zatím postoupil do druhého kola hodnocení, což mj. znamená, že FZÚ má platné územní rozhodnutí a podanou žádost o stavební povolení na nový pavilon Na Slovance. Úspěch tohoto projektu bych našemu ústavu obzvláště přál!

Úvod k výroční zprávě ústavu je zvláštní literární žánr – nemělo by to být pouhé exekutivní shrnutí, ale asi ani volný esej. Protože letos píšu už v pořadí desátý a zároveň svůj poslední úvod, dovolím si na závěr stručně shrnutí i toho, co se kromě výše uvedeného v letech 2007–2016 odehrálo ve FZÚ a co považuji za podstatné:

- Ústav přešel svojí strukturou i výkonem administrativy na právní formu veřejné výzkumné instituce.
- Struktura sekcí zavedená již v 90. letech se pro ústav naší velikosti dobře hodí a posílení autonomie jednotlivých sekcí, kdy rozhodují v rámci svých rozpočtů, těm dobře vedeným prospívá.
- Elektronizace vnitřní agendy a zavedení různých databází (DAGRA, EVDOK, DANA atd.) zjednodušuje agendu vedoucích a měla by odstranit opakované zadávání údajů.
- Proběhla dostavba Sekce optiky a vznikly nové kvalitní laboratorní i kancelářské prostory.
- Byla zásadně rekonstruována většina historických objektů v Cukrovarnické – jsou instalována nová okna, došlo k izolaci základů budov, rekonstrukci jižního dvora, výměně všech rozvodů sítí a médií, v budovách A, C a F vznikly nové kvalitní laboratoře.
- Ústav získal postupně v projektech SAFMAT, FUNBIO, LABONIT a ASTRANIT z OP PK celkem 200 mil. Kč na přístrojové vybavení.
- Proběhla úspěšně realizace projektu HiLASE, který je zcela unikátní v ČR a podstatně zvyšuje aplikační potenciál FZÚ.
- Finalizace projektu ELI Beamlines se blíží zakončení, aniž by byl při realizaci negativně ovlivněn chod ústavu.
- Po celé finančně obtížné období 2010–2015 se podařilo dosáhnout toho, že mzdy neklesaly a byly vypláceny v plné výši po celý rok.

Je zcela samozřejmé, že nic toho by nebylo možné dosáhnout bez velké pomoci a obětavé spolupráce řady kolegů, kterým za to tímto děkuji, stejně jako zcela na závěr děkuji všem zaměstnancům Fyzikálního ústavu za dlouhodobou a produktivní spolupráci.

V Praze, 22. 5. 2017

Jan Řídký

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



# Výroční zpráva o činnosti a hospodaření za rok 2016

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

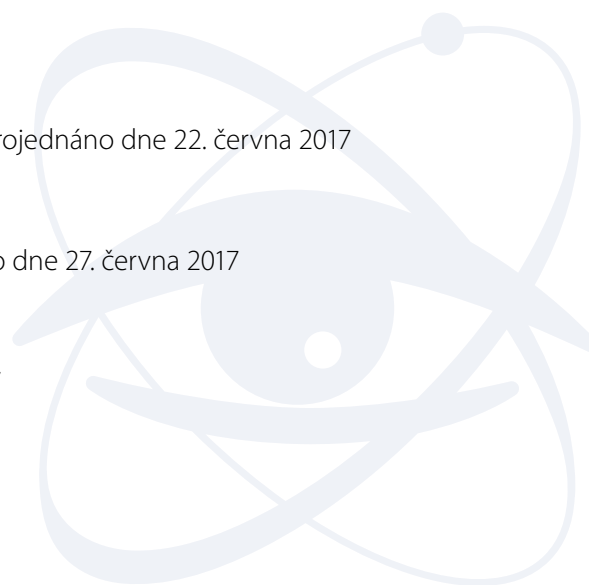
■ **Sídlo:** Na Slovance 2  
182 21 Praha 8  
tel.: 266 052 121  
fax.: 286 890 527  
e-mail: [secretary@fzu.cz](mailto:secretary@fzu.cz)  
<http://www.fzu.cz>

■ **Zřizovatel:** Akademie věd ČR

Dozorčí radou pracoviště projednáno dne 22. června 2017

Radou pracoviště schváleno dne 27. června 2017

V Praze dne 28. června 2017

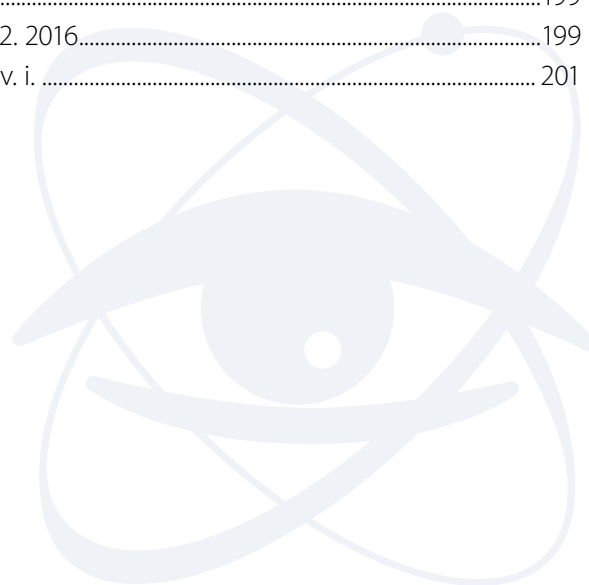


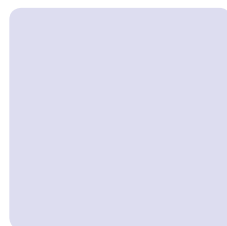


# Obsah

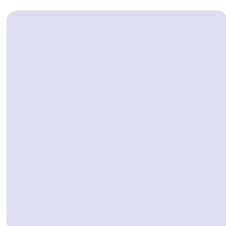
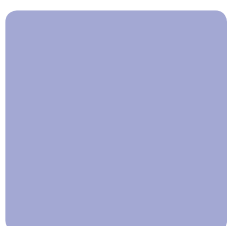
<b>I. Informace o složení orgánů veřejné výzkumné instituce a o jejich činnosti</b> .....	7
Složení orgánů pracoviště.....	8
Rada pracoviště .....	8
Dozorčí rada pracoviště.....	8
Změny ve složení orgánů.....	8
Informace o pracovišti.....	9
Rada pracoviště.....	9
Dozorčí rada pracoviště.....	10
Informace o změnách zřizovací listiny .....	14
Domácí a zahraniční ocenění zaměstnanců .....	14
Dvořákova přednáška 2016.....	15
Základní informace o pracovišti.....	16
Další specifické informace o pracovišti .....	17
Přehled oddělení a skupin.....	19
Struktura pracoviště.....	20
Struktura vědeckých sekcí FZÚ v roce 2016.....	21
Základní personální údaje.....	22
<b>II. Hodnocení hlavní činnosti</b> .....	25
Sekce fyziky elementárních částic v roce 2016.....	26
Sekce fyziky kondenzovaných látek v roce 2016.....	33
Sekce fyziky pevných látek v roce 2016.....	46
Sekce optiky v roce 2016.....	64
Sekce výkonových systémů v roce 2016.....	71
Sekce realizace projektu ELI Beamlines v roce 2016.....	82
Projekty programů EU řešené na pracovišti v roce 2016.....	94

Spolupráce s vysokými školami v roce 2016.....	99
Spolupráce s VŠ na uskutečňování bakalářských, magisterských a doktorských studijních programů.....	99
Pedagogická činnost pracovníků ústavu.....	100
Vzdělávání středoškolské mládeže .....	100
Spolupráce pracoviště s VŠ ve výzkumu.....	100
Doktorandi a diplomanti, kteří vypracovali doktorskou či diplomovou práci ve Fyzikálním ústavu AV ČR a obhájili ji v roce 2015 .....	101
Společná pracoviště ústavu s účastí VŠ .....	103
Akreditované programy .....	105
Popularizace, konference, hosté, dohody.....	107
Nejvýznamnější popularizační aktivity pracoviště .....	107
Akce s mezinárodní účastí, které pracoviště organizovalo nebo v nich vystupovalo jako spolupořadatel. ....	108
Nejvýznamnější zahraniční vědci, kteří navštívili pracoviště .....	109
Aktuální meziústavní dvoustranné dohody 2016.....	111
Statistika zahraničních styků.....	116
Publikace zaměstnanců FZÚ v roce 2016 .....	119
Přehled.....	119
Kapitoly v knihách .....	120
Významné výsledky vědecké činnosti v roce 2016.....	121
Publikace v impaktovaných časopisech.....	138
Patenty.....	182
Užitné a průmyslové vzory .....	184
<b>III. Ekonomická část výroční zprávy za rok 2016.....</b>	<b>185</b>
Rozvaha.....	186
Výkaz zisku a ztrát.....	189
Příloha k účetní závěrce.....	191
Předpokládaný vývoj pracoviště .....	199
Aktivity v oblasti pracovněprávních vztahů .....	199
Aktivity v oblasti ochrany životního prostředí.....	199
Zpráva o poskytování informací za období od 1. 1. – 31. 12. 2016.....	199
Zpráva nezávislého auditora pro Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i. ....	201





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





# Složení orgánů pracoviště

Ředitel pracoviště: prof. Jan Řídký, DrSc.

## Rada pracoviště

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.
	prof. Jan Řídký, DrSc.	FZÚ AV ČR, v. v. i.
	RNDr. Petr Šittner, CSc.	FZÚ AV ČR, v. v. i.
	Externí členové:	RNDr. Pavel Hedbávný, CSc.
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
	Ing. Oldřich Schneeweiss, DrSc.	ÚFM AV ČR, v. v. i.
Tajemník:	RNDr. Jiří Rameš, CSc.	FZÚ AV ČR, v. v. i.

## 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
	prof. Ing. Jiří Čtyroký, DrSc.	VR AV ČR
	prof. Ing. Miloslav Havlíček, DrSc.	FJFI ČVUT v Praze
	RNDr. Petr Lukáš, CSc.	ÚJF AV ČR, v. v. i.
	Tajemník:	Ing. Miroslav Hořejší

## Změny ve složení orgánů

V roce 2016 nedošlo ke změnám ve složení rady pracoviště a ve složení dozorčí rady pracoviště.





# Informace o pracovišti

## ■ Rada pracoviště

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

62. zasedání	22. 3. 2016	65. zasedání	14. 6. 2016
63. zasedání	22. 4. 2016	66. zasedání	27. 9. 2016
64. zasedání	25. 5. 2016	67. zasedání	29. 12. 2016

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
- RNDr. Michael Prouza, Ph.D., vědecký tajemník FZÚ
- prof. Jiří Chýla, CSc., člen Akademické rady AV ČR
- Ing. Vladimír Nekvasil, DrSc., člen Vědecké rady AV ČR
- Ing. Roman Hvězda, vedoucí sekce realizace projektu ELI Beamlines

### Významné záležitosti projednané Radou FZÚ

- Rada se opakovaně zabývala problematikou projektu ELI Beamlines. Na zasedáních Rady vystoupili k tomuto tématu ředitel FZÚ J. Řídký a vedoucí sekce realizace projektu ELI Beamlines R. Hvězda. Informovali Radu o aktuálním stavu projektu a plánech na jeho další vývoj ve 2. fázi implementace i v následující provozní fázi. Ve svých prezentacích se věnovali stavbě, technologiím, experimentům, harmonogramu realizace, vývoji obsazení projektového týmu, managementu, rozpočtovým opatřením, výběrovým řízením, projektům OP VVV souvisejícím s ELI Beamlines, jakož i otázkám spojeným se současným ELI Delivery Consortium a vytvořením budoucího konsorcia ELI ERIC. Ke všem tématům proběhla obsáhlá diskuse. *Viz zápisy ze 65. a 67. zasedání.*
- Rada projednala a schválila návrh rozpočtu provozních nákladů a výnosů a výhled financování investičních potřeb FZÚ pro rok 2016, *viz zápis ze 63. zasedání.*
- Rada schválila návrh ředitele na úhradu ztráty FZÚ za rok 2015, *viz zápis ze 67. zasedání.*
- Rada schválila Výroční zprávu o činnosti a hospodaření FZÚ za rok 2015, *viz zápis z 65. zasedání.*
- Rada schválila změny vnitřních předpisů FZÚ – Organizačního řádu FZÚ, Vnitřního mzdového předpisu FZÚ, Jednacího řádu Rady FZÚ, Volebního řádu pro volbu členů Rady FZÚ a Spisového a skartačního řádu FZÚ, *viz zápisy ze 62., 63., 65., 66. a 67. zasedání.*
- Byl projednán návrh na udělení Akademické prémie, *viz zápis ze 62. zasedání.*

- Rada schválila návrh na udělení statutu emeritního pracovníka AV ČR, viz *zápis ze 63. zasedání*.
- Rada schválila změnu statutu emeritního pracovníka FZÚ AV ČR, v. v. i., viz *zápis ze 63. zasedání*.
- Rada schválila návrh na udělení statutu emeritního pracovníka FZÚ AV ČR, v. v. i., viz *zápis ze 63. zasedání*.
- Rada projednala návrhy na udělení Prémie Otto Wichterleho a vyslovila souhlas s jejich podáním, viz *zápis ze 62. zasedání*.
- Rada projednala a nedoporučila k podání žádost o Fellowship J. E. Purkyně, viz *zápisy ze 65. a 66. 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 62. a 66. 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 66. zasedání*.
- Rada se podrobně a opakovaně zabývala závěry hodnotitelských komisí týkajícími se ústavu jako celku i jednotlivých týmů v rámci hodnocení výzkumné a odborné činnosti pracovišť AV ČR v letech 2010-2014, jakož i návrhy organizačních opatření motivovanými tímto hodnocením, viz *zápisy ze 63. 64., 65. a 67. zasedání*.
- Rada schválila vyhlášení výběrového řízení na funkci ředitele FZÚ a projednala přípravu tohoto výběrového řízení, viz *zápis ze 67. 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 *zápis ze 62. zasedání*.
- Rada podpořila stanovisko ředitele při uzavírání Kolektivní smlouvy a Dohody o postupu při uzavírání pracovních poměrů s odborovou organizací (ZO OSPVV), viz *zápisy ze 63. a 66. zasedání*.
- Rada projednala návrh Společenské smlouvy o založení České společnosti pro astročásticovou fyziku, kde FZÚ je jednou ze smluvních stran, viz *zápis ze 66. zasedání*.
- Rada se seznámila s novou koncepcí oficiálního časopisu a komunikace AV ČR, viz *zápis ze 66. zasedání*.
- Rada projednala 28 návrhů dohod o spolupráci mezi FZÚ a dalšími institucemi nebo dokumentů podobného charakteru, viz *zápisy z 56., 57., 58., 59., 60. a 61. zasedání*.

V Praze 10. února 2017

Petr Reimer, CSc.  
předseda Rady FZÚ

## ■ Dozorčí rada pracoviště

Během roku 2016 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 2016 bylo projednáno 37 bodů agendy, z toho 33 pomocí e-mailové komunikace mezi členy Dozorčí rady (*per rollam*) a další 4 byly projednány na řádných zasedáních Dozorčí rady, konaných ve dnech 3. 6. a 16. 12. 2016 v místnosti 117, FZÚ Na Slovance 2, Praha 8 – Libeň.

## Agenda dozorčí rady v roce 2016

Položka agendy	Téma jednání, způsob projednání, výsledek	Termín
1	Dodatek č. 1 ke kupní smlouvě na pořízení laserem řízeného plasmového zdroje RTG záření <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2</i>	21. 1. 2016
2	Smlouva o zřízení služebnosti (Podzemní komunikační vedení) <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 3</i>	22. 2. 2016
3	Dodatek č. 1 ke kupní smlouvě se spol. AVS Added Value Industrial Engineering Solutions S. L. U. <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2</i>	22. 2. 2016
4	Dodatek č. 2 ke kupní smlouvě na dodávku zesilovačů <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2</i>	22. 2. 2016
5	Kupní smlouva k pořízení aktivních síťových prvků <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2</i>	7. 4. 2016
6	Smlouva o zřízení věcného břemene k pozemku parc. č. 594, k. ú. Dolní Břežany <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 3</i>	7. 4. 2016
7	Dodatek č. 12 ke smlouvě o zhotovení tzv. Hlavní fáze stavby ELI <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 1</i>	7. 4. 2016
8	Vyjádření Dozorčí rady k návrhu rozpočtu FZÚ na rok 2016 <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. g)</i>	15. 4. 2016
9	Dodatek č. 1 ke smlouvě o dodání experimentální stanice ELIMAIA <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2</i>	23. 5. 2016
10	Čerpání opce pro pořízení kritických náhradních dílů ke smlouvě o zhotovení laserového řetězce L3 (náhradní hlavice Ti:safírového zesilovače) <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2</i>	23. 5. 2016
11	Čerpání opce pro pořízení kritických náhradních dílů ke smlouvě o zhotovení laserového řetězce L3 (dodání sady difrakčních mřížek) <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2</i>	23. 5. 2016
12	Dodatek č. 1 ke smlouvě o dílo na zhotovení zařízení „VUV T-R Ellipsometer“ <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2</i>	23. 5. 2016
13	Pořízení zrcadel pro distribuci svazku laseru L3 <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2</i>	23. 5. 2016

14	Dodatek č. 1 ke smlouvě o dílo na dodávku vakuových komor <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2</i>	23. 5. 2016
15	Žádost o podporu AV ČR při nákupu nákladného přístroje – Vakuový systém DRIE <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2</i>	26. 5. 2016
16	19. ZASEDÁNÍ DOZORČÍ RADY FZÚ AVČR v. v. i	3. 6. 2016
17	Společenská smlouva o založení společnosti CARDAM s.r.o. <i>Projednáno na 19. zasedání – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 4</i>	6. 6. 2016
18	Výběr auditora povinné roční uzávěrky FZÚ v. v. i. za rok 2016 <i>Projednáno na 19. zasedání – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 4</i>	6. 6. 2016
19	Vyjádření DR k Výroční zprávě FZÚ AVČR v. v. i. za rok 2015 <i>Projednáno na 19. zasedání – DR bere se souhlasem na vědomí</i>	8. 6. 2016
20	Vyjádření DR k manažerské činnosti ředitele FZÚ AVČR v. v. i. <i>Projednáno na 19. zasedání – na základě Výroční zprávy FZÚ a s odvoláním na směrnici Akademické rady č. 6 hodnoceno stupněm 3 - vynikající2</i>	8. 6. 2016
21	Smlouva o dodávce plasmového zdroje RTG záření – Dodatek č. 1 <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2</i>	29. 6. 2016
22	Smlouva o dodávce LUX svazku – Dodatek č. 2 <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2</i>	29. 6. 2016
23	Nájemní smlouva o nájmu kanc. prostor v ÚI AVČR v. v. i. - Dodatek č. 1. <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 7</i>	29. 6. 2016
24	Nájemní smlouva o nájmu kanc. prostor v ÚTIA AVČR v. v. i. - Dodatek č. 1 <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 7.</i>	8. 8. 2016
25	Smlouva o zřízení služebnosti na poz. FZÚ, p. č. 594, Dolní Břežany <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 3</i>	30. 8. 2016
26	Společenská smlouva o založení CARDAM s.r.o. – nová verze + Rámcová smlouva o zásadách vzájemné spolupráce s FZÚ v. v. i. <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 4</i>	12. 9. 2016
27	Smlouva o zhotovení Hlavní fáze stavby ELI – nový Dodatek č. 12 <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 1</i>	26. 9. 2016
28	Smlouva o zhotovení Hlavní fáze stavby ELI – nový návrh Dodatku č. 12 <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 1</i>	8. 11. 2016
29	Smlouva pro pořízení dodávky „Tools for multidimensional spectroscopy <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2</i>	8. 11. 2016

30	Smlouva pro pořízení dvou zesilovačů pro konstrukci laseru L1 <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2</i>	8. 11. 2016
31	Smlouva o zřízení služebnosti inženýrské sítě 1 mezi FZÚ a ÚTM AVČR v. v. i. <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 3</i>	16. 11. 2016
32	Smlouva o zřízení služebnosti inženýrské sítě 2 mezi FZÚ a ÚI AVČR v. v. i. <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 3</i>	16. 11. 2016
33	Rámcová smlouva na poskytování právních služeb <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 1 a 2</i>	16. 11. 2016
34	Kupní smlouva na dodávku X – ray difrakční stanice pro ELI Beamlines <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2</i>	16. 11. 2016
35	Smlouva pro pořízení technologického zařízení X – ray difrakční stanice <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2</i>	1. 12. 2016
36	Smlouva o smlouvě budoucí kupní o zakoupení domu na pozemku st. p. č. 455, k. ú. Dolní Břežany – Dodatek č. 4 <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 1</i>	2. 12. 2016
37	Nájemní smlouva v ÚI AVČR v. v. i. – kancelářské prostory – Dodatek č. 2 <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 7</i>	2. 12. 2016
38	Rámcová smlouva o poskytování právních služeb pro agendu projektu ELI <i>Projednáno per rollam – udělen předchozí písemný souhlas dle zákona č. 341/2005 Sb., §19, odst. (1), písm. b), bod 2</i>	2. 12. 2016
39	20. ZASEDÁNÍ DOZORČÍ RADY FZÚ AVČR v. v. i.	16. 12. 2016

### Účast jednotlivých členů na agendě Dozorčí rady:

člen Dozorčí rady	17. zasedání	18. zasedání	jednání per rollam
RNDr. J. Šafanda, CSc.	ano	ano	33
Ing. I. Gregora, CSc.	ano	ano	33
Prof. Ing. J. Čtyroký, DrSc.	ano	ano	33
Prof. Ing. M. Havlíček, DrSc.	omluven	omluven	33
RNDr. P. Lukáš, CSc.	ano	ano	26
Prof. Ing. T. Čechák, CSc.	ano	ano	32

V Praze dne 27. března 2017

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

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

## Informace o změnách zřizovací listiny

V roce 2016 nedošlo ke změně zřizovací listiny.

## Domácí a zahraniční ocenění zaměstnanců

- **RNDr. Jiří Grygar, CSc.** obdržel *Cenu předsedy Rady pro výzkum, vývoj a inovace za propagaci a popularizaci výzkumu* za dlouholetou osvětu v oblasti vědy.
- *Max Perutz Prize* od European Crystallographic Association získal **RNDr. Václav Petříček, CSc.** za vývoj krystalografického programu Jana.
- **Ing. Pavel Jelínek, Ph.D.** obdržel *Akademickou Premii AV* z rukou předsedy AV ČR, prof. Jiřího Drahoše, za vynikající vědeckou činnost v oblasti studia fyzikálních a materiálových vlastností nanostruktur pomocí kombinace teoretických simulací a experimentálních technik, zejména rastrovacích mikroskopů.
- **Kolektiv pod vedením řešitele prof. M. Hrabovského** získal *Cenu Technologické agentury ČR 2015* v kategorii *Originalita řešení* za projekt „Moderní multivrstvé systémy“.
- **RNDr. Kateřina Kúsová, Ph.D.** obdržela *Cenu Předsedy Grantové agentury České republiky* za projekt „Mikroskopické a makroskopické luminiscenční vlastnosti křemíkových nanočástic“.
- **Ing. Mgr. Neda Neykova, Ph.D.** obdržela *Cenu rektora ČVUT za vynikající doktorskou práci za rok 2015* za svou práci na téma „ZnO nanocolumns for thin film silicon solar cells with high efficiency“.
- *Prémii Otto Wichterleho* Akademie věd ČR získali hned tři pracovníci Fyzikálního ústavu: **Ing. Štěpán Stehlík, Ph.D.** za průlomový výzkum v oblasti nanodiamantů, **Ing. Prokop Hapala** za teoretické studium nanostruktur a molekul na povrchu pevných látek a **Mgr. Kamil Olejník, Ph.D.** za výzkum v oblasti spintroniky a nanolitografie.
- *Cenu Milana Odehnala* České fyzikální společnosti byla udělena taktéž třem pracovníkům FZÚ: *1. místo* za soubor prací věnovaných antiferomagnetické spintronice získala **Mgr. Helena Reichlová, Ph.D.**, *2. místo* **Mgr. Oleksandr Stetsovych, Ph.D.** za studium molekulárních nanostruktur a povrchů pevných látek pomocí rastrovacích mikroskopů a *3. místo* **RNDr. Lukáš Nádvorník** za práce studující spinový a elektronový transport v polovodičových strukturách.
- **Mgr. Jindřich Kolorenč, Ph.D.** obdržel od Nadačního fondu Neuron *Cenu Neuron pro mladé vědce* za teoretické studium a počítačové simulace kondenzovaných látek.
- Association Française de Cristallographie udělila **dr. Morgane Poupon** cenu *Le prix Chimie* za nejlepší dizertační práci v oboru chemie.
- **prof. Pavlu Lejčkovi** byla v rámci vědecké spolupráce mezi Fyzikálním ústavem AV ČR a Kumamoto University udělena pozice hostujícího profesora v období 1. 10. 2016 – 31. 3. 2018.
- **RNDr. Jiří Grygar, CSc.** obdržel čestné občanství města Litomyšl za vynikající celoživotní vědeckou práci, občanské postoje a mimořádný vztah k městu Litomyšl.
- Organizační výbor konference Solid State Surfaces and Interfaces udělil **Ing. Tiboru Ižákoví, Ph.D.** ocenění v soutěži o nejlepší prezentaci mladých výzkumníků (Best Young Researcher Contribution Content) za příspěvek na téma „Diamond/GaN heterostructures: Stress evaluation from top- and cross-sectional Raman measurements“.
- **Ing. Marian Varga, Ph.D.** získal s tématem „Top-down and bottom-up fabrication of polycrystalline diamond-based photonic crystals“ *1. místo v soutěži o nejlepší poster na mezinárodní konferenci Nanocom 2016*.

## ■ Dvořákova přednáška 2016

Dne 15. června 2016 se v budově Akademie věd na Národní třídě uskutečnila 8. 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.

Letos Dvořákovu přednášku přednesl Marco Cavaglia – profesor fyziky a astronomie na Univerzitě Mississippi, zástupce mluvčího vědecké kolaborace LIGO (Laser Interferometer Gravitational-wave Observatory, Laserové interferometrické observatoře gravitačních vln) a člen její výkonné rady. Prof. Cavaglia se věnuje experimentálním i teoretickým aspektům detekce gravitačních vln, klasickým i kvantovým modelům gravitace, kosmickému záření vysokých energií, kosmologii a aplikované matematice. Během svojí kariéry byl autorem či spoluautorem více než 200 prací, které nashromáždily více než 5000 citací v odborné literatuře.

V roce 1916 Albert Einstein ukázal, že jeho obecná teorie relativity umožňuje řešení, připomínající vlny v samotném prostoročasu, šířící se rychlostí světla. O dva roky později odvodil známou kvadrupólovou formuli pro produkci těchto gravitačních vln. Kvůli extrémně slabé povaze gravitační interakce se však detekce gravitačních vln zdála dlouho nemožnou. Staly se dokonce předmětem kontroverze, když sám Einstein začal být přesvědčen, že se v přírodě nevyskytují. Teprve o několik desetiletí později, v 60. letech 20. století, učinil Joseph Weber první průkopnické pokusy o jejich detekci. Přestože pozorování zkracování doby oběhu v binárním pulsaru B1913+16 přineslo nepřímý důkaz existence gravitační vln, jejich detekce zůstávala mimo dosah. Dlouhé pátrání skončilo 11. února 2016, když vědci z observatoří LIGO a Virgo oznámili první detekci signálu gravitačních vln vzniklých při splynutí dvou černých děr hvězdných hmotností.

Pozorováním experimentu LIGO začala éra gravitační astronomie, otevírající nové a dříve netušené okno do vesmíru, které jistě přinese prohloubení našich znalostí a pravděpodobně další nečekané objevy. Díky tomuto



Vladimír Dvořák



Marco Cavaglia

pozorování máme k dispozici historicky první test obecné teorie relativity v dynamických podmínkách extrémní gravitace. Zároveň jsme získali důležité informace o astrofyzice černých děr hvězdných hmotností, jejich fyzické struktury a původu. Data lze použít k ověření obecné teorie relativity a dalších základů moderní fyziky. K získání prvního pozitivního výsledku stačilo 16 dní souběžných dat z obou částí detektoru LIGO. Další data z prvního vědeckého běhu vylepšeného detektoru „Advanced“ LIGO čekala během přednášky na oficiální zveřejnění, ale účastníci Dvořákovy přednášky přece jen již mohli nahlédnout pod pokličku analýzy nových výsledků!

Ještě téhož dne kolaborace LIGO opravdu zveřejnila druhou detekci gravitačních vln týkající se tzv. vánočního záznamu. Dne 25. prosince 2015 v 03:38:53 UTC registrovalo zařízení LIGO signál ze splynutí dvou černých děr o hmotnosti ca čtrnácti a osmi hmotností Slunce. Po splynutí vznikla jediná černá díra s hmotností ca dvaceti jedna Sluncí, s tím že energie ekvivalentní zbývající ca jedné hmotnosti Slunce se uvolnila v podobě gravitačních vln. K celé události došlo zhruba před ca 1,4 miliardami let a po tuto dobu gravitační vlny putovaly vesmírem, až dorazily k naší Zemi.

Pro další provoz zařízení LIGO jsou plánována další zlepšení v citlivosti, která by měla přinést stovky pozorování v následujících letech a umožnit tak vědcům mapovat jinak temný „gravitační vesmír“.

Budeme moci odpovědět na otázky jako: Kolik černých děr je na obloze? Jak vznikají a jak splývají? Co způsobuje záblesky záření gama? Jaká je stavová rovnice materiálu neutronových hvězd? Je obecná teorie relativity správnou teorií pro gravitaci v režimu silného pole? Všech těchto otázek se prof. Marco Cavaglia ve své přednášce poctivě dotkl a poutavým způsobem přiblížil vzrušení vědců z prvních měsíců existence nového oboru astronomie a astrofyziky založeného na pozorování signálů gravitačních vln od vzácných událostí ve vesmíru.

## ■ 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. Vzdělávají též řadu doktorandů, převážně tuzemských, ale i ze zemí Evropské unie, tyto pak zejména v rámci různých stipendijních programů „Marie Curie“.

Výzkum ve fyzice elementárních částic uskutečňujeme převážně v rámci velkých mezinárodních kolaborací. V současné době se jedná zejména o experimenty na urychlovači LHC v CERN u Ženevy, kde se zkoumá nejhlubší struktura hmoty a síly působící v mikrosvětě. Nedílnou součástí práce na urychlovačích jsou i naše aktivity při vývoji detektorů částic. Zabýváme se také astročásticovou fyzikou, oborem na pomezí částicové fyziky a astrofyziky. Kosmické záření nejvyšších energií zkoumáme v rámci mezinárodní kolaborace v Observatoři Pierra Augera v Argentině, záření gama s nejvyššími energiemi v projektu CTA (*Cherenkov Telescope Array*). Věnujeme se i teoretické a matematické fyzice částic. Ve fyzice kondenzovaných systémů studujeme dynamické a kooperativní jevy v neuspořádaných a nehomogenních materiálech a systémech se sníženou prostorovou dimenzí. Hlavními objekty zájmu jsou kondenzované látky s výraznými fyzikálními vlastnostmi nebo v extrémních podmínkách. Zabýváme se přípravou a zkoumáním funkčních materiálů a kompozitů, supravodičů, kapalných krystalů a slitin s tvarovou pamětí ve formě monokrystalů, polykrystalů, nanostrukturovaných materiálů, tenkých vrstev a materiálových povlaků pomocí kombinace teoretických, experimentálních a moderních technologických přístupů. V oblasti pevných látek je výzkum zaměřen na nové formy pevných látek, nové fyzikální jevy a principy mikroelektronických komponent. Vlastnosti nových materiálů jsou určovány povrchem, defekty, nanometrickou, vrstevnatou či aperiodickou strukturou. Charakteristické je propojení pokročilých technologií přípravy materiálů, unikátních metod jejich charakterizace v rozsáhlém oboru vnějších podmínek až do nanometrické i atomární úrovně a zpracování výsledků pomocí mikrofyzikálních i ab-initio teoretických výpočtů. Výrazně jsou zastoupeny



magneticky a opticky aktivní materiály, nanokrystalické formy křemíku, polovodičů III-V, diamantu a grafitu a nanostruktury pro biologické, lékařské a mikroelektronické aplikace. K přípravě nových optických materiálů pro optoelektroniku se využívají nové plazmové a hybridní technologie. V oboru kvantové optiky jsou vyvíjeny různé typy zdrojů kvantově korelovaných fotonových párů a zařízení pro přenos takto uložené informace.

FZÚ provozuje společně s Ústavem fyziky plazmatu AV ČR, v. v. i., laboratoř PALS, která je součástí evropského konsorcia LASERLAB-EUROPE. Intenzivně se studuje dynamika laserového plazmatu a zářivé vlastnosti vysokoteplotní fáze hmoty vytvářené terawattovým jodovým laserovým systémem. Rychlé ionty a intenzivní rentgenové záření se využívají ke studiu interakce laserového svazku s plynnými i pevnými vzorky. Součástí Fyzikálního ústavu jsou i dvě laserová centra mezinárodního významu umístěná v Dolních Břežanech u Prahy – HiLASE a ELI Beamlines. Centrum HiLASE se zabývá zejména vývojem a možnými aplikacemi zcela nové generace diodově čerpaných pevnolátkových laserů s vysokou energií v pulzu a zároveň vysokou opakovací frekvencí. V rámci centra ELI Beamlines vznikají celosvětově unikátní laserové systémy s rekordními výkony až do deseti petawattů, které budou dodávat ultrakrátké laserové impulsy, trvající typicky několik femtosekund. ELI Beamlines je nejrozsáhlejším a nejnákladnějším projektem, který je v ČR realizován v rámci Operačních programů EU.

Výzkumná činnost a provoz FZÚ byly v roce 2016 finančně zajišťovány 132 projekty podporovanými domácími poskytovateli (GA ČR – 82, MPO – 4, MŠMT – 37, TA ČR – 7, MZ ČR – 2), 3 projekty OP VVV a 20 projekty financovanými ze zahraničí (7 projektů 7. RP EU, 11 projektů HORIZON2020 a 2 projekty EURAMET). V řadě výzkumných projektů úzce spolupracujeme s řešitelskými kolektivy na vysokých školách (VŠ), zejména Univerzitou Karlovou, ČVUT a VŠCHT v Praze, Univerzitou Palackého v Olomouci, Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích, Západočeskou univerzitou v Plzni a Technickou univerzitou v Liberci. Společný výzkum je realizován i v rámci společných laboratoří s VŠ a společných výzkumných projektů.

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 2016 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 2016 bylo ve FZÚ s externími subjekty uzavřeno celkem 32 obchodních smluv, popř. objednávek, jejichž celkový objem činil 8,093 mil. Kč.

## ■ Další specifické informace o pracovišti

### HILASE

Laserové centrum HiLASE, které je součástí sekce výkonových systémů, získalo prestižní grant od Evropské komise, která se bude společně s Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy podílet na financování vzniku nového „Centra excelence“ (CoE), jež se zaměří na průmyslové využití špičkových laserových technologií. Jednalo



se o historicky první výzvu „Widespread Teaming“ programu Horizon2020, která si klade za cíl pozdvihnout inovační potenciál členských států EU. Pouze 10 evropských projektů ze 169 původně přihlášených prošlo úspěšně hodnocením druhé fáze výzvy. HiLASE CoE je jediným českým projektem, který bude finančně podpořen. Vědci centra HiLASE a britského Science and Technology Facilities Council (STFC) budou společně pracovat na 5,5 letém projektu ve výši 1,2 miliardy Kč (z toho 10 mil. EUR bude uhrazeno z programu H2020 a zbývající část z programu OP VVV). Finanční prostředky budou použity na další vývoj superlaserů podle skutečných potřeb high-tech průmyslu a na přenos vyzkoušeného know-how STFC pro nastavení účinné spolupráce s firmami.

Dlouhodobým cílem je výrazné posílení finanční nezávislosti centra na veřejných zdrojích. HiLASE CoE nabídne také odpovídající uplatnění excelentním domácím i zahraničním vědeckým pracovníkům, čímž významně posílí intelektuální, znalostní a kulturní úroveň ČR.

## CEICO – Central European Institute for Cosmology and Fundamental Physics

V roce 2016 byly v rámci sekce fyziky elementárních částic zahájeny dva projekty velkých výzkumných infrastruktur AUGER-CZ a CTA-CZ, do stejné sekce též nastoupil nastoupil Dr. Constantinos Skordis a přenesl na FZÚ prestižní ERC Consolidator grant. Koncem roku 2016 byl též schválen a zahájen rozsáhlý šestiletý projekt MŠMT z OP VVV výzvy Excelentní týmy, který pomůže vybudovat na FZÚ mezinárodní centrum excelence CEICO - Central European Institute for Cosmology and Fundamental Physics ([www.ceico.cz](http://www.ceico.cz)).

## Projekt NextBase

V roce 2016 bylo dále v rámci sekce fyziky pevných látek zahájeno řešení H2020 projektu NextBase (Next-generation interdigitated back-contacted silicon heterojunction solar cells and modules by design and process innovations). FZÚ je součástí konsorcia předních evropských pracovišť, které spojují síly k dosažení rekordní účinnosti fotovoltaických článků založených na křemíkových deskách s heteropřechody a kontakty umístěnými na zadní straně. Tříletý projekt je podpořen grantem H2020-LCE-07-2016 No.727523 programu Competitive Low-Carbon Energy.



## Femtosekundová luminiscenční laboratoř

Rovněž v rámci sekce fyziky pevných látek byla též zprovozněna femtosekundová luminiscenční laboratoř s excitačním laserem Pharos (vlnové délky 515 nm, 343 nm, 257 nm) a rozmítací kamerou Hamamatsu (časové rozlišení 30 ps) pro detekci luminiscenčního signálu a též laboratoř katodoluminiscence pro potřeby projektu LABONIT.



# Přehled oddělení a skupin

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

Výzkumní pracovníci	424
Studenti doktorského studia	109
Odborní pracovníci výzkumu a vývoje	139
Ostatní odborní pracovníci	369
Dělníci	79
Administrativní pracovníci	91
<b>Celkový počet zaměstnanců:</b>	<b>1211</b>

*stav zaměstnanců k 31. 12. 2016*



FZÚ AV ČR – pracoviště Na Slovance 2 v Praze 8



FZÚ AV ČR – ELI Beamlines v Dolních Břežanech



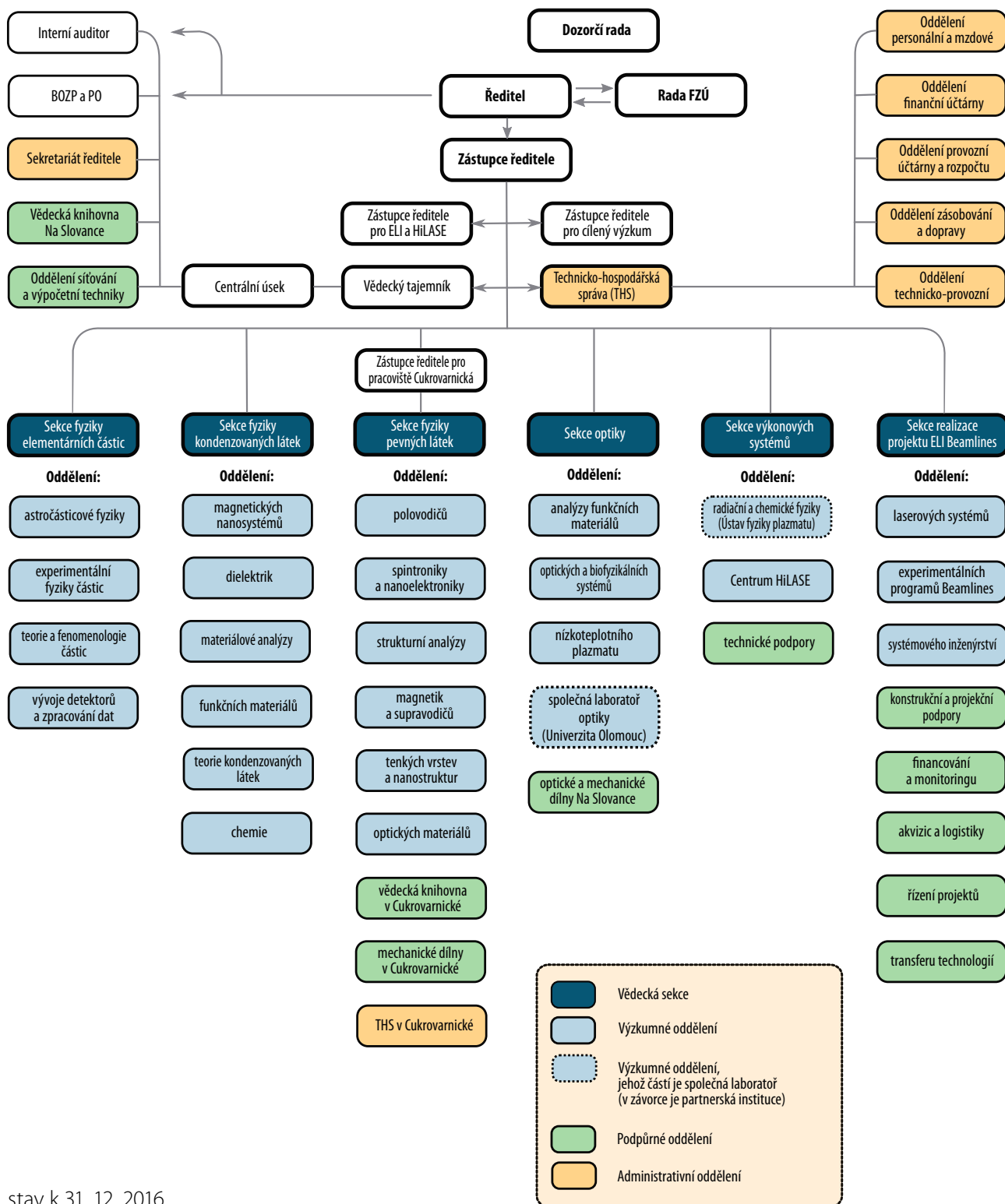
FZÚ AV ČR – pracoviště Cukrovarnická 10 v Praze 6



FZÚ AV ČR – Centrum HiLASE v Dolních Břežanech



# Struktura pracoviště



stav k 31. 12. 2016

## ■ Struktura vědeckých sekcí FZÚ v roce 2016

### 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.  
 Mgr. Alexander Kupčo, Ph.D.  
 Mgr. Martin Schnabl, Ph.D.  
 RNDr. Jiří Chudoba, Ph.D.

### Sekce fyziky kondenzovaných látek

Oddělení magnetických nanosystémů  
 Oddělení dielektrik  
 Oddělení progresivních strukturních materiálů  
 Oddělení funkčních materiálů  
 Oddělení teorie kondenzovaných látek  
 Oddělení chemie

RNDr. Petr Šittner, CSc.  
 Ing. Martin Žáček  
 Ing. Jiří Hlinka, Ph.D.  
 Mgr. Daniel Šimek, Ph.D.  
 RNDr. Petr Šittner, CSc.  
 prof. RNDr. Václav Janiš, DrSc.  
 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 optických a biofyzikálních systémů  
 Oddělení nízkoteplotního plazmatu  
 Oddělení SAFMAT  
 Oddělení SLO Olomouc

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

### Sekce výkonových systémů

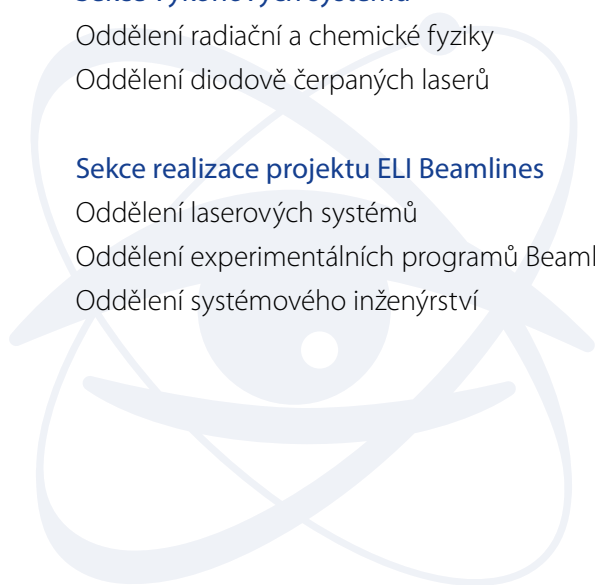
Oddělení radiační a chemické fyziky  
 Oddělení diodově čerpaných laserů

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



## ■ Základní personální údaje

1. Členění zaměstnanců podle věku a pohlaví – stav k 31. 12. 2016 (fyzické osoby)				
<i>věk</i>	<i>muži</i>	<i>ženy</i>	<i>celkem</i>	<i>%</i>
do 20 let	2	0	2	0,2 %
21–30 let	181	63	244	20,1 %
31–40 let	297	99	396	32,7 %
41–50 let	110	69	179	14,8 %
51–60 let	106	44	150	12,4 %
61–70 let	125	42	167	13,8 %
víc než 70	65	8	73	6,0 %
<i>celkem</i>	<i>886</i>	<i>325</i>	<i>1211</i>	<i>100,0 %</i>
<i>%</i>	<i>73,2 %</i>	<i>26,8 %</i>		

2. Celkový údaj o vzniku a skončení pracovních a služebních poměrů zaměstnanců v roce 2016						
	<i>výzkumní pracovníci</i>	<i>studenti a doktorandi</i>	<i>odborní prac. VaV</i>	<i>dělníci</i>	<i>administrativa</i>	<i>celkem</i>
nástupy	36	15	63	12	16	142
odchody	29	13	54	11	15	122

3. Trvání pracovního a služebního poměru zaměstnance – stav k 31. 12. 2016		
<i>doba trvání</i>	<i>počet</i>	<i>%</i>
do 5 let	545	45,0 %
5–10 let	255	21,1 %
10–15 let	116	9,6 %
15–20 let	82	6,8 %
20–25 let	64	5,3 %
25–30 let	18	1,5 %
nad 30 let	131	10,8 %
<i>celkem</i>	<i>1211</i>	<i>100,0 %</i>

4a. Systemizace výzkumných pracovníků – stav k 31. 12. 2016				
<i>smlouva na dobu určitou</i>	<i>320</i>	<i>75 %</i>		
<i>sekce</i>	<i>postdoktorand</i>	<i>vědecký asistent</i>	<i>vědecký pracovník</i>	<i>vedoucí vědecký pracovník</i>
Sekce fyziky elementárních částic	11	3	9	11
Sekce fyziky kondenzovaných látek	17	8	24	17
Sekce fyziky pevných látek	32	9	23	19
Sekce optiky	17	9	22	8
Sekce výkonových systémů	15	3	8	4
Sekce realizace pr. ELI Beamlines	16	4	22	9
<i>celkem</i>	<i>108</i>	<i>36</i>	<i>108</i>	<i>68</i>
<i>smlouva na dobu neurčitou</i>	<i>104</i>	<i>25 %</i>		
<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	10
Sekce fyziky kondenzovaných látek	0	3	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	8
Sekce výkonových systémů	0	0	2	6
Sekce realizace pr. ELI Beamlines	0	0	0	1
<b>celkem</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>32</b>	<b>65</b>

#### 4b. Systemizace ostatních vysokoškolsky vzdělaných pracovníků – stav k 31. 12. 2016

	<i>třída</i>	<i>počet</i>
<i>odborný pracovník</i>	201	173
<i>doktorand</i>	202	75
<b>celkem</b>		<b>248</b>

#### 4c. Systemizace ostatních pracovníků – stav k 31. 12. 2016

<i>odborný pracovník s VŠ</i>	300	210
<i>odborný pracovník s SŠ, VOŠ</i>	400	112
<i>odborný pracovník VaV SŠ, VOŠ</i>	500	47
<i>THP pracovník</i>	700	0
<i>dělník</i>	800	91
<i>provozní pracovník</i>	900	72
<b>celkem</b>		<b>539</b>

#### 5. Průměrná měsíční mzda za rok 2016

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

Průměrný přepočtený stav zaměstnanců	462,94
Průměrná měsíční mzda	40 642

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

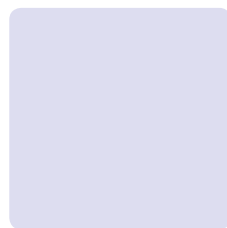
Průměrný přepočtený stav zaměstnanců	972,71
Průměrná měsíční mzda	43 604

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

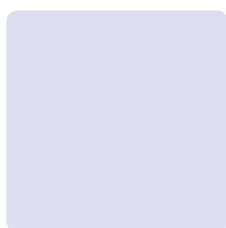
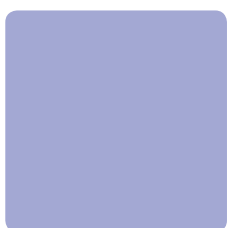
	<i>třída</i>	<i>mzda</i>
<i>odborný pracovník</i>	201	38 824
<i>doktorand</i>	202	26 342
<i>postdoktorand</i>	103	45 416
<i>vědecký asistent</i>	104	37 951
<i>vědecký pracovník</i>	105	50 534
<i>vedoucí vědecký pracovník</i>	106	75 054
<i>odborný pracovník s VŠ</i>	300	49 846
<i>odborný pracovník s SŠ, VOŠ</i>	400	32 335
<i>odborný pracovník VaV SŠ, VOŠ</i>	500	30 086
<i>THP pracovník</i>	700	39 895
<i>dělník</i>	800	19 680
<i>provozní pracovník</i>	900	29 421







## II. Hodnocení hlavní činnosti





# Sekce fyziky elementárních částic v roce 2016

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 CERN (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 vstřícných svazků protonů či těžkých iontů. V roce 2016 pokračovalo srážení protonových svazků při těžišťové energii 13 TeV. Urychlovač pracoval výborně a dodal celkem  $38,5 \text{ fb}^{-1}$  dat, výrazně více než v předchozích letech při nižších energiích 7 a 8 TeV. Díky vyšší energii a luminositě se výrazně zvýšil vědecký potenciál experimentu.
- 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 většiny difrakčních rozptylů v uvedených srážkách.
- V menší míře se podílíme i na experimentu **ALICE**, jehož cílem je zkoumání srážek těžkých iontů.

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

- Experiment **NOvA** zkoumá vlastnosti neutrin. Vlastnosti svazku neutrin jsou měřeny v detektoru ve Fermilab a poté, po průletu 800 km Zemí, ve vzdáleném detektoru v Minnesotě. Experiment zkoumá tzv. oscilace neutrin – jev, při němž dochází k přeměně jedno-

ho typu neutrin na jiný – zvláště přechod mionového neutrina na elektronové, jakož i hierarchii hmotností neutrin. První výsledky byly publikovány a prezentovány na konferencích. Předpokládá se, že experiment bude zaznamenávat data po dalších 5 let.

- Experiment **D0**, zkoumající dynamiku sil mezi základními stavebními kameny hmoty, kvarky a leptony, ve srážkách vstřícných 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.
- Experiment **DUNE**. Účastníme se přípravy nového experimentu DUNE (Deep Underground Neutrino Experiment), který prochází schvalovacím řízením ve Fermilab. Bude se jednat o mezinárodní experiment s celosvětovou spoluprací včetně laboratoře CERN. Vzdálený detektor bude umístěn 1 300 km od laboratoře Fermilab v hlubokém bývalém dole v Sanford Underground Research Facility (SURF) v Lead, Jižní Dakota. Bude naplněn tekutým argonem o hmotnosti 40 tisíc tun. Umožní podstatně zpřesnit měřené veličiny pro oscilaci neutrin, hmotnost neutrin a parametry narušení symetrie CP. Účastníme se přípravy testů prototypů detektoru v CERN.

## 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 i všestranný teoretický výzkum.

Pro účast ve zmíněných experimentech je nezbytným předpokladem přístup do sítí distribuovaného počítání. Jsme zapojeni i do jejich vývoje a implementace ve FZÚ.

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

## ■ Experiment ATLAS



Rok 2016 byl rokem stabilního provozu urychlovače LHC a experimentu ATLAS. Pracovníci FZÚ se tradičně podíleli na zajišťování provozu vnitřního dráhového detektoru a hadronového kalorimetru Tile-Cal, což jsou části experimentu ATLAS, k jejichž stavbě v minulosti FZÚ přispěl. Začátkem roku bylo v krátké zimní odstavce LHC nainstalováno první 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 projektu, 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 detektoru v tunelu LHC, obr. 1. V roce 2016 detektor AFP nabral úspěšně první data.

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 luminosity modernizovaného urychlovače LHC. Vývoj



■ **Obr. 1** První rameno detektoru dopředných protonů AFP nainstalované v tunelu LHC. Zodpovědným za celou instalaci detektoru byl náš pracovník P. Šícho (druhý zprava).

i výstavba nových detektorů jsou časově velmi náročné a v roce 2016 začaly ve FZÚ přípravy na budoucí zapojení se do výroby nových detektorů. V ústavu se modernizuje laboratoř pro práci s polovodičovými detektory. Budou se zde testovat sensory a montovat moduly pro nový dráhový detektor ATLAS.

V roce 2016 intenzivně probíhala i fyzikální analýza experimentálních dat, především nových dat při těžišťové energii srážek 13 TeV. V roce 2016 experiment ATLAS publikoval 104 původní práce. Největší ohlas vzbudily práce týkající se měření vlastností Higgsova bosonu objeveného experimenty ATLAS a CMS v roce 2012. Větší statistika umožnila přesnější proměření vlastností této částice a dosavadní výsledky jsou v plném souladu se Standardním modelem částicové fyziky [1]. Díky navýšení energie svazků a vyšší luminositě se výrazně zvýšil objevitelský potenciál experimentu ATLAS a zájem budily také nové výsledky při energii 13 TeV, především možné signály nové fyziky jdoucí za rámec Standardního modelu. Nová data z roku 2016 například nepotvrdila existenci další těžké rezonance podobné Higgsovu bosonu při hmotnosti 750 GeV. Náznaky viditelné v prvních datech při 13 TeV z roku 2015 [2] tak byly jen statistickou fluktuací.

Vědečtí pracovníci a doktorandi z Fyzikálního ústavu významně přispěli k pracím z oblasti fyziky b-kvarku [3], top kvarku [4] a fyziky silných a elektroslabých interakcí [5–7]. K analýze dat přispíváme i poskytováním příslušné části výpočetní kapacity, a to formou distribuovaného zpracování dat, které probíhá na strojích ve Výpočetním středisku FZÚ.

## ■ Experiment TOTEM



Pokračovala práce našich pracovníků na experimentu TOTEM. Zde se podařilo proměřit pružný rozptyl protonů na protonech při doposud nejvyšší energii 8 TeV [8]. Celá teoretická analýza je de facto vypracována na základě našich předchozích prací, z nichž pět je v článku přímo citovaných. V práci [9] jsme osvětlili závislost elastických srážek na impaktním parametru.

## ■ Experiment ALICE



Během roku 2016 úspěšně pokračovalo i zpracování experimentálních dat z experimentu ALICE na urychlovači

LHC v CERN. Data pocházela ze srážek PbPb i pPb. Mezi nejvýznamnější výsledky patří zejména studie o anisotropii produkce hadronů ve srážkách PbPb [10]. Tyto unikátní výsledky významně prohlubují naše znalosti o vlastnostech jaderné hmoty při extrémních podmínkách – ultra-vysokých teplotách a hustotách.

## ■ Experiment NOvA

Experiment NOvA zkoumá vlastnosti mionových neutrin, která vznikají po srážkách protonů z urychlovače ve Fermilab s uhlíkovým terčem 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 Fermilab, 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 jí 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 možnosti 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 2016 jsme se podíleli na provozu vzdáleného a blízkého detektoru a účastnili jsme 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 navržena a vyrobená v Praze. V roce 2016 jsme obě zařízení zdokonalili a vyrobili jedno nové. Podíleli jsme se i na vývoji a implementaci systému pro sběr dat (DAQ). Fyzik z FZÚ byl zodpovědný za provoz obou detektorů a záznam jejich dat jako tzv. „run-coordinator“. Tato nepřetržitá zodpovědnost



vyžadovala jeho stálou přítomnost ve Fermilab. Přispíváme také k výpočetním kapacitám pro simulační úlohy pomocí počítačových prostředků umístěných ve FZÚ, v roce 2016 jsme dodali třetinu potřebné výpočetní kapacity experimentu NOvA. První výsledky byly publikovány a prezentovány na konferencích. V publikaci [11] je změřen úbytek mionových neutrin ve svazku. Druhá publikace [12] ukazuje výsledky měření oscilací mionových neutrin na elektronová neutrina a jejich detekci ve vzdáleném detektoru. Tyto základní výsledky jsou ve shodě s očekávanými teoretickými předpověďmi. Nové předběžné výsledky dále zpřesňují naše dosavadní znalosti o oscilacích neutrin.

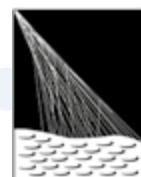
## ■ Experiment D0



Experiment D0 na urychlovači Tevatron ve Fermilab studuje celou škálu procesů probíhajících ve srážkách protonů s antiprotony. V září 2011 byl provoz urychlovače ukončen a projekt dalších pět let pokračuje analýzou získaných dat. Experiment D0 v roce 2016 publikoval 13 původních vědeckých prací. Soustředil se na procesy, které dokáže změřit přesněji než experimenty na LHC v CERN. Jedná se o přesná měření srážek s produkcí bosonů W a Z a dalších složitějších procesů, které je též obsahují. Dále pak probíhá systematická analýza kompletního souboru dat z experimentu D0 s cílem získat důležité výsledky a kombinovat je s výsledky druhého experimentu CDF, který také fungoval na urychlovači Tevatron.

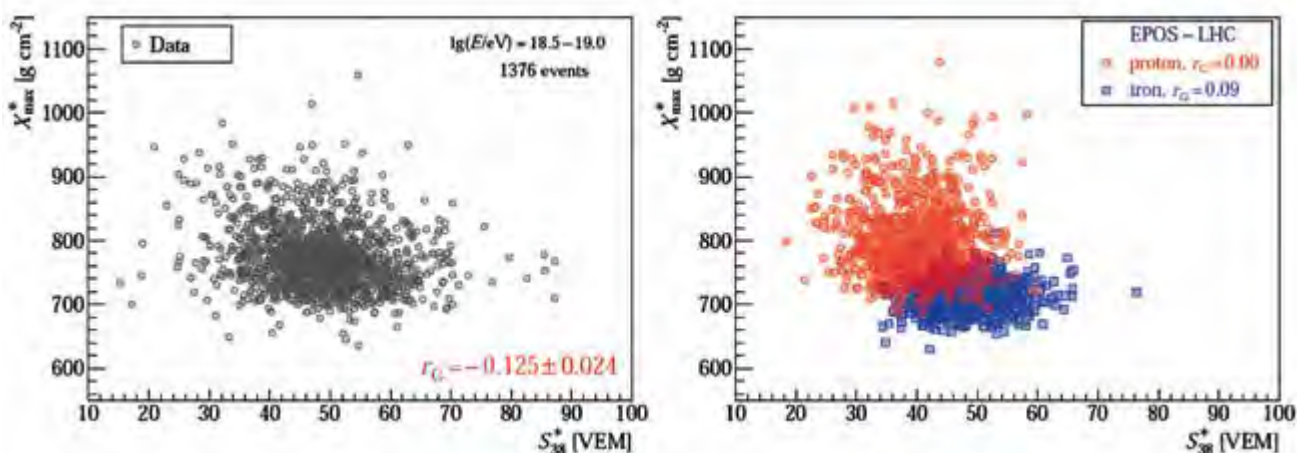
## ■ Experimenty v astročásticové fyzice

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 3000 čtverečních kilometrů. Fyzikální ústav pomohl například postavit systém fluorescenčních teleskopů a dodal více než polovinu jejich zrcadlových ploch.



PIERRE  
AUGER  
OBSERVATORY

V roce 2016 se fyzikové ze Sekce fyziky elementárních částic intenzivně věnovali studiu složení kosmického záření pomocí simultánního měření spršek fluorescenčním i povrchovým detektorem (viz obr. 2). Víceletá analýza s použitím inovativních metod byla shrnuta v disertační práci [13], kde podobně jako v [14] bylo ukázáno, že kos-



■ Obr. 2 Vlevo závislost hloubky maxima spršky v atmosféře měřená fluorescenčním detektorem na velikosti signálu v povrchovém detektoru (reálná data). Vpravo simulace stejných veličin pro protony a jádra železa pomocí modelu EPOS-LHC. Podrobným kvantifikováním korelací těchto dvou veličin bylo prokázáno smíšené složení kosmického záření v oblasti kotníku spektra kosmického záření [14].

mické záření v oblasti spektrálního kotníku je smíšeného složení. S kolegy z Matematicko-fyzikální fakulty jsme spolupracovali i na dalším novém přístupu k řešení problému složení kosmického záření [15].

Zajímavým výsledkem je i současný nejpřísnější limit na tok magnetických monopólů ultravysokých energií získaný z dat Observatoře Pierra Augera, který byl publikován v [16]. Přebytek mionů v pozorovaných datech oproti předpovědím Monte Carlo simulací byl představen v práci [17], která byla přijata odbornou veřejností s velkým ohlasem (viz kapitola Významné výsledky vědecké činnosti v roce 2016). Naše skupina se studiem interakcí jádro-jádro a přebytkem mionů v datech Observatoře zabývala i v návaznosti na starší data experimentu DELPHI na urychlovači LEP v CERN. Výsledky byly v roce 2016 odeslány do časopisu a publikovány na počátku roku 2017 [18].

Jiná oblast, na kterou se členové astročásticového týmu specializují, se týká optimalizace a plného využití činnosti fluorescenčních teleskopů, kde se pracovníci zabývají např. stanovením přesných pozorovacích podmínek. Na Observatoři Pierra Augera tak fyzikové ze Sekce elementárních částic v roce 2016 dále aktivně provozovali robotický dalekohled FRAM, jehož primárním úkolem je monitorování extinkce – úbytku záření vlivem atmosférického prostředí a zjišťování podílu vlivu aerosolů. V tomto roce jsme ovšem 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 dalekohledy ověřit, zda se ve směru její projekce na oblohu nenacházela oblačnost nebo nehomogenní vrstvy

aerosolů. Na základě pozorování dalekohledem FRAM je pravidelně sestavována databáze, z níž je možné pro každou studovanou spršku přítomnost mraků ověřit. Zajímavými výsledky dalekohledu FRAM jsou ovšem také ryze astronomická pozorování proměnných astrofyzikálních objektů [19, 20].

V roce 2016 také probíhaly přípravné práce na rozšíření Observatoře Pierra Augera. Z prostředků AVČR byla domácí laboratoř vybavena klimatickou komorou a v rámci Observatoře jsme převzali zodpovědnost za testování komponent elektroniky. Byla provedena řada testů na nové komoře 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 které je nezbytné dosáhnout zlepšení detekční citlivosti nejméně o řád v širokém intervalu energií. CTA bude sestávat z více než 100 teleskopů 3 různých typů umístěných ve dvou lokalitách – v Evropské jižní observatoři v Chile a na La Palma ve Španělsku.

Jedním ze sítí zařízení sledujících atmosféru nad CTA bude opět optický robotický dalekohled FRAM, který je založen na našich desetiletých zkušenostech z provozu analogického zařízení v rámci Observatoře Pierra Augera. V roce 2016 byla dokončena stavba pozorovacího domečku na dvoře FZÚ v Praze a byl zahájen testovací provoz. Ten umožnil ve spolupráci s dodavatelem odlatit chování hydraulického systému kopule, její těsnost a celý systém autonomního provozu. Při testovacím provozu bylo také pořízeno značné množství dat a ověřena připravenost nástrojů pro jejich zpracování vyvinutých



na základě našich zkušeností z Observatoře Pierra Augera. Podle očekávání byla metodou skenování ve výšce nad obzorem naměřena velmi vysoká hodnota optické tloušťky aerosolů, a to především v zimním období za inverzního počasí. Bylo potvrzeno, že metoda měření obsahu aerosolů ve vzduchu je použitelná v širokém rozsahu atmosférických podmínek.

Aktivity na CTA probíhají rovněž ve spolupráci se Společnou laboratoří optiky UP a FZÚ AV ČR, 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 dalekohle-  
du 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. Zásadou špičkových parametrů a širokého zorného pole bude LSST schopno prozkoumat do bezprecedentní hloubky celou pozorovatelnou oblohu během ca 3 dnů. Během celého období projektu se tak ke každému kousku oblohy vrátí několiksetkrát.

K řadě fyzikálních programů vedle proměnných zdrojů a dalších aplikací patří především kosmologie. V roce 2016 jsme v rámci projektu LSST rozvíjeli spolupráci zejména se skupinou z Argonne National Laboratory. Začali jsme pracovat na kódu pro rychlé kosmologické simulace, který později chceme využít pro studium modifikované gravitace. V rámci skupiny jsme se pak zapojili do vývoje tzv. CCL (Core Cosmological Library), knihovny pro studium kosmologie s jasně definovanou přesností. Během roku 2017 bude kód této knihovny uvolněn pro veřejnost společně s připravovanou publikací (zejména dokumentace knihovny).

## ■ Teorie

Nejvýznamnější změnou v oddělení teorie byl příchod Dr. Constantina Skordise, nositele ERC Consolidator grantu z Kyperské univerzity. S jeho pomocí se podařilo získat významnou dotaci od MŠMT z programů OP VVV na vybudování Středoevropského centra pro kosmologii a fundamentální fyziku (CEICO). Základní témata, kterým se nové centrum věnuje, jsou kosmologie raného a pozdního vesmíru, studium temné hmoty a energie včetně možných modifikací samotné teorie gravitace a její testování v režimu silných polí. Nedíl-

nou 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 popsaná v oddíle věnovaném astročásticové fyzice.

V oblasti teorie strun jsme se věnovali ambitwistorové struně a jejím interpretacím [21]. V následné práci [22] jsme testovali tento model na křivém pozadí a odvodili očekávané podmínky heterotické supergravitace. V práci [23] jsme studovali kosmologická řešení v teorii gravitace s vyššími spiny. Studovali jsme též spektrum teorie strun v limitě nulového napětí struny [24]. V práci [25] jsme zkoumali vztah mezi částicovými řešeními v 3D gravitaci a konformními bloky ve 2D konformní teorii pole. V práci [26] jsme našli způsob, jak vnořit Virasorovu algebru do algebry strunných polí, s tím, že se od tohoto výsledku očekává, že by měl pomoci při analytické konstrukci řady nových klasických řešení. Teorii strunných polí jsme se věnovali i numericky, podařilo se nám demonstrovat, jak pomocí vhodné souřadnice na modulovém prostoru řešení lze pokrýt celý modulový BCFT [27].

V kosmologii jsme se věnovali novým oscilujícím kosmologickým fázím, či kosmologickým časokrytalům navrženým F. Wilczekem a výsledky shrnuli v [28]. Dále jsme studovali efekt klasických a kvantových kanonických transformací na kosmologické perturbace.

V minulém roce byla též publikována práce [29] věnující se algebře symetrií 2D konformní teorie pole s vyššími spiny, která následně získala velký ohlas, více viz kapitola Významné výsledky vědecké činnosti v roce 2016.

## ■ 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 nějž 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 [30,31]. 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).

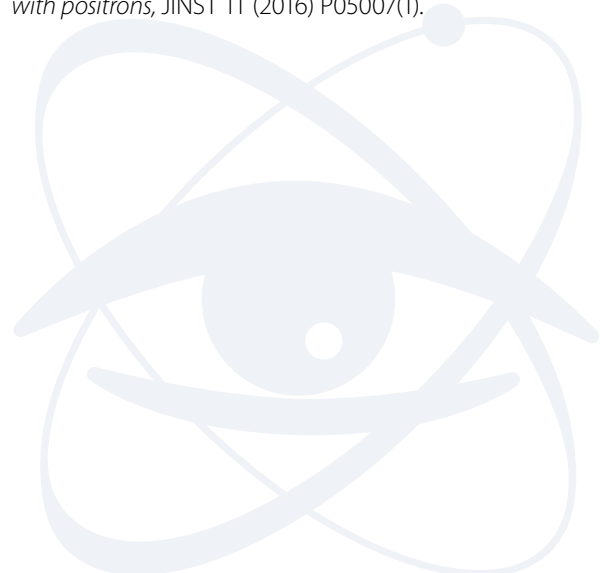
## ■ Zpracování experimentálních dat

Velké experimenty ALICE a ATLAS na LHC vyprodukovaly v roce 2016 rekordní množství dat díky nad očekávání dobrému fungování urychlovače a obětavé práci experimentátorů při nabírání dat. Větší objem dat si vyžádal nové postupy při jejich zpracování. Experiment ATLAS zavedl sledování četnosti přístupu k datovým souborům a agresivní přístup při mazání starších a méně používaných dat. I při prakticky stejném objemu diskového prostoru (celkem více než 4 PB) jsme byli schopni zajistit náš podíl na zpracování dat těchto dvou experimentů. Zvýšené datové toky si vyžádaly zvětšení kapacity linky LHCONe do FZÚ na 2x10 Gbps. Experimenty ALICE a ATLAS také využily nejvíce výpočetního času pro simulace a zpracování dat, propočítaly celkem 3766 roků na farmě Goliáš (při přepočtu výpočetního času na jedno výpočetní jádro). ATLAS spotřeboval 2341 roků, ALICE 1425. Pro simulace využívaly farmu Goliáš ve větší míře i projekty NOVA (214 propočítaných let), CTA (194 let) a Observatoř Pierra Augera (84 let).

## ■ Literatura

- [1] Aaboud et al. (**ATLAS and CMS Collaborations**, 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), *Measurements of the Higgs boson production and decay rates and constraints on its couplings from a combined ATLAS and CMS analysis of the LHC pp collision data at  $\sqrt{s}=7$  and 8 TeV*, J. High Energ. Phys. 1608 (2016) 045
- [2] Aaboud et al. (**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), *Search for resonances in diphoton events at  $\sqrt{s}=13$  TeV with the ATLAS detector*, J. High Energ. Phys. 1609 (2016) 001
- [3] Aad G. et al. (**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), *Measurement of the CP-violating phase  $\varphi_s$  and the  $B_0$ s meson decay width difference with  $B_0 \rightarrow J/\psi \phi$  decays in ATLAS*, J. High Energ. Phys. 1608 (2016) 147
- [4] Aad G. et al. (**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), *Measurements of the charge asymmetry in top-quark pair production in the dilepton final state at  $\sqrt{s}=8$  TeV with the ATLAS detector*, Phys. Rev. D 94 (2016) 032006
- [5] Aad G. et al. (**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), *Measurement of total and differential  $W+W-$  production cross sections in proton-proton collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV with the ATLAS detector and limits on anomalous triple-gauge-boson couplings*, J. High Energy. Phys. 1609 (2016) 029
- [6] Aad G. et al. (**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), *Charged-particle distributions in pp interactions at  $\sqrt{s}=8$  TeV measured with the ATLAS detector at the LHC*, Eur. Phys. J. C (2016) 76: 403
- [7] Aad G. et al. (**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), *Charged-particle distributions at low transverse momentum in  $\sqrt{s}=13$  TeV pp interactions measured with the ATLAS detector at the LHC*, Eur. Phys. J. C (2016) 76: 502
- [8] G. Antchev et al. (**TOTEM Collaboration**, z FZÚ: J. Kašpar, J. Kopal, V. Kunderát, M. V. Lokajíček, J. Procházka), *Measurement of Elastic pp Scattering at  $\sqrt{s}=8$  TeV in the Coulomb-Nuclear Interference Region – Determination of the  $p$ -Parameter and the Total Cross-Section*. Eur. Phys. J. C 76:661 (2016) (2016) 661(1)
- [9] J. Procházka, M.V. Lokajíček, V. Kunderát, *Dependence of elastic hadron collisions on impact parameter*. Eur. Phys. J. Plus 132 (2016) 147(1)–147(19).
- [10] J. Adam et al., (**ALICE Collaboration**, z FZÚ J. A. Mareš, P. Závada), *Anisotropic flow of charged particles in Pb–Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}}=5.02$  TeV*, Phys. Rev. Lett. 116 (2016) no. 13, 132302
- [11] P. Adamson et al. (**NOvA Collaboration**, z FZÚ: M. Lokajíček, J. Zálešák), *First measurement of muon-neutrino disappearance in NOvA*, Phys. Rev. D 93 (2016) 051104(1)–051104(8).

- [12] P. Adamson et al. (**NOvA Collaboration**, z FZÚ: M. Lokajíček, J. Zálešák), *First measurement of electron neutrino appearance in NOvA*, Phys. Rev. Lett. 116 (2016) 151806(1)–151806(7).
- [13] J. Vícha, *Analysis of Air Showers with respect to Primary Composition of Cosmic Rays*, Dizertační práce (2016), školitel: P. Trávníček, Vysoká škola, fakulta: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská
- [14] 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), *Evidence for a mixed mass composition at the ‘ankle’ in the cosmic-ray spectrum*, Physics Letters B 762 (2016) 288–295.
- [15] D. Nosek, J. Ebr, J. Vícha, P. Trávníček, J. Nosková, *Maximum entropy analysis of cosmic ray composition*, Astroparticle Physics 76 (2016) 9–18.
- [16] Aab et al. (The **Pierre Auger Collaboration**, z FZÚ: J. Blažek, M. Boháčová, J. Chudoba, J. Ebr, D. Mandát, P. M. Palatka, M. Pech, M. Prouza, J. Řídký, P. Schovánek, P. Trávníček, J. Vícha), *Search for ultrarelativistic magnetic monopoles with the Pierre Auger observatory*, Physical Review D 94 (2016) 082002(1)–082002(12).
- [17] Aab et al. (The **Pierre Auger Collaboration**, z FZÚ: J. Blažek, M. Boháčová, J. Chudoba, J. Ebr, D. Mandát, P. Nečasal, M. Palatka, M. Pech, M. Prouza, J. Řídký, P. Schovánek, P. Trávníček, J. Vícha), *Testing Hadronic Interactions at Ultrahigh Energies with Air Showers Measured by the Pierre Auger Observatory*, Physical Review Letters 117 (2016) 192001(1)–192001(9).
- [18] J. Ebr, P. Nečasal, J. Řídký, *Soft Particle Production in Very High Energy Hadron Interactions*, Astroparticle Physics 90 (2017) 37–49.
- [19] P. Mayer et al. (z FZÚ: J. Juryšek, M. Mašek), *V346 Centauri: Early-type eclipsing binary with apsidal motion and abrupt change of orbital period*, Astronomy and Astrophysics 591 (2016) A129(1)–A129(9).
- [20] 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*, The Astronomical Journal 153 (2016) 39–45.
- [21] Renann Lipinski Jusinskas, *Notes on the ambitwistor pure spinor string*, JHEP 1605 (2016) 116
- [22] T. Azevedo, R. Lipinski Jusinskas, *Background constraints in the infinite tension limit of the heterotic string*, JHEP 1608 (2016) 133.
- [23] C. Iazeolla and J. Raeymaekers, *On big crunch solutions in Prokushkin-Vasiliev theory*, JHEP 1601, 177 (2016).
- [24] J. Raeymaekers, *On matter coupled to the higher spin square*, J. Phys. A 49, no. 35, 355402 (2016).
- [25] O. Hulík, T. Procházka and J. Raeymaekers, *Multi-centered AdS3 solutions from Virasoro conformal blocks*, preprint, arXiv:1612.03879 [hep-th]. Accepted for publication in JHEP.
- [26] N. Mertes, M. Schnabl, *String field representation of the Virasoro algebra*, JHEP 1612 (2016) 151.
- [27] M. Kudrna, C. Maccaferri, *BCFT moduli space in level truncation*, JHEP 1604 (2016) 057.
- [28] D. A. Easson, A. Vikman, *The Phantom of the New Oscillatory Cosmological Phase*, e-Print: arXiv:1607.00996
- [29] Tomáš Procházka, *W-symmetry, topological vertex and affine Yangian*, JHEP 10(2016) (2016) 077–077.
- [30] G. Eigen et al. (**ALICE Collaboration**, z FZÚ: J. Cvach, P. Gallus, M. Havránek, M. Janata, J. Kvasnička, M. Marčíšovský, I. Polák, J. Popule, L. Tomášek, P. Šicho, J. Smolík, V. Vrba, J. Zálešák), *Hadron shower decomposition in the highly granular CALICE analogue hadron calorimeter*, JINST 11 (2016) P06013(1).
- [31] B. Freud et al. (**ALICE Collaboration**, z FZÚ: J. Cvach, P. Gallus, M. Havránek, M. Janata, M. Kovalčuk, J. Kvasnička, M. Marčíšovský, I. Polák, J. Popule, L. Tomášek, M. Tomášek, P. Šicho, J. Smolík, V. Vrba, J. Zálešák), *DHICAL with minimal absorber: measurements with positrons*, JINST 11 (2016) P05007(1).







# Sekce fyziky kondenzovaných látek v roce 2016

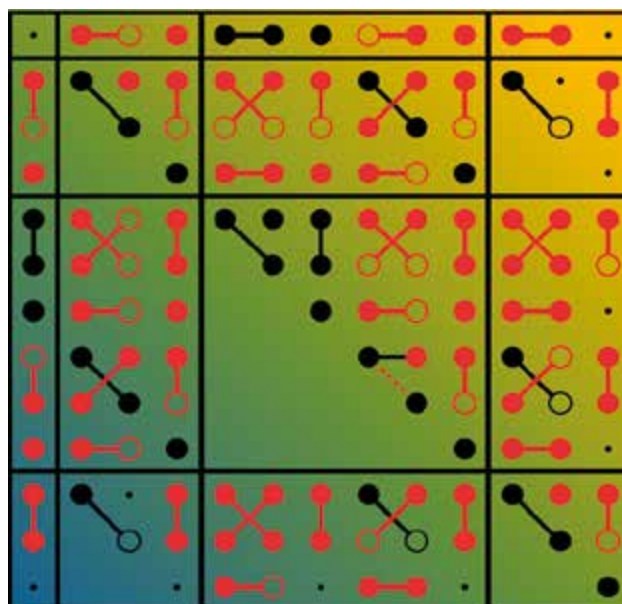
Výzkum v sekci fyziky kondenzovaných látek je dlouhodobě zaměřen na experimentální a teoretické studium fyzikálních vlastností pevných látek, především elektrických, magnetických a mechanických. V poslední době zkoumáme zejména dielektrické a feroelektrické materiály laditelné vnějšími podněty, transport náboje v nanostrukturovaných polovodičích, nové fáze kapalných krystalů, magnetické vlastnosti silně anizotropních materiálů. Dále se zabýváme studiem martenzitických fázových transformací v materiálech s tvarovou pamětí vykazujících funkční termomechanické vlastnosti, multiferoickými materiály kombinujícími martenzitické a magnetické transformace vedoucí k jevům jako je magnetickým polem indukovaná aktauce nebo magnetokalorické jevy, výzkumem moderních technických materiálů s řízenou mikrostrukturou a konečně přípravou a studiem vlastností CVD diamantových vrstev a povlaků. Základním směrem čistě teoretického výzkumu v sekci je studium mikroskopických elektronových vlastností pevných látek a od nich odvozených magnetických, elektrických a transportních vlastností. V oblasti aplikačně zaměřeného výzkumu se v současnosti zabýváme využitím funkčních materiálů a tenkých diamantových vrstev pro aplikace v lékařství, energetice a dopravním průmyslu, dále pak například měření změn magnetických vlastností u ocelí pro vyhodnocení únavy nebo měření neutronového poškození supravodičů pro Tokamak. Významnou část aktivit sekce, vedle činnosti výzkumných skupin s vlastním vědeckým programem, představuje rozvoj a činnost pěti společných ústavních laboratoří (SAFMAT (SEM+AFM), LEM, ROTAN, SLMS a Chemie). Pracovníci těchto laboratoří rozvíjí nové experimentální metody s využitím svěřeného nákladného experimentálního vybavení a poskytují vědeckým pracovníkům z FZÚ výzkumné služby v oborech elektronové mikroskopie, rentgenových metod, fyzikálních měření v magnetických polích v širokém teplotním oboru a analytické chemie. Laboratoře LEM, SAFMAT a SLMS nabízí výzkumné služby také zájemcům z externích pracovišť mimo FZÚ v rámci „open access“ režimu národních výzkumných infrastruktur. V roce 2016 se výzkumní

pracovníci sekce, souběžně s řešením grantových projektů, zapojili také do aktivit Strategie AV21 v rámci dvou jejích programů – *Nové materiály na bázi kovů, keramik a kompozitů (M3K)* a *Účinná přeměna a skladování energie*.

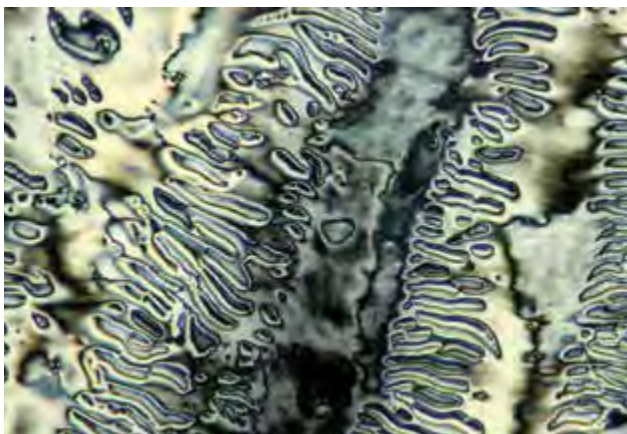
## ■ Dielektrika, feroelektrika, feromagnetika a multiferoika

### Strukturní aspekty fázových přechodů ve feroelektrikách

V roce 2016 se nám podařilo dokončit úplnou klasifikaci 212 typů strukturních fázových přechodů doprovázených změnou makroskopické krystalografické symetrie



■ **Obr. 1** Identifikační karta vybraného typu snížení makroskopické symetrie krystalu. Grafické znázornění základních materiálových tenzorů pro vybraný případ fázového přechodu z tetragonální do monoklinické fáze, vyjadřující vztah mezi komponentami tenzorů obou fází a vznik spontánních komponent (červené body).

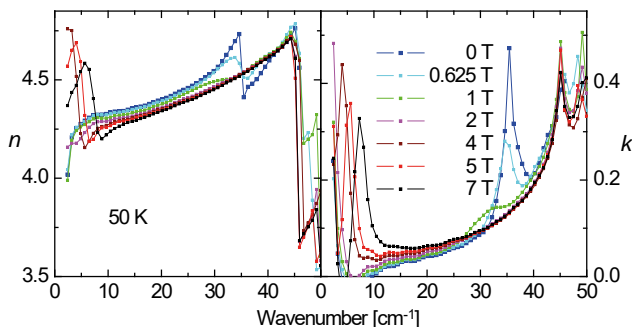


■ **Obr. 2** Paramagnetický kapalný krystal v optickém mikroskopu. Vyobrazena je textura jednoho ze studovaných paramagnetických kapalných krystalů ve smectické C fázi.

krystalu včetně řešení inverzního problému spočívajícího v identifikaci daného typu fázového přechodu na základě znalosti minimálního počtu anomálií makroskopických tenzorových veličin (obr. 1). Tato klasifikace umožnila formulovat podmínky existence nových multifunkčních materiálů kombinujících feroelastické a feroelektrické vlastnosti s tzv. feroaxiálním uspořádáním. Pro každý strukturní fázový přechod jsme graficky znázornili základní materiálové tenzory vysokoteplotní a nízkoteplotní fáze a zejména vznik **spontánních komponent**. Výsledky dávají mocný nástroj při hledání tzv. skrytých symetrií a zcela nových materiálových vlastností [1].

## Kapalné krystaly

V oblasti výzkumu kapalných krystalů jsme se v roce 2016 nově zaměřili na jejich paramagnetické chování. Paramagnetické kapalné krystaly poskytují, kromě svých



■ **Obr. 3** Závislost indexu lomu  $n$  a extinkčního koeficientu  $k$  na magnetickém poli v terahertzové spektrální oblasti (měřeno při 50 K). Elektromagnonová rezonance u  $35\text{ cm}^{-1}$  zcela zmizí v poli nad 2 Tesla. Feromagnetická rezonance se ve spektru objevuje při hodnotě magnetického pole 4 Tesla a její frekvence s polem lineárně roste (viz oblast pod  $10\text{ cm}^{-1}$ ).

schopností k samouspořádání, výhody magnetických vlastností individuálních molekul, které mohou být modifikovány změnou teploty či přiložením vnějšího pole (obr. 2). Pomocí měření SQUID a elektronové paramagnetické rezonance bylo u kapalně krystalických látek s radikálem ve vnější části molekuly se zalomeným tvarem prokázáno, že paramagnetické chování se zachovává ve všech fázích a že molekulární uspořádání v kapalně krystalických fázích koreluje s orientací spinu [2].

## THz spektroskopie

Pozoruhodným výsledkem našich výzkumů v oblasti THz spektroskopie bylo pozorování elektromagnonu v Z-hexafaritu ( $\text{Ba}_{0.2}\text{Sr}_{0.8}\text{Co}_2\text{Fe}_{24}\text{O}_{41}$ ). THz spektra Z-hexafaritu ( $\text{Ba}_{0.2}\text{Sr}_{0.8}\text{Co}_2\text{Fe}_{24}\text{O}_{41}$ ) odhalila elektricky aktivní spinovou vlnu (elektromagnon) při teplotách pod 250 K (obr. 3). Tato excitace je aktivována dynamickou magnetoelektrickou vazbou, která je způsobena výměnnou interakcí. Její intenzita je silně citlivá na vnější magnetické pole, drasticky klesá v magnetickém poli nad 0,5 tesla a zcela zmizí v silném poli nad 2 tesla; tehdy se magnetická struktura mění z příčně konikální na kolineární. Tato práce byla publikována v PRB [3].

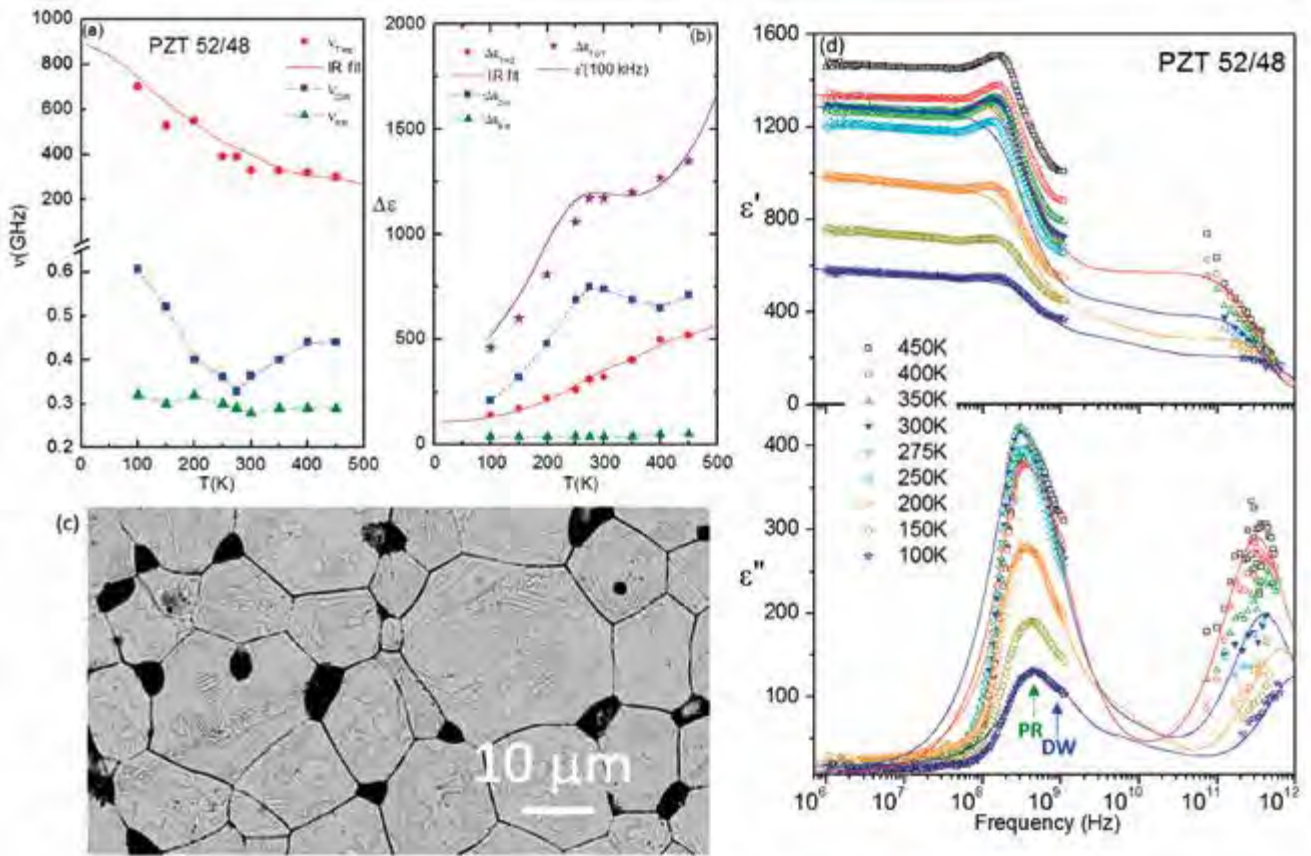
## PZT keramiky

Intenzivně jsme se zabývali dielektrickou odezvou PZT keramik s morfotropickým složením. Dielektrické chování nejvýznamnějšího piezoelektrického materiálu  $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.52}\text{Ti}_{0.48})\text{O}_3$  při teplotách pod 300 K (obr. 4) je vysvětleno topologií keramického vzorku a nesouvisí s vlastní strukturní změnou, která v tomto materiálu nastává. Dielektrická anomálie nalezená pod pokojovou teplotou má tedy čistě extrinický původ a je způsobena dvěma excitacemi v GHz oblasti: teplotně nezávislými piezoelektrickými rezonancemi v znech a vibrací doménových stěn, jejichž frekvence se snižuje, když se blížíme k teplotě 270 K [4].

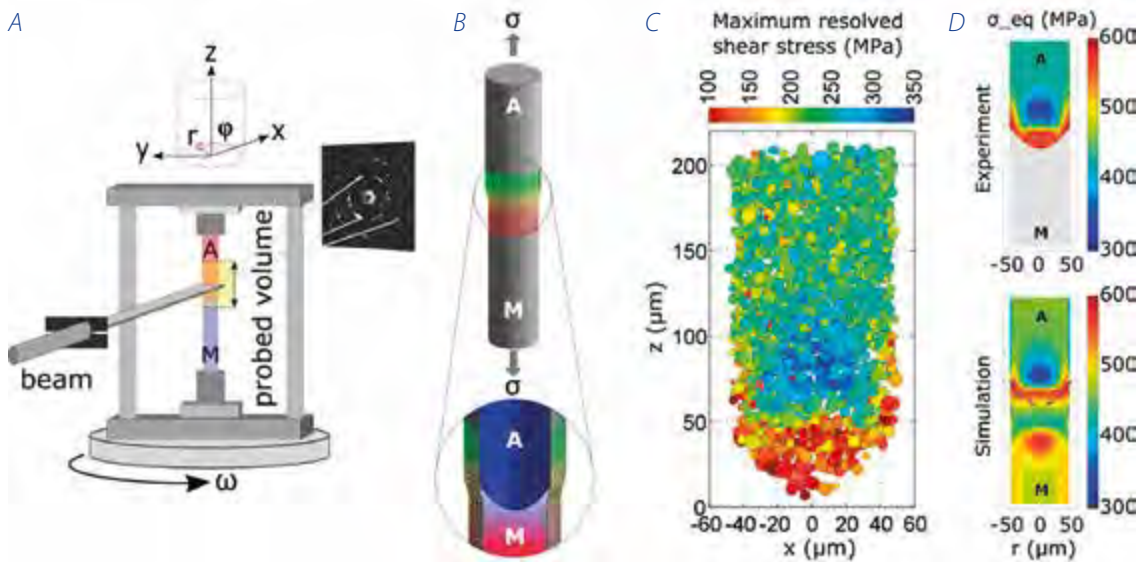
## ■ Fázové transformace ve slitinách s tvarovou pamětí

### Martenzitické transformace ve slitině NiTi studované pomocí rentgenové difrakce

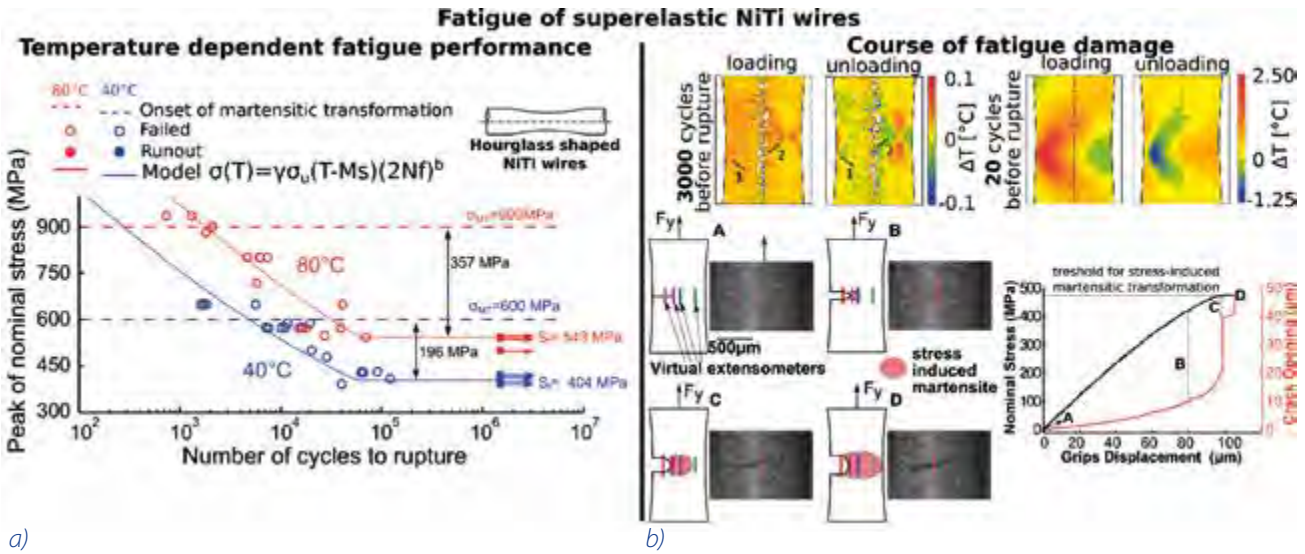
Vratné mikrostrukturní změny v objemu prvků ze slitin s tvarovou pamětí pod vlivem přiloženého napětí a teploty jsou základem jevů tvarové paměti. Tyto změny lze s výhodou studovat pomocí difrakce vysokoenergetického rentgenového záření. Proto se dlouhodobě sna-



■ Obr. 4 (a) Teplotní závislost frekvencí excitací PZT52/48 v mikrovlnné a terahertzové spektrální oblasti, (b) jejich příspěvek do permitivity společně s permitivitou měřenou při 100 kHz, (c) mikroskopický snímek PZT keramiky ukazující hranice zrn a ferroelastických domén. (d) Komplexní dielektrická spektra PZT 52/48 ve vysokofrekvenční a THz oblasti.



■ Obr. 5 Nedestruktivní 3D zobrazení mikrostruktury a napětí v polykrystalických pevných látkách vystavených mechanickému namáhání pomocí 3D-XRD metody. V popisovaném experimentu byl tenký drát ze superelastické slitiny NiTi zatížen v tahu a vystaven monochromatickému svazku energetických fotonů na **Materials Science Beamline ID11** v ESRF. Deformace a napětí v cca 15000 austenitických zrnech v okolí čela makroskopického deformačního pásu (B, C) byly zrekonstruovány z 36650 2D difrakčních záznamů získaných během rotace zatíženého drátu okolo vlastní osy a posuvu vzhledem k dopadajícímu svazku fotonů (A). Prostorový model čela pásu (D) byl vytvořen z pořízených difrakčních dat v kombinaci s výsledky simulací lokalizované deformace drátu pomocí mechanického modelu slitin s tvarovou pamětí.



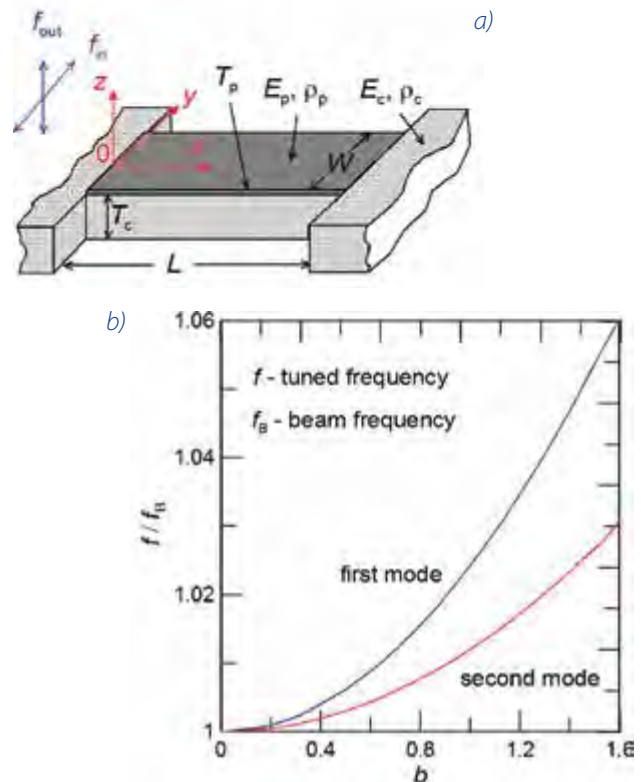
■ Obr. 6 Únavové vlastnosti superelastických slitin NiTi a) únavová křivka maximální napětí – počet cyklů do lomu, b) detekce lokalizované transformace pomocí IR kamery.

žíme takové metody vyvíjet a používat k výzkumu slitin NiTi. V minulých letech jsme unikátním způsobem použili metodu 3D rentgenové difrakce /3D-XRD/ na synchrotronu ESRF v Grenoblu k určení tenzorů deformace a napětí v ~15000 zrnech v okolí čela pohyblivého deformačního pásu v 0,1 mm tenkém superelastickém drátu NiTi zatíženém v tahu [5]. Z naměřených hodnot jsme určili deformační a napěťová pole v okolí čela deformačního pásu (obr. 5) a provedli simulace lokalizované tahové superelastické deformace NiTi drátu pomocí konstitučního modelu popisujícího termomechanické chování slitiny NiTi. Analýzou výsledků se nám podařilo objasnit mezoskopický mechanismus lokalizované deformace drátů NiTi a objasnit tak záhadu přetrvávající v oboru slitin SMA desítky let.

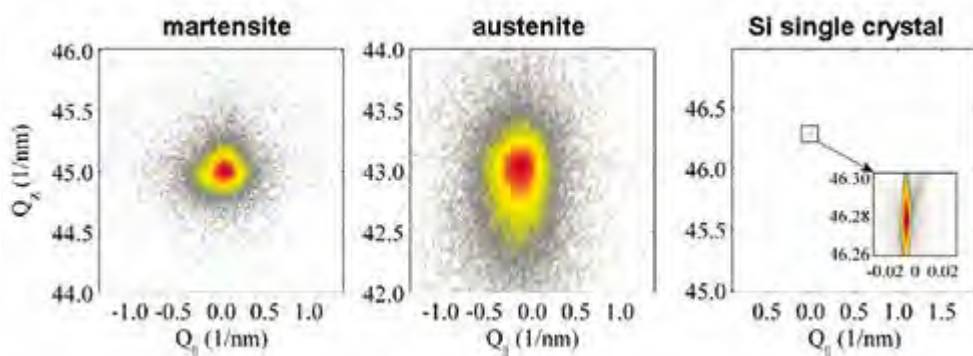
### Výzkum termomechanické únavy slitin s tvarovou pamětí NiTi

V roce 2016 jsme zahájili řešení nového výzkumného projektu NiTiUp zaměřeného na komplexní základní výzkum termomechanické únavy slitin NiTi. Porušení a lom cyklicky deformovaných prvků NiTi v současnosti představuje jeden ze základních problémů v oboru. K řešení problému jsme přistoupili z několika různých směrů, protože se ukazuje, že vliv na počet cyklů do lomu má celá řada faktorů, které je od sebe nutné odlišit. První výsledky byly publikovány v článku [6], kde jsme studovali degradaci únavových vlastností superelastických slitin NiTi při napětích blízkých se režimu napěťové indukované fázové transformaci (obr. 6). Naměřili jsme napěťové a teplotně závislé únavové křivky, na základě kterých jsme navrhli model predikující únavovou životnost superelastických

drátů NiTi v závislosti na maximálním tahovém napětí a teplotě [6]. Navíc jsme analyzovali průběh únavového poškození během cyklování s ohledem na martenzickou transformaci nehomogenně indukovanou na čele trhliny a v okolním materiálovém objemu.



■ Obr. 7 a) Ilustrace uvažovaného oboustranně vetknutého nosníku z elastického substrátu pokrytého tenkou vrstvou, b) obecná závislost rezonanční frekvence na tahovém parametru  $b$  pro první dvě rezonanční frekvence.



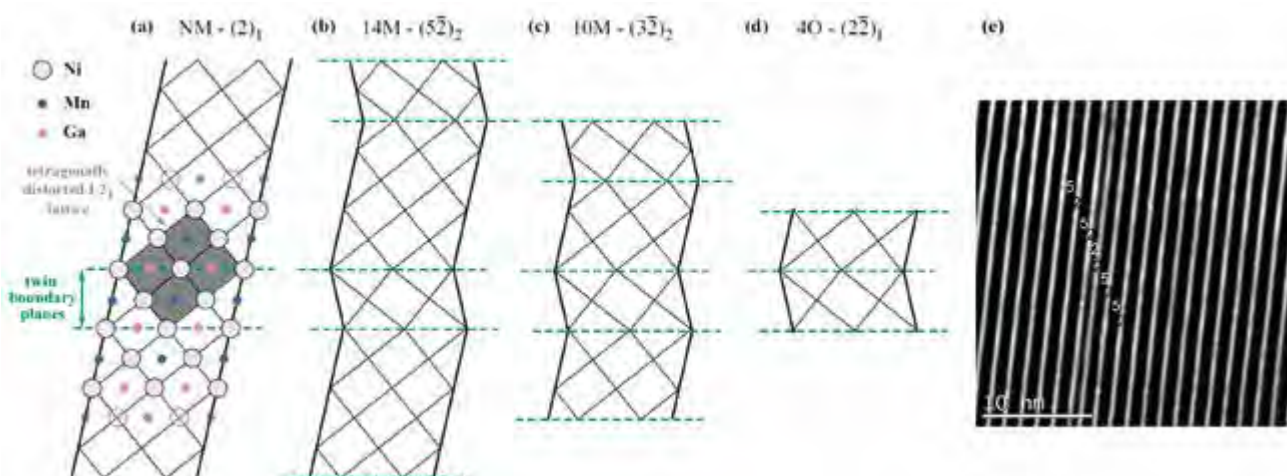
■ Obr. 8 2D difrakční stopy vybrané roviny monokrystalu Ni-Mn-Ga v martensitu a kubickém austenitu ve srovnání s dokonalým monokrystalem Si. Rozšíření stop je až tisíckrát větší.

### Nanorezonátory z tenkých filmů NiTi

Z tenkých filmů NiTi nanosených na ultratenké nosníky lze připravit nanorezonátory s laditelnou vlastní frekvencí. To lze využít k přípravě MEMS sloužících jako laditelné senzory. Laditelnost je založena na teplotou vyvolané změně elastických vlastností NiTi vrstvy a napětí mezi substrátem a vrstvou. V rámci výzkumu nanorezonátorů jsme analyzovali možnost určení zbytkových napětí, modulu pružnosti, hustoty a tloušťky ultratenké vrstvy AlN (obr. 7) prostřednictvím měření rezonančních frekvencí oboustranně vetknutého nosníku [7]. Ukázali jsme, že obecná závislost rezonanční frekvence na osově síle je platná také pro ohybové kmity v rovině tenké vrstvy. Teoreticky jsme odvodili vztahy pro určení zbytkových napětí, modulu pružnosti, hustoty a tloušťky na základě znalosti dvou rezonančních frekvencí kmitů v rovině a kolmo na rovinu ultratenké vrstvy. Současně jsme odvodili teoretické vztahy pro vrstevnaté nanorezonátory s NiTi a připravili první vzorky s funkční vrstvou NiTi, jejichž vibrační vlastnosti v současnosti studujeme.

### Výzkum magnetických slitin s tvarovou pamětí

Ve spolupráci s MFF UK jsme pomocí rentgenovské difrakce s vysokým rozlišením ukázali, že problém určení struktury Ni-Mn-Ga s modulovanou strukturou není úplně řešitelný vzhledem k jistému vnitřnímu neuspořádání [8]. To vede k neodstranitelnému rozšíření difrakčních stop, které pak zabraňuje přesnějšímu určení struktury (obr. 8) a dovoluje různé interpretace v závislosti na zvoleném modelu. Náš výsledek přirozeně vysvětluje značné rozporů v publikované literatuře. Zdá se, že předchozí četné publikované výsledky závisí na použité metodě, vyhodnocení a preferenci autorů. Naše výsledky ukazují, že není možné rozhodnout, zdali struktura je harmonicky modulovaná, tedy že poloha atomů se mění víceméně spojitě, či zdali se skládá ze zdvojitých nanorozměrných bloků. Neboli, zda krystalová struktura je složena ze základních stavebních bloků spojených zdvojitím nebo vzájemným posunutím dvou a tří atomových vrstev v opačném směru. Tento výsledek je důležitý pro další diskuzi a objasnění základní vlastnosti magnetických paměťových slitin – extrémně vysoké pohyblivosti makroskopických hranic



■ Obr. 9 Schematická ilustrace nanotwinovaných martensitických struktur v Ni<sub>2</sub>MnGa slitinách s magnetickou tvarovou pamětí a) základní struktura NM, b) 14M neboli (52) struktura, c) 10M neboli (32) struktura, d) předpovězená 4O neboli (22) struktura, e) experimentální pozorování 4O struktury (222..) stacking v lokálním (atomovém) měřítku.

dvojčatění. V této souvislosti přinesly hlubší porozumění martensitické mikrostruktury dvojčatění teoretické výpočty. Z hlediska martensitické struktury zde hraje klíčovou roli tzv. nanodvojčatění materiálu, tj. periodické dvojčatění s velikostí dvojčat pouze několik atomových vrstev, např. tzv. 10M nebo 14M struktura s periodou 5 nebo 10 atomových rovin (obr. 9). Na takovéto periodické dvojčatění na atomové škále lze nahlížet alternativním pohledem jako na modulaci mřížky martensitu. Konečná preferovaná martensitická struktura a její modulace silně závisí na elektronové struktuře, tj. na přesném složení slitin a případných příměsí, a dále na teplotě, tlaku a dalších faktorech.

V roce 2016 se nám jako prvním na světě podařilo teoreticky pomocí ab initio výpočtů ukázat, že základní strukturní stav slitiny Ni<sub>2</sub>MnGa – prototypické slitiny s magnetickou tvarovou pamětí – je tzv. 4O struktura, kde jednotlivá nanodvojčata mají šířku dvě atomové roviny (obr. 9d) a perioda struktury je 4 atomové roviny [9]. Tento výsledek je významný jednak z hlediska porozumění základní struktury materiálu a navíc usnadňuje pochopení a redukuje teoretické výpočty všech ostatních modulovaných struktur, neboť jsme dokázali, že klíčový faktor pro celkovou energii je energie dvojrvtvy a ostatní širší vrstvy/nanodvojčata (např. šířka 3, 5 atomových rovin) přispívají do celkové energie přibližně stejně.

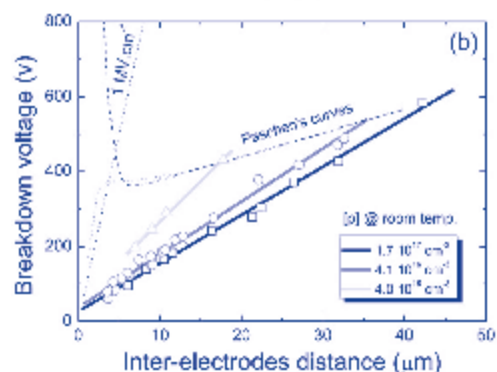
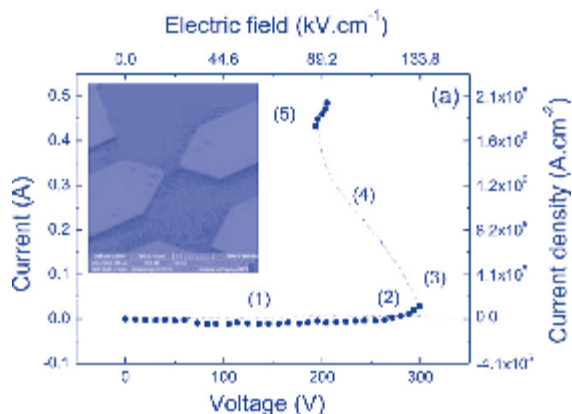
## ■ CVD diamantové vrstvy

V oblasti CVD diamantu se zaměřujeme na přípravu, funkcionalizaci a charakterizaci uhlíkových materiálů, pře-

vážně různých forem diamantu jako jsou: nano a mikrokrytalické diamantové tenké vrstvy, nanodiamantové částice, monokrytalické diamanty. Diamant připravujeme jak bez úmyslně dodaných příměsí, tak i dopovaný. Diamantové vrstvy jsou připravované pomocí metody mikrovlnné depozice z plynné fáze (MW PECVD) ze směsi plynného vodíku a metanu. Stejný reaktor jako pro metodu MW PECVD používáme pro funkcionalizaci povrchu plazmatem vodíku nebo kyslíku. Připravené materiály charakterizujeme nejrůznějšími experimentálními metodami jako mikroskopii atomárních sil (AFM), elektronovou mikroskopii (SEM), elipsometrií, neutronovým hloubkovým profilováním (NDP), elektrickými měřeními, Ramanovou spektroskopií, fotoluminiscenčním měřením, rentgenovou difrakcí. V roce 2016 jsme publikovali práci [10], kde jsme odhalili neobvyklý mechanismus vodivosti borem dopovaného diamantu (diamantový polovodič typu p) vyvolaný vysokým elektrickým polem (obr. 10). Při dosažení kritické intenzity elektrického pole ( $100\text{--}200\text{ kV cm}^{-1}$ ), jež závisí na koncentraci akceptoru a teplotě, nastane lavinový průraz v důsledku ionizace neutrálních příměsí vedoucí k jejich úplné ionizaci. Voltampérová charakteristika vykazuje charakteristický S – tvar s oblastmi nižší a vyšší vodivosti.

## ■ Materiály s řízenou mikrostrukturou

V oblasti strukturních materiálů jsme se zabývali jednak studiem segregace příměsí na hranicích zrn, jednak nanostrukturováním materiálů pomocí metod extensiv-

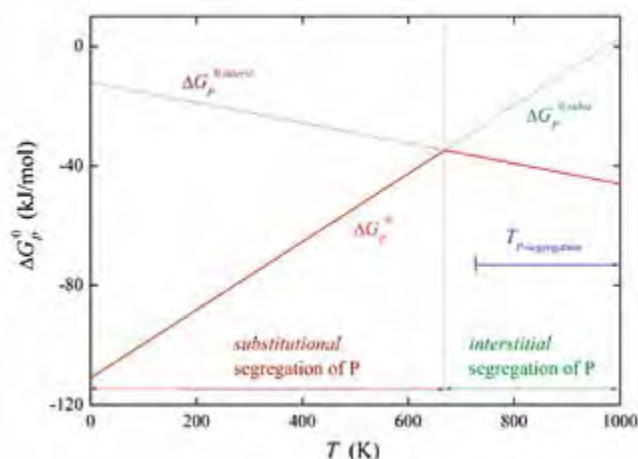


■ **Obr 10** a) Quasi-statická voltampérová charakteristika 22,4 μm dlouhého borem dopovaného diamantového testovaného zařízení, která vykazuje (1) lineární ohmickou oblast při nízkém elektrickém poli, (2) nelineární nosičem zesílenou oblast, (3) kritické napětí způsobené lavinovou ionizací neutrálních příměsí, (4) přechodovou oblast s negativním odporem, a (5) oblast vysoké vodivosti. (Detail: obrázek testovaného zařízení pořízený rastrovacím elektronovým mikroskopem). b) Experimentálně určená závislost průrazného napětí na mezelektrodové vzdálenosti pro různé koncentrace akceptorů (tečkovaně). Pro srovnání jsou uvedeny Paschenova křivka (čárkovaně) a modifikovaná Paschenova křivka (tečkovaně), obě identifikované na vzduchu, a dále je pro srovnání zobrazen spodní limit průrazného napětí nedopovaného diamantu (intenzita průrazného pole cca  $1\text{ MV cm}^{-1}$ ).

ní plastické deformace. Vyšetřování segregace fosforu na hranicích zrn poskytuje obecně kontroverzní výsledky. Zatímco teoretická studia preferují u této substituční příměsi rovněž substituci atomů železa na hranicích zrn, nepřímé indikace experimentálních výsledků předpokládají segregaci fosforu v intersticiální poloze. Z tohoto hlediska jsme přepočítali hodnoty segregací entalpie a entropie určené dříve pro substituční segregaci i pro intersticiální případ [11]. Ukázali jsme, že odpovídající hodnoty se významně neliší a všechny úvahy vycházející z původních výsledků zůstávají v platnosti. V této souvislosti jsme navrhli i vysvětlení oné kontroverze mezi teorií a experimentem: při teplotě 0 K, pro kterou jsou teoretické výpočty prováděny, může být segregace fosforu substituční, ale díky rozdílnému entropickému členu dojde se zvyšováním teploty k vyrovnání segregací energií a nad touto „transformační“ teplotou začne být výhodnější intersticiální segregace, jak indikují experimentální výsledky (obr. 11).

## Magnetické vlastnosti a nanosystémy

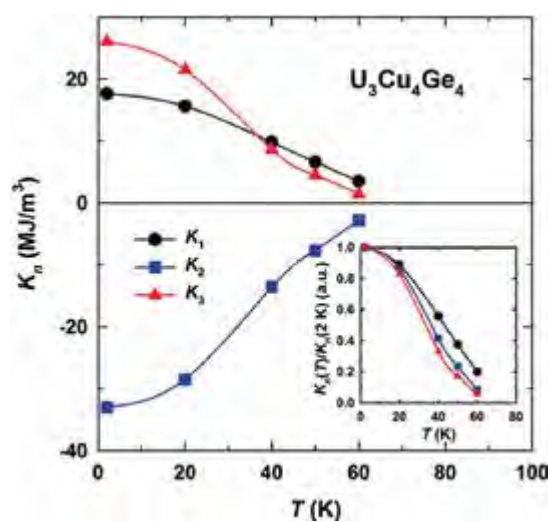
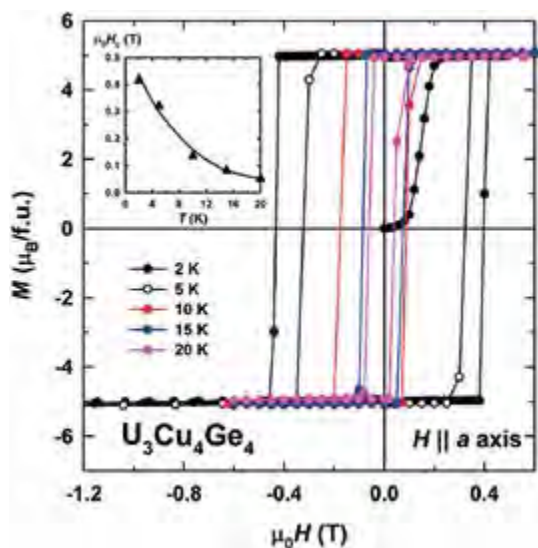
V roce 2016 jsme se zabývali studiem magnetizačních procesů prvního druhu jako nástroje pro určení magnetické anizotropie. Intermetalika na bázi uranu často vykazují obří magnetickou anizotropii, kterou vzhledem k energetické škále většinou nelze studovat pomocí běžných experimentálních metod. V práci [12] uvádíme studii sloučeniny  $U_3Cu_4Ge_4$  ( $T_C = 73$  K) se snadnou osou magnetizace ve směru krystalové osy a ve statickém a pulzním magnetickém poli (obr. 12). Magnetizace měřená v nesnadném směru podle krystalové osy b vykazuje přechod prvního druhu, který lze popsat fenomenolo-



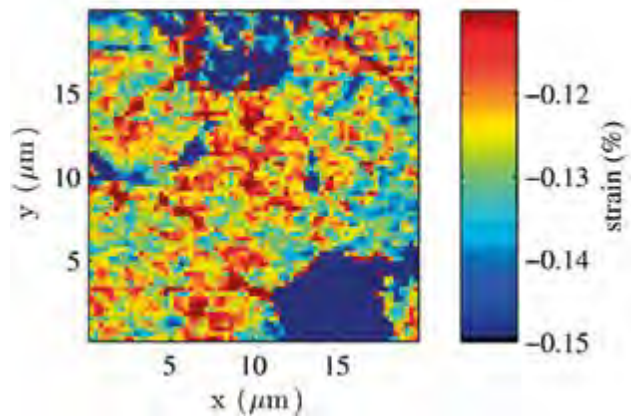
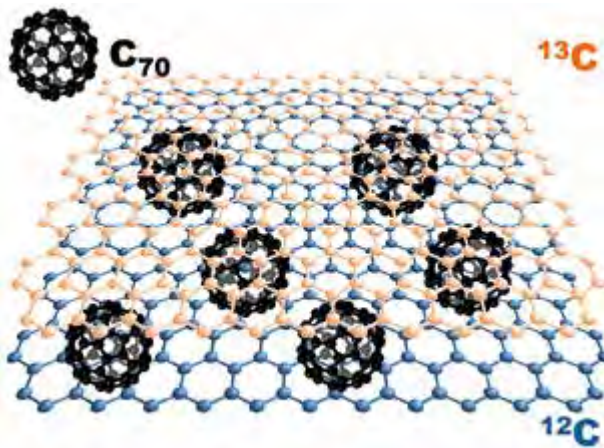
**Obr. 11** Teplotní závislost Gibbsovy energie segregace fosforu v Fe,  $\Delta G_p^0$ . Vínová tečkovaná čára v levé části obrázku je konstruována pro experimentální data s intersticiální segregací fosforu. Zelená tečkovaná čára je založena na teoretických výsledcích a odpovídající entropie odhadnuta podle modelu Lejčka a Hofmanna pro substituční segregaci. Plná červená čára ukazuje minimální hodnotu  $\Delta G_p^0$  při teplotách 0–1000 K. Svíslá tečkovaná čára označuje „transformační“ teplotu,  $T_{tr}$ , mezi substituční a intersticiální segregací fosforu. Oblast označená modrou šipkou reprezentuje teploty experimentálního studia segregace fosforu na hranicích zrn.

gickou teorií poskytující hodnoty anizotropních konstant až do 6. řádu.

V rámci výzkumu magnetických nanosystémů se nám podařilo připravit dvojdimenzionální (2D) analog C70 fullerenuvého lusku pomocí sekvenčního uspořádání monovrstev 12C a 13C grafenu a C70 fullerenu (obr. 13). Lokální změny mechanického napětí a dopování byly korelovány s topografií a byla zjištěna výrazná asymetrie mechanického napětí a dopování mezi monovrstvami



**Obr. 12** Anizotropní konstanty a hysteretní smyčky  $U_3Cu_4Ge_4$  v různých teplotách.



■ Obr. 13 Struktura dvojdimenzionálního analoga fullerenného lusu s izotopově značenými monovrstvami grafenu (vlevo) a mapa distribuce mechanického napětí horní vrstvy grafenu určená na základě analýzy Ramansky aktivních módů grafenu (vpravo).

grafenu [13]. Jedná se o první čistě uhlíkový nanoelektromechanický systém. Koncept je v současnosti zvažován a zkoušen pro design 2D kvantových počítačů na bázi magnetických endohedrálních fullerenu.

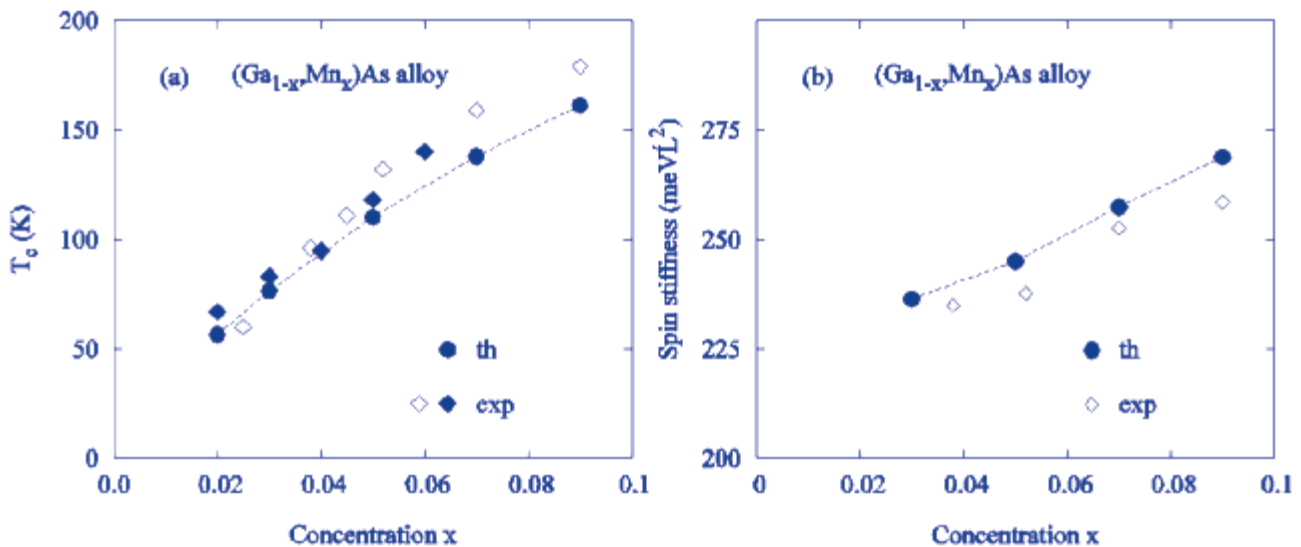
## Teorie kondenzovaných látek

### Elektronové vlastnosti pevných látek

Dlouhodobě se věnujeme teoretickému studiu materiálů s neobvyklými fyzikálními vlastnostmi, například materiálů pro možné budoucí využití ve spintronice. V nejnovější studii jsme určili fyzikální vlastnosti typického materiálu pro spintroniku, epitaxně připraveného vysoce kvalitního GaMnAs (magnetický moment, Curieovu teplotu, spinovou tuhost, elektrický odpor, anizotropní magnetoresistenci, anomální Hallovu vodivost a Gilbertovo tlumení) na zákla-

dě jednotného modelu elektronové struktury bez volných parametrů (obr. 14). Pro všechny tyto veličiny jsme získali dobrý souhlas s experimentem [14]. Vytvořený soubor fyzikálních teorií a odpovídajících počítačových programů otevírá široké možnosti pro výzkum nových materiálů.

Ve spolupráci s Technickou univerzitou ve Vídni jsme ve ferimagnetických sloučeninách  $Mn_3Ge$  and  $Mn_3Ga$  studovali možné propojení anizotropní magnetoresistence s kvantově mechanickým tunelovým efektem. Tento souběž jevů umožňuje ladit elektrický odpor až o 50%, což je víc než dost pro realizaci paměťových prvků do počítačů. Ferimagnet je magneticky uspořádaný krystal, kde ale lokální magnetické momenty jsou uspořádány antiparalelně s tím, že momenty ve směru uspořádání jsou větší než v obráceném. Používá se jako alternativa k fero a antiferomagnetickým materiálům. Náročnými počítačovými simulacemi se nám podařilo prokázat existenci tunelovací anizotropní

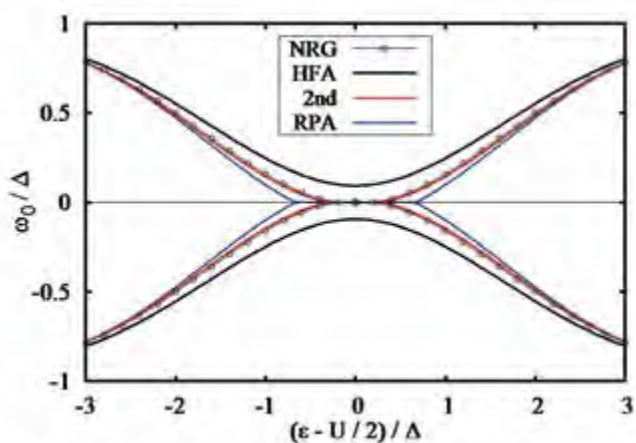


■ Obr. 14 Curieova teplota a spinová tuhost zředěné slitiny GaMnAs. Vypočtené (plné kroužky) a změřené (plné a prázdné kosočtverce) (a) Curieova teplota a (b) spinová tuhost v závislosti na koncentraci Mn.

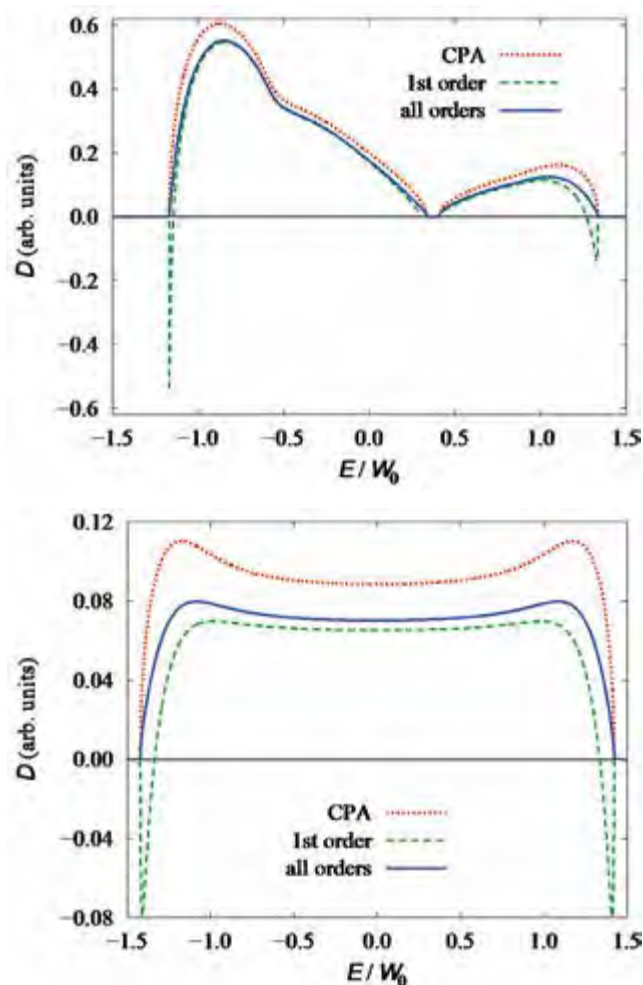


magnetoresistence [15]. Ve výpočtech jsme zohlednili relativistický charakter elektronové struktury. Tím jsme naznačili novou cestu technologické přípravy materiálů vhodných pro konstrukci rychlejších paměťových prvků.

Současné vyspělé technologie umožňují připravit nanorozměrné materiály s kontrolovaně definovanými vlastnostmi. V nanosoučástkách je pak možné studovat elementární kvantové jevy a lokalizované kvantové procesy. To představuje výzvu na zvýšenou přesnost teoretického popisu kvantových teček a nanodrátů. Intenzivně zkoumané jsou kvantové tečky napojené na supravodivé přívody. Elektrostatické odpuzování elektronů na kvantové tečce ztěžuje průchod Josephsonova supraproudu tečkou. Při dostatečně silné odpuzivé síle mezi elektrony může dojít k rozbití Cooperových párů, nositelů supraproudu. Dochází potom k lokálnímu kvantovému fázovému přechodu ze spinově singletního stavu kvantové tečky do spinového dubletu. Mikroskopické vysvětlení tohoto přechodu zatím chybí. Ve spolupráci s Matematicko-fyzikální fakultou Univerzity Karlovy jsme v rámci renormalizované mnohočásticové poruchové teorie prokázali, že 0-p přechod je při teplotě absolutní nuly spojitý a našli jsme exaktní horní mez pro sílu coulombického potenciálu, při kterém k tomuto přechodu dojde [16]. Tento spojitý 0-p přechod je doprovázen křížením izolovaných vázaných stavů v energetické mezeře supravodiče, tak zvaných Andreevových stavů. V limitě slabého odpuzování elektronů jsme prokázali, že dynamické korekce již v nejnižším (druhém) řádu dávají neočekávaně přesnou hodnotu kritické interakce, při které dochází ke křížení Andreevových stavů, v souladu s numericky přesnými metodami (obr. 15). Dále se nám podařilo rozšířit poru-



■ Obr. 15 Frekvence Andreevových stavů ve spinově symetrickém stavu jako funkce atomové hladiny příměsi  $\epsilon$ . Vstupní parametry příměsi se supravodiči  $\Gamma_0 = \Delta$ , síla coulombické interakce  $U = 3\Delta$  a fázový rozdíl supravodivých přívodů je  $\Phi = \pi/2$ , kde  $\Delta$  je energetická mezera supravodičů.



■ Obr. 16 Nahoře: Difusní konstanta pro binární slitinu s komponentní koncentrací 30 % – 70 % a s rozdílem atomových potenciálů komponent  $\Delta V = W_0$ , kde  $2W_0$  je šířka energetického pásu čistého homogenní krystalické mřížky. Dole: Podobná konfigurace pro spojitě rozložené hodnoty náhodného potenciálu na intervalu  $(-W_0, W_0)$ . Jednotlivé křivky odpovídají výpočtu s přiblížením koherentního potenciálu (CPA), prvního řádu započtení vrcholových korekcí (1st order) a pro poruchovou řadu sečtenou do všech řádů na jednoduše kubické krystalické mřížce.

chový popis křížení Andreevových stavů na kvantové tečce napojené nesymetricky na supravodivé přívody. V limitě slabé coulombické interakce jsme opět dosáhli velmi přesných výsledků pro fázovou hranici 0-fáze [17].

Popis difuze náboje v neuspořádaných krystalech (slitinách) je většinou omezen na přiblížení koherentního potenciálu. Tato teorie středního pole ale zcela pomíní kvantovou koherenci při zpětných rozptylech. Jejich konsistentní započtení a tím i přesnější určení elektrické vodivosti je stále nedokončené. Problémem je započtení vrcholových korekcí k Drudeho vodivosti z přiblížení středního pole, porušení makroskopických zákonů zachování a nebezpečí generace nefyzikálního výsledku

v podobě záporné vodivosti. Důkladnou analýzou příspěvků do dvoučásticové Greenovy funkce, ze které se elektrická vodivost určuje, jsme našli způsob, jakým lze v každém řádu poruchového (diagramatického) rozvoje zaručit, aby makroskopické veličiny splňovaly potřebné zákony zachování, v důsledku čehož bylo nefyzikální chování potlačeno [18]. Dále jsme ukázali, že nezápornost elektrické vodivosti lze zaručit pouze sečtením poruchové řady do všech řádů (obr. 16).

## Interagující systémy mimo termodynamickou rovnováhu

Jednou ze zajímavých vlastností nerovnovážného „aktivního“ prostředí je, že může stabilizovat konfigurace vnořených částic, které jsou za rovnovážných podmínek nestabilní; rozlehlé systémy pak mohou tvořit pravidelné prostoro-(časové) struktury. Mikroskopický popis tohoto chování vede na problém efektivní mechanické interakce mezi silně nerovnovážným médiem a vnější sondou, přičemž významnou roli hrají jak termodynamické, tak i kinetické děje v médiu. V naší práci [19] jsme tento jev studovali metodami stochastické termodynamiky na modelovém příkladu těžké částice ve vnějším potenciálu tvaru „mexického klobouku“, lokálně interagující s nerovnovážným difuzním médiem v poli rotačních sil. Zatímco v rovnováze nebo pro pomalé rotace je centrum rotace pro danou částici nestabilním fixním bodem, při dostatečně velkých rotačních silách dochází ke stabilizaci a „ztuhnutí“. Ukázali jsme, že tento efekt je velmi robustní a nelineární, tzn. mimo rámec standardních metod lineární odezvy okolo termodynamické rovnováhy.

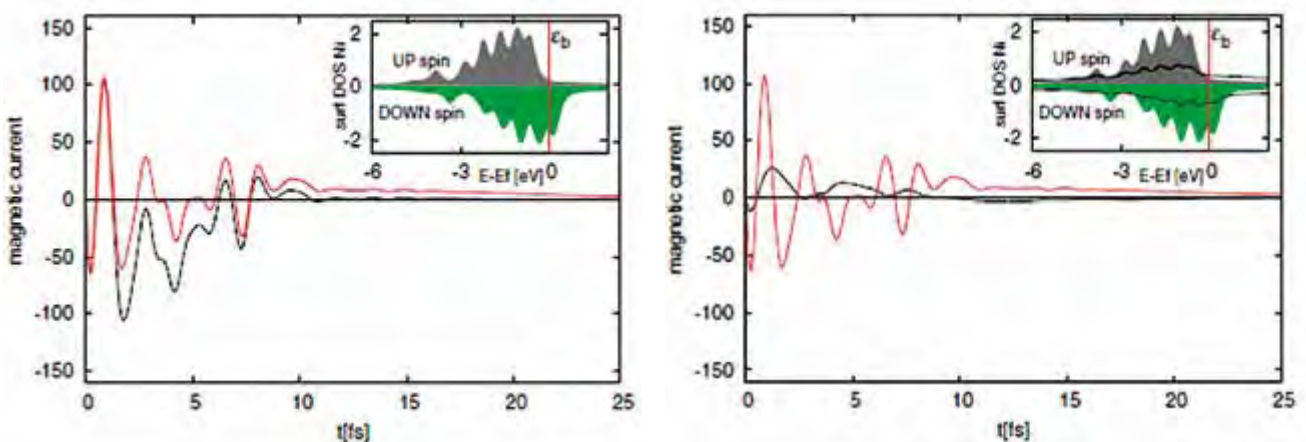
Při teoretické analýze nerovnovážné dynamiky nanoskopického modelu, v němž masivní feromagnetické

elektrody jsou připojeny tunelovacími kontakty k ostrůvku nesoucímu příměs Andersonova typu, se ukázalo, že je velmi vhodný pro přímé testování otevřeného obecného problému redukce přesných pohybových rovnic na zjednodušený popis pomocí kvantové kinetické rovnice (GME, zobecněná řídicí rovnice). Jako základní přechodový proces byla zvolena proudová relaxace vyvolaná náhlým sepnutím obou kontaktů. Pro popis dynamiky systému jsme použili metody nerovnovážných Greenových funkcí v aproximaci časově závislého středního pole. Tunelovací magnetické proudy, jak přechodové, tak po ustálení, závisí na zvoleném předpětí mezi elektrodami, avšak rozhodující vliv má velikost lokální coulombické interakce na ostrůvku, ale zejména spektrální průběh tunelovacích funkcí obou elektrod. Konkrétně byly provedeny realistické výpočty pro povrch [100] niklu. Při těsném kontaktu GME zcela selhávají, především pod vlivem d rezonancí v tunelovací funkci. Při oslabení kontaktu jsou právě tyto rezonance potlačeny a je dosaženo režimu GME. Byla vypracována kvantitativní kritéria, která ukazují, že řídicí rovnice GME mohou platit i za podmínek širších, než je předpoklad slabého tunelování [20]. Příklad je uveden na obrázku 17.

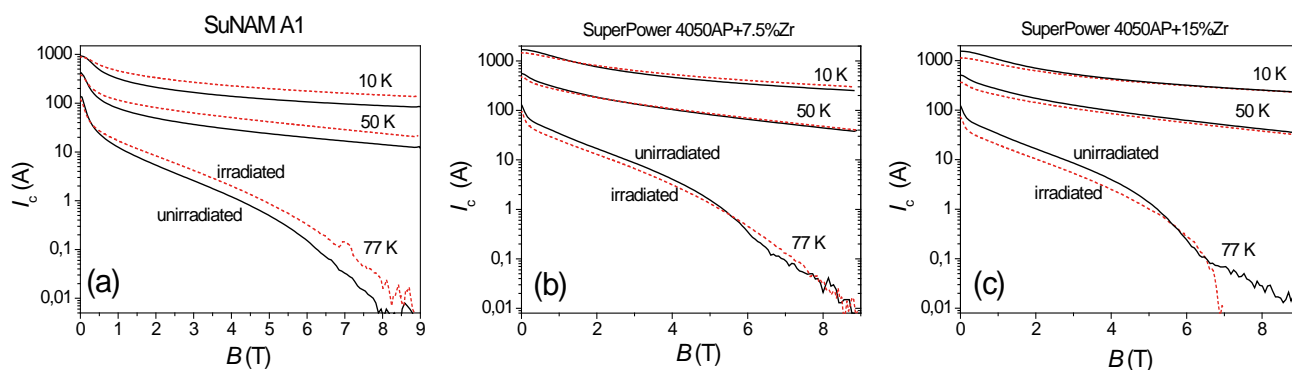
## Experiment s aplikačním potenciálem

### In-situ mechanoelektrochemické zkoušky povrchů NiTi stentů

Elektrochemické metody vyvinuté v posledních 3 letech J. Rackem upoutaly pozornost předního světového producenta superelastických NiTi komponent pro



■ Obr. 17 Levý panel: magnetický vtok do centra vypočtený pomocí Greenových funkcí (červeně) a pomocí kvantové kinetické rovnice (černě) pro tunelovací funkce podle vloženého grafu. Pravý panel: křivky naznačují oslabení tunelovacích funkcí a dokonalou shodu mezi oběma výpočty z levého panelu (černá). Červená křivka je pro srovnání přenesena z levého obrázku.



**Obr. 18** Vliv ozáření neutrony na jmenovitý proud páskou. Dávka neutronového ozáření byla  $2,1 \cdot 10^{22} \text{ m}^{-2}$ . (a) Páska SuNAM A1, (b) páska SuperPower dopovaná 7,5 % Zr, a (c) páska SuperPower SCS 4050AP dopovaná 15 % Zr.

lékařské implantáty – firmy Admedes z Německa. V současnosti zkoušíme vliv úprav povrchu NiTi drátů provedených touto firmou na jejich mechanokorozní odolnost na základě hospodářské smlouvy a připravujeme zahájení společného projektu “účinné spolupráce” v tomto výzkumu hrazeného dvěma zapojenými průmyslovými partnery.

### Hybridní funkční textilie Niti

Pokračuje dlouhodobá spolupráce s českou firmou Ella-CS na vývoji Niti stentů a textilií. V roce 2016 jsme společně s pracovníky Ella-CS a ITV Denkendorf získali evropský a americký patent na kombinovaný textilní stentgraft nazvaný **Medical Device**.

### Diamantové vrstvy pro průmysl

Výzkum CVD diamantových ochranných povlaků Zr kontejnerů na jaderné palivo v rámci projektu TAČR TA04020156 byl ukončen podáním PCT patentu a v současnosti probíhají poslední zkoušky a jednání s firmou Westinghouse o uplatnění práv k duševnímu vlastnictví k tomuto výzkumu.

Nový směr aplikovaného výzkumu v oblasti CVD diamantu byl zahájen v rámci projektu FZU-GAMA projekt (navazuje na projekt TACR – TG02010056). Týká se diamantových povlaků pro elektrochemické elektrody. Borem dopovaný diamant je v současné době nejslibnějším materiálem pro elektrochemické aplikace díky svým jedinečným vlastnostem. S objevem pokročilých elektrochemických oxidačních procesů (EAOPs) jako nové technologie úpravy vody vznikla potřeba vysoce účinných a stabilních elektrod. Jednou z dalších klíčových výzev v EAOP je další zvýšení poměru povrchu k ploše a účinnosti diamantových elektrod. V dílčím GAMA projektu navrhujeme vyvinout a zavést pro zákazníky přípravu silných poréznych diamantových elektrod na velkých plo-

chách s vysokou účinností a dlouhou životností. V současnosti běží jednání o spolupráci s firmou ASIO, s. r. o., která projevila o tyto technologie zájem.

### Magnetické vlastnosti ocelí pod napětím

Ve spolupráci s Rudolfem Shaeferem (IFW Dresden) jsme studovali vliv mechanického napětí (tlaku) na hysterézní smyčky a doménovou strukturu Fe-3%Si oceli [21]. Pozorovali a popsali jsme doménové struktury při různých hodnotách napětí. Hysterézní smyčky byly úspěšně interpretované pomocí koncepce efektivního pole. Tato měření jsou důležitá pro vyhodnocení stavu materiálu při deformaci.

### Poškození supravodičů ozářeními neutrony

V rámci spolupráce s Ústavem fyziky plazmatu AVČR byl zkoumán vliv ozáření neutrony na elektromagnetické vlastnosti supravodivých pásek pro vinutí budoucích magnetů pro fúzní generátory. 12 reprezentativních vzorků pak bylo ozářeno dávkou neutronů  $2,1 \cdot 10^{22} \text{ m}^{-2}$ . Soubor dvaceti pásek od čtyř různých světových výrobců byl měřen v původním a ozářeném stavu po radiačním „ochladnutí“. Byl vyhodnocen vliv ozáření na jmenovitý kritický proud, který se ukázal být závislým na magnetickém poli, teplotě i chemickém složení vzorků. Jak ukazuje obr. 18, kritický proud se u některých vzorků zvýšil, nebo i nepatrně klesl [22]. Ukázalo se, že tyto materiály bude nutné studovat v širším oboru neutronových dávek záření.

### Aplikační výzkum ve společných ústavních laboratořích

V roce 2016 se úspěšně se rozvíjela spolupráce laboratoří SAFMAT, 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 LSP. Byla přijata publikace dokumentující úpravu šíře a tvaru protonového pulzu generovaného laserovým svazkem [23].

Ve spolupráci se Skupinou pevnolátkových laserů Katedry fyzikální elektroniky FJFI byly připraveny nové lasery na bázi monokrystalů galito-hlinitých granátů dopovaných vzácnými zeminami připravených v Oddělení chemie [24]. Podle druhu a koncentrace zvoleného dopantu jsou tyto lasery laditelné při různých vlnových délkách od 1600 do 2000 nm.

Dlouhodobý výzkum nekonvenčních metod práškové metalurgie, který navazuje na studium uspořádaných intermetalik ve spolupráci pracovníků laboratoře SAFMAT s VŠCHT [25] se posunul do oblasti technických aplikací. P. Novák a P. Salvetr z VŠCHT podali patentovou přihlášku na výrobu trubiček pro stenty pomocí nové metody odvozené z reakční syntézy za vysokých teplot (SHS).

## ■ Jiné významné úspěchy pracovníků sekce

- J. Vejpravová získala prestižní grant evropské výzkumné rady ERC-Stg-2016 **TSuNAMI** (Trans-Spin NanoArchitectures: *from birth to functionalities in magnetic fields*).
- L. Straka získal prestižní Marie Skłodowska-Curie individuální fellowship (MSCA) Novel functionality of Magnetic Shape Memory Alloys by Magnetic Hysteresis Control pro hostování ve FZÚ.
- Výsledky 3D-XRD studie lokalizace deformace v drátu NiTi (P. Sedmák et al Science 2016) byly vybrány do **ESRF Highlights 2016** jako příklad špičkového výzkumu v ESRF.
- Na stránkách Oddělení funkčních materiálů jsme zřídili webovou stránku **Speciální témata**, kde publikujeme dodatečné videomateriály k vědeckým článkům, které nelze jednoduše publikovat.
- O. Heczko získal pro FZÚ pořádání prestižní mezinárodní konference ICFSMA 2019 v Praze v roce 2019 a stal se předsedou výboru nadcházející konference.
- P. Šittner byl zvolen členem představenstva společnosti SMST-ASM International – Board of Directors of SMST.
- P. Lejček byl jmenován “visiting professor” na Kumamoto University, Kumamoto, Japonsko, pro období od 1.10.2016 do 31.3.2018.

## ■ Publikace

1. **J. Hlinka**, J. Privratska, **P. Ondrejko**, and **V. Janovec**, Symmetry Guide to Ferroaxial Transitions, Phys. Rev. Lett. **116**, 177602 (2016).
2. K. Bajzikova, M. Kohout, J. Tarabek, J. Svoboda, **V. Novotna**, **J. Vejpravova**, D. Pociacha, E. Gorecka, All-organic liquid crystalline radicals with a spin unit in the outer position of a bent-core system, J. Mater. Chem. **C 4**, 11540–11547 (2016).
3. **F. Kadlec**, **C. Kadlec**, J. Vit, **F. Borodavka**, **M. Kempa**, J. Prokleska, J. Bursik, R. Uhrecky, S. Rols, Y. S. Chai, K. Zhai, Y. Sun, **J. Drahokoupil**, **V. Goian** and **S. Kamba**, Electromagnon in the Z-type hexaferrite  $(\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x})_3\text{Co}_2\text{Fe}_{24}\text{O}_{41}$ , Phys. Rev. B **94**, 024419 (2016).
4. **E. Buixaderas**, **V. Bovtun**, **M. Kempa**, **D. Nuzhnyy**, **M. Savinov**, **P. Vanek**, **I. Gregora** and B. Malic, Lattice dynamics and domain wall oscillations of morphotropic  $\text{Pb}(\text{Zr,Ti})\text{O}_3$  ceramics, Phys. Rev. B **94**, 054315 (2016).
5. **P. Sedmák**, **J. Pilch**, **L. Heller**, **J. Kopeček**, J. Wright, P. Sedlák, M. Frost, P. Šittner, Grain-resolved analysis of localized deformation in nickel-titanium wire under tensile load, Science **353** (2016) 559–5626.
6. **E. Alarcon**, **L. Heller**, S. Arbab Chirani, **P. Šittner**, **J. Kopeček**, L. Saint Sulpice, S. Calloch, Fatigue performance of superelastic NiTi near stress-induced martensitic transformation, International Journal of Fatigue **95** (2017) 76–89
7. **I. Stachiv**, C. Kuo, T. Fang, **V. Mortet**, Simultaneous determination of the residual stress, elastic modulus, density and thickness of ultrathin film utilizing vibrating doubly clamped micro-/nanobeams, AIP ADVANCES **6**, 045005 (2016)
8. **O. Heczko**, P. Cejpek, **J. Drahokoupil**, V. Holý, Structure and microstructure of Ni-Mn-Ga single crystal exhibiting magnetic shape memory effect analysed by high resolution X-ray diffraction, Acta Materialia **115** (2016) 250–258
9. **M. Zelený**, **L. Straka**, A. Sozinov, and **O. Heczko**, Ab initio prediction of stable nanotwin double layers and 4O structure in  $\text{Ni}_2\text{MnGa}$ , Phys. Rev. B **94**, (2016) 224108
10. **V. Mortet**, D. Trémouilles, J. Bulíř, P. Hubík, **L. Heller**, E. Bedel-Pereira and A. Soltani, Peculiarities of high electric field conduction in p-type diamond, Appl. Phys. Lett. **108** (2016) 152106, DOI: 10.1063/1.4946853
11. **P. Lejček**, S. Hofmann: Interstitial and substitutional solute segregation at individual grain boundaries of  $\alpha$ -iron: data revisited. J. Phys.: Condens. Matter **28** (2016) 064001 (9pp).

12. **D.I. Gorbunov**, M.S. Henriques, **A.V. Andreev**, Y. Skourski, M. Richter, L. Havela, J. Wosnitza, First-order magnetization process as a tool of magnetic anisotropy determination: Application to the uranium-based intermetallic U<sub>3</sub>Cu<sub>4</sub>Ge<sub>4</sub>, *Phys. Rev. B* **93** (2016) 064417(1)–064417(7).
13. V. Vales, **T. Verhagen**, **J. Vejpravova**, O. Frank, M. Kalbac, Addressing asymmetry of the charge and strain in a two-dimensional fullerene peapod, *Nanoscale* **8** (2016) 735–740
14. **J. Kudrnovský**, **V. Drchal**, I. Turek, Exchange and spin-orbit induced phenomena in diluted (Ga, Mn) As from first principles, *Phys Rev B*, **94** (2016) 054428.
15. S. Khmelevskiy, **A.B. Shick**, P. Mohn, Prospect for tunneling anisotropic magneto-resistance in ferrimagnets: Spin-orbit coupling effects in Mn<sub>3</sub>Ge and Mn<sub>3</sub>Ga, *Appl Phys Lett*, **109** (2016) 222402.
16. **V. Janiš**, **V. Pokorný**, M. Žonda, Spin-symmetric solution of an interacting quantum dot attached to superconducting leads: Andreev states and the 0- $\pi$  transition, *Eur Phys J B*, **89** (2016) 197.
17. M. Žonda, **V. Pokorný**, **V. Janiš**, **T. Novotný**, Perturbation theory for an Anderson quantum dot asymmetrically attached to two superconducting leads, *Phys Rev B*, **93** (2016).
18. **V. Janiš**, **J. Kolorenc**, Conserving approximations for response functions of the Fermi gas in a random potential, *Eur Phys J B*, **89** (2016) 170.
19. U. Basu, P. De Buyl, C. Maes, **K. Netočný**, Driving-induced stability with long-range effects, *Epl-Europhys Lett*, **115** (2016) 30007.
20. **A. Kalvová**, **B. Velický**, V. Špička, Transient Magnetic Currents Through a Molecular Bridge: Limits to Reduction of Nonequilibrium Green's Functions to a Generalized Master Equation, *J Supercond Nov Magn*, **30** (2017) 807–811.
21. **O. Perevertov**, R. Schaefer "Magnetic properties and magnetic domain structure of grain-oriented Fe-3%Si steel under compression", *Mater. Res. Express* **3** 096103(1)–096103(12) (2016)
22. **M. Jirsa**, M. Rameš, I. Ďuran, T. Melíšek, P. Kováč, L. Viererbl, Electric Currents in REBaCuO Superconducting Tapes, *Supercond. Sci. Technol.* **30** (2017) 045010
23. 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. Klimša**, J. Kopeček, T. Laštovička, G.A.P. Cirrone, C.-G. Wahlström, G. Korn, Nano and micro structured targets to modulate the spatial profile of laser driven proton beams, *J. Instrum.*, **12**, C03040, (2017)
24. J. Šulc, **P. Boháček**, M. Němec, M. Fibrich, H. Jelínková, B. Trunda, L. Havlák, K. Jurek, M. Nikl, Tm:GGAG crystal for 2 $\mu$ m tunable diode-pumped laser, In: *Laser Sources and Applications III, Proceedings of SPIE* **9893**, 98930H-8 (2016)
25. P. Novák, H. Moravec, P. Salvetr, F. Průša, J. Drahokoupil, **J. Kopeček**, M. Karlík, T. F. Kubatík, Preparation of nitinol by non-conventional powder metallurgy techniques, *Mater. Sci. Technol*, **31**, 1886–1893 (2016)





# Sekce fyziky pevných látek v roce 2016

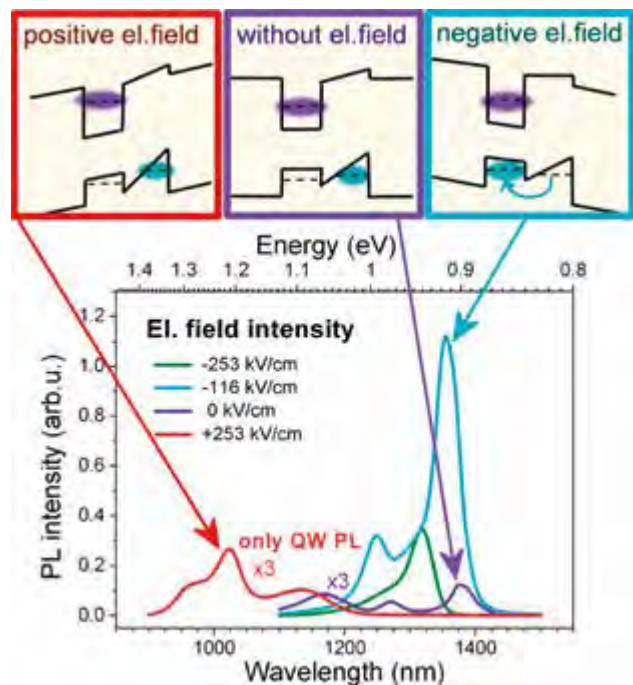
## ■ Fyzika polovodičů

V oddělení polovodičů se zabýváme studiem kvantových heterostruktur na bázi InAs QD/GaAsSb [1] s cílem prodloužit vlnovou délku emise heterostruktur s pásovým uspořádáním typu-I do oblasti telekomunikačních vlnových délek a využít heterostruktur s pásovým uspořádáním typu-II ke zvětšení účinnosti slunečních článků v infračervené oblasti spektra. Výsledky modelování pásových struktur pomocí programu Next-nano nám ukázaly, že pro dosažení delší vlnové délky emise InAs/GaAsSb heterostruktur typu-I (kdy elektrony a díry jsou v QD) je nutné zvětšit velikost kvantových teček (QDs). Zvětšení QDs bylo dosaženo zvýšením teploty přípravy QDs a snížením rychlosti jejich růstu. Zároveň jsme mohli zvýšit i koncentraci Sb v pnutí redukující vrstvě (SRL) a tím předejít zmenšování QDs. Ve shodě s teoretickými předpoklady se nám podařilo dosáhnout nejdelší publikované vlnové délky emise InAs/GaAsSb heterostruktur typu-I 1371 nm, při současném dvojnásobném snížení šířky emisní čáry a zvýšení účinnosti emise. Dále jsme ukázali, že luminiscence InAs/GaAsSb heterostruktur může být podstatně ovlivněna zabudovaným vnitřním elektrickým polem, což je důležité zejména pro použití QD struktur v optoelektronických součástkách (obr. 1). Při zvyšování koncentrace Sb v SRL dochází k přechodu struktur z typu-I na typ-II (elektrony jsou v QD a díry v SRL) a tím k podstatnému snížení účinnosti emise, ale k prodloužení vlnové délky emise. Námi nejdelší dosažená vlnová délka emise byla 1,8  $\mu\text{m}$ . Fotovodivostní měření ukázala vhodnost takových struktur pro přípravu solárních cel se zvýšenou účinností v infračervené oblasti spektra. Experimentálně jsme ukázali, že přechod z typu-I na typ-II nezáleží pouze na koncentraci Sb v SRL, ale také na dalších strukturálních parametrech a vnitřním elektrickém poli.

Dalším směrem výzkumu byly detektory na bázi semiizolačního GaAs (SI-GaAs), u nichž nejsou ještě plně pochopeny některé jejich elektrické a optoelektronické vlastnosti. Naše práce [2] se soustředila na experimentální

prozkoumání spekter fotoproudu v strukturách kov-SI GaAs-kov a na kvalitativní i kvantitativní vysvětlení toho, jaký má na ně vliv rozhraní kov-polovodič (neslévaný elektrický kontakt). Věnovali jsme se zejména části spektra v blízkosti vlnové délky 890 nm, ve které se obvykle pozoruje maximum fotoproudu a pro niž byly v literatuře podány různé výklady.

V práci jsme měřili spektra fotoproudu v rozsahu vlnových délek 600-1000 nm na strukturách tvořených SI-GaAs pokrytých z osvětlované strany polopropustnou vrstvou různých kovů (AuGeNi, Pt, Gd, Nd). Spodní elektroda byla vždy tvořena silnou vrstvou AuGeNi. Porozorovaná spektra jsme s velmi dobrou kvantitativní sho-



■ Obr. 1 Horní část: schematické zobrazení vlivu vnitřního elektrického pole na pásové uspořádání. Kladné elektrické pole napomáhá vytvoření typu-II, zatímco negativní elektrické pole podporuje typ-I. Dolní část: Fotoluminiscenční spektra heterostruktur na bázi InAs QD/GaAsSb s různým vnitřním elektrickým polem. (Převzato z [1])

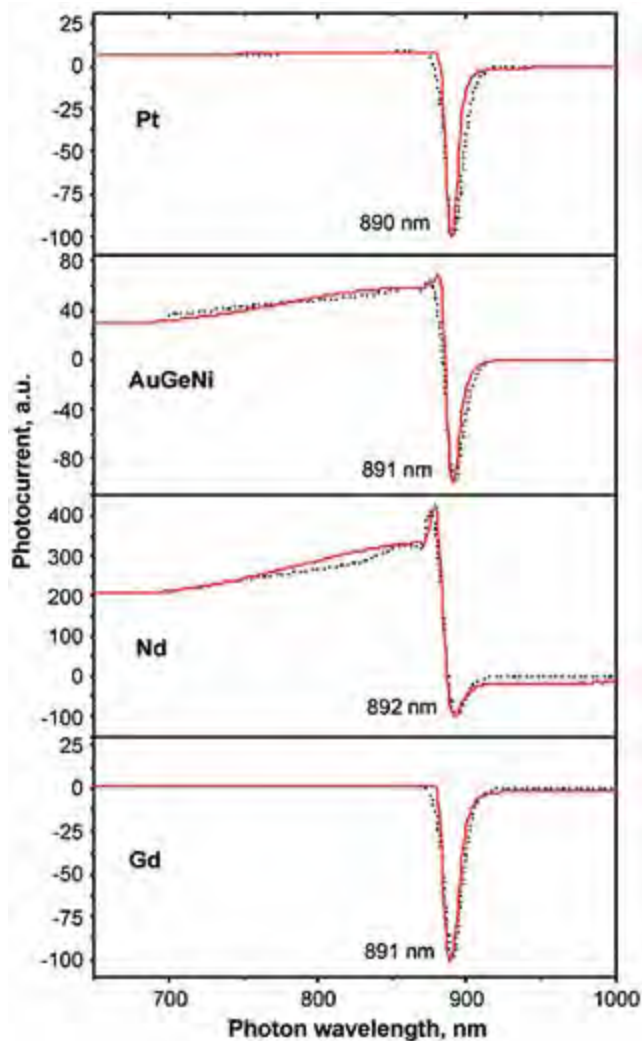
dou, včetně pozorované změny polarity proudu (obr. 2) vysvětlili pomocí modelu, který je založen na self-konsistentním výpočtu fotoproudu při započtení difuze a separace nositelů náboje vlivem elektrického pole pod kontakty z různých kovů. Bylo tak prokázáno, že tvar spektra u 890 nm je určován zejména poměrem saturovaných proudů obou Schottkyho bariér.

## 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 nemagnetických polovodičů byl založen na vlastním růstu heterostruktur na bázi GaAs a litografické přípravě 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 opto-elektronický polarimetr, detekující polarizaci dopadajícího světla pomocí spinového Hallova jevu, jehož citlivost je možné ladit elektrickým polem [3]. Dále byly připraveny struktury vykazující výjimečně dlouhé spinové doby života elektronů s vysokou pohyblivostí, které umožňují přenos spinové informace na desítky mikrometrů v nanosekundových časech [4].

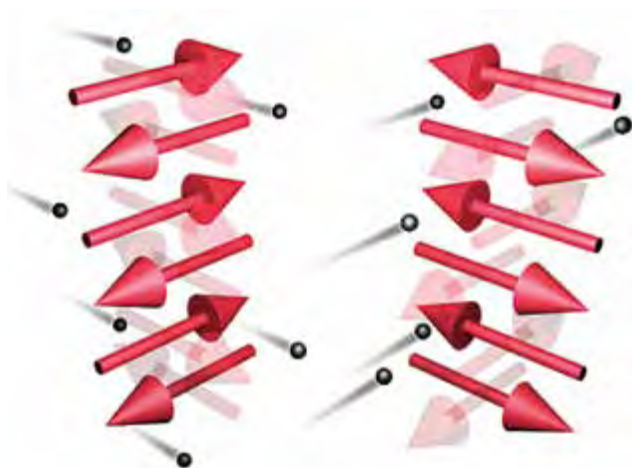
Dalším směrem výzkumu je studium efektivních způsobů elektrického zápisu informace ve feromagnetických pamětech pomocí relativistických efektů, jako je spinový Hallův jev a inverzní spinový galvanický jev. Nízkoteplotní feromagnet GaMnAs byl doposud jediný materiál, ve kterém bylo tímto způsobem možné přepsat magnetizaci v objemovém materiálu bez nutnosti připravit ultratenký magnetický film na rozhraní s jiným kovem. Ve spolupráci s univerzitami ve Würzburgu a Cambridge se nám podařilo tento jev vyvolat a pozorovat při pokojové teplotě v objemovém materiálu vysokoteplotního feromagnetu NiMnSb [5].

Hlavní těžiště výzkumu skupiny se přeneslo do oblasti spintroniky založené na antiferomagnetech. Kromě přednesení pozvaných přednášek na speciálně zaměřených nebo plenárních sekcích výročních konferencí Americké fyzikální společnosti, Německé fyzikální společnosti, Magnetické společnosti IEEE a na řadě dalších konferencí, uspořádali členové skupiny mezinárodní Workshop on Antiferromagnetic Spintronics ([www.spice.uni-mainz.de/afmspin-workshop-2016](http://www.spice.uni-mainz.de/afmspin-workshop-2016)), jehož přednášky mají na kanále YouTube více než 1500 zhlédnutí. K tomuto rodícímu se



■ Obr. 2 Spektrální závislost fotoproudu měřeného nakrátko pro detektorové struktury na bázi Si-GaAs s různými typy semitrparentního pokovení. Červené spojité křivky odpovídají experimentu, černé křivky simulaci. (Převzato z [2])

oboru připravili dále členové skupiny pozvaný přehledový článek pro Nature Nanotechnology („highly cited“ na Web of Science) [6], který formuluje hlavní východiska oboru a předpovídá střednědobé cíle v základním i aplikovaném výzkumu antiferomagnetické spintroniky. Mezi klíčové výsledky skupiny v tomto oboru patří pozorování anizotropní magnetorezistence v nulovém vnějším magnetickém poli v antiferomagnetickém polovodiči MnTe. Za průlomový výsledek je považována realizace antiferomagnetické paměťové cely v elektronickém mikročipu na bázi CuMnAs s elektrickým zápisem a čtením uložené magnetické informace. Bylo prokázáno, že antiferomagnetická paměťová cela nebudí detekovatelné magnetické pole a její funkce byla testována ve vnějších magnetických polích dosahujících 12 T [7]. Na projektech v oboru antiferomagnetické spintroniky spolupracuje skupina



■ **Obr. 3** Převzato ze sekce *Insights/Perspectives* časopisu *Science* z doprovodného článku „Addressing an antiferromagnetic memory“ k naší publikaci [7]. Na ilustraci proud elektronů (černé kuličky) přepíná směr antiferomagnetických momentů (červené šipky).

s kolegy z Nottinghamu, Cambridge, Mainzu a s řadou dalších skupin z Evropy, Ameriky a Asie.

## Strukturní analýza

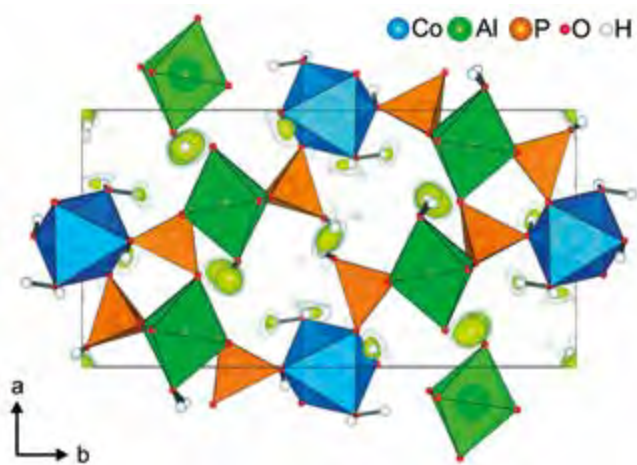
Oddělení strukturní analýzy se zabývá stanovením atomární a magnetické struktury krystalických látek a vývojem souvisejících výpočetních metod. Experimenty jsou založeny na datech z rentgenové, elektronové a neutronové difrakce. Pro první dva typy dat jsou využívány přístroje laboratoře ASTRA, která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

Jednou z perspektivních metod současné strukturní analýzy je elektronová difrakční tomografie (EDT), která umožňuje stanovení krystalové struktury na mikro- a nanokrystalech, jež jsou rentgenovými metodami neměřitelné. Pro plné využití potenciálu elektronové difrakční tomografie je třeba překonat řadu technických a výpočetních problémů, na jejichž řešení se dlouhodobě zaměřujeme. V roce 2015 jsme již disponovali originálními postupy implementovanými do našich programů PETS, Jana2006 a Dyngo, díky nimž se EDT stala dostupnou a rutinně použitelnou metodou pro širší skupinu zájemců. Základem metody je sběr difrakčních dat technikou elektronové difrakční tomografie s využitím precese elektronového svazku během záznamu difrakčního obrazce. Difrakční data jsou pak zpracována programem PETS do podoby souboru difraktovaných intenzit s asociovaným záznamem o orientaci krystalu v okamžiku měření každé difrakce. Tato data jsou dále importována do pro-

gramu Jana2006 a využita pro přesné určení struktury. Klíčovou inovací je fakt, že pro výpočet teoretických intenzit a jejich porovnání s experimentálními hodnotami je využita dynamická teorie difrakce, zatímco doposud byla běžně využívána jednodušší, výpočetně méně náročná, ale také podstatně méně přesná kinematická teorie difrakce. Potřebné výpočty s dynamickou teorií difrakce zajišťuje pro systém Jana2006 podpůrný program Dyngo.

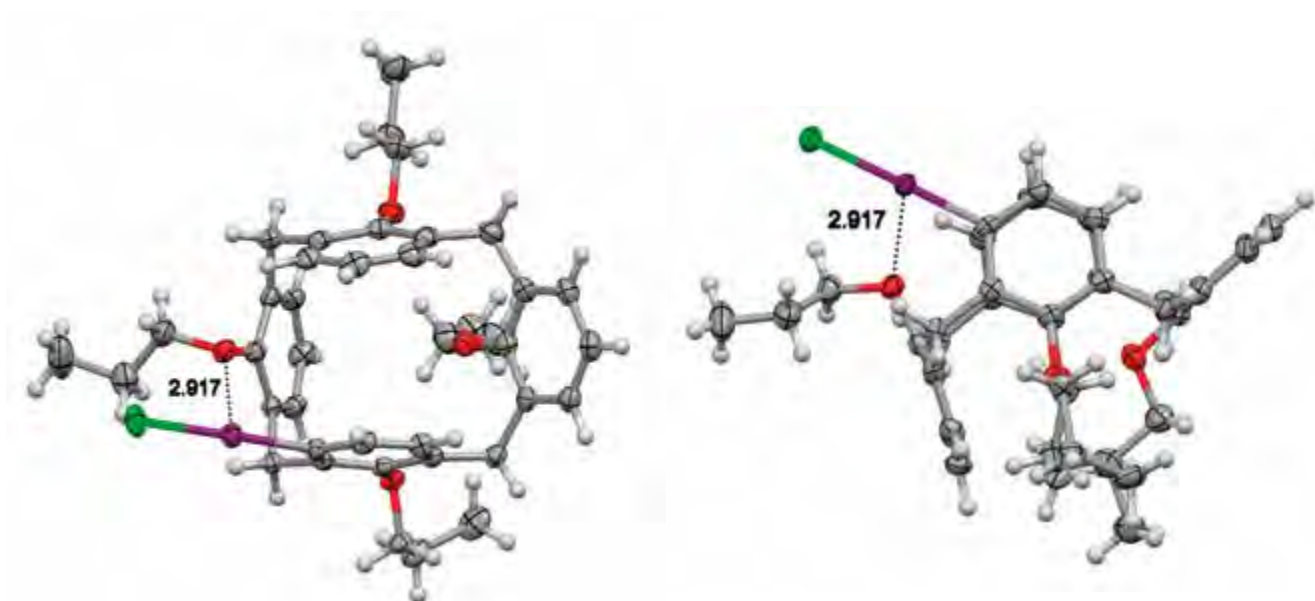
Během uplynulého roku jsme metodiku EDT dále vylepšovali a používali na určení struktur, a to se stále větší přesností. V průběhu roku byla s využitím této metody publikována mj. práce o novém materiálu  $\text{KLa}_5\text{O}_5(\text{VO}_4)_2$  se zajímavými luminiscenčními vlastnostmi [8]. Vrcholem vývoje metody byla práce zaměřující se na určení pozic nejllehčích atomů, tedy atomů vodíku. Dosáhnout takovéto přesnosti ve strukturní analýze nanokrystalů je extrémně náročný a doposud nikým nezvládnutý úkol. Naše úsilí bylo ovšem úspěšné a tento úspěch se nám podařilo demonstrovat detekcí vodíkových atomů ve struktuře paracetamolu a hlinitofosforečnanu kobaltnatého (obr. 4). Tato práce s názvem „Hydrogen positions in single nanocrystals revealed by electron diffraction“ byla na konci roku 2016 přijata k publikaci v časopise *Science*. Význam práce podtrhuje fakt, že časopis *Science* se rozhodl použít téma článku na svou titulní stranu.

K dosažení tohoto výsledku bylo nutné zkombinovat několik speciálních postupů a nově vyvinutých metod. Předně to byl pečlivě provedený experiment zaměřený na co nejmenší radiační poškození vzorku dopadajícími elektrony. Dále, a především, sama aplikace metody dynamického upřesňování. Dalším důležitým prvkem byla vhodná kombinace dat z několika krystalů, a podstatnou roli hrál také nový algoritmus pro výpočet mapy diferenc-



■ **Obr. 4** Struktura hlinitofosforečnanu kobaltnatého překrytá mapou diferenčního elektrostatičeského potenciálu (žluté isopovrchy). Mapa jednoznačně ukazuje pozice atomů vodíku ve struktuře.





■ Obr. 5 Inherentně chirální makrocyklus. (a) detail interakce Hg...O; (b) boční pohled na molekulu makrocyklu.

ního elektrostatického potenciálu, který umožnil v datech rozpoznat i velmi slabé signály včetně signálů od atomů vodíku.

Další naší tradiční tematikou je studium aperiodických struktur a vývoj programu Jana2006. Vývoj programu JANA2006, jehož hlavní autor Václav Petříček byl v letošním roce za jeho vytvoření oceněn prestižní Max Perutz Prize od Evropské krystalografické asociace, se soustředil na praktické aspekty kontroly a interpretace modulovaných struktur, například vývoj nástroje pro automatické procházení zajímavých řezů vícedimenzionální mapou elektronové hustoty. Publikovali jsme dvě práce, které jsou součástí zamýšlené série článků, která má kompletně popsat metody programu Jana2006: článek o nespojitých modulovaných funkcích [9] a článek o dvojčatění [10]. Z prací založených na praktickém řešení modulovaných struktur programem Jana2006 zde uvádíme publikaci [11], která se zabývá detaily struktur kuprátů bismutu, a práci [12], která prezentuje modulované struktury nových vrstevnatých feroelektrických materiálů v pseudobinárním systému  $\text{Bi}_5\text{Nb}_3\text{O}_{15}\text{-ABi}_2\text{Nb}_2\text{O}_9$  ( $A = \text{Ba, Sr, and Pb}$ ) a vlastnosti jejich fázového přechodu. Pokračovali jsme také v organizování workshopů o programu Jana2006, kterých se během roku zúčastnilo okolo 200 účastníků.

Z oblasti standardních struktur, kde hrála důležitou roli strukturální analýza programem JANA2006 založená na datech z laboratoře ASTRA, byla práce o inherentně chirálních calix[4]arenech, (obr. 5). Jedná se o nový typ makrocyclických molekul, které otvírají cestu ke tvorbě nových chirálních komplexačních činidel [13].

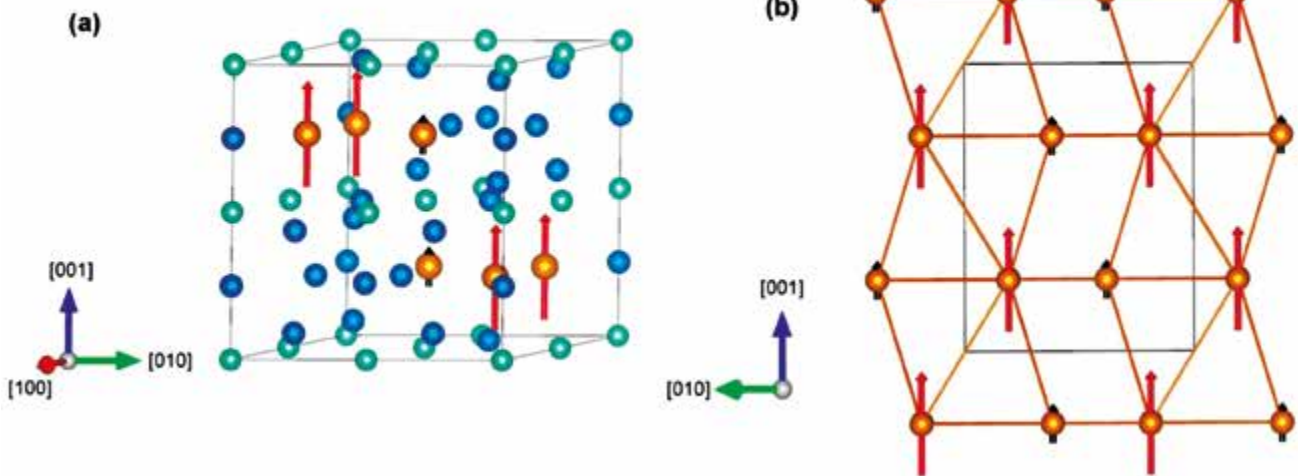
Při studiu polymorfismu a solvatomorfismu organických krystalických látek je nezbytné jednotlivé látky mezi sebou porovnávat. Molekuly každé organické látky se

mohou skládat do různých prostorových uspořádání, tzv. pakování. Právě různé pakování molekul hraje při studiu solvatomorfismu a polymorfismu důležitou roli. V letošním roce jsme vyvinuli metodu, která dokáže jednotlivá uspořádání mezi sebou porovnat a ukázat ty látky, které jsou si svým pakováním podobné [14].

V posledních deseti letech se vědecký program oddělení věnuje nejen atomární struktuře, ale i struktuře magnetické – tedy otázce prostorového rozdělení magnetických momentů. Momenty mají tendenci orientovat se přednostně v určitých směrech, hovoříme o tak zvané magnetokrystalické anizotropii. Tento aspekt je významný i pro praxi: magnetická anizotropie stojí v té či oné formě v pozadí téměř všech praktických aplikací magnetismu.

V oblasti řešení konkrétních magnetických struktur jsme dosáhli zajímavých výsledků při studiu fyzikálních a strukturálních vlastností monokrystalu  $\text{Nd}_3\text{Ru}_4\text{Al}_{12}$  [15] (obr. 6). Magnetická struktura této feromagnetické látky při teplotě 2K je charakterizována neobvyklým kolineárním uspořádáním dvou nestejných spinů, což je patrně výsledek společného působení krystalového pole a soutěžících výměnných a anisotropních interakcí. Přímé srovnání s analogickou látkou obsahující neodym místo uranu ukázalo, že jednoiontová anizotropie látky  $\text{Nd}_3\text{Ru}_4\text{Al}_{12}$  vede k jednoosé anizotropii, zatímco dvouiontová anizotropie u  $\text{U}_3\text{Ru}_4\text{Al}_{12}$  vede k anizotropii planární. Magnetickou anizotropii jsme zkoumali také u další látky,  $\text{U}_3\text{Cu}_4\text{Ge}_4$  [16].

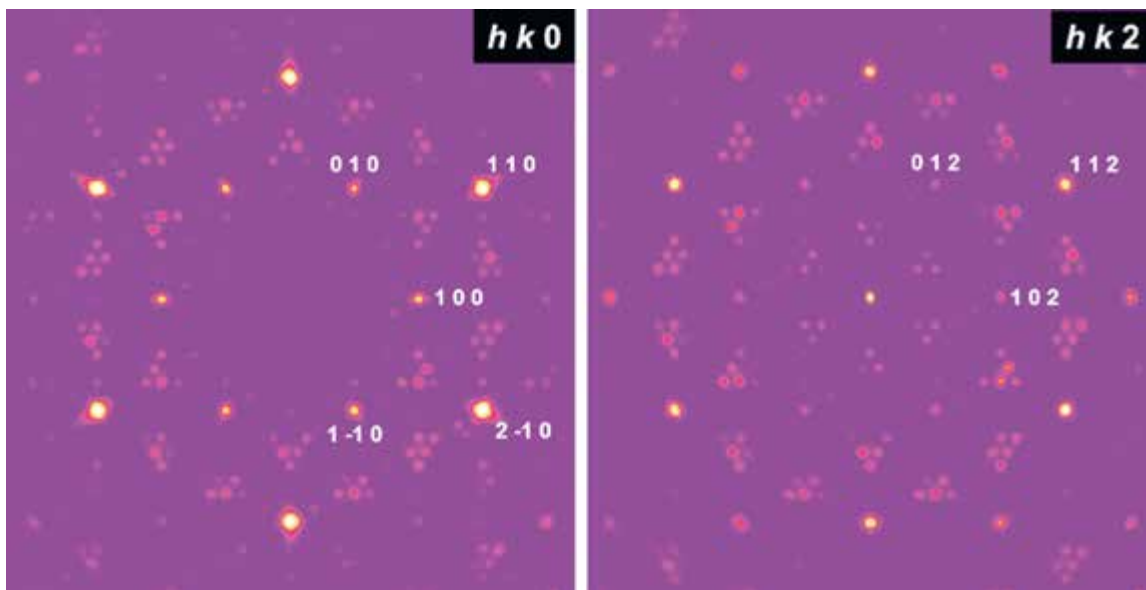
Teoretické aspekty magnetokrystalické anizotropie jsou neméně zajímavé. Magnetokrystalickou anizotropii lze definovat jako rozdíl mezi energiemi systému pro dvě různé orientace magnetizace vzhledem ke krystalové mřížce. Důvod závislosti energie na této orientaci je v zásadě znám – je to vzájemné působení mezi spinem



■ **Obr. 6** Feromagnetická struktura  $Nd_3Ru_4Al_{12}$  při teplotě 2 K. Magnetické momenty jsou vyznačeny šipkami. Barevný kód: (Nd: oranžová; Ru: modrozelená; Al: modrá).

elektronu a jeho orbitálním pohybem. Tato spin-orbitální vazba je nejvýznamnějším projevem teorie s přímou vazbou na vlastnosti materiálů. Stále nicméně chybí detailní intuitivní porozumění, proč pro některé systémy je magnetokrystalická anizotropie velká a pro jiné ne. Práce [17] adresovala tento problém a zkoumala možnosti sledovat vznik magnetokrystalické anizotropie detailním rozбором vlivu spin-orbitální vazby na energetické hladiny elektronů pro různé orientace magnetizace. Takto se například podařilo intuitivně objasnit, proč některé atomy adsorbované na povrchu zlata preferují magnetizaci kolmo na povrch a jiné zase rovnoběžně s povrchem.

Rychle se rozvíjejícím tématem oddělení strukturální analýzy je mineralogická krystalografie. V loňském roce se na tomto poli podařilo dosáhnout několika důležitých výsledků. Jedním z nich bylo podrobné objasnění krystalové struktury silikátu o chemickém složení  $K_{1.5}Mg_2Si_2O_7H_{0.5}$ , který byl syntetizován za vysokého tlaku a teploty (16 GPa/1573K), odpovídající podmínkám v zemském plášti. Je možné, že tato fáze figuruje právě v plášti jako jeden z významných koncentrantů draslíku. Minerální fáze poskytuje složitý difrakční obraz (obr. 7), neboť se jedná o  $(3+1)d$  nesouměřitelně modulovanou, zdvojitěnou strukturu [18].



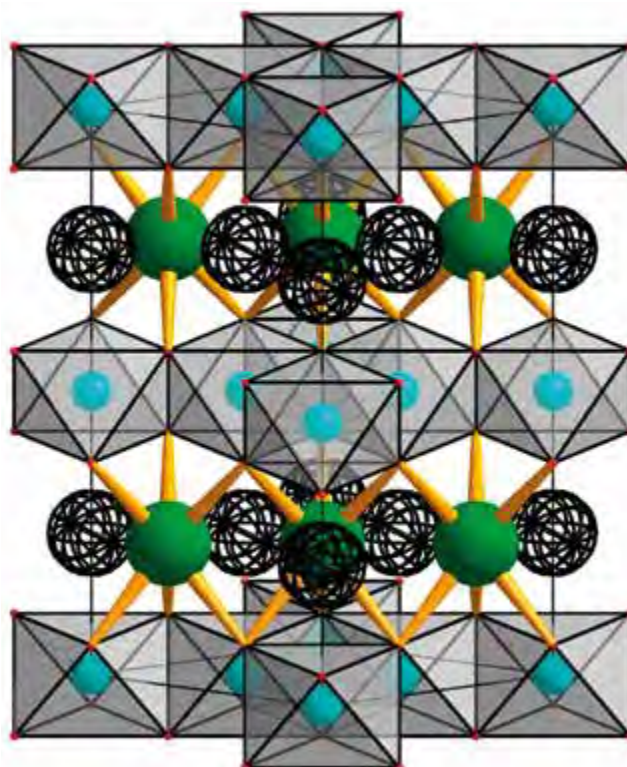
■ **Obr. 7** Rekonstruované řezy (precesní snímky) difrakčního záznamu fáze  $K_{1.5}Mg_2Si_2O_7H_{0.5}$ . Intenzivní reflexe (indexované) odpovídají hexagonální symetrii, zatímco mnohem slabší, superstrukturní reflexe, odpovídají dvojčetění ortorombické superbuňky modulované struktury.

Vzhledem k tomu, že celá řada minerálů netvoří monokrystaly vhodné k monokrystalové difrakční analýze, je často nutné hledat alternativní řešení. Právě takové se podařilo nalézt v případě struktur dvou minerálních fází, které tvoří krystaly pouze nanometrových rozměrů, a to pomocí precizní elektronové difrakce [19,20].

## ■ Magnetika a supravodiče

V oddělení magnetik a supravodičů jsme se zabývali zejména komplexním experimentálním výzkumem magnetických, strukturních, elektrických a tepelných vlastností látek připravovaných v podobě objemových materiálů, tak i tenkých vrstev a nanoskopických částic včetně jejich uskupení. V rámci technologických možností se příprava studovaných látek soustředila zejména na oxidické systémy připravovaných jak v podobě nanočástic či jejich kompozitů; příprava ostatních systémů až již v podobě objemových materiálů, speciálních nanostrukturovaných keramik či tenkých vrstev byla realizována v rámci vnitřní, ale i národní a mezinárodní spolupráce. S ohledem na experimentální vybavení je potřeba zmínit významný posun, kterého bylo dosaženo v oblasti charakterizace za extrémních podmínek a technologických možností laboratoří oddělení. Zakoupením komerčního zařízení, které umožňuje charakterizaci elektrických, magnetických a tepelných vlastností materiálů do subheliových teplot (<0,4 K) a vysokých magnetických polí (14 T) se, zejména v kombinaci s experimentální erudicí badatelů z laboratoře vysokých tlaků, která také prošla loňského roku zásadní rekonstrukcí, otevřel potřebný prostor pro experimentální růst (jak s ohledem na komplexní charakterizaci, tak i technologické možnosti) zejména mladých kolegů na půdě Fyzikálního ústavu.

Magnetismus vzácných zemin a souběh magnetismu a krystalového pole ve sloučeninách se silně korelovanými elektrony a to v převážně oxidických materiálech byl rovněž analyzován teoreticky. Experimentální vyšetřování magnetořistance nanostrukturovaných perovskitů manganu, strukturní analýza kobaltátů typu  $A_x\text{CoO}_2$  (A - alkalické kovy, kovy alkalických zemin, kovy vzácných zemin), tepelná, termoelektrická a magnetická odezva chalkogeních a nitridových materiálů a magnetická odezva multifunkčních slitin a intermetalických feromagnetů za extrémních podmínek byla předmětem studia objemových materiálů. Výzkum tenkých vrstev byl orientován na vyšetřování magnetismu v dopovaných vrstvách GaN, studium magnetořistenčního chování v epitaxních vrstvách perovskitů manganu typu  $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$  na fázovém rozhraní feromagnetismus-antiferomagnetismus,



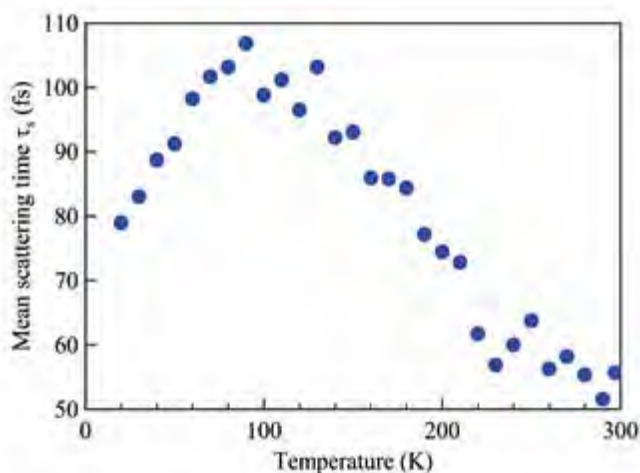
■ **Obr. 8** Základní strukturní blok superstruktury  $\text{Ln}_x\text{CoO}_2$  ( $\text{Ln} = \text{La}, \text{Pr}$  a  $\text{Nd}$ ,  $x \sim 1/3$ ). Ionty Ln obsazují 1/3 poloh (zelené plné kuličky), které jsou pravidelně uspořádány s 2/3 vakantních poloh (černé síťované kuličky). Ionty kobaltu (modré plné kuličky) jsou zobrazeny společně se svým koordinacním okolím.

respektive detekci a analýzu fázového přechodu metal-izolátor v epitaxních vrstvách perovskitů kobaltu typu  $(\text{Pr}_{1-y}\text{M}_y)_{1-x}\text{Ca}_x\text{CoO}_3$ . Studovali jsme též tenké vrstvy připravované metodou spin-coating; jednak magnetických hexaferitů, umožňujících detekci tzv. spinového Seebeckova jevu, a tenké vrstvy kobaltátů typu  $\text{Na}_x\text{CoO}_2$  a  $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_9$ , kde jsme se v rámci vnitroustavní spolupráce zabývali jejich odezvou v THz oblasti. Obdobně byla vyšetřována dynamika supravodivých vírů prostřednictvím kruhově polarizovaného THz záření na tenkých vrstvách supravodičů.

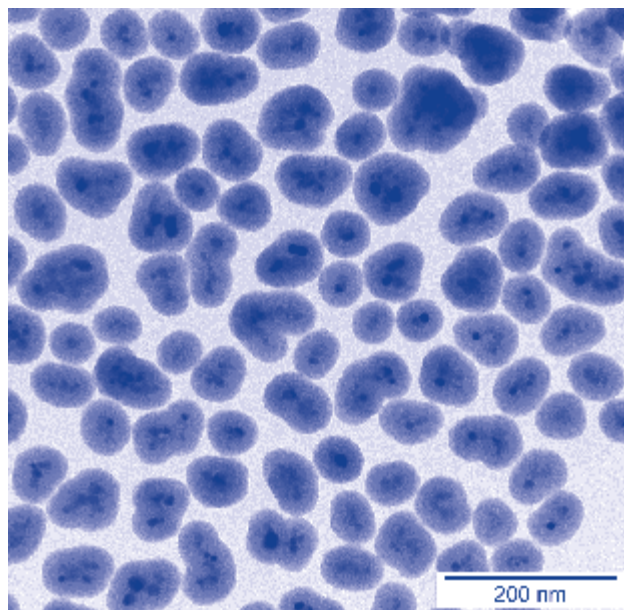
S ohledem na výzkum nových objemových nitridových a chalkogenidových materiálů byly podrobně zkoumány supravodivé keramiky VN [21] a nové termoelektrické keramiky v podobě přírodního minerálu tetraedritu typu  $((\text{Cu}, \text{Fe}, \text{Zn}, \text{Ag}, \text{Hg})_{12}(\text{Sb}, \text{As})_4\text{S}_{13})$ , který je vzhledem ke své dostupnosti a s ohledem na zejména extrémně nízkou tepelnou vodivost perspektivním termoelektrickým materiálem [22]. V rámci výzkumu vysokoteplotních termoelektrických materiálů byly pro sérii nových vrstevnatých kobaltátů  $\text{Ln}_x\text{CoO}_2$  ( $\text{Ln} = \text{La}, \text{Pr}$  a  $\text{Nd}$ ,  $x \sim 1/3$ ) studovány strukturní a termoelektrické vlastnosti v závislosti na dopování. Krystalová struktura  $\text{Ln}_x\text{CoO}_2$  se skládá

dá z vrstev hranou sdílených oktaedrů  $\text{CoO}_6$ , které jsou proložené kationty Ln uspořádanými v 2-dimenzionální superstrukturu (obr. 8). Systém  $\text{Ln}_x\text{CoO}_2$  vykazuje potenciální termoelektrické vlastnosti za vyšších teplot – vysokou termoelektrickou sílu ( $175 \mu\text{V/K}$  při  $600 \text{ K}$ ) a nízkou tepelnou vodivost, jeho nevýhodou je ale vysoký elektrický odpor. Ten se podařilo snížit dopováním děr do  $\text{CoO}_2$  vrstev prostřednictvím substituce  $\text{Ca}^{2+}$  namísto  $\text{Pr}^{3+}$ , přičemž byla zachována velká termoelektrická síla a nízká tepelná vodivost [23].

Ve strukturně příbuzném vrstevnatém kobaltátu  $\text{Na}_x\text{CoO}_2$  byl podrobně zkoumán charakter nositelů náboje pomocí metody terahertzové spektroskopie v časovém oboru [24]. Potřebné tenké vrstvy byly připraveny metodou spin-coating ve spolupráci s ÚACH. Vyhodnocení dat terahertzové spektroskopie v závislosti na teplotě ukázalo, že dominantním typem vodivosti v celém zkoumaném teplotním rozsahu je vodivost kovového typu, přičemž pohyblivost nositelů náboje je částečně omezena hranicemi zrn o rozměrech kolem  $24 \text{ nm}$ . Pasti zachycující velkou část nositelů náboje na povrchu zrn způsobují, že propustnost hranic zrn pro transport náboje je kolem  $8\%$ . To způsobuje značné omezení střední doby rozptylu za nízkých teplot, zatímco od teplot nad  $100 \text{ K}$  je omezena rozptylem na fononech (obr. 9). Nicméně, naše experimentální uspořádání a zvolený model nám umožnily oddělit vliv hranic od parametrů relevantních pro vnitřní část zrn a dospět k závěru, že kovový typ vodivosti je charakteristickou vlastností studované fáze  $\text{Na}_x\text{CoO}_2$ . Příkladem vyšetřování vlastností materiálů prostřednictvím terahertzové spektroskopie je závislost propustnosti tenké supravodivé vrstvy  $\text{YBaCuO}$  na magnetickém poli a teplotě, kterou jsme měřili s využitím kruhového polarizátoru laditelného v terahertzovém spektrálním obo-



■ Obr. 9 Teplotní závislost střední doby rozptylu nositelů náboje  $\tau_s$  získaná analýzou změřených spekter vodivosti v terahertzové oblasti na základě našeho modelu.



■ Obr. 10 Snímek z transmisní elektronové mikroskopie ukazující klastry nanočástic feritu  $\text{Mn}_{0,61}\text{Zn}_{0,42}\text{Fe}_{1,97}\text{O}_4$  obalené amorfním hydratovaným oxidem křemičitým.

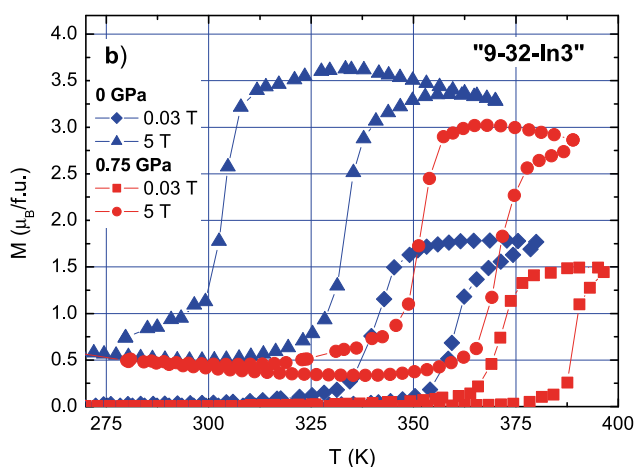
ru. Ze získaných experimentálních dat jsme byli schopni odhadnout efektivní hmotnost vortexu, která je  $m_v \approx 2.7 m_e/a$ , kde  $m_e$  je hmota elektronu a  $a$  je mřížková konstanta  $\text{YBaCuO}$  při teplotě  $40 \text{ K}$ .

Studium magnetických nanočástic se zaměřilo především na Mn-Zn ferity se střední velikostí krystalitů  $10 \text{ nm}$ , které byly připraveny za hydrotermálních podmínek jako jednofázové produkty v širokém rozsahu složení  $\text{Mn}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ . Vysoké hodnoty magnetizace za normálních teplot (částice  $\text{Mn}_{0,61}\text{Zn}_{0,42}\text{Fe}_{1,97}\text{O}_4$  vykazují  $53 \text{ Am}^2\text{kg}^{-1}$  při  $300 \text{ K}$  v poli  $B = 1 \text{ T}$ ) a možnost snadného nastavení teploty přechodu z blokování do superparamagnetického stavu naznačují široké možnosti jejich aplikací. Předně bylo studováno jejich použití jako kontrastních a značkových látek v magnetické zobrazovací resonanci (MRI), pro kterou byly cíleně připraveny přibližně  $25 \text{ nm}$  klastry krystalitů  $\text{Mn}_{0,61}\text{Zn}_{0,42}\text{Fe}_{1,97}\text{O}_4$  obalené amorfním hydratovaným oxidem křemičitým (obr. 10). Transverzální relaxivity, které určují kontrastní efekt v MRI, dosáhly velmi vysokých hodnot ( $r_2 = 450 \text{ s}^{-1} \text{ mmol}(\text{Me}_3\text{O}_4)^{-1} \text{ L}$  při  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  a  $B = 0,5 \text{ T}$ ) a podrobné studium jejich biologického působení *in vitro* ukázalo, že tyto částice v relevantních koncentracích neovlivňují viabilitu buněk a neinterferují s jejich proliferací ani adherentními vlastnostmi [25]. Vynikající biologické vlastnosti se rovněž prokázaly u podobných nanočástic Co-Zn feritů připravených koprecipitací, jejichž biologické působení bylo podrobně zkoumáno na kmenových buňkách (viz podrobný popis v kapitole významných výsledků) [26]. Dále byly studovány nanočástice a objemové vzorky perovskitových fází o složení

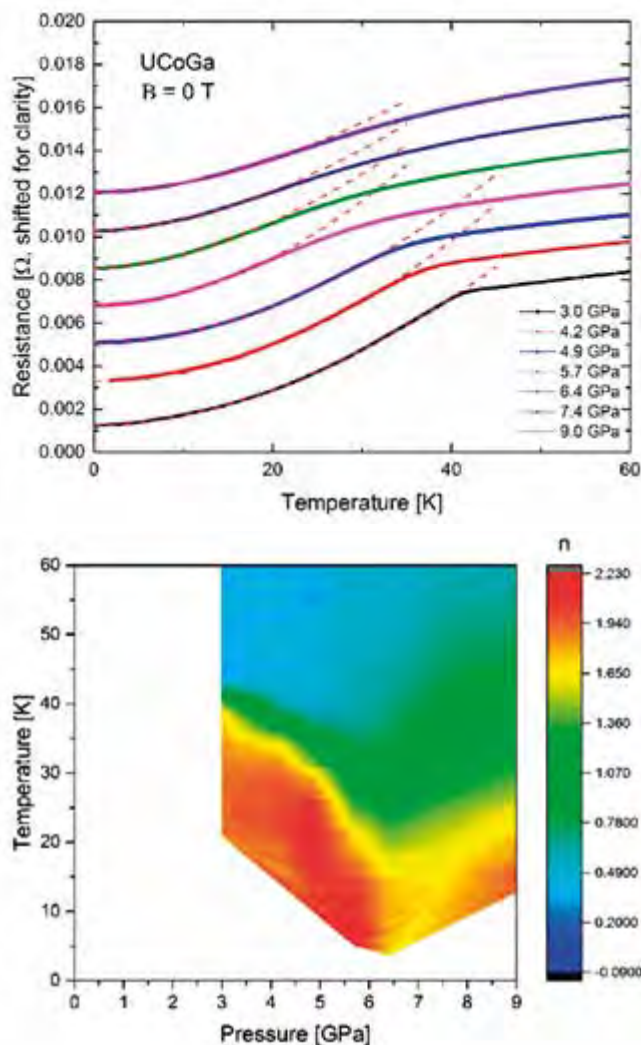
$\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ , u kterých bylo analyzováno dopování  $\text{Tb}^{3+}$  a jeho magnetické chování ve výměnných a vnějších polích [27]. Na manganitových jádrech byly rovněž testovány nové postupy povrchové modifikace nanočástic, a to obalování pomocí  $\text{TiO}_2$  a  $\text{BaTiO}_3$ .

Teoretická činnost se soustředila na analýzu magnetismu a krystalového pole sloučenin se silně korelovanými elektrony. Významný výsledek se podařilo dosáhnout podrobným prozkoumáním nízkoteplotního chování dvojných perovskitů  $\text{Sr}_2\text{YIrO}_6$  a  $\text{Ba}_2\text{YIrO}_6$  [28]. V těchto sloučeninách bylo experimentálně pozorováno anomální chování magnetického momentu za nízkých teplot. Jako vysvětlení byl navržen excitonový magnetismus. My jsme použitím několika teoretických metod (GGA+U, vícepásový Hubbardův model, teorie dynamického středního pole) prokázali, že v obou sloučeninách existuje velký spinový gap, který zabraňuje uspořádanému excitonovému stavu. Jako alternativní vysvětlení jsme navrhli přítomnost magnetických nečistot.

Účelnost využití techniky velmi vysokých tlaků při studiu magnetických vlastností multifunkčních materiálů potvrdily výsledky studia substituovaných Heuslerových slitin připravených na bázi  $\text{Ni}_2\text{MnGa}$ . Vnějšími podmínkami indukovaný přechod mezi strukturními fázemi martenzitu a austenitu, doprovázený výraznou změnou objemu a magnetizace, tvoří v Heuslerových slitinách základ aplikačního potenciálu. Vysokotlaké experimenty provedené v širokém oboru teplot a magnetických polí odhalily extrémní magneto-objemové jevy ve slitinách  $(\text{NiCo})_2\text{MnGa}$  dopovaných indiem (obr. 11). Magnetizace martenzitu s tlakem klesá a teplota strukturálního přechodu výrazně roste (+60 K/GPa). Výsledky experimentů umožňují určit nejen energetickou škálu, na které extrémní magneto-objemové jevy probíhají, ale přinášejí i řadu argumentů pro posouzení platnosti modelových popisů magnetic-



**Obr. 11** Vliv vysokých tlaků a magnetických polí na martenzický přechod v jedné ze studovaných slitin.



**Obr. 12** Nahoře: Teplotní závislost elektrického odporu  $\text{UCoGa}$  za vysokých tlaků, společně s fitovanými mocninnými závislostmi  $\rho = \rho_0 + A.T^n$ . Dole: P-T fázový diagram  $\text{UCoGa}$ , barevná škála zobrazuje vývoj „lokálního“ exponentu  $n = d \ln(\rho - \rho_0) / d \ln T$  měřených  $R(T)$  závislostí.

kého uspořádání v martenzické fázi uvedených slitin [29]. Mezi intenzivně studované aplikační možnosti Heuslerových slitin patří i jejich magneto-kalorické chování. V návaznosti na naši dřívější práci (Rev.Sci.Instrum. 83 (2012) 083902) jsme ve spolupráci s brazilským pracovištěm (Instituto de Física, UFRJ, Rio de Janeiro, Brazil) vyvinuli metodu přímého měření teplotních změn vyvolávaných magnetickým polem [30]. Tato metoda pomocí termodynamického modelu umožňuje určovat hodnoty adiabatických teplotních změn nezbytných pro praktické využití magneto-kalorického jevu.

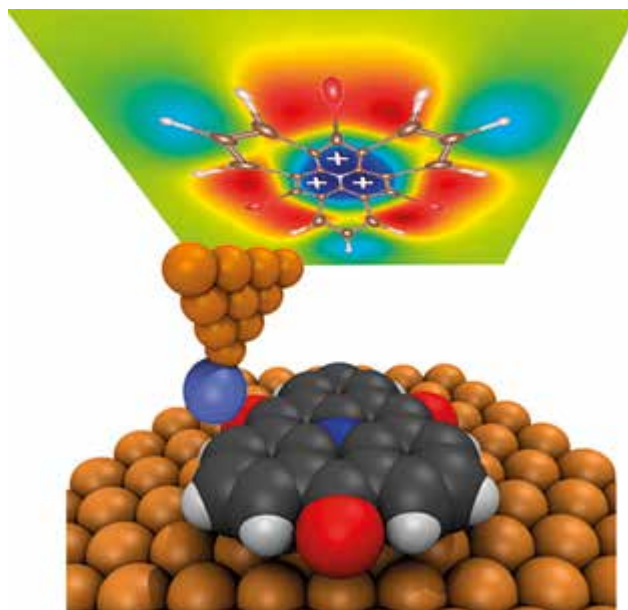
Dalším výzkumným tématem bylo studium kritického chování feromagnetů, zejména tzv. kvantových fázových přechodů, tj. oblasti, kde je feromagnetické uspořádání potlačeno „ne-termálním“ parametrem (v tomto případě

tlakem). Zde i v limitě nulové teploty stále existují přechody typu „order-disorder“, jež se však z principu neřídí stejnými zákonitostmi jako „klasické“ fázové přechody za konečných teplot. Tematika je v současnosti intenzivně zkoumaná zejména z důvodu, že materiály v tomto režimu v okolí kritických tlaků často vykazují neobvyklé chování, např. nekonvenční supravodivost, stav s tzv. „těžkými fermiony“ či koexistenci supravodivosti s magnetickým uspořádáním na dlouhou vzdálenost. Problematika je na našem pracovišti nová, v uplynulém roce jsme provedli pilotní studii několika vybraných feromagnetických intermetalik uranu a lanthanoidů –  $\text{UCoGa}$ ,  $\text{U}_4\text{Ru}_7\text{Ge}_6$ ,  $\text{CePd}_2\text{Ga}_3$ , které byly v podobě monokrystalů připraveny ve spolupráci s Katedrou fyziky kondenzovaných látek MFF a u nichž jsme detailně charakterizovali jejich fázové diagramy (obr. 12), vývoj fyzikálních vlastností s tlakem a kritické chování v okolí významných bodů jejich fázových diagramů [31].

## ■ Tenké vrstvy a nanostruktury

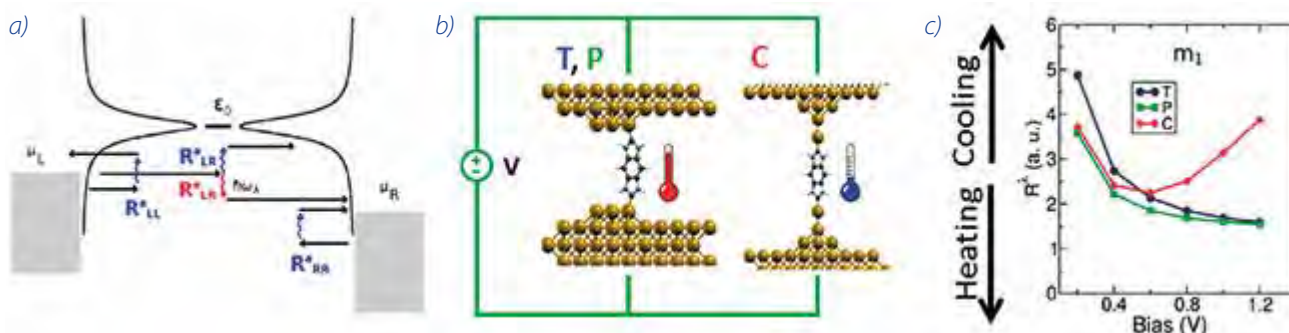
Oddělení tenkých vrstev a nanostruktur zkoumá jevy v nanoměřítku od atomárně rozlišených měření na površích a molekulách, přes nanometrové částice křemíku a diamantu až po nanodráty a tenké vrstvy. Ilustrativní výsledky dosažené v jednotlivých skupinách oddělení jsou následující:

V roce 2016 se pracovníci laboratoře Nanosurf (<http://nanosurf.fzu.cz>) zabývali novými možnostmi zobrazení molekul na povrchu pevných látek, jejich chemické transformace a možnosti cíleného nabíjení pomocí rastrovacích mikroskopů. Vědci představili novou metodu, která umožňuje mapovat elektrostatický potenciál jednotlivých molekul se submolekulárním rozlišením [32]. Možnost detailního zobrazení elektrostatického pole jednotlivých molekul výrazně posouvá současné možnosti např. studia přenosu náboje na molekulární úrovni či hlubší pochopení samo uspořádávajících procesů na površích

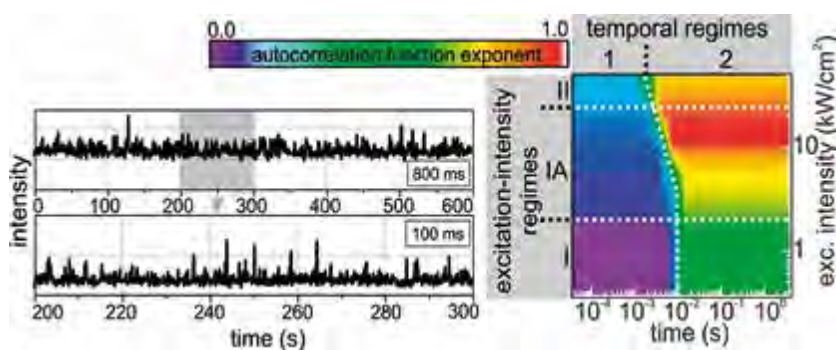


■ **Obr. 13** Schematický obrázek znázorňující proces zobrazení molekuly 1,5,9-trioxo-13-azatriangulenu na povrchu pevné látky, která je skenovaná pomocí hrotu zakončeného jedním atomem xenonu. Tato metoda umožňuje dosažení nejen detailního rozlišení chemické struktury molekuly, ale také jejího elektrostatického pole (viz obr. nahoře).

pevných látek. 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. 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. Dále se zabývali možností kontrolované manipulace jednoelektronových nábojových stavů v molekulách na bázi ferocenu. Jmenovitě, byli schopni vytvářet vícenásobné nábojové stavy a cíleně s nimi manipulovat v rámci jedné molekuly. Tato možnost představuje významný krok pro návrh



■ **Obr.14** (a) Proudem vyvolané emise (červeně) nebo absorpce (modře) lokálních vibrací vedou k ohřevu nebo ochlazení molekulárního kontaktu. (b) Karbové molekulární rozhraní s kontakty z různých kovů. (c) Vypočtené rychlosti ochlazení nejdůležitějšího vibračního módu, ukazující na účinné chlazení kontaktních kovových řetízku.



■ Obr. 15 Dynamika blikání křemíkových nanokrystalů. Nalevo: příklad pozorovaného blikání (nahore), spodní panel ukazuje vybraný časový interval ve větším rozlišení. Napravo: tento graf shrnuje pozorované typy chování za různých experimentálních podmínek v rámci popisu pomocí autokorelační funkce. Lze nalézt režimy s i bez závislosti na excitační intenzitě.

funkčních kvantových celulárních automatů nebo nový koncept ukládání energie na molekulární úrovni.

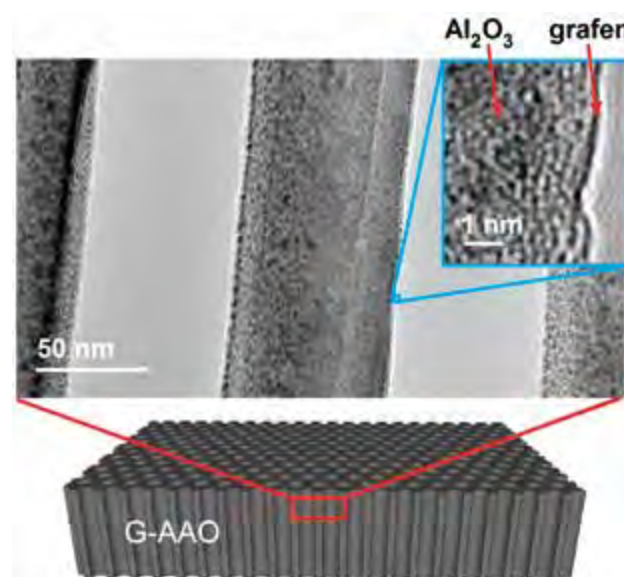
Skupina molekulárního transportu H. Vázquez, nositele Fellowshipu J. E. Purkyně, použila ab-initio modelování pro teoretické studium vlastností molekulárních nanopřechodů, ve kterých jsou dva kovové kontakty spojeny malou molekulou činnou jako aktivní prvek elektrického obvodu. Předmětem studia byla interakce tunelujících elektronů s vibračními prvky volnosti, které jsou experimentálně dostupné jako píky ve druhé derivaci proudu v závislosti na přiloženém napětí. Kvantitativně jsme analyzovali prostorový původ různých příspěvků k neelastickým pikům, symetrii módů a výběrová pravidla [33]. Protože tunelující elektrony mohou vést k emisi nebo absorpci vibrací lokalizovaných na molekulách, mohou také ohřívat nebo ochlazovat přechod. Ukazuje se, že průchod proudu přes řetězovitě struktury zlatých atomů může vést k jejich ochlazení [34]. Porozumění těmto dějům je důležité pro odhad stability prvku pod přiloženým napětím.

Skupina křemíkové nanofotoniky provedla podrobná studia dynamiky blikání jednotlivých křemíkových nanokrystalů s přímým zakázaným pásem [35]. Blikání je náhodné rozsvěcování a zhasínání emise vykazované jednotlivými kvantovými objekty. U nanokrystalů zatím není znám mechanismus tohoto jevu. V naší podrobné studii je dynamika blikání křemíkových nanokrystalů studována na velmi dlouhé časové škále za využití originální analýzy založené na autokorelační funkci. Pozorovali jsme několik režimů, včetně režimu, kde blikání zcela mizí, za použití jednoho typu vzorku, což ukazuje na důležitost experimentálních podmínek v tomto typu studií.

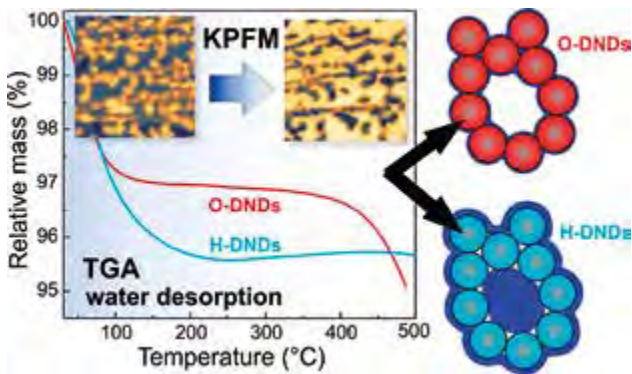
Ve skupině tenkých vrstev a nano-charakterizace vedené J. Červenkou (dalším nositelem Fellowshipu J. E. Purkyně) byl studován růst různých nanomateriálů (křemíkové nanodráty, grafen atd.) pomocí metody chemické depozice z plynné fáze inicializované plazmou (PECVD). Ve spolupráci s výzkumnými pracovníky z Austrálie (The University of Melbourne) jsme vyvinuli způsob přípravy třídimenzionálního (3D) grafenu na nevodivém substrátu anodického oxidu hlinitého (AAO) [36]. Touto metodou

se podařilo vytvořit nanoporézní membránu z 3D grafenu (obr. 16), která má pravidelnou strukturu a laditelnou velikost nanopórů. Výsledný materiál je velmi dobře elektricky vodivý, chemicky odolný a má obrovský specifický povrch a kapacitu. Díky těmto vlastnostem se očekává, že 3D grafen může najít uplatnění v superkondenzátorech, bateriích, elektrochemických celách nebo v některých biomedicínských aplikacích.

Výzkum ve Skupině funkčních nanorozhraní se v loňském roce intenzivně věnoval studiu optoelektronických vlastností diamantu v kombinaci s dalšími materiály (například polypyrolem a kovy) s ohledem na generaci elektrického náboje a ovlivnění fotoluminiscence barevných center v diamantu (NV, SiV) pro senzorické aplikace, s využitím připravovaných fotonických struktur v úzké spolupráci se skupinou diamantové technologie odd. 27. Pokračoval také výzkum v oblasti interakcí molekul a diamantu s fotony gama záření o vysokých energiích. Pomocí mikroskopu atomárních sil bylo například sledo-



■ Obr. 16 Struktura nanoporézního 3D grafenu na nevodivém substrátu anodického oxidu hlinitého (AAO) zobrazená pomocí transmisní elektronové mikroskopie.



■ Obr. 17 Termogravimetrická analýza pro hydrogenované (modře) a oxidované (červeně) detonační nanodiamanty. V horní části grafu jsou ukázány KPFM skeny hydrogenovaných nanodiamantů s adsorbovanou povrchovou vodou (vlevo) a po desorpci povrchové vody (vpravo), znázorněné na modelu v pravé části obrázku.

váno štěpení molekul DNA v závislosti na intenzitě ozáření či změna charakteristik diamantových FET tranzistorů s živými buňkami po ozáření.

Výrazných úspěchů bylo dosaženo ve výzkumu nanodiamantů. V oblasti řízení jejich velikosti a čistoty byla vyvinuta technika, která umožňuje přípravu nanodiamantů s průměrnou velikostí 1,4 nm s velkým výtěžkem. V takto malých nanodiamantech hledáme kvantové jevy. Nanodiamanty mají aplikační potenciál např. pro růst ultratenkých diamantových vrstev.

Studium detonačních nanodiamantů s kyslíkovou a vodíkovou povrchovou terminací pomocí termogravimetrické analýzy (TGA) a infračervené spektroskopie dále ukázalo odlišné uspořádání hydratační vrstvy kolem hydrogenovaných a oxidovaných detonačních nanodiamantů. U hydrogenovaných nanodiamantů byla zjištěna neobvyklá kombinace částečně hydrofobních vlastností na jedné straně a zároveň snadné tvorby koloidních disperzí na straně druhé. Kombinací Kelvinovské mikroskopie a řízené desorpce bylo dále zjištěno, že voda adsorbovaná na povrchu nanodiamantů významně ovlivňuje nejen kvantitativně,

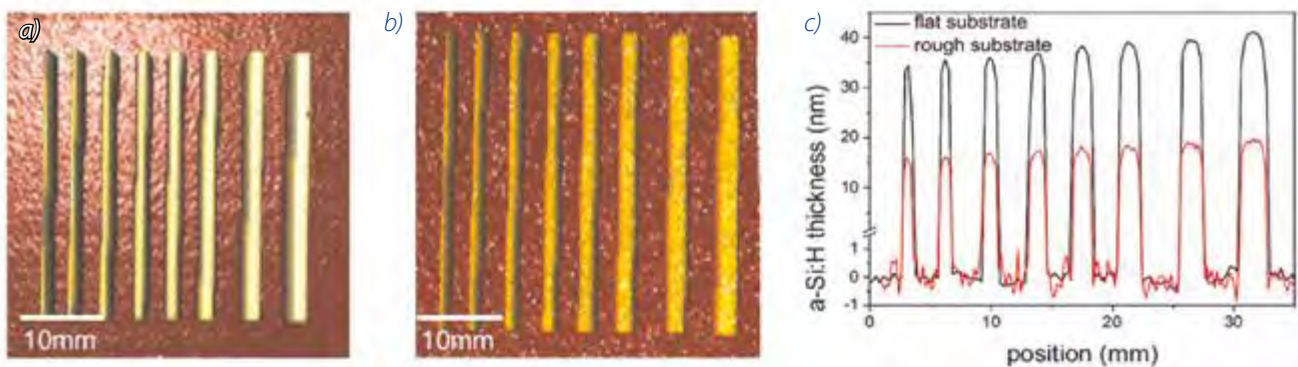
ale i kvalitativně povrchový potenciál [37], což může mít dopad na řadu aplikací od biomedicíny po spintroniku.

Kromě výsledků základního výzkumu popsaných výše má oddělení tenkých vrstev a nanostruktur také intenzivní účast na aplikovaném výzkumu. Součástí těchto aktivit byl smluvní výzkum ochranných vrstev pro automobilový průmysl pro firmu HVM Plazma s. r. o. a spolupráce s firmou Continental Mechanical Components v Rodingu v Německu. Další spolupráce s firmou Katchem s. r. o. a ON Semiconductor Czech Republic s. r. o. byly podpořeny TAČR projekty.

V roce 2016 bylo zahájeno řešení projektu NextBase v rámci Horizon 2020 Competitive Low-Carbon Energy. Cílem projektu, na kterém spojuje síly konsorcium předních evropských výzkumných pracovišť a firem, je dosažení rekordní účinnosti fotovoltaických článků založených na křemíkových deskách s heteropřechody a kontakty umístěnými na zadní straně. Tříletý projekt je podpořen grantem 727523 Evropské komise H2020-LCE-07-2016. Vysoká účinnost těchto článků je založena na kontaktech, které mají formu proužků vrstev amorfního křemíku o tloušťce jednotek nanometrů. Významným výsledkem dosaženým v roce 2016 je nová metoda profilometrie ultratenkých vrstev na křemíkových substrátech založená na Ramanově spektroskopii [38]. Tloušťka tenkých vrstev je odvozena z útlumu signálu Ramanova rozptylu pocházejícího z křemíkové desky. Hlavní předností metody je citlivost lepší než 1 nm a možnost prostorového rozlišení s přesností až 500 nm. Zcela unikátní je schopnost metody určit tloušťky vrstev dokonce i na zdrsňených podložkách, což je typické právě pro křemíkové sluneční články s velkou účinností.

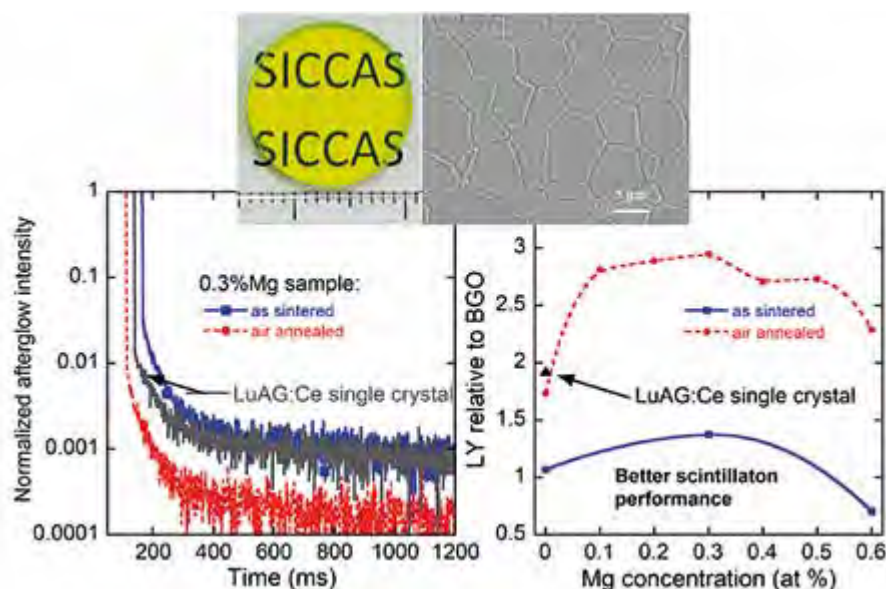
## ■ Optické materiály

Výzkumné aktivity oddělení v roce 2016 byly zaměřeny na studium bodových defektů ve struktuře látek, jejich vlivu na materiálové charakteristiky a souvislost jejich



■ Obr. 18 Mapy tloušťky vrstvy proužků amorfního křemíku na leštěné (a) nebo drsné (b) křemíkové podložce společně s příčným profilem (c).





**Obr. 19** Keramika  $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce},\text{Mg}$  (vlevo nahoře) a její povrch pořízený skenovací elektronovou mikroskopií (vpravo nahoře). Časový průběh „afterglow“ vlevo dole a závislost světelného výtěžku na obsahu MgO ve vstupní surovině demonstrují pozitivní vliv přítomnosti magnesia a také následného žhání keramiky na vzduchu.

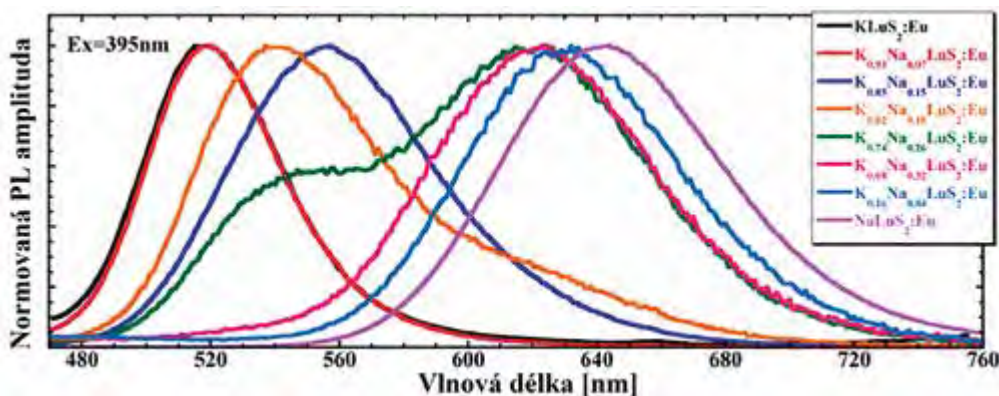
výskytu s použitou technologií. Pozornost byla věnována též rozvoji technologie přípravy objemových a tenkovrstvých materiálů a modelování kinetiky fázových procesů. S využitím optických, luminiscenčních, magnetických a fotoelektronových spektroskopických metod jsme řešili výzkumné programy v rámci projektů (celkem 12 mezinárodních a 14 domácích projektů) na několika skupinách, převážně optických, materiálů.

V laboratoři luminiscenčních a scintilačních materiálů byla ve spolupráci s laboratoři v Shanghai Institute of Ceramics, CAS řešena optimalizace scintilačních charakteristik keramik na bázi cerem dopovaného  $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$  [39]. Optimalizací koncentrace tzv. „sintering aid“ a dalších kroků technologického procesu byl získán transparentní objemový materiál, obr. 19, který v rychlé složce scintilační odezvy významně převyšuje komerčně dodávané monokrystaly analogického složení. S 0,3 % MgO ve vstupní surovině jsme dosáhli světelného výtěžku cca 25 000 phot/MeV při použití krátkého časového okna 1  $\mu\text{s}$ , což je o cca 30% více než u komerčního monokrystalu. Současně je u keramiky dosaženo významně nižšího dosvitu v milisekundové oblasti ve srovnání s monokrystalem.

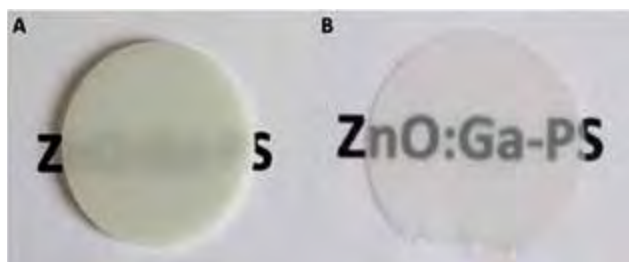
Dále jsme studovali [40] optické vlastnosti europiem dopovaných podvojných ternárních sulfidů obecného vzorce  $\text{K}_x\text{Na}_{1-x}\text{LuS}_2:\text{Eu}^{2+}$ , které mají předpoklady k průmyslovému využití v pevnolátkových zdrojích laditelného bílého světla. Práce je založena na udělení národním patentu [41] 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 široce spektrální emisí  $\text{Eu}^{2+}$  iontu ve struktuře  $\text{K}_x\text{Na}_{1-x}\text{LuS}_2$  sulfidu, přičemž distribuce emise přes různé vlnové délky se dá ladit jednak chemickým složením, jednak vhodnou změnou poměrů intenzit záření dvou budících diod, díky přítomnosti intenzivních absorpčních pásem  $\text{Eu}^{2+}$  v oblasti 360–480 nm. Příklad spekter buzených UV diodou je na obr. 20.

V rámci projektu TG02010056 (Systém efektivního uplatňování výstupů FZÚ v aplikační sféře) TA ČR, program GAMA, byl s použitím těchto luminoforů sestaven reálný zdroj laditelného bílého světla.

Oxid zinečnatý ve formě prášku, tenkých vrstev, nanodrátů nebo kvantových teček byl dlouhou dobu



**Obr. 20** Fotoluminiscenční spektra luminoforů  $\text{K}_x\text{Na}_{1-x}\text{LuS}_2:\text{Eu}^{2+}$  pro různá složení pod excitací 395 nm.



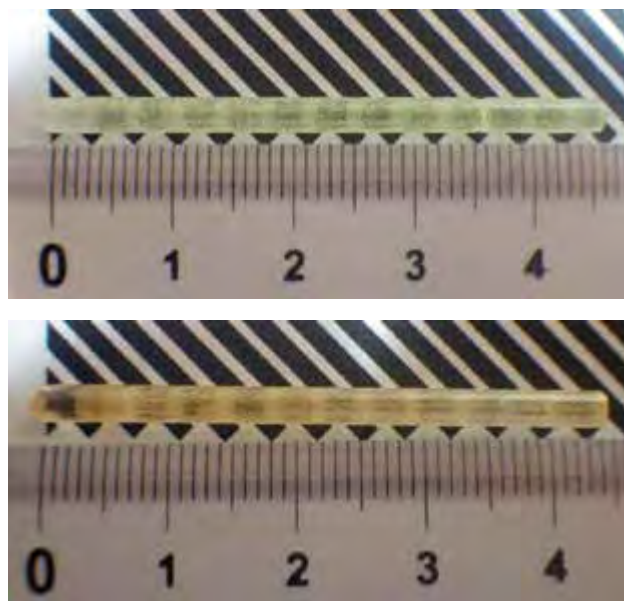
■ **Obr. 21** Fotografie (a) 1 mm a (b) 0,17 mm tlustého vzorku kompozitu ZnO:Ga-PS s 10 % hmotnostními ZnO:Ga.

předmětem bádání díky jeho unikátním piezoelektrickým a fotokatalytickým vlastnostem. Přestože se jedná o polovodič se zakázaným pásem  $E_g \sim 3,4$  eV (drtivá většina scintilačních materiálů jsou dielektrické materiály s výrazně širším pásem zakázaných energií), díky jeho superrychlé scintilační odezvě (pod 1 ns) excitonového původu a díky absenci pomalých komponent v dosvitu se v posledních letech studuje pro možné využití v TOF technikách (time of flight). V rámci mezinárodního projektu COST FAST, TD1401 a ve spolupráci s FJFI ČVUT a firmou Nuvia a. s., jsme zabudovali ZnO:Ga nanoprášek do polystyrenové matrice (obr. 21) a charakterizovali jeho scintilační vlastnosti [42]. S takovýmto kompozitním materiálem se pak daleko lépe pracuje i při zachování výhodných vlastností ZnO:Ga. Výhodou je také interakce mezi polystyrenovou maticí a práškem, která pozitivně ovlivňuje scintilační vlastnosti celku, především díky přenosu pohlčené energie rentgenového záření z matrice na emisní centra ZnO:Ga. Využití ultrarychlého scintilátoru se nabízí i v monitorování svazku nízko energetických elektronů a fotonů, kde takovýto scintilátor poskytne cenou informaci o jeho časovém průběhu.

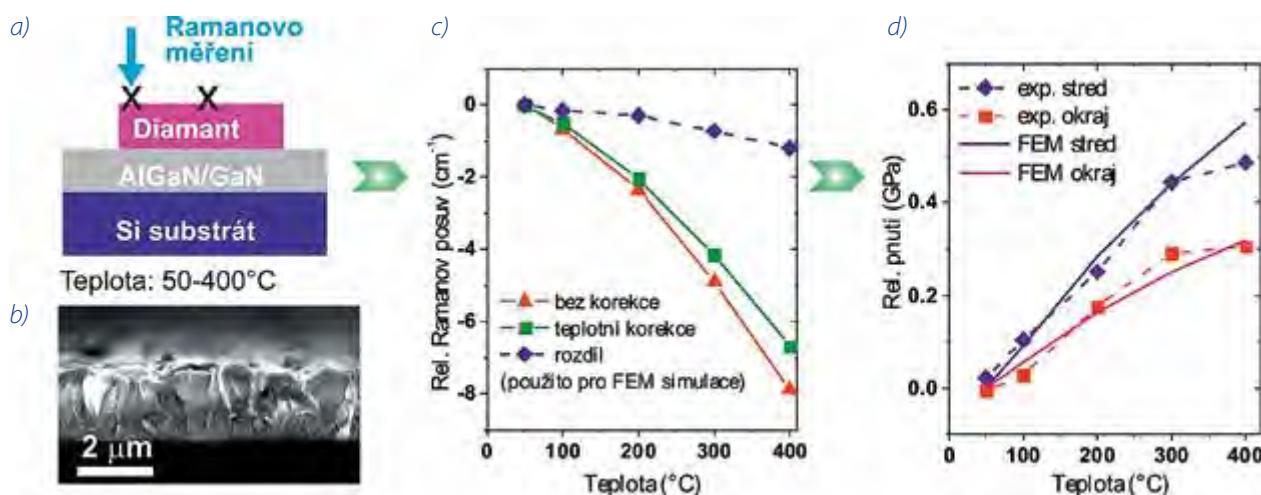
V laboratoři přípravy optických materiálů a termické analýzy v rámci mezinárodní spolupráce s laboratořemi na Tohoku university v Japonsku jsme studovali vliv kodo-pování a žíhání na vzduchu na scintilační a luminiscenční vlastnosti scintilátoru LuAG:Pr. Monokrystaly tohoto materiálu byly připraveny unikátní technologií „micropulling down“ (obr. 22). V některých Ce-dopovaných oxidových materiálech bylo prokázáno, že kodo-pování dvojevalentními ionty, jako jsou  $Mg^{2+}$  a  $Ca^{2+}$ , nebo žíhání na vzduchu, vede ke změně valence iontu  $Ce^{3+}$  na  $Ce^{4+}$ . Tato změna má za následek zrychlení scintilační odezvy a zvýšení světelného výtěžku u scintilátorů jako  $Lu_2SiO_5:Ce$  nebo LuAG:Ce. Dříve bylo zjištěno, že scintilátor LuAG:Pr má velmi zajímavé scintilační vlastnosti, například výrazně rychlejší scintilační odezvu ve srovnání s LuAG:Ce. Vyvstala proto otázka, zda by nebylo možné dále vylepšit scintilační vlastnosti, zejména světelný výtěžek, kodo-pováním dvojevalentními ionty či žíháním, tak jako u analogu dopova-

ného Ce. Výzkum ukázal, že valenci iontu  $Pr^{3+}$  lze změnit na  $Pr^{4+}$ , což se projevilo mimo jiné změnou barvy krystalu, viz obr. 22. V důsledku překryvu scintilačního spektra s absorpčním přechodem  $Pr^{4+}$  dochází k re-absorpci scintilačních fotonů, což u objemových vzorků světelný výtěžek výrazně snižuje. Došlo ale k dalšímu mírnému zrychlení scintilační odezvy. Popsaná strategie vylepšování scintilačních vlastností může být tedy použitelná pouze pro tenkovrstvé scintilátory. Dále bylo pomocí elektronové paramagnetické rezonance zjištěno, že kodo-pování Mg snižuje teplotní stabilitu  $O^-$  center, které se uplatňují ve scintilačním mechanismu. Vyšší koncentrace Mg (3000 ppm) stabilizuje kyslíkové vakance, které fungují jako hluboké elektronové pasti a mají negativní vliv na scintilační mechanismus.

Ve spolupráci mezi FJFI ČVUT, VŠCHT a firmou Crytur byla připravena a studována fosfátová skla pro laserové aplikace. Byl studován vliv koncentrace oxidu fosforečného na materiálové vlastnosti draselno-lanthanitého fosfátového skla dopovaného erbiem a ytterbiem (Er,Yb:KLaP sklo). Vlastnosti skla byly studovány měřením absorpčních, fluorescenčních a Ramanovských spekter. Výsledky ukázaly vzrůstající polymerizaci skla a zkracování P-O vazeb s rostoucí koncentrací oxidu fosforečného ve skle. Na druhou stranu, spektroskopie  $Er^{3+}$  a  $Yb^{3+}$  ukázala minimální závislost jejich charakteristických přechodů na složení skla. Na připravených sklech byly úspěšně provedeny laserové experimenty pro emisní vlnovou délku 1,53  $\mu m$  při budícím záření 975 nm. Bylo dosaženo nízkého laserového prahu a laserové účinnosti do 21 % vztažené k absorbované budící energii [44].



■ **Obr. 22** Krystaly LuAG:Pr (nahore), LuAG:Pr,Mg (dole). Je patrná změna barvy při změně valenčního stavu iontu Pr.

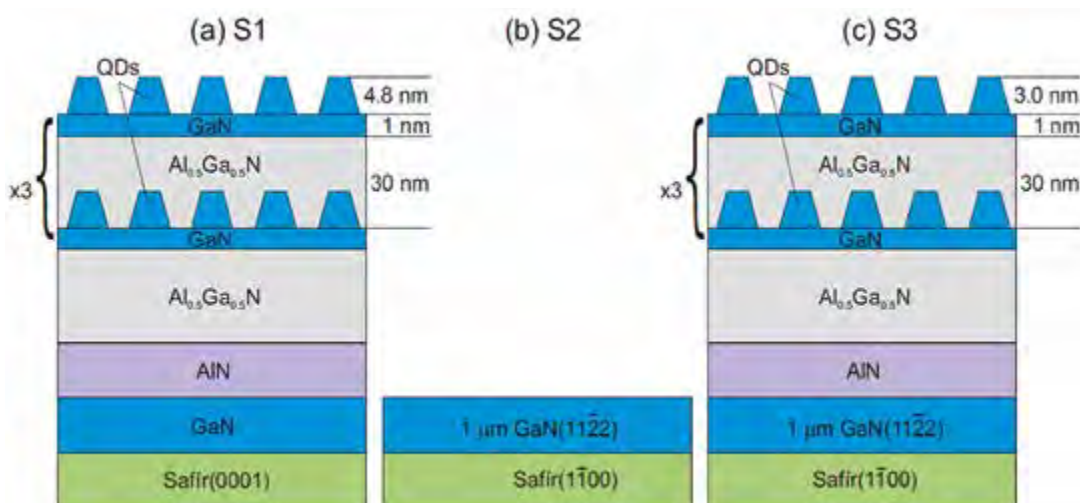


■ Obr. 23 (a) Schematické zobrazení řezu a (b) morfologie heterostrukury diamant-AlGaN/GaN. Grafická závislost (c) teplotně korigovaného Ramanova posuvu diamantového maxima heterostrukury diamant-AlGaN/GaN a teplotně indukovaného pnutí vztaženého k teplotě 50°C.

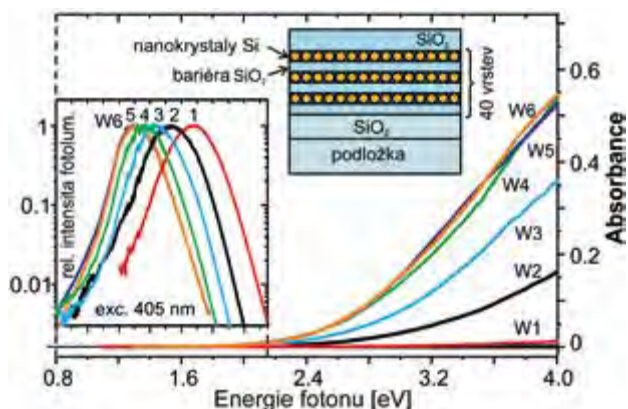
Výzkumníci z laboratoře diamantových a uhlíkových nanostruktur ve spolupráci s Elektrotechnickým ústavem Slovenské akademie věd v Bratislavě (skupina Dr. G. Vanka) publikovali v prestižním časopise *Materials & Design* [45] komplexní postup pro měření a vyhodnocení tepelně indukovaných pnutí v heterostrukturách diamant-AlGaN/GaN. Tepelně indukované napětí v diamantem pokrytých AlGaN/GaN transistorech (HEMT) s vysokou pohyblivostí elektronů, pracujících při vyšších teplotách, mohou v podstatné míře ovlivňovat elektronické vlastnosti GaN HEMT transistorů. Indukovaná napětí byla studována z Ramanova posuvu maxima GaN a diamantu (obr. 23) v rozsahu teplot od 50 do 400°C. Ve výpočtu pnutí byla provedena korekce teploty měřeného Ramanova spektra.

Bylo pozorováno, že s nárůstem teploty klesá pnutí z 0,32 na 0,1 GPa. Uvedené zjištění naznačuje, že změna pnutí dosáhne minimálních hodnot pro teploty blízké depoziční teplotě diamantu (700°C), což je optimální pro vysoko-teplotní elektroniku. Experimentální data byla porovnána s FEM simulacemi a bylo zjištěno, že pro větší tloušťky diamantových vrstev je indukované pnutí ve vrstvách méně teplotně závislé. Studie obohatila znalosti o přesnější posouzení tepelně indukovaných pnutí pomocí Ramanovy spektroskopie.

V laboratoři elektronové spektroskopie jsme se zabývali povrchovými vlastnostmi krystalů složených z různých druhů atomů [46]. Důležitou charakteristikou těchto krystalů je polarita jejich povrchu. Polarita je ur-



■ Obr. 24 Schematické znázornění vzorků, které byly použity pro analýzu. Povrchová vrstva vzorku (a) S1 byla napařena na podložku safíru (0001) a ukončena polárními KT GaN (KT jsou v obrázku označeny jako QDs). Vzorky (b) S2 a (c) S3 byly připraveny na substrátu safíru s orientací (1-100). Vzorek S2 je pokryt pouze epitaxní vrstvou GaN (11-22). Naproti tomu vzorek S3 je ukončen heterostrukturou, jejíž nejhořejší část je tvořena semipolárními KT GaN.



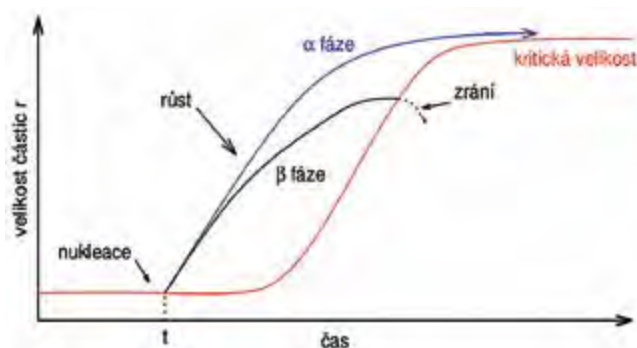
■ Obr. 25 Porovnání spekter optické absorbance (vpravo) se spektry fotoluminiscence (vlevo) křemíkových nanočástic zabudovaných do skla. Vložka schematicky znázorňuje zkoumanou strukturu.

čena typem iontu(ů) ve vrchní atomární vrstvě krystalu u povrchu. Tvoří-li poslední vrstvu pouze kladné nebo záporné ionty, mluvíme o polárním povrchu. Nachází-li se na povrchu oba druhy iontů, potom hovoříme o semipolárním povrchu. Je-li náboj iontů nejvrchnější vrstvy vyrovnáný, jde v tomto případě o povrch nepolární. Slibnou technologií pro přípravu diod s velkou svítivostí je růst kvantových teček (KT) GaN na polárních a semipolárních substrátech GaN. Krystalová orientace kvantových teček obvykle sleduje polaritu substrátu. Je-li však povrch substrátu nepolární nebo semipolární, polarita KT není již tak jasná. Pro studování polarity KT GaN a vrstev, které se nacházejí pod těmito tečkami, byla zvolena nedestruktivní metoda fotoelektronové difrakce. K tomuto účelu byly pomocí epitaxe z molekulárních svazků připraveny heterostruktury GaN/Al<sub>0,5</sub>Ga<sub>0,5</sub>N (obr. 24). Tyto struktury byly napařeny na safírové substráty s orientací (0001) a (1-100). Změřená závislost intenzity fotoelektronové linie N 1s pro KT GaN na polárním úhlu byla porovnána s experimentálně určenými stejnými křivkami získanými na povrchu objemového krystalu GaN. Pomocí těchto měření bylo experimentálně potvrzeno, že krystalová orientace (0001) KT GaN sleduje orientaci (0001) safírového substrátu. V případě semipolárních KT GaN připravených na safírovém substrátu s orientací (1-100) bylo dokázáno, že KT GaN mají polaritu (11-22).

V laboratoři fotoelektrické a optické spektroskopie jsme ve spolupráci s prof. J. Valentou z MFF UK stanovili [47] absorpční záchytný průřez (ASC) křemíkových nanokrystalů (SiNCs) pomocí dvou nezávislých metod: (i) kinetiky pulzně modulované fotoluminiscence v závislosti na intenzitě excitace a (ii) optické absorbance měřené metodou fototerminální deflexní spektroskopie (obr. 25). Morfologie nanokrystalů byla získána s vysokým rozlišením pomocí transmisní elektronové mikroskopie. Vý-

sledky pro SiNCs o průměru 3-5 nm ukázaly konzistentní hodnoty ACS řádu 10<sup>-15</sup> cm<sup>2</sup> ve fialové oblasti optického spektra. Tato hodnota je srovnatelná s hodnotami zjištěnými u polovodičů a přímým optickým přechodem mezi valenčním a vodivostním elektronovým pásmem. Dále bylo zjištěno, že ACS strmě klesá v případě excitace s delšími vlnovými délkami. Analyzovali jsme detailně použitou fotoluminiscenční modulační techniku a navrhli zlepšení experimentálního postupu, který umožňuje jednodušší měření ACS (nano) materiálů.

Ve skupině teorie fázových přechodů v rámci mezinárodní spolupráce COST akce CM1402 („From molecules to crystals - how do organic molecules form crystals?“) byla ve spolupráci s Univerzitou Lyon řešena problematika vzniku polymorfních fází z roztoku. Nový model kinetiky nukleace a růstu polymorfních fází [48] zahrnuje pokles přesycení během fázové transformace v reálném čase a numerickým řešením kinetických rovnic je určen počet vznikajících polymorfních částic v závislosti na jejich velikosti a čase. Pro porovnání výsledků teoretického modelu s experimentálními daty jsme uvažovali krystalizaci kyseliny L-glutamové, kdy jsou vytvářeny dvě polymorfní fáze: metastabilní α a stabilní β fáze. Výsledky našeho modelu jsou v dobré shodě s experimenty Lyonské univerzity. Při fázové transformaci dochází nejprve



■ Obr. 26 Schematické znázornění vzniku polymorfních fází v roztoku.

k nukleaci a vzniku zárodků a následně k růstu nových polymorfních fází. S poklesem přesycení se zvětšuje kritická velikost zárodků, což vede k úbytku počtu podkritických a k růstu nadkritických částic (obr. 26). Numerické řešení kinetických rovnic je v souladu s „Ostwaldovým zráním“, kdy dochází k rozpouštění malých částic a růstu větších částic. Tento efekt se výrazněji projevil při teplotě 5 °C ve srovnání s výpočty při teplotě 20 a 40 °C. Výsledky ukázaly, že náš model je velice vhodný pro popis kinetiky vzniku polymorfních fází z roztoku.

## Literatura

- [1] A. Hospodková, J. Oswald, J. Pangrác, K. Kuldová, M. Zíková, J. Vyskočil, E. Hulicius: Growth and properties of the MOVPE GaAs/InAs/GaAsSb quantum dot structures. *Physica B* **480** (2016) 14–22
- [2] F. Dubecký, J. Oswald, D. Kindl, P. Hubík, M. Dubecký, E. Gombia, A. Šagátová, P. Boháček, M. Sekáčová, V. Nečas: Photocurrent spectra of semi-insulating GaAs M–S–M diodes: Role of the contacts, *Solid State Electron.*, **118** (2016) 30–35.
- [3] L. Nádvořík, K. Olejník, P. Němec, V. Novák, T. Janda, J. Wunderlich, F. Trojánek, T. Jungwirth: *Enhancement of the spin Hall voltage in a reverse-biased planar pn-junction*, *Phys. Rev. B* **94** (2016) 0753306(1)–0753306(6).
- [4] L. Nadvornik, P. Nemeč, T. Janda, K. Olejník, V. Novak, V. Skoromets, H. Němec, P. Kužel, F. Trojaneč, T. Jungwirth, and J. Wunderlich: *Long-range and high-speed electronic spin-transport at a GaAs/AlGaAs semiconductor interface*, *Sci. Rep.* **6** (2016) 22901(1)–22901(8).
- [5] C. Ciccarelli, L. Anderson, V. Tshitoyan, A. J. Ferguson, F. Gerhard, C. Gould, L. W. Molenkamp, J. Gayles, J. Zelezny, L. Smejkal, Z. Yuan, J. Sinova, F. Freimuth, T. Jungwirth: *Room-temperature spin-orbit torque in NiMnSb*, *Nature Phys.* **12** (2016) 855–860.
- [6] T. Jungwirth, X. Marti, P. Wadley, J. Wunderlich: *Antiferromagnetic spintronics*, *Nature Nanotech.* **11** (2016) 231–241; Editorial: *Controlling an invisible order*, *Nature Nanotech.* **11** (2016) 205.
- [7] P. Wadley, B. Howells, J. Železný, C. Andrews, V. Hills, R. P. Campion, V. Novák, K. Olejník, F. Maccherozzi, S. S. Dhesi, S. Y. Martin, T. Wagner, J. Wunderlich, F. Freimuth, Y. Mokrousov, J. Kuneš, J. S. Chauhan, M. J. Grzybowski, A. W. Rushforth, K. W. Edmonds, B. L. Gallagher, T. Jungwirth: *Electrical switching of an antiferromagnet*, *Science* **351** (2016) 587–590; C. Marrows: *Addressing an antiferromagnetic memory*, *Science* **351** (2016) 558–559
- [8] M. Colmont, L. Palatinus, M. Huve, H. Kabour, S Saitzek, N. Dielal, P. Roussel: On the Use of Dynamical Diffraction Theory To Refine Crystal Structure from Electron Diffraction Data: Application to KLa5O5(VO4) (2) a Material with Promising Luminescent Properties , *Inorg. Chem.* **55** (2016) 2252–2260
- [9] V. Petříček, V. Eigner, M. Dušek, A. Čejchan: Discontinuous modulation functions and their application for analysis of modulated structures with the computing system JANA2006, *Z. Kristallogr.* **231** (2016) 301–312.
- [10] V. Petříček, M. Dušek, J. Plášil: Crystallographic computing system Jana2006: solution and refinement of twinned structures, *Z. Kristallogr.* **231**(10) (2016) 583–599.
- [11] A. V. Mironov, V. Petříček, N. R. Khasanova, E.V. Antipov: New insight on bismuth cuprates with incommensurate modulated structures, *Acta Crystallogr. B* **72** (2016) 395–403
- [12] G. Steciuk, P. Boullay, A. Pautra, N. Barrier, V. Caignaert, L. Palatinus: Unusual Relaxor Ferroelectric Behavior in Stairlike Aurivillius Phases, *Inorg. Chem.* **55** (2016) 8881–8891
- [13] P. Slavík, M. Kohout, S. Böhm, V. Eigner, P. Lhoták: Synthesis of inherently chiral calixarenes via direct mercuration of the partial cone conformation, *Chem. Commun.* **52** (2016) 2366–2369
- [14] J. Rohlíček, E. Skořepová, B. Martin, J. Čejka: CrystalCMP: An easy-to-use tool for fast comparison of molecular packing, *J. Appl. Cryst.* (2016) **49**, 2172–2183.
- [15] D. I. Gorbunov, M. S. Henriques, A. V. Andreev, V. Eigner, A. Gukasov, X. Fabrèges, Y. Skourski, V. Petříček, J. Wosnitza: Magnetic anisotropy and reduced neodymium magnetic moments in Nd<sub>3</sub>Ru<sub>4</sub>Al<sub>12</sub>, *Phys. Rev. B* **93** (2016) 024407
- [16] D. I. Gorbunov, M. S. Henriques, A. V. Andreev, Y. Skourski, M. Richter, L. Havela, J. Wosnitza, First-order magnetization process as a tool of magnetic-anisotropy determination: Application to the uranium-based intermetallic U<sub>3</sub>Cu<sub>4</sub>Ge<sub>4</sub>, *Phys. Rev. B* **93** (2016) 064417
- [17] O. Šjpr, S. Mankovsky, S. Polesya, S. Bornemann, J. Minár and H. Ebert: Illustrative view on the magnetocrystalline anisotropy of adatoms and monolayers, *Phys. Rev. B* **93** (2016) 174409.
- [18] M. D. Welch, M. D., L. Bindi, V. Petříček, J. Plášil: Vacancy pairing and superstructure in the high-pressure silicate K<sub>1.5</sub>Mg<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>7</sub>H<sub>0.5</sub>: a new potential host for potassium in the deep Earth, *Acta Crystallographica* (2016) **B72**, 822–827.
- [19] J. Majzlan, L. Palatinus, J. Plášil: Crystal structure of Fe<sub>2</sub>(AsO<sub>4</sub>)(HAsO<sub>4</sub>)(OH)(H<sub>2</sub>O)<sub>3</sub>, a dehydration product of kaňkite, *European Journal of Mineralogy* (2016) **28**, 63–80.
- [20] P. Škácha, J. Sejkora, L. Palatinus, E. Makovicky, J. Plášil, I. Macek, V. Goliáš, V.: Hakite from Příbram, Czech Republic: compositional variability, crystal structure and the role in Se mineralization, *Mineralogical Magazine* (2016) **80**, 1115–1128.

- [21] Š. Huber, O. Jankovský, D. Sedmidubský, J. Luxa, K. Klímová, J. Hejtmánek, Z. Sofer, *Synthesis, structure, thermal, transport and magnetic properties of VN ceramics*, *Ceram. Int.* **42** (2016) 18779
- [22] P. Levinský, J.-B. Vaney, C. Candolfi, A. Dauscher, B. Lenoir, J. Hejtmánek *Electrical, Thermal, and Magnetic Characterization of Natural Tetrahedrites –Tennantites of Different Origin*, *J. Electron. Mater.* **45** (2016) 1351
- [23] P. Brázda, L. Palatinus, J. Drahokoupil, K. Knížek and J. Buršík, *Calcium-induced cation ordering and large resistivity decrease in  $Pr_{0.3}CoO_2$* , *J. Phys. Chem. Solids*, **96–97**, (2016) 10
- [24] H. Němec, K. Knížek, Z. Jiráček, J. Hejtmánek, M. Soroka, and J. Buršík, *Charge transport in thin layer  $Na_xCoO_2$  ( $x \sim 0.63$ ) studied by terahertz spectroscopy*, *J. Phys.-Condens. Mat.*, **28**, (2016), 355601
- [25] O Kaman, T Dědourková, J Koktan, J Kuličková, M Maryško, P Veverka, R Havelek, K Královec, K Turnovcová, P Jendelová, A Schröfel, and L Svoboda, *Silica-coated manganite and Mn-based ferrite nanoparticles: a comparative study focused on cytotoxicity*. *J. Nanopart. Res.*, **18** (2016). art. no. 100.
- [26] B Novotná, K Turnovcová, P Veverka, P Rossner, Y Bagryantseva, V Herynek, P Žvátora, M Vosmanská, M Klementová, E Syková, and P Jendelová, *The impact of silica encapsulated cobalt zinc ferrite nanoparticles on DNA, lipids and proteins of rat bone marrow mesenchymal stem cells*. *Nanotoxicology*, **10**, (2016) 662.
- [27] O Kaman, J Hejtmánek, Z Jiráček, K Knížek, M Maryško, P Novák, and S Vratislav, *Effects of  $Tb^{3+}$  dopants in the  $La_{1-x}Sr_xMnO_3$  bulk and nanoparticle ferromagnets*. *J. Phys.: Condens. Matter*, **28**, (2016), 206001.
- [28] K. Pajskr, P. Novák, V. Pokorný, J. Kolorenč, R. Arita, J. Kuneš, *On the possibility of excitonic magnetism in Ir double perovskites*, *Phys. Rev. B*, **93**, (2016), 035129
- [29] J. Kamarád, S. Fabbri, J. Kaštil, M. Míšek, R. Cabassi, F. Cugini, F. Albertini, Z. Arnold, *Strong magneto-volume effects and hysteresis reduction in the In-doped  $(NiCo)_2MnGa$  Heusler alloys*, *Journal of Alloys and Compounds*, **685**, (2016), 142
- [30] A. M. G. Carvalho, C. S. Mejía, C. A. Ponte, L. E. L. Silva, J. Kaštil, J. Kamarád, A. M. Gomes, *Adiabatic temperature change from non-adiabatic measurements*, *Applied Physics A*, **122**, (2016) 246
- [31] 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 Advances*, **7** (2017), (accepted)
- [32] P. Hapala, et al, *Mapping the electrostatic force field of single molecules from high-resolution scanning probe images*, *Nat. Commun.* **7** (2016) 11560(1)–11560(8).
- [33] G. Foti and H. Vázquez, *Mapping the intramolecular contributions to the inelastic electron tunneling signal of a molecular junction*, *Phys. Rev. B* **94** 045418 (2016).
- [34] G. Foti and H. Vázquez, *Interface Tuning of Current-Induced Cooling in Molecular Circuits*, *J. Phys. Chem. C* **121**, 1082 (2017)
- [35] Kůsová, K., Pelant, I., Humpolíčková, J., Hof, M. (2016). *Comprehensive description of blinking-dynamics regimes in single direct-band-gap silicon nanocrystals*, *Physical Review B*, **93**(3), 35412.
- [36] H. Zhan, D. J. Garrett, N. V. Apollo, K. Ganesan, D. Lau, S. Praver, and J. Červenka, *Direct fabrication of 3D graphene on nanoporous anodic alumina by plasma-enhanced chemical vapor deposition*, *Scientific Reports* **6**, 19822 (2016).
- [37] S. Stehlik, T. Glatzel, V. Pichot, R. Pawlak, E. Meyer, D. Spitzer, B. Rezek: *Water interaction with hydrogenated and oxidized detonation nanodiamonds — microscopic and spectroscopic analyses*, *Diam. Relat. Mater.* **63** (2016) 97–102.
- [38] M. Ledinský, B. Paviet-Salomon, A. Vetushka, J. Geissbühler, A. Tomasi, M. Despeisse, S. D. Wolf, C. Ballif, A. Fejfar, *Profilometry of thin films on rough substrates by Raman spectroscopy*, *Scientific Reports*. **6** (2016) 37859.
- [39] S. Liu, J. A. Mares, X. Feng, A. Vedda, M. Fasoli, Y. Shi, H. Kou, A. Beitlerová, L. Wu, C. D'Ambrosio, Y. Pan, M. Nikl, *Towards bright and fast  $Lu_3Al_5O_{12}:Ce, Mg$  optical ceramics scintillators*, *Adv. Opt. Mater.* **4** (2016) 731–739.
- [40] L. Havlak, V. Jary, J. Barta, M. Buryi, M. Rejman, V. Laguta, M. Nikl. *Tunable  $Eu^{2+}$  emission in  $K_xNa_{1-x}LuS_2$  phosphors for white LED application*, *Mater. Des.* **106** (2016) 363–370.
- [41] Národní patent č. 305254, 1. 7. 2015; Lubomír Havlák, Vítězslav Jarý, Martin Nikl, Jan Bárta, *Luminofory  $(Li_cNa_dK_eRb_fCs_g)(La_hGd_iLu_jY_k)_{1-a}Eu_aS_{2-b}$  pro pevnolátkové světelné zdroje*.
- [42] H. Burešová, L. Prochazková, R. M. Turtos, V. Jarý, E. Mihóková, A. Beitlerová, R. Pjatkan, S. Gundacker, E. Auffray, P. Lecoq, M. Nikl, V. Čuba. *Preparation and luminescence properties of  $ZnO:Ga$  - polystyrene composite scintillator*. *Opt. Express* **24** (2016) 15289–15298.
- [43] J. Pejchal, M. Buryi, V. Babin, P. Průša, A. Beitlerová, J. Bárta, L. Havlák, 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.
- [44] J. Šulc, R. Švejkar, H. Jelínková, K. Nejezchleb, K. Nitsch, A. Cihlář, R. Král, M. Ledinský, A. Fejfar, M. Rodová, P. Zemenová, M. Nikl, *Phosphate content influence on structural, spectroscopic, and lasing properties of Er,Yb-doped potassium-lanthanum phosphate glasses*. Opt. Eng. **55** (2016) 047102.
- [45] T. Ižák, V. Jirásek, G. Vanko, J. Dzuba, A. Kromka, *Temperature-dependent stress in diamond-coated AlGaIn/GaN Heterostructures*, Mater. Des. **106** (2016) 305–312.
- [46] O. Romanyuk, I. Bartoš, J. Brault, P. De Mierry, T. Paskova, P. Jiříček, *GaN quantum dot polarity determination by X-ray photoelectron diffraction*, Appl. Surf. Sci. **389** (2016) 1156–1160.
- [47] J. Valenta, [M. Greben, Z. Remeš, S. Gutsch, D. Hiller and M. Zacharias, *Determination of absorption cross-section of Si nanocrystals by two independent methods based on either absorption or luminescence*, Appl. Phys. Lett. **108** (2016) 023102 (5 pages).
- [48] Y. Tahri, Z. Kožíšek, E. Gagniere, E. Chabanon, T. Bounahmidi, D. Mangin, *Modeling the Competition between Polymorphic Phases: Highlights on the Effect of Ostwald Ripening*, Cryst. Growth Des. **16** (2016) 5689–5697.





# Sekce optiky v roce 2016

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 novém směru se podařilo dosáhnout velice zajímavých výsledků spojených s biofyzikou vysokogradientních magnetických polí a nízkoteplotním plazmatem.

Rok 2016 byl posledním pátým rokem udržitelnosti projektu SAFMAT financovaného z fondů OPPK ([www.fzu.cz/en/safmat](http://www.fzu.cz/en/safmat)). Jedná se o první projekt Fyzikálního ústavu ze strukturálních fondů, který úspěšně završil období udržitelnosti. Během tohoto období se na vědecké práci podílelo celkem 38 vědeckých pracovníků (s celkovým pracovním úvazkem 20) celkem 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). Byl prováděn materiálový výzkum široké škály materiálu zahrnující topologické izolátory, Heuslerovy slitiny, grafen a SiC, materiály pro luminofory a scintilátory, dopované feroelektrické materiály, nanodiamanty, slitiny s tvarovou pamětí a v neposlední řadě také liposomální komplexy a proteiny. Během doby udržitelnosti bylo publikováno celkem 66 prací v impaktovaných časopisech z toho celkem 21 v roce 2016.

## ■ Zpracování kvantové informace

V roce 2016 jsme se zaměřili na zkoumání kvantové provázanosti a různé způsoby, jak míru této provázanosti měřit. V článku [1] jsme experimentálně porovnávali různé tomografické metody dvoufotonového stavu s ohledem na jejich optimálnost (počet nutných měření) a na velikost chyby v určení stavu. V článcích [2] a [3] jsme teoreticky a experimentálně zkoumali tzv. časový entanglement, tj. korelaci stavu, který se s časem vyvíjí, se stavem počátečním. Zkonstruovali jsme též zdroj dvou párů entanglovaných fotonů. Tento zdroj posloužil k testování nových metod měření kvantové provázanosti, které využívají více kopií (v našem případě dvě) zkoumaného stavu. V článku [4] jsme experimentálně změřili kolektibilitu, což je nelineární svědek kvantové provázanosti, který poprvé zavedl Rudnicki a kol. [Phys. Rev. Lett. 107, 150502 (2011)]. V článku [5] jsme taktéž využili dvě kopie kvantově-provázaného fotonového páru k určení různých měř nelokálnosti a příznaků kvantové provázanosti. Dokázali jsme, že měření se dvěma kopiemi dvoufotonového stavu je efektivnější než jen s jedním párem fotonů. Dále jsme využili naše zkušenosti klonování kvantových stavů k ověření bezpečnosti finančních transakcí. Virtuální kvantové peníze zavedl S. Wiesner již před 40 lety, přesto nebylo testováno ani kódování, ani jejich bezpečnost. V článku [6] jsme prokázali, že krádež kvantových peněz je možná jen za specifických a málo pravděpodobných podmínek.

## ■ Kvantová a nelineární optika

V této oblasti jsme experimentálně studovali závislosti koherence intenzivních párových polí na parametrech čerpacího svazku a parametrech nelineárního krystalu [7]. Ověřili jsme a upřesnili naše dřívější výsledky, že s rostoucí intenzitou čerpání dochází k nárůstu koherence jak v signálovém a jalovém svazku, tak i mezi oběma



svazky. Následný pokles koherence generovaných párových polí pozorovaný při vysokých čerpacích intenzitách se objevuje v důsledku vyčerpávání čerpacího svazku a nárůstu počtu módů tvořících generované pole. Teorie k těmto procesům byla rozvinuta v pracích [8, 9]. Zejména práce [9] je zajímavá z pohledu koherenčních vlastností, protože předpovídá generaci částečně koherentních polí v důsledku vyčerpávání čerpacího svazku. Uvažovali jsme i složitější nelineární systém, ve kterém dochází k frekvenčním vzestupným konverzím signálového a jalového svazku. V tomto systému jsme analyzovali přenos kvantových korelací v procesu vzestupné frekvenční konverze [10].

Dalším studovaným tématem bylo využití intenzivních kvantově korelovaných fotonových svazků v nelineární spektroskopii založené na dvoufotonové absorpci. V zaslané publikaci [11] jsme ukázali, že tyto svazky vedou ke zlepšení diagnostiky elektronových energetických hladin u atomů až o několik řádů ve srovnání s použitím klasických fotonových polí. Představili jsme praktickou realizaci této metody v kombinaci se zjednodušenou identifikací skutečných energetických hladin. Dále jsme se věnovali interakci kvantového systému s rezervoárem v markovském a nemarkovském režimu a porovnávali jsme vhodné klasifikátory této interakce.

## ■ Vlnová optika

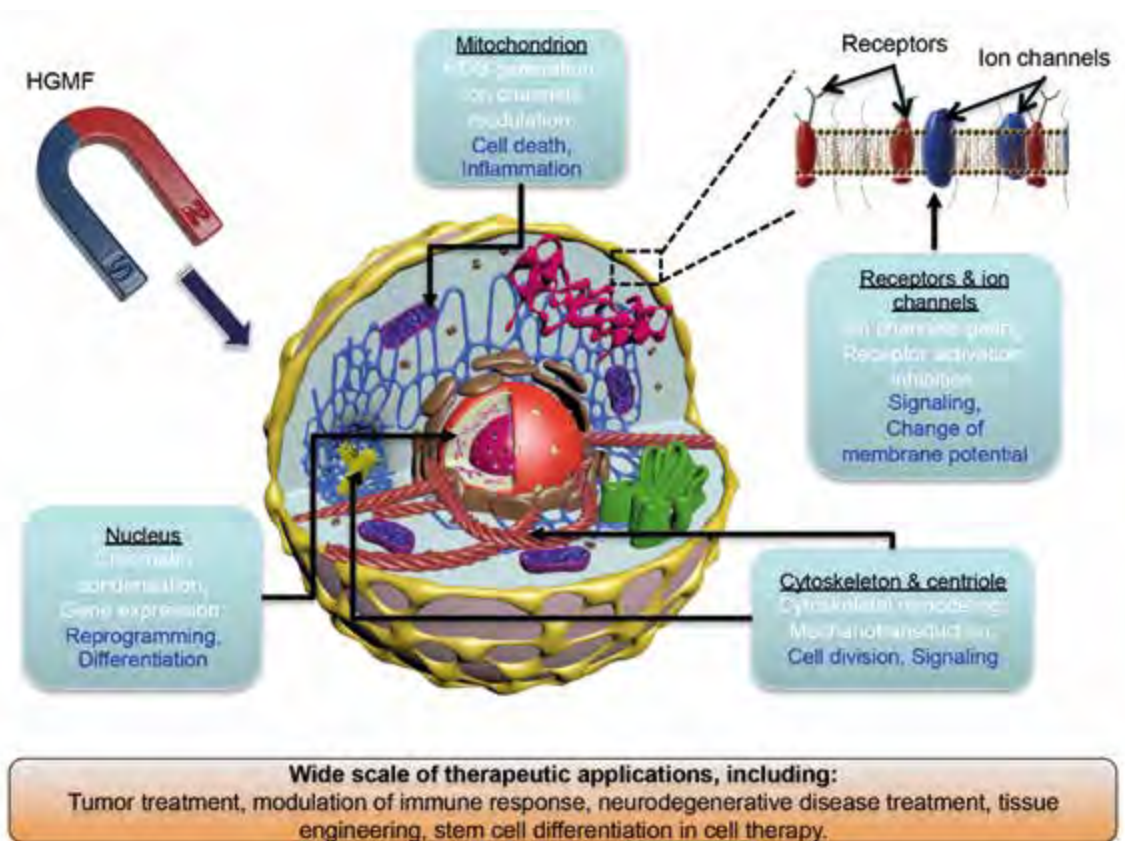
Byl vyvinut nový způsob pro stanovení střední velikosti zrna ve struktuře koherenční zrnitosti [12]. Významné zlepšení je však dosaženo z pohledu přesnosti stanovení střední velikosti zrna, ve kterém je nová metoda významně spolehlivější. Pro analýzu použití metody zaostření (shape from focus) byl vytvořen numerický model a k němu program [13], který umožňuje simulovat činnost senzoru na bázi této metody. Program umožňuje přiblížit se realitě, pracuje s parametry reálných komponent senzoru, jako jsou spektrum světelného zdroje, spektrální citlivost světlocitlivého elementu a parametry zobrazovacích prvků. Je tak studována přesnost a spolehlivost stanovení topografie povrchu předmětu. V oboru interferometrie v bílém světle byly prováděny experimenty s vysokou rychlostí měření. S použitím svítivé diody a vyhodnocováním pomocí Hilbertovy transformace bylo dosaženo skenovací rychlosti 112  $\mu\text{m/s}$  při standardní frekvenci snímání 25 snímků za sekundu (rychlost měření je 26krát vyšší než při standardním uspořádání). Provedení měřicího senzoru bylo patentováno [14].

## ■ Nízkoteplotní plazma v biomedicíně

Na výzkumu a vývoji nízkoteplotního plazmatu (NTP) v biomedicínských aplikacích spolupracuje Fyzikální ústav s Ústavem experimentální medicíny v rámci společné laboratoře. V roce 2016 bylo vyvinuto několik dalších systémů nízkoteplotního plazmatu. Dále jsme pokračovali ve studiu efektů a mechanismů účinku plazmatu na bakteriálních a buněčných kulturách. Vzhledem k tomu, že interakce nízkoteplotního plazmatu s živými buňkami a tkáněmi může dramaticky ovlivnit jejich funkčnost, je velice důležité znát molekulární mechanismy, které vedou k inaktivaci gram pozitivních a gram negativních bakterií po jejich interakci s působením nízkoteplotního plazmatu. Podářilo se nám prokázat, že v závislosti na délce expozice dochází u bakterií buď k přímé fyzikální destrukci, nebo k aktivaci programované buněčné smrti, která vykazuje charakteristické znaky apoptózy [15, 16]. Studie otevírá nové možnosti, jak lze kontrolovat interakci nízkoteplotního plazmatu s živými systémy. V příštích letech budeme pokračovat v již velice efektivně nastartovaném výzkumu směřujícím k pochopení mechanismu účinku nízkoteplotního plazmatu na buněčné a bakteriální kultury a živé tkáně. Vývoj zařízení pro veterinární medicínu je podporován projektem TAČR (TA04010449) ve spolupráci s firmami Foton, s.r.o., L.E.T. Optomechanika, s.r.o. a Sindat, s.r.o. V rámci tohoto projektu bylo vyvinuto zařízení (PlasmaVet), jehož testování probíhá v několika veterinárních ordinacích a klinikách s dobrými výsledky v oblasti hojení akutních i chronických ran a v léčbě chronických zánětů zvukovodu. V rámci tohoto projektu nám byl v roce 2016 udělen jeden národní patent [17] a uznaná metodika použití NTP ke sterilizaci ran [18].

## ■ Biofyzika vysokogradientních magnetických polí

Biofyzika magnetických nosičů, zejména v oblasti dodávky a přenosu léčiv a buněk, reprezentuje velmi slibné hraniční přiblížení k inovaci medicíně. Schopnost buněk přijmout objekty submikronových rozměrů, zvláště nanomagnetů, dává unikátní příležitost k řízení funkčních vlastností buněk pomocí aplikovaného magnetického pole a interakcí buněčných strukturálních elementů s mikro- a nanomagnetem. Mikro- a nanomagnetů jsou v lékařství stále více aplikovány. Navíc mikronové a submikronové magnety různých tvarů jsou rovněž



■ Obr. 1  
Oblasti použití vysokogradientních magnetických polí.

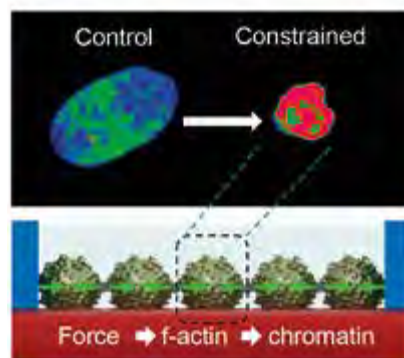
velmi slibnými nástroji v interakci na rozhraní částice/buňka a k řízení funkčnosti buněk, jako např. adheze, proliferace, diferenciaci, vzorkování buněk v buněčné terapii, magnetické hypertermie a v aplikacích pro tkáňové inženýrství. Mikromechanické vlastnosti biologických objektů, jejich interakce s nanomagnety a jejich odezva na magnetické pole a světelné záření jsou rozhodujícími faktory pro funkci buněk. I přes extenzivní studium různých přístupů je stále detailní pochopení problematiky nerealizované.

V rámci výzkumu v oblasti biomedicínských aplikací mikromagnetů se nám podařilo dosáhnout zajímavých výsledků, které jsou základem pro pochopení účinku expozice vysokogradientních magnetických polí na intracelulární procesy. Ukázali jsme, že vysoce gradientní magnetické pole může významně změnit membránový potenciál buněk a tím ovlivňovat nejen funkci živých buněk, ale také určit jejich osud. Například, vysokogradientní magnetické pole může změnit pravděpodobnost otevírání / zavírání iontových kanálů, způsobit migraci proteinů membránových receptorů nebo také inhibici dělení a růstu rakovinných buněk [19]. Na druhé straně, nestejně magnetické pole může vyvolat dělení a přeprogramování kmenových buněk. Porozumění mechanismu působení vysokogradientních polí a intracelulárních efektorů magnetického pole umožňuje selektivně měnit buněčné funkce, což otevírá široké

spektrum aplikací v buněčné terapii, neurobiologii a nanomedicině (obr. 1).

## ■ Řízené kolektivní chování buněk pomocí geometrie buněčného prostředí

Jako modelové náhrady orgánů a tkání jsou v biomedicíně výzkumu obecně využívány 2D buněčné kultivační techniky, které však zcela nevystihují trojrozměrnou (3D) organizaci buněk tak, jako je tomu ve skutečných tkáních a orgánech. Pokrok ve 3D kultivačních technikách umožňuje studium tkání na útvarech, které se nazývají „organoidy“. Nicméně mechanismus, kterým geometrie prostředí ovlivňuje orientaci, tvar, sy-



■ Obr. 2  
Působení geometrického omezení na buněčné jádro.

metrii a homogenitu buněk, stále není dostatečně objasněn. Prokázali jsme, že různé topografie kultivačního prostředí, které obklopuje buňky, mění jejich jadernou morfologii (obr. 2) a kolektivní buněčné chování [20,21]. Naše výsledky ukazují, že geometrické omezení vede k reorganizaci buněčného cytoskeletu, kondenzaci chromatinu a ke změně rychlosti buněčné proliferace. Tyto objevy poskytují důležité základní poznatky, které mohou sloužit jako základ pro optimalizaci a kontrolovaný růst tkání pro aplikace ve tkáňovém inženýrství a buněčné terapii.

## ■ Plazmatická příprava nanokompozitních vícevrstevých antivibračních povlaků

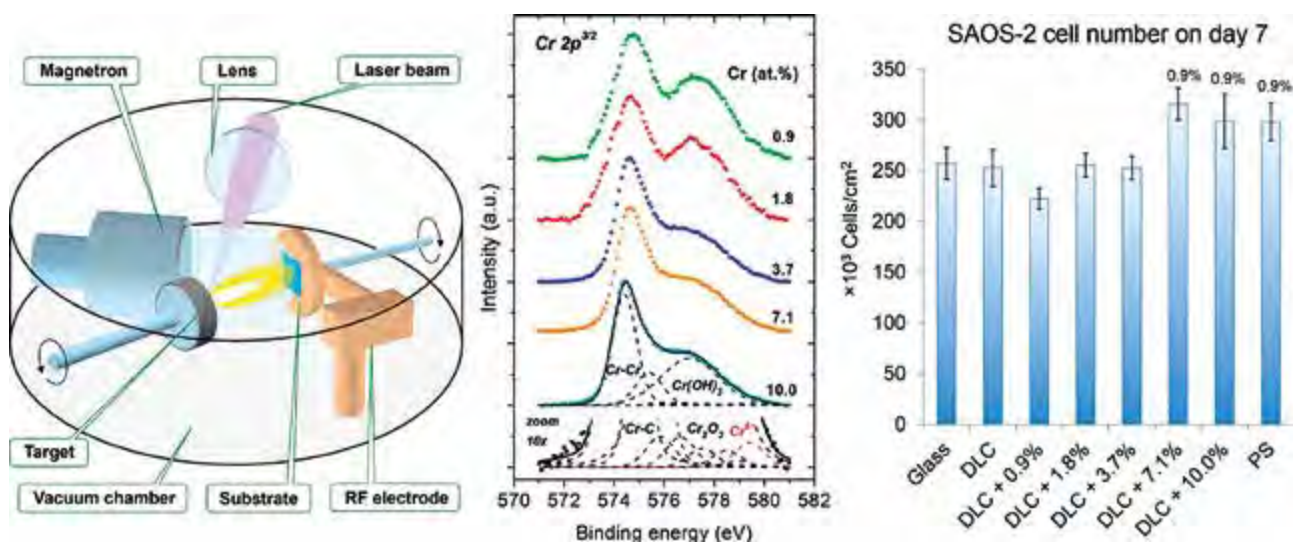
Pomocí pulzního reaktivního magnetronového napařování (r-HIPIMS) byly nanášeny povlaky nanokompozitních vrstev  $\text{CuCN}_x$  na frézovací nástroje a další mechanicky namáhané strojní komponenty. Jednalo se o antivibrační multivrstevé povlaky, které tlumí vibrace nástroje při procesu frézování nebo obrábění. Antivibrační povlaky jsou tvořeny soustavou kompozitních vrstev  $\text{CuCN}_x$  a kovových Cu mezivrstev, které zlepšovaly adhezi a kohezi povlaku a dále zlepšovaly tlumení mechanických vibrací. Tyto multivrstevé systémy byly nanášeny reaktivním pulzním HIPIMS magnetronem, kde byl použit měděný terč pro pulzní napařovací proces s použitím reaktivních plynů  $\text{C}_2\text{H}_2$  a  $\text{N}_2$  [22]. Takto byl vytvořen nanokompozit  $\text{Cu}_x\text{CNY}$  ve formě antivibrační vrstvy. Měděné mezivrstvy byly nanášeny mezi kompozitní vrstvy HIPIMS magnetronem s Cu terčem a HIPIMS výbojem v argonovém plynu.

## ■ Hybridní laserové technologie pro biomateriály

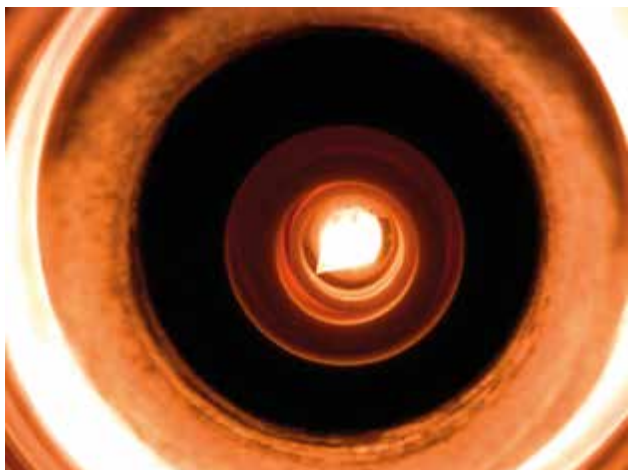
V této oblasti jsme pokračovali v roce 2016 výzkumem na grantu GAČR Hybridní laserové technologie pro dopované a nanokompozitní biomateriály ve spolupráci s Fyziologickým ústavem AV ČR. Vzniklo několik impaktovaných a recenzovaných publikací, z nichž nejvýznamnější je [23]. V rámci grantu je rozvíjena metoda pulzní laserové depozice (PLD) a jejich hybridních modifikací, v tomto konkrétním případě kombinace PLD s magnetronovým napařováním. Pomocí zmíněného hybridního depozičního systému (obr. 3) jsou připravovány nové kompozitní nanomateriály. Studovaným materiálem v roce 2016 byly filmy diamantu podobného uhlíku (DLC) dopované chromem. Cílem výzkumu je zlepšení mechanických vlastností DLC, hlavně přilnavosti vrstev k podkladovým materiálům implantátů. Zároveň jsou studovány biokompatibilní vlastnosti pro ověření využitelnosti připravovaných materiálů v medicíně. Komparativně pokračuje výzkum DLC dopované pomocí titanu, který přesahuje do následujícího roku.

## ■ Nové metody pro rychlou syntézu kvalitního epitaxního grafenu pomocí přímého mikrovlnného žíhání SiC substrátu

Mikrovlnný ohřev je známý pro svou mimořádnou účinnost a rychlost ve zpracovatelských a syntézních technologiích. V této práci byly syntetizovány kvalitní pláty epitaxního grafenu přímým mikrovlnným žíháním



■ Obr. 3 Hybridní depoziční systém.

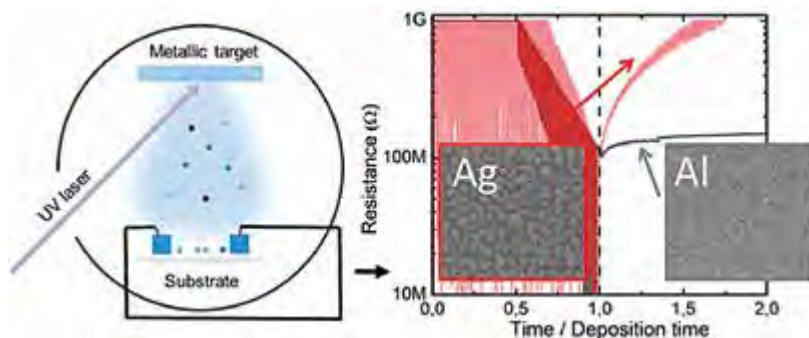


■ **Obr. 4** Pohled na vzorek (střep SiC) umístěný v mikrovlnném reaktoru během žhání. Teplota vzorku je přibližně 1600 °C. Vzorek leží na korundových tělesech v křemenné zkumavce zasunuté do mikrovlnné kavity.

4H-SiC(0001) ve vakuu za teploty 1700°C za značně krátkou dobu, méně než 1 minutu. Připravený grafen je složen ze 2 až 4 vrstev a pokrývá velkou část povrchu [24]. Tato mikrovlnná technologie svou podstatou obchází potřebu přenosu tepla do vzorku, protože vzorek sám o sobě je topeništěm, v důsledku čehož se minimalizuje kontaminace a tepelná zátěž reaktoru. V rámci projektu SAFMAT byl prováděn také výzkum struktury grafenu pomocí PEEM (fotoelektronový mikroskop) v takzvaném režimu temného pole („dark field“) pro příčné rozlišení různě natočených domén v rámci grafenových ostrůvků. Porušení symetrie např. na povrchu Cu (111) má za následek vznik silně anizotropních ostrůvků grafenu [25].

## ■ Příprava nanostrukturálních vrstev pro plazmoniku

V roce 2016 byly studovány možnosti přípravy nanostruktur a nanostrukturálních vrstev pro plazmoniku pomocí metody pulzní laserové depozice. Pozornost byla zaměřena na stříbro a hliník vzhledem k jejich různým mechanismům růstu na křemenné podložce. In-situ mě-

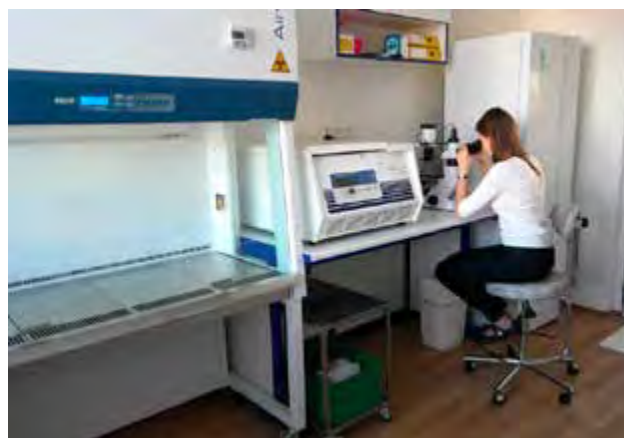


■ **Obr. 5** Měření in-situ rezistivity Ag/Al a příprava plazmonových struktur pro zesílení luminescence.

ření elektrických a optických vlastností umožnilo přesné ladění vlastností vrstev a pochopení možností ovlivňování režimu růstu vrstev [26,27]. Byly připraveny struktury vykazující plazmonové rezonance na vlnových délkách kratších než 500 nm. Získané výsledky byly dále využity pro přípravu fotonických struktur na bázi Y2O3:Eu3+ s vylepšenými luminescenčními vlastnostmi, které by mohly najít uplatnění jako konverzní vrstvy v solárních článcích pro zvýšení jejich účinnosti.

## ■ Nová biofyzikální laboratoř ve Fyzikálním ústavu AV ČR

7. prosince 2016 byla ve Fyzikálním ústavu AV ČR slavnostně otevřena biolaboratoř umožňující provádění široké škály biologických experimentů. Nově vybudovaná laboratoř buněčných kultivací doplňuje ve spojení s novou mikroskopickou laboratoří základní infrastrukturu in-



terdisciplinárního biofyzikálního pracoviště pro komplexní výzkum v oblasti fyziky, chemie, biologie a medicíny. Tento směr výzkumu je ve Fyzikálním ústavu AV ČR v posledních letech aktivně rozvíjen, o čemž svědčí i dosažení řady významných výsledků. Nová laboratoř umožní mnohem lepší propojení výzkumných skupin, které se biofyzikálním výzkumem zabývají, a tím posílí jejich postavení v mezinárodním měřítku.

Mezi základními úkony biolaboratoře bude především in-vitro výzkum v následujících směrech:

- Testování toxicity a biokompatibility materiálů.
- Pokročilý výzkum interakce nanočástic/mikročástic s živými buňkami včetně analýzy všech etap.
- Příprava buněčných kultur.
- Výzkum působení různých fyzikálních faktorů (magnetické pole, elektrické pole, záření apod.) na buněčné modely.
- Konfokální mikroskopie, absorpční a fluorescenční spektroskopie, elipsometrie a další optické metody.
- Příprava vzorků pro další experimenty (EPR, AFM, SEM, exprese genu apod.).

## ■ Související publikace:

- [1] K. Bartkiewicz, A. Černocho, K. Lemr, A. Miranowicz: Priority Choice Experimental Two-Qubit Tomography: Measuring One by One All Elements of Density Matrices, *Sci. Rep.* **6**, 19610 (2016).
- [2] K. Bartkiewicz, A. Černocho, K. Lemr, A. Miranowicz, F. Nori: Temporal steering and security of quantum key distribution with mutually unbiased bases against individual attacks, *Phys. Rev. A* **93**, 662345 (2016).
- [3] K. Bartkiewicz, A. Černocho, K. Lemr, A. Miranowicz, F. Nori: Experimental temporal quantum steering, *Sci. Rep.* **6**, 38076 (2016).
- [4] K. Lemr, K. Bartkiewicz, A. Černocho: Experimental measurement of collective nonlinear entanglement witness for two qubits, *Phys. Rev. A* **94**, 052334 (2016).
- [5] 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(R) (2016).
- [6] K. Bartkiewicz, A. Černocho, G. Chimczak, K. Lemr, A. Miranowicz, F. Nori: Experimental quantum forgery of quantum optical money, *NPJ Quantum Information* **3**, 7 (2017).
- [7] J. Peřina Jr., O. Haderka, A. Allevi, M. Bondani: Internal dynamics of intense twin beams and their coherence, *Sci. Rep.* **6**, 22320 (2016).
- [8] J. Peřina Jr.: Spatial, spectral and temporal coherence of ultra-intense twin beams, *Phys. Rev. A* **93**, 013852 (2016).
- [9] J. Peřina Jr.: Coherent light in intense spatio-spectral twin beams, *Phys. Rev. A* **93**, 063857 (2016).
- [10] I. I. Arkhipov, J. Peřina Jr., O. Haderka, A. Allevi, M. Bondani: Entanglement and nonclassicality in four-mode Gaussian states generated via parametric down-conversion and frequency up-conversion, *Sci. Rep.* **6**, 33802 (2016).
- [11] J. Svozilík, J. Peřina Jr., R. de J. León-Montiel: Practical Entangled-Photon Virtual-State Spectroscopy using Intense Twin Beams. Zasláno do *Sci. Rep.*
- [12] I. Hamarová, P. Horváth, P. Šmíd, M. Hrabovský: A new approach for determination of a mean speckle size in simulated speckle pattern. *Measurement* **88**, 271–277 (2016).
- [13] I. Hamarová, P. Šmíd, P. Horváth: Design of a model for shape from focus method. *Chinese Optics* **9**, 439 (2016).
- [14] P. Pavlíček: Zařzení pro bezkontaktní měření tvaru předmětu. Přihláška vynálezu č. PV 2015-348 ze dne 22. 5. 2015, patent udělen 30. 11. 2016.
- [15] O. Lunov, V. Zablotskii, O. Churpita, A. Jäger, L. Polívka, E. Syková, A. Dejneka, Š. Kubinová, The interplay between biological and physical scenarios of bacterial death induced by non-thermal plasma, *Biomaterials* **82** (2016) 71–83. IF 8.557
- [16] O. Lunov, V. Zablotskii, O. Churpita, A. Jäger, L. Polívka, E. Syková, N. Terebova, A. Kulikov, Š. Kubinová, A. Dejneka, Towards the understanding of non-thermal air plasma action: effects on bacteria and fibroblasts, *RSC Adv.* **6** (2016) 25286–25292.
- [17] Patent CZ, P 306217 „Zdroj nízkoteplotního plazmatu s možností kontaktní i bezkontaktní aplikace a způsob výroby sendvičové struktury pro tento zdroj“
- [18] A. Dejneka, Š. Kubinová, J. Moravec, D. Bezděk, Metodika použití nízkoteplotního plazmatu za účelem sterilizace ran, Osvědčení SVS/2016/155593-G
- [19] V. Zablotskii, T. Polyakova, O. Lunov, A. Dejneka, How a High-Gradient Magnetic Field Could Affect Cell Life, *Sci. Rep.* **6** (2016) 37407(1)–37407(12).
- [20] M. Lunova, V. Zablotskii, N. Dempsey, T. Devillers, M. Jirsa, E. Syková, Šárka Kubinová, O. Lunov, A. Dejneka, Modulation of collective cell behaviour by geometrical constraints, *Integr. Biol.* **8** (2016) 1099–1110. (cover page)
- [21] 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–S349.
- [22] Q. Fu, G. Lorite, Md. M. Rashid, R. Neuhaus, M. Čada, Z. Hubička, O. Pitkeanen, T. Selkealea, J. Uusitalo, C. Glanz, I. Kolaric, K. Kordas, C. Nicolescu, G. Toth, High dynamic stiffness mechanical structures with nanostructured composite coatings deposited by high power impulse magnetron sputtering, *Carbon* **98** (2016) 24e33.

- [23] Jelinek, M. Zemek, J. Vandrovcová, M. Bačáková, I. Kocourek, T. Remsa, j. Písařík, P.; Bonding and bio-properties of hybrid laser/magnetron Cr-enriched DLC layers. *Materials Science and Engineering: C*. 2016, vol. **58**: pp. 1217–1224
- [24] S. Cichoň, P. Macháček, L. Fekete, L. Lapčák, Direct microwave annealing of SiC substrate for rapid synthesis of quality epitaxial graphene, *Carbon* **98** (2016) 441–448.
- [25] M. Vondráček, D. Kalita, M. Kučera, L. Fekete, J. Kopeček, J. Lančok, J. Coraux, V. Bouchiat, J. Honolka; Nanofaceting as a stamp for periodic graphene charge carrier modulations; *Sci. Rep.* **6** (2016) 23663(1)–23663(7).
- [26] Abdellaoui, N., A. Pereira, M. Novotny, J. Bulir, P. Fitl, J. Lancok, B. Moine, and A. Pillonnet, *Appl Surf Sci.*, doi: 10.1016/j.apsusc.2016.11.234
- [27] Abdellaoui, N., A. Pereira, T. Kandri, E. Drouard, M. Novotny, B. Moine, and A. Pillonnet, *Journal of Materials Chemistry C*, 2016. **4**(39): p. 9212–9218.





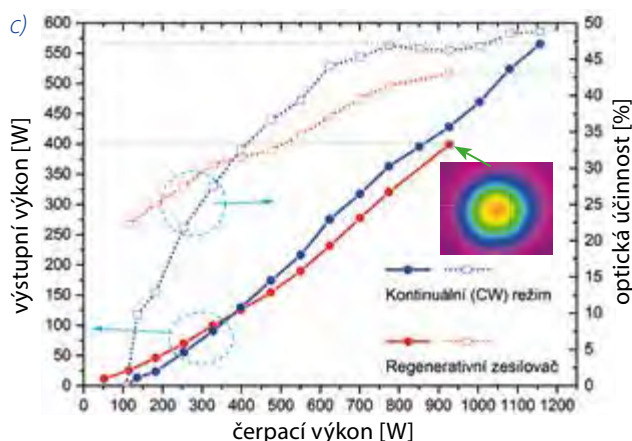
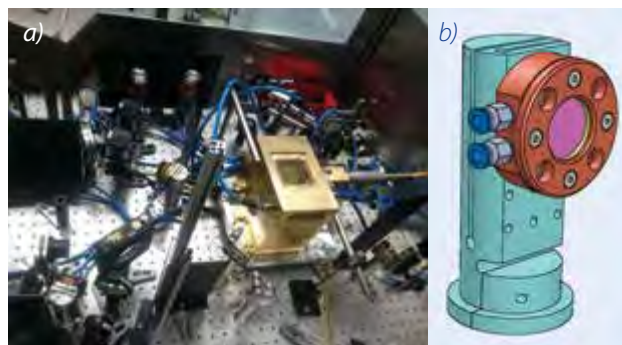
# Sekce výkonových systémů v roce 2016

Pátá Sekce reprezentuje Fyzikální ústav v intenzivně se rozvíjejícím oboru výkonové fotoniky, a tak přispívá spolu s devátou sekcí ELI Beamlines k budování silné mezinárodní pozice České republiky v oblasti laserů, jejich progresivních technologických aplikací a v neposlední řadě i k základnímu výzkumu interakce laserového záření s hmotou. I když od zprovoznění prvního výkonového laserového systému Perun ve Fyzikálním ústavu uplynulo více jak třicet let, k zásadnímu rozvoji došlo až poté, co badatelům bylo umožněno navázat spolupráci se špičkovými evropskými laboratořemi. Úspěšná účast na výzkumných projektech podporovaných Evropskou unií umožnila Sekci 5 vybudovat moderní Laserové centrum HiLASE v Dolních Břežanech, které posouvá Českou republiku na světovou úroveň v rozvoji progresivních laserových technologií. Kromě toho se naše Sekce spolupodílí na provozu laserového centra PALS, které je v gesci Ústavu fyziky plazmatu. Badatelé Sekce 5 jsou také členy mezinárodních týmů, které realizují originální experimenty ve světových laboratořích, např. Linac Coherent Light Source (USA), Free electron LASer in Hamburg (Německo), SPring-8 Angstrom Compact Free Electron Laser (Japonsko).

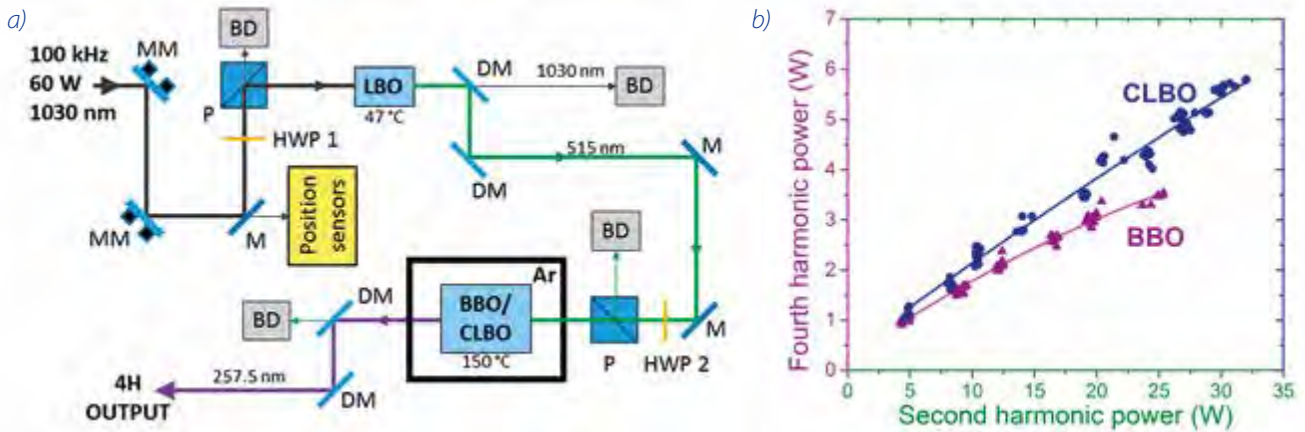
Činnost našich badatelů probíhá v řadě mezních vědních oborů, jakými jsou zejména laserová fyzika, fyzika plazmatu a ionizovaných prostředí, fyzika vysokých hustot energie a extrémních stavů hmoty, chemie vysokých energií, atomová, iontová a molekulární spektroskopie, laboratorní astrofyzika, planetologie, astrobiologie, biofyzika, nanotechnologie, nanofotonika a plasmionika. Nové laserové systémy vyvíjené na pracovišti HiLASE pak umožňují poskytovat široký rozsah služeb v oblasti smluvního výzkumu a vývoje s vysokou přídanou hodnotou, např. měření prahu poškození optických materiálů způsobeného laserem, zpevňování povrchu materiálů rázovou vlnou, prototypování kompaktních laserových zdrojů pro EUV litografii, vývoj a optimalizace technologií přesného řezání, vrtání a zpracování speciálních materiálů, atd.

## ■ Vývoj vysokorepetičních pikosekundových laserů

Vývoj v oblasti vysokorepetičních pikosekundových laserů směřoval v roce 2016 k dalšímu zvýšení dlouhodobé stability výstupu Yb:YAG tenkodiskových systémů PERLA s vlnovou délkou 1030 nm, ke konverzi výstupního svazku do 2. až 5. harmonické frekvence a základním experimentům týkajícím se chování tenkých aktivních prostředí za kryogenních teplot.



■ Obr. 1 (a) Aktuální fotografie laserové platformy PERLA C-500 po instalaci (b) vlastní chlazené optomechaniky. (c) Po instalaci chlazení a zvýšení mechanické stability bylo dlouhodobě dosaženo pulsů s časovou délkou < 2 ps a středním výkonem až 450 W s opakovací frekvencí 50 a 100 kHz.



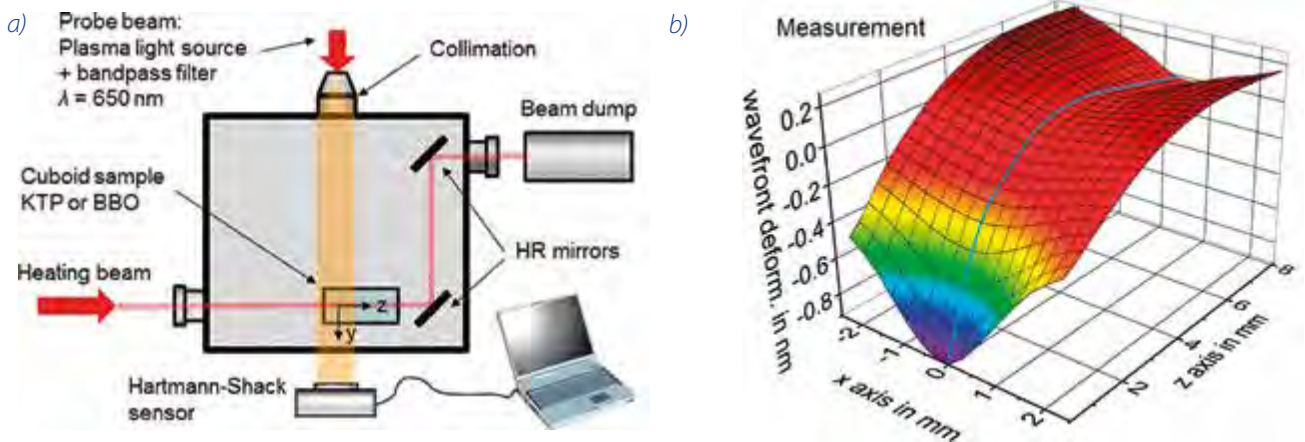
■ Obr. 2 (a) Optické schéma systému pro konverzi základní vlnové délky 1030 nm do druhé a čtvrté harmonické frekvence; (b) střední výstupní výkon pikosekundových pulsů s vlnovou délkou 257,5 nm (DUV) v závislosti na středním výkonu druhé harmonické frekvence; M – zrcadla, BD – pohlcovač svazku, DM – dichroické zrcadlo, HWP – půlvlnová destička, P – polarizátor.

Vysokorepeticivní systém založený na platformě PERLA C – 500 W byl významně inovován a standardní komponenty byly nahrazeny stabilnější a vodou chlazenou mechanikou navrženou na míru danému systému. Příkladem stabilní vodou chlazené mechaniky je držák zrcadla na obr. 1. Systém PERLA C byl po instalaci nové mechaniky provozován stabilně v pulsním režimu s opakovací frekvencí 50 a 100 kHz až do středního výstupního výkonu 450 W, kdy parametr kvality laserového svazku  $M^2$  dosahoval hodnoty 1,8, velmi dobré pro laser s vysokým středním výkonem (obr. 1) [1]. Systém byl dále doplněn o počítačem řízený zrcadlový skener a průběžně slouží pro uživatelské experimenty.

Výstup prvního zesilovacího stupně laseru PERLA C – 100 W byl doplněn o konvertor vlnové délky do harmonických frekvencí, v první fázi druhé a čtvrté. Konverze byla navržena jako dvoustupňová s prvotní konverzí do druhé harmonické frekvence (515 nm) v nelineárním krystalu LBO a následnou konverzí do čtvrté harmonické

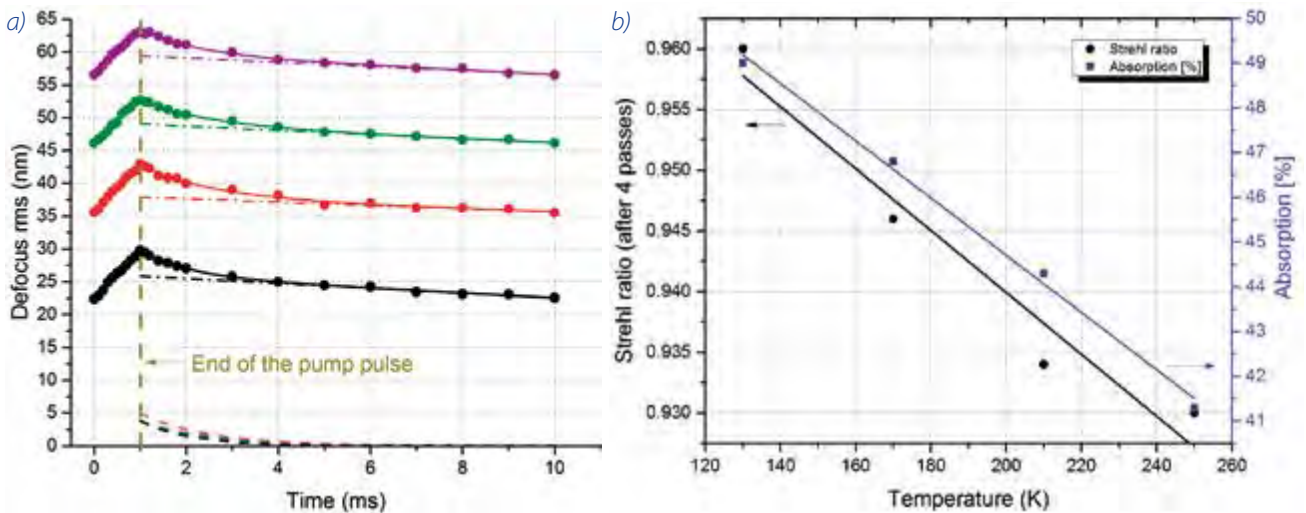
frekvence (257,5 nm) v BBO a CLBO (obr. 2). Účinnost konverze do druhé harmonické frekvence dosahovala téměř 60 %, což je hodnota blízká se maximálním publikovaným hodnotám. Zajímavější je však konverze do UV oblasti. Provedli jsme srovnání účinnosti konverze v krystalech BBO a CLBO. Ačkoli krystaly CLBO vykazují hygroskopičnost znesnadňující práci s krystaly a snižující životnost, umožnily díky vyššímu nelineárnímu koeficientu vygenerovat pikosekundové pulsy časové délky 2 ps v DUV oblasti se středním výkonem přesahujícím 6 W (obr. 2). V oblasti pikosekund se tak jedná o unikátní výsledek [2]. Při použití BBO krystalu docházelo k zahřívání krystalu vlivem vyšší dvoufotonové absorpce, což vedlo k fázovému rozladění a saturaci frekvenční konverze. Na zvýšení účinnosti i výkonu pulsů v DUV oblasti se dále pracuje. Rovněž problém s hygroskopičností se řeší konstrukcí boxu pro frekvenční konverzi vyplněného argonem.

Protože v budoucnu plánujeme výrazné zvýšení středního výkonu dosaženého ve druhé až páté harmo-



■ Obr. 3 (a) Optické schéma měření deformace optických krystalů zahříváných optickým svazkem pomocí měření vlnoplochy příčného referenčního svazku; (b) změřená deformace vlnoplochy referenčního svazku v krystalu KTP – k největší deformaci dochází v oblasti AR vrstvy (fialově).



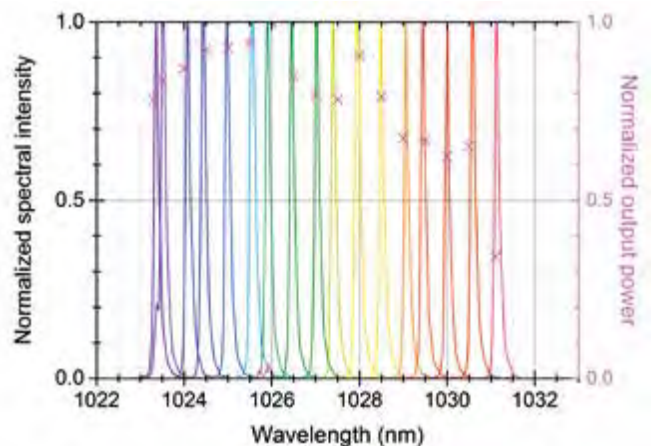


■ Obr. 4 (a) Klesající optická aberace (defokus) s klesající teplotou aktivního prostředí při buzení aktivního prostředí 1 ms dlouhým pulsem s vlnovou délkou 940 nm (černě 130 K, fialově 250 K). Čárkovaně vyznačen vliv změny indexu lomu díky excitaci elektronů. (b) Klesající vliv optických aberací na kvalitu laserového svazku po zesílení v multiprůchodovém kryogenně chlazeném zesilovači.

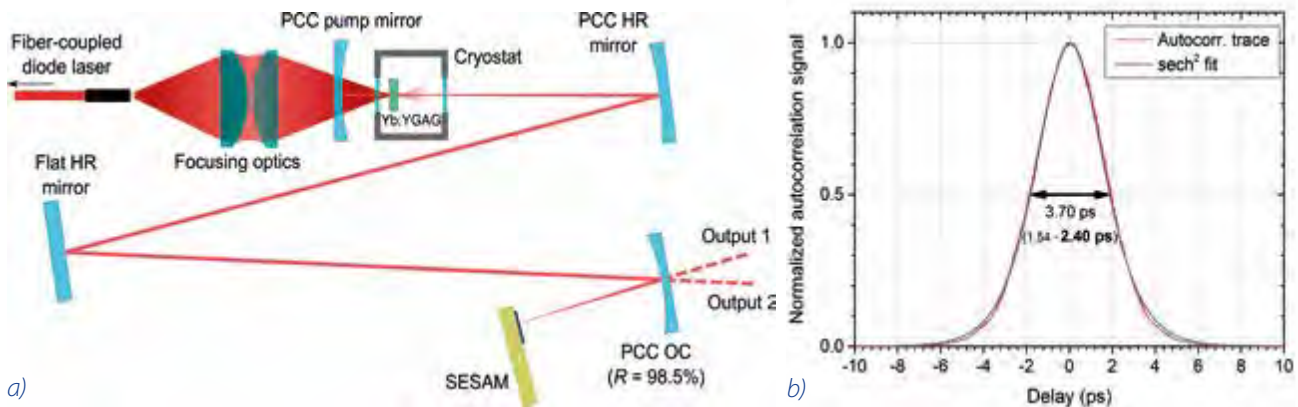
nické frekvenci na desítky až stovky wattů, je potřeba zabývat se i vlivem velmi malé absorpce záření v nelineárních konverzních krystalech. Následné zahřívání krystalů totiž může finálně vést ke snižování účinnosti frekvenční konverze, deformaci optických svazků i destrukci krystalu. Ve spolupráci s Laser Laboratorium Göttingen (Německo) byla proto vyvinuta technika měření deformace laserového svazku v nelineárních krystalech (obr. 3) [3]. Měření, které může probíhat in-situ, vyžaduje referenční rovinnou nebo kvazirovinnou vlnu z referenčního zdroje záření. Tímto svazkem se prosvěcují zkoumané části krystalu v příčném směru k vlastnímu svazku způsobujícímu zahřívání krystalu. Po průchodu referenčního svazku krystalem se pak měří změna jeho vlnoplochy. Ze zjištění deformace vlnoplochy referenčního svazku lze stanovit tepelně namáhaná místa v nelineárním krystalu. Ověřovací experiment odhalil, že k výraznější absorpci dochází především v oblasti čel krystalů a zejména v dielektrické antireflexní vrstvě na povrchu krystalu, jak je patrné z obr. 3, kde v místě průchodu budícího svazku dielektrickou vrstvou dochází k deformaci 0,9 nm. Experiment byl prováděn na krystalech BBO a KTP s budícím svazkem v blízké infračervené spektrální oblasti (1070 nm).

Provoz laserů za pokojové teploty s vodním chlazením je sice výhodný z hlediska nároků na vybavení a ekonomičnost provozu, ovšem extrakce velmi krátkých pulsů s vysokou energií (> 1 J) a vysokou opakovací frekvencí z Yb:YAG aktivního prostředí je problematická. Za běžných podmínek dochází k tepelně indukované deformaci aktivního prostředí a rovněž zisk a energie uložená v kvazi-tříhladinovém Yb:YAG prostředí během provozu klesají.

S touto vizí je proto v plánu přejít s některými typy vysokorepetičních diskových laserů na kryogenní chlazení. V rámci přípravy jsme prováděli v roce 2016 předběžné experimenty prokazující chování tenkých Yb:YAG desek po vložení do kryogenního chladiče. Tenká Yb:YAG deska byla postupně ochlazována až na teplotu 100 K. Aktivní prostředí bylo pulsně buzeno na vlnové délce 940 nm a pomocí senzoru vlnoplochy, který detekoval změnu vlnoplochy referenčního laseru, jsme zkoumali časový průběh tepelně indukovaných deformací materiálu [4]. Vlnoplocha referenčního svazku po průchodu laserovým prostředím byla rozložena do Zernikeových polynomů. Z hlediska stability rezonátoru laseru je nejdůležitější nejnižší stupeň aberací, tzv. defokus, který odpovídá Zernikeovu polynomu 4. řádu. Obr. 4 znázorňuje časový vývoj defokusu pro různé teploty. S klesající teplotou má



■ Obr. 5 Přeladitelnost kryogenně chlazeného Yb:YAG aktivního prostředí měřená pomocí dvojlovných filtrů v CW režimu.



**Obr. 6** (a) Optické schéma kryogenně chlazeného Yb:YAG laserového oscilátoru se synchronizací módů pomocí polovodičového saturovatelného absorbéru; (b) intenzitní autokorelace vygenerovaných pulsů odpovídá 2,4 ps dlouhým  $\text{sech}^2$  pulsům.

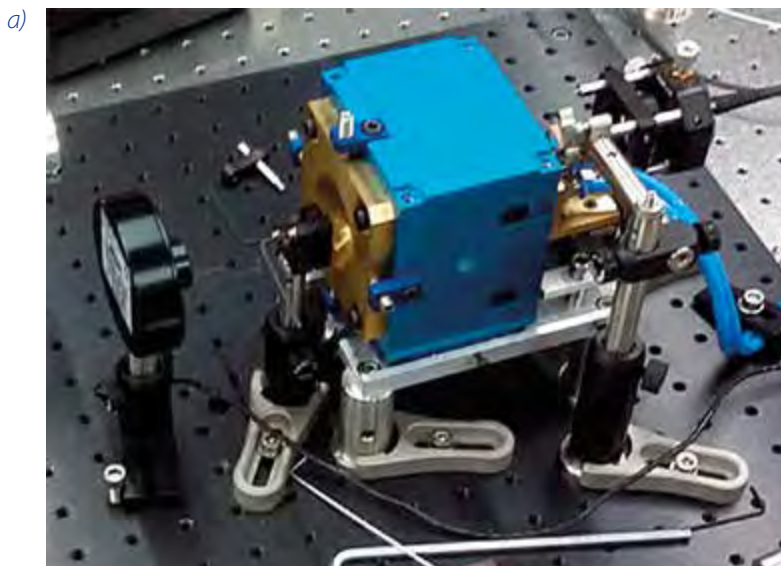
aberrace klesající charakter (obr. 4, černě 130 K, fialově 250 K). V grafu je separován vliv ohřívání materiálu a vliv excitace elektronů vlivem buzení. Dále jsme zpracovali [4] podrobnou analýzu i pro vyšší řády aberrací a jejich vliv na kvalitu laserového svazku za multiprůchodovým zesilovačem (obr. 4).

Problémem kryogenně chlazených systémů je zužování spektrální šířky emisního účinného průřezu a generování ultrakrátkých optických pulsů. Částečným řešením by mohlo být použití jiných aktivních prostředí se širším pásmem zisku, ale přitom zachovávajících excelentní mechanické vlastnosti YAG matrice. V roce 2016 jsme provedli experimenty s Yb:YAG keramikou, která je po mechanické stránce velmi blízká YAG materiálu, ale zároveň umožňuje generovat i při teplotě 100 K femtosekundové pulsy. To bylo ověřeno dřívějším měřením šířky pásma zisku (obr. 5) [5].

S využitím Yb:YAG krystalu byl sestaven kryogenně chlazený oscilátor se synchronizací módů pomocí polo-

vodičového saturovatelného absorbéru (SESAM). Experiment zaměřený na zkrácení délky pulsu z kryogenně chlazeného Yb:YAG oscilátoru vedl ke generování laserových pulsů s časovou délkou 2,4 ps (obr. 6), což je čtyřikrát méně než délka pulsu dosud dosažená z kryogenně chlazeného Yb:YAG oscilátoru. Střední výstupní výkon v základním prostorovém módu dosahoval 700 mW [5].

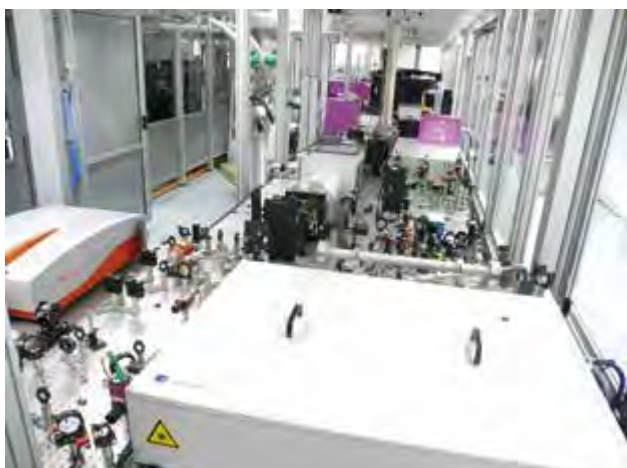
Důležitým úkolem konstruktérů Centra HiLASE je vývoj a konstrukce vlastních optických součástek, které vzhledem k požadovaným parametrům nejsou běžně dostupné na trhu. Kromě speciálních držáků zrcadel (obr. 1) pokračuje vývoj malých laserových hlavic pro tenkodiskové lasery [6] a vlastní lepení tenkých disků na chladicí podložky metodou difuzního kontaktu ADB (obr. 7). Hlavice byla využita pro první prototypování laserů ve střední infračervené oblasti. Jedná se o velmi perspektivní systémy, a proto počítáme s dalším vývojem vlastních komponent a zejména laserových hlavic pro tuto oblast i v budoucím roce.



**Obr. 7** (a) Vývoj kompaktní laserové hlavičky pro tenkodiskový systém s budícím výkonem < 50 W; (b) prototyp Yb:YAG tenkého disku vyrobeného technikou difuzního bondingu (ADB).

## ■ Vývoj kryogenních laserů a technologií

Laserový systém Bivoj dosáhl ve třídě pulsních laserů s vysokou energií jako vůbec první na světě magické hranice 1 kW středního výkonu. Jde o 100J kryogenní laser vyvinutý v roce 2015 v RAL STFC (Rutherford Appleton Laboratory, Science & Technology Facilities Council) ve Velké Británii v úzké spolupráci s týmem HiLASE [7]. Laser byl koncem roku 2015 převezen do České republiky a v roce 2016 úspěšně zprovozněn vědci z HiLASE v Dolních Břežanech (obr. 8). Ve spolupráci s britskými kolegy bylo po dobu více než jedné hodiny dosaženo plného výkonu 1 kW při výstupní energii 105 J a opakovací frekvenci 10 Hz (obr. 9). Díky technologii diodového buzení bylo dosaženo vynikající kvality laserového svazku a ener-

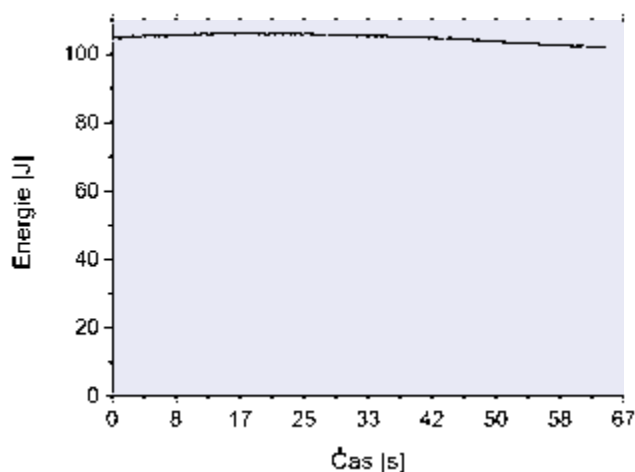


■ Obr. 8 Fotografie 100J laseru Bivoj v Dolních Břežanech.

getické účinnosti až 22%. První uživatelské experimenty jsou v plánu v roce 2017.

Některé aplikace musí mít na výstupu z laseru optický izolátor, který laser chrání před světlem vracejícím se z experimentu. Izolátor pro střední výkon 1 kW však zatím neexistuje, a proto pokračujeme ve spolupráci s centrem NIFS (National Institute for Fusion Science) v Japonsku v systematickém testování magneto-aktivních materiálů jako např. měření Verdetovy konstanty v širokém rozsahu teplot a vlnových délek pro různé TGG krystaly a keramiky (obr. 10) [8].

Vedle vývoje optického izolátoru pokračuje i vývoj systému pro přesnější korekci vad laserových systému pomocí světlem ovládaného deformovatelného zrcadla [9]. Současná technologie bimorfních zrcadel umožňuje použití desítek aktivních „pixelů“ v předem dané geometrii. Ta je dána tvarem svazku a typem kompenzovaných vad. Naproti tomu světlem ovládané zrcadlo má v podstatě neomezené rozlišení a měnitelnou geometrii aktivních pixelů.



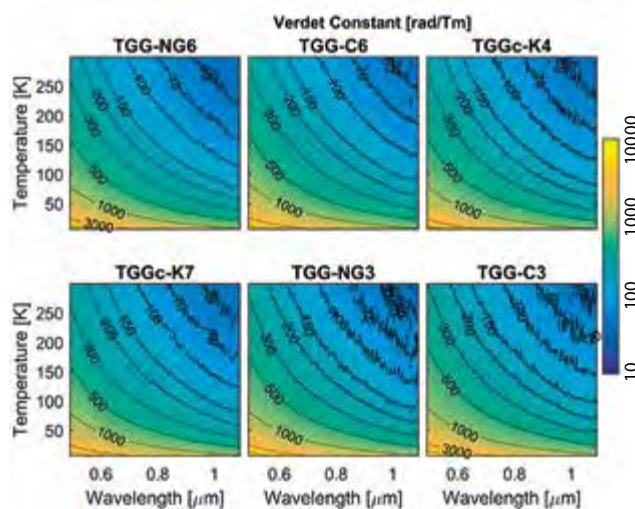
■ Obr. 9 Časová závislost výstupní energie laseru.

Využitím buzení na vlnové délce 969 nm pro Yb:YAG lasery lze dosáhnout mnohem lepších výstupních parametrů (např. účinnost, kvalita svazku a další). Vědci z HiLASE otestovali toto buzení i za kryogenních teplot, které dále zlepšují výstupní parametry Yb:YAG laseru [10].

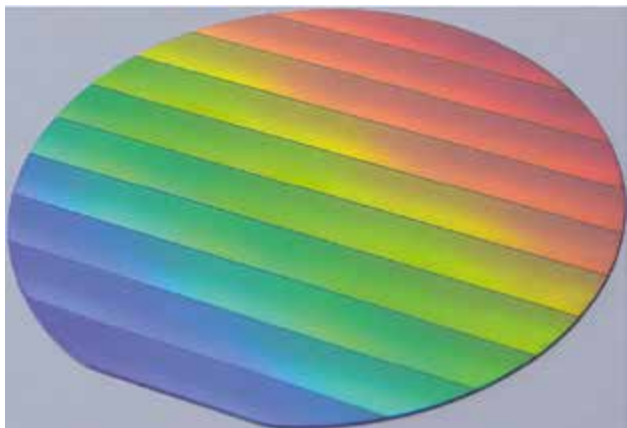
Ve spolupráci s týmem na univerzitě v Taragoně ve Španělsku byly otestovány další typy Yb dopovaných krystalů v konfiguraci pro kompaktní mikročipový laser [11].

## ■ Laserová interakce s materiály a povrchy

Laser je zdrojem zvláštního druhu světla, které se v přírodě nikde nevyskytuje. Laser se postupem času stal nepostradatelným nástrojem nejen vědy a výzkumu, ale především řady odvětví průmyslu. Část výzkumu centra



■ Obr. 10 Grafické znázornění Verdetovy konstanty vybraných TGG materiálů pro různé teploty a vlnové délky.



■ **Obr. 11** *Křemíkový wafer pokrytý mikrostrukturami LIPSS (78 cm<sup>2</sup>, doba strukturování 12 minut). Duhová barva dokazuje vysoce pravidelnou strukturu.*

HiLASE je proto zaměřena i na základní výzkum laserových jevů, které mohou následně vést k technologickým inovacím. Jednou z oblastí našeho zájmu je základní studium interakce ultrarychlých laserů s materiály. Díky krátkým laserovým pulzům je možné v materiálech generovat komplex různých povrchových morfologií, metastabilních fází a mikrostruktur, které nemohou být vytvořeny jinými způsoby [12].

Konkrétně jsme se věnovali laserové ablací dielektrik ultrakrátkými laserovými pulzy. Byla studována spojitost mezi prahem a mechanismem poškození transparentních materiálů účinkem bílého světla femtosekundového laseru. Výsledky našich experimentů ukazují, že existuje několik mechanismů ablace, které mohou být odděleny v čase. Abychom získali větší přehled o procesech vyvolaných laserovým zářením, byly provedeny i rozsáhlé numerické simulace [13].

Pozornost byla věnována i vlastnostem povrchových plasmonových polaritonů: životnost, podmínky excitace atd. Možnost excitovat povrchové polaritony na rozhraní dvou médií závisí na optických vlastnostech obou materiálů a geometrických vlivech. Pomocí počítačových kalkulací byly identifikovány analytické podmínky, které by neměly být opomíjeny při matematickém popisu povrchových plasmonových polaritonů. Tyto výpočty byly aplikovány na kombinaci různých materiálů, což vedlo k predikci vlastností povrchových plasmonových polaritonů [14].

K propojení teoretického výzkumu s experimentálním dochází také v oblasti vytváření mikrostruktur na povrchu materiálů (LIPSS, Laser Induced Periodic Surface Structures). Ve spolupráci se zahraničními kolegy z Itálie a USA bylo studováno vytváření těchto mikrostruktur na povrchu křemíku pomocí infračerveného femtosekundového laseru se sub-MHz opakovací frekvencí.

Křemík je nejvyužívanějším materiálem v různorodých oblastech výzkumu a technologií a různé aplikace vyžadují povrchové strukturování s minimem povrchových defektů. Použitím výše zmiňovaného laseru bylo dosaženo pokrytí povrchu (1 cm<sup>2</sup>) požadovanými mikrostrukturami za méně než 1 minutu, což dělá tuto techniku vhodnou pro průmyslové využití. Mikrostruktury vytvořené na povrchu křemíkového substrátu jsou zobrazeny na obr. 11 [15].

Další zajímavou kapitolou je studium vlivu délky laserového pulsu na mechanismus laserového psaní (metoda laserové depozice). Hlavní využití těchto technologií spočívá v možnosti strukturovat materiál horizontálně a tak vytvářet složité plošné motivy s vysokým rozlišením bez potřeby komplikovaných litografických postupů. Byly využity dva typy laserů k porovnání formování struktury na tenkém titanovém filmu deponovaném na skle, a to femtosekundový Ti:Safírový laser (120 fs, 800 nm) a Nd:YAG (7 ns, 532 nm). Rozdíly v účincích obou laserů pak byly porovnány pomocí optického mikroskopu a metody AFM. Bylo zjištěno, že dochází k různým mechanismům formování struktur [16].

## ■ Studium extrémních stavů hmoty

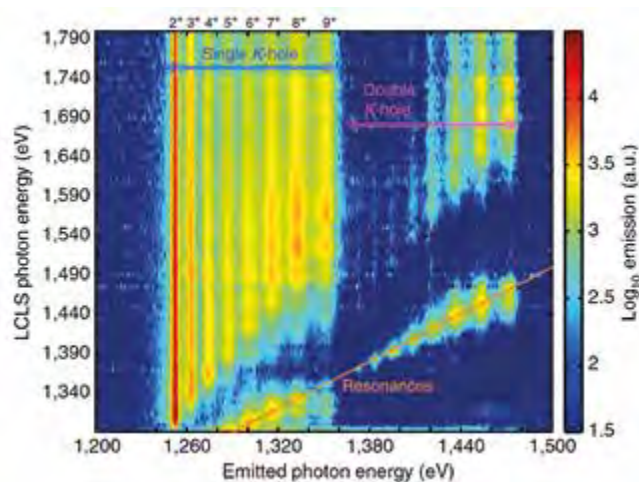
Popis řídkého a slabě vázaného, tzv. kolizního plazmatu lze označit za poměrně dobře zvládnutou disciplínu jak po stránce experimentální, tak z hlediska teoretického. V mnoha případech lze na slabě vázané plazma nahlížet jako plyn, který lze popsat stavovou rovnicí, avšak ve většině případů je nutné započítat vzájemné silové působení iontů. Osamocený ion daného nábojového stavu má definovaný ionizační potenciál, což je energie nutná k odtřžení elektronu ze základního stavu do ionizačního kontinua, čímž vznikne ion s nábojovým stavem o jednotku vyšší. Pokud takovýto ion vložíme do plazmatu, jeho ionizační potenciál poklesne vlivem silového působení okolních iontů a elektronů. Tomuto jevu říkáme snížení ionizačního potenciálu (IPD – ionization potential depression) a zatím nejrozsáhlejší pokusy o jeho kvantitativní popis najdeme ve dvou původních pracích [17, 18], po jejichž autorech nesou příslušné modely svůj název EK (Ecker-Kröll) a SP (Stewart-Pyatt). Potíže s těmito modely ovšem nastanou, přejdeme-li od slabě vázaného plazmatu k silně vázanému, v němž jsou potenciální a kinetické energie částic souměřitelné.

Husté a nepřilíš horké plazma je předmětem velkého zájmu na poli astrofyziky velkých těles a fyziky inerciální fúze. Do nedávné doby je nebylo možno spolehlivě stu-

dovat, jelikož standardní techniky vytváření plazmatu, ať už výbojem či optickým laserem, vedou k velkým gradientům hustoty a nejednoznačným v jejím stanovení. Průlom přišel až s rentgenovými lasery na volných elektronech (FEL – free-electron laser), které poskytují ultrakrátké (80 fs) a velmi intenzivní impulzy ( $> 10^{17}$  W/cm<sup>2</sup>) několika kiloelektronvoltového záření. Impulzy FEL jsou natolik krátké, že ozářená látka během této doby nestihne expandovat a její hustota zůstává neměnná, rovnajíc se hustotě pevné fáze (izochorický ohřev). Spektroskopickým studiem charakteristické K<sub>α</sub> emise (K-L přechod) takto zahřáté látky tak můžeme studovat právě tento raný, velmi hustý, avšak relativně chladný (na poměry fyziky vysokoparametrového plazmatu, ve standardní laboratorní praxi jsou samozřejmě teploty nabývající hodnot desítek tisíc stupňů extrémně vysoké) stav hmoty známý jako prohřátá hustá látka (WDM – warm dense matter). Zároveň můžeme ověřit platnost EK a SP modelu v režimu silně vázaného plazmatu. To vše nám umožňuje fyzikální fakt, že doba života děr v K-slupce je velmi krátká a Ka emise je omezena na dobu trvání impulsu, tedy na dobu izochorického ohřevu.

Vlastní experiment jsme provedli na zařízení LCLS (Linac Coherent Light Source) v USA, na kterém jsme fokusovaným svazkem ozařovali šest různých tenkých fólií: Mg, Al, Si, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub> a KAl<sub>3</sub>Si<sub>3</sub>O<sub>12</sub>H<sub>2</sub>. Zároveň jsme pro účely přesné charakterizace prostorového rozložení intenzity fokusovaného svazku ozařovali tenkou vrstvu PbI<sub>2</sub> nanosenou na diamantovém substrátu. Tato znalost je pro daný typ experimentu nesmírně důležitá, jelikož předmětem spektroskopického studia jsou nelineární jevy silně závislé právě na profilu intenzity svazku. Měření profilu fokusovaného svazku a jeho vyhodnocení bylo zcela v kompetenci skupiny z FZÚ AV ČR, která se těchto experimentů pravidelně účastní.

Na obr. 12 je znázorněno spektrum charakteristické Ka emise hořčíku (vodorovná osa udává energii fotonů z Ka přechodu) v závislosti na energii dopadajících FEL fotonů (svislá osa). Jednotlivé čáry odpovídají jednotlivým nábojovým stavům hořčíku. Postupnou změnou energie FEL fotonů v konstantních krocích se podařilo najít polohy hran jak pro K-slupku s jednou dírou, tak i pro zcela prázdnou K-slupku (dvě díry). To bylo možné pouze díky enormní intenzitě dopadajícího svazku. Stejně jako energie Ka fotonů rostou s nábojovým stavem iontu i polohy absorpčních hran. Tento jev je dán rostoucí přitažlivostí jádra, které je čím dál méně stíněno vázanými elektrony. Změřené polohy absorpčních hran lze přímo porovnat s ionizačními potenciály izolovaných iontů hořčíku a vypočtené rozdíly lze snadno konfrontovat s předpověďmi modelů EK a SP. Zajímavostí je, že



■ Obr. 12 Emisní spektrum izochoricky ohřátého hořčíku zobrazující polohy Ka hran. Vodorovná osa udává energii emitovaných Ka fotonů a svislá osa je energie FEL fotonů.

hodnoty IPD se pro různé materiály téměř vůbec neliší, přestože hustoty těchto materiálů jsou velice odlišné. Z našich dat dále vyplývá, že dosud preferovaný model Stewarta-Pyatta v hustém plazmatu zcela selhává, zatímco model Eckera-Krölla pro hořčík a hliník dává relativně rozumné výsledky. Oba modely však nesprávně škálují s iontovou hustotou, což dobře vystihuje předpověď modelu Eckera-Krölla pro Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

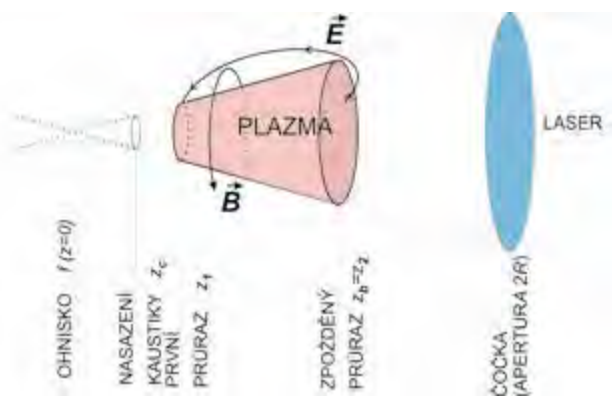
Provedený experiment byl jedním z prvních pokusů o rigorózní a reprodukovatelné studium vlastností WDM vytvořené z různých prvků a jejich sloučenin. Důležitým závěrem je, že silně vázané plazma nelze nahlížet ve zjednodušeném schématu řídkého plazmatu, kde lze dobře zanedbat překryv atomárních orbitalů sousedních iontů. Prohřáté husté plazma se nachází na pomyslné hranici plazmatu a pevné látky a je potřeba ho studovat jako samostatný stav hmoty, pro který mohou platit poněkud odlišné zákonitosti, než jaké pozorujeme u slabě vázaných coulombických soustav.

## ■ Fyzikální pole laserové jiskry a její chemické projevy

Laserová jiskra (viz např. [19]) vyvolaná fokusovaným svazkem laseru v plynném prostředí představuje laboratorní model události s vysokou hustotou energie (např. impakt velmi rychlého mimozemského tělesa nebo atmosférický elektrický výboj – blesk) probíhající v rané zemské atmosféře. Je proto zajímavé zkoumat chemické projevy velkých laserových jisker [20], neboť nám to umožňuje ověřit, jaké muselo být složení zemské atmosféry a jakých iniciačních podmínek bylo třeba, aby z malých atmosférických molekul vznikly organické stavební

kameny živé hmoty, např. aminokyseliny, dusíkaté báze, lipidy, cukry aj. (v minulém roce jsme zkoumali především model silně redukční – methanové atmosféry [21]). Některé takové organické molekuly vykazují optickou aktivitu. Vzhledem k tomu, že v živé hmotě jsou zastoupeny jen jedním optickým izomerem, vyvstává otázka. Mohlo by prostředí laserové jiskry zajistit, aby koncentrace jednoho optického isomeru převažovala nad svým protějškem? Jako možné vysvětlení vzniku takové nesymetrie se nabízí mechanismus syntézy probíhající pod vlivem vhodné orientovaných silných elektrických či magnetických polí, které by byly schopny vyvolat asymetrické zastoupení opticky aktivních isomerů.

Laserová jiskra představuje dynamicky se měnící plazmatický útvar, který po svém vzniku může generovat jak elektrické, tak magnetické pole ve svém okolí. Zkrížené gradienty hustoty a teploty plazmatu v jiskře vyvolají axiální (vzhledem k optické ose svazku) magnetické pole, které jiskru obtáčí proti směru hodinových ručiček a expanze napříč takto vytvořeným magnetickým polem způsobí polarizaci plazmatu, která se navenek projeví vznikem elektrického dipólového momentu (obr. 13). Samotný vznik laserové jiskry je poměrně složitý proces, v literatuře bylo navrženo několik možných mechanismů [19]. Pro naši geometrii fokusovaného svazku, kdy jiskra vyplní část fokusovací kužele, se nejlépe hodí mechanismus zpožděného průrazu, kdy optický průraz v daném místě fokusovaného svazku po dosažení mezní intenzity následuje až s určitým zpožděním daným časem potřebným pro nárůst elektronové laviny vedoucí k ionizaci, takže laserový impuls se může nerušeně šířit dál ke špičce fokální kužele a první skutečný průraz se uskuteční blíže k ohnisku. Vlna ionizace se pak šíří nazpět kuželem proti směru svazku a vzniklé plazma pak vyplní prakticky celou špičku ohniskového kužele, viz obr. 13. Tím vznikne laserová jiskra o rozměru řádu cm, která ve svém okolí dává



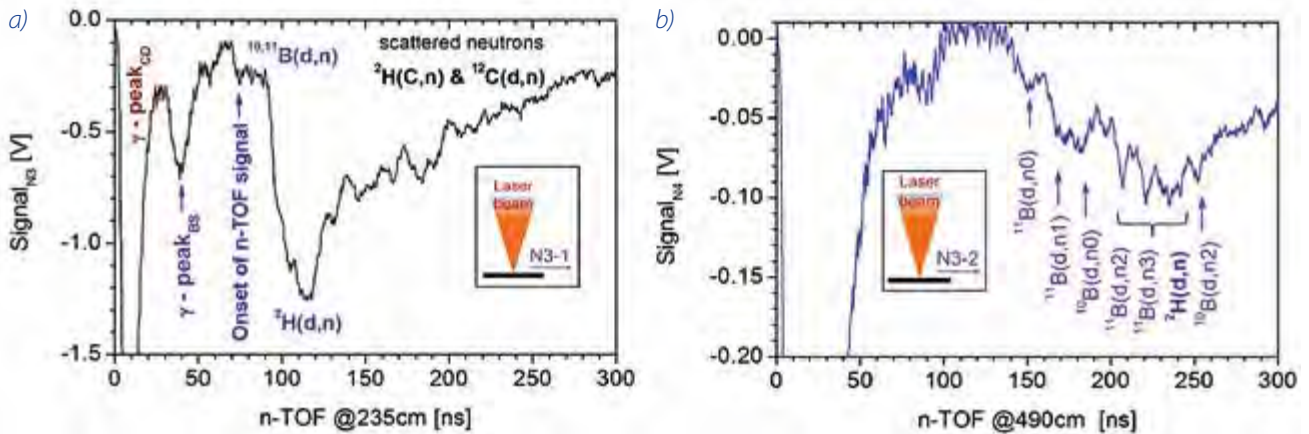
■ Obr. 13 Schematické znázornění elektrického a magnetického pole provázejícího optický průraz plynu [22].

vzniknout elektrickému a magnetickému poli popsanými mechanizmy [22].

Úplný model časové evoluce plazmatu po jeho vzniku včetně polí v jeho okolí by vyžadoval hydrodynamické modelování, pro kvalitativní odhady však stačí modelové předpoklady o prostorových profilech hustoty a teploty plazmatu v jiskře jak v radiálním, tak axiálním směru. V radiálním směru stačí předpokládat parabolické profily obou veličin, v axiálním směru je třeba předpokládané profily přizpůsobit údajům v literatuře. Elektrický moment je sice v případě laserové jiskry přímo měřitelná veličina, která může být využita k užitečnému ověření adekvátnosti použitého modelu, ale pro popsaný případ vzniku optické isomerové nesymetrie jsou důležitější hodnoty elektrického pole přímo v bezprostředním okolí plazmatu jiskry. Ty lze vyčíslit ze stejného modelu, i když postup je poněkud zdoluhavý [22]. Uvedeme zde jen jako příklad finální výsledky pro podmínky experimentu provedenému na laserovém systému PALS se směsí CO–N<sub>2</sub> 1:1, pro kterou jsme předpokládali mezní intenzitu průrazu rovnou 10<sup>11</sup> W/cm<sup>2</sup> a fokusací geometrií danou čočkou o průměru 15 cm a ohniskovou délkou 25 cm, při energii laserového impulsu 87 J a době jeho trvání 0,5 ns. S těmito vstupními parametry vychází délka komolého kužele tvořícího jiskru asi 2,5 cm a průměru na širším konci 1,5 cm. Při odhadnuté teplotě T<sub>0</sub> = 500 eV dostaneme pro intenzitu magnetického pole u širšího konce jiskry hodnotu B ~ 27 G. Když však uvážíme standardní hodnotu divergence svazku systému PALS udávanou jako 5 × 10<sup>-5</sup> rad, vychází poloměr laserové kaustiky (poloměr ohniskové skvrny) 2,5 × 10<sup>-3</sup> cm a hodnota B na užším konci jiskry kolem 16 kG. Elektrický dipólový moment se dostane jako dz ~ 3,2 × 10<sup>-3</sup> [CGS], a intenzita elektrického pole u užšího konce jiskry by měla obnášet asi 1,2 × 10<sup>2</sup> V/cm. Tyto orientační hodnoty elektrického a magnetického pole v okolí jiskry lze pak použít pro posouzení možného vlivu těchto polí na stupeň racemizace při syntéze organických molekul v interakční komoře.

## ■ Infračervená spektra Rydbergových stavů měřená s vysokým rozlišením

Rydbergovy stavy jsou elektronicky vysoce excitované stavy atomů (ovšem i molekul nebo iontů), které můžeme pozorovat v mnoha typech plazmatu (např. v elektrických výbojích, laserovém plazmatu, atmosférách hvězd, mezihvězdné hmotě aj.). Typickým znakem Rydbergových stavů je přechod jednoho z valenčních



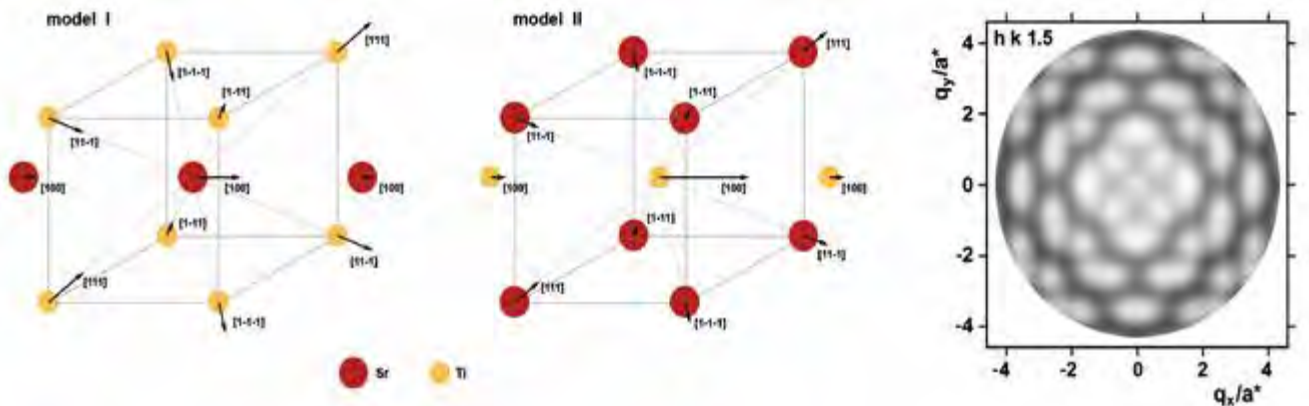
■ Obr. 14 Signály scintilačních detektorů N3-1 (a) a N3-2 (b) umístěných ve vzdálenostech 235 a 490 cm od terčíku ozářeného laserovým systémem PALS [25]. První dva píky zaznamenané během prvních 70 ns jsou odezvou na gama záblesky. Další píky odpovídají neutronům generovaným v důsledku fúze deuteronů s bórem, uhlíkem a deuterony.

elektronů na hladinu, jež se nachází blízko ionizačnímu prahu příslušnému atomu, v důsledku čehož se tento elektron velmi vzdálí od atomového jádra. Tím se značně sníží pravděpodobnost jeho výskytu v blízkosti jádra a zároveň interakce s ostatními elektrony atomu. Rydbergovy stavy mají proto v určitém ohledu podobné vlastnosti jako atom vodíku a vykazují další unikátní vlastnosti, pro které jsou intenzivně studovány.

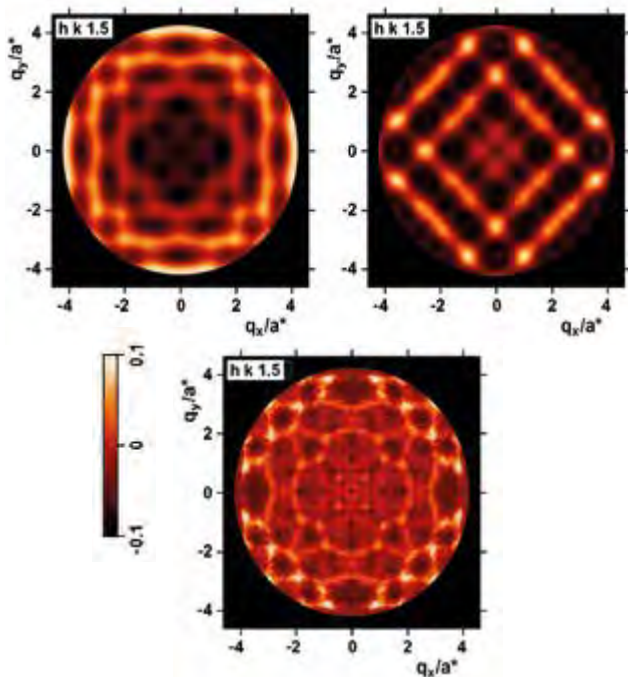
Energie přechodů mezi rydbergovskými stavy se typicky nacházejí v infračervené spektrální oblasti, neboť hustota diskretních energetických stavů směrem k ionizačnímu prahu roste. Ve spolupráci s Ústavem fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR jsou tato spektra studována pomocí vysoce spektrálně rozlišující infračervené spektroskopie s Fourierovou transformací (FTIR). Tato metoda umožňuje zaznamenat vysoce přesná spektroskopická data, která nemohou být přímo získána měřením v jiných spektrálních oblastech, rtg, UV, Vis a NIR. Za použití metody kvantového defektu (QDT) jsou ze spekter vypočteny

přesné hodnoty energií vysoce položených atomárních hladin a pravděpodobnosti zářivých přechodů mezi těmito hladinami.

Informace o struktuře energetických hladin atomů získaná touto analýzou je nezbytná např. pro interpretaci astronomických měření v infračervené oblasti, jejichž význam se v poslední době zvyšuje (především v souvislosti s rozvojem spektrometrů pro infračervenou spektrální oblast umístěných na vesmírných teleskopech (<http://webbtelescope.org/>)). Uplatnění však nacházejí i v dalších oblastech fyziky a chemie, např. v diagnostice plazmatu. Vzhledem ke značné experimentální náročnosti jsou kvalitní spektroskopická data v infračervené oblasti pro mnoho atomů stále nedostupná. Měření a analýzy prováděné ve spolupráci s Ústavem fyzikální chemie J. Heyrovského jsou dlouhodobě zaměřeny na získávání a publikování takových spektroskopických dat; v roce 2016 jsme publikovali práce prezentující výsledky dosažené pro atomy argonu [23, 24].



■ Obr. 15 Dva různé modely korelovaných výchylek kationtů v krystalu SrTiO<sub>3</sub>, které vykazují v celém prostoru reciprokého prostoru stejný difuzní rozptyl rentgenového záření [26]. Počítačová simulace difuzního rozptylu rentgenového záření na krystalu SrTiO<sub>3</sub> v rovině reciprokého prostoru ( $h k 1,5a^*$ ) pro tyto modely;  $a^* = 2\pi/a$ , kde  $a = 0,391$  nm je mřížový parametr krystalu [26].



■ **Obr. 16** Počítačová simulace anomálního difuzního rozptylu na krystalu  $\text{SrTiO}_3$  pro model I (vlevo) a model II (uprostřed) a její porovnání s experimentálně naměřenými hodnotami (vpravo). Obraz anomálního difuzního rozptylu byl získán jako rozdíl intenzit difuzního rozptylu pro energie fotonů 15,50 keV a 16,09 keV, tj. pro energie s různým příspěvkem anomálního rozptylu od atomů stroncia. Upraveno podle [26].

## ■ Emise velmi rychlých iontů a tvrdého rentgenového záření z laserem generovaného plazmatu

Přestože při použití subkilojoulových krátkých laserových impulzů je zisk fúzních neutronů zcela nepatrný, lze pomocí vysoce citlivých scintilačních detektorů stanovit jak počet rychlých iontů vstoupivších do fúzních reakcí, tak i spektrální teplotu brzdného rentgenového záření. V našich experimentech [25] realizovaných na velkém laserovém zařízení PALS ve společné laboratoři FZÚ a ÚFP AV ČR jsme zaznamenali pomocí scintilačních detektorů fotony s energií větší než 1,5 MeV. Porovnáním signálů těchto detektorů, které byly stíněny olověnými filtry o různé tloušťce, jsme pak určili spektrální teplotu rentgenového brzdného záření  $kT \approx 500$  keV. Záblesk tvrdého elektromagnetického záření pozorovaný cca 50 ns po interakci laserového impulzu s terčem, viz obr. 14, umožnil identifikovat fúzní reakce deuteronů s atomy bóru obsaženými v borosilikátovém skle, které chrání fokusující čočku před jejím poškozením materiálem vylétajícím

z ozářeného terče. Ze změřeného neutronového zisku byl určen zisk deuteronů s energií 0,5 až 2,0 MeV, který dosáhl hodnoty  $2 \times 10^{14}$ . Celková energie těchto deuteronů pak odpovídá 5% energetické účinnosti laseru při generování deuteronů se střední energií 1 MeV.

## ■ Modelování výchylek kationtů v krystalu $\text{SrTiO}_3$ pomocí anomálního difuzního rozptylu rentgenového záření

Znalost atomární struktury materiálů je zcela zásadní pro pochopení jejich vlastností. Běžně používanou metodou strukturní analýzy je rentgenová difrakce, která z naměřených intenzit Braggových reflexí v uzlech reciproké mříže umožňuje určit rozložení elektronové hustoty v látkách s periodickým uspořádáním atomů. Ovšem žádná reálná struktura není dokonale periodická. Přinejmenším vždy existují lokální odchylky od translační periodicity ideální krystalové mříže v důsledku tepelných vibrací atomů, které mají za následek vznik difuzního rozptylu rentgenového záření. Přitom jsou to právě lokální odchylky od periodického uspořádání atomů v krystalech, které jsou často zodpovědné za unikátní fyzikální či chemické vlastnosti řady materiálů. Na rozdíl od určování periodické struktury z Braggových reflexí není využití difuzního rozptylu pro určování lokální atomární struktury zdaleka tak propracované a nevede k jednoznačným závěrům – různá uspořádání atomů na krátkou vzdálenost mohou poskytovat stejné rozložení intenzity difuzního rozptylu v recipročném prostoru. Proto byla v oddělení radiální a chemické fyziky vyvinuta metoda MADS (multi-energy anomalous diffuse scattering), která tuto nejednoznačnost odstraňuje.

Metoda MADS byla využita ke studiu lokální atomární struktury v monokrystalu  $\text{SrTiO}_3$ , konkrétně k určení vzájemné korelace výchylek kationtů  $\text{Sr}^{2+}$  a  $\text{Ti}^{4+}$  z jejich rovnovážné polohy [26]. Experiment byl proveden na zdroji synchrotronového záření Elettra v italském Terstu. Byly změřeny intenzitní mapy difuzního rozptylu ve velkém objemu recipročného prostoru pro dvě energie dopadajícího záření. První energie 16,09 keV byla zvolena těsně pod K absorpční hranou stroncia tak, aby rozptyl na atomech stroncia vykazoval velkou anomální složku, zatímco intenzity naměřené při energii fotonů 15,50 keV sloužily jako referenční data bez anomálního rozptylu. Ukázalo se, že zatímco rozložení intenzit difuzního rozptylu v recipročném prostoru lze vysvětlit na základě dvou různých modelů vzájemně korelovaných výchylek kationtů stron-



cia a titanu (obr. 15), mapa intenzit anomálního difuzního rozptylu jednoznačně určuje, který z modelů I a II odpovídá realitě (obr. 16). Bylo prokázáno, že kationty  $\text{Sr}^{2+}$  se ze své ideální polohy vychylují ve směru krystalografických os {100} a jsou korelované s výchyly kationtů  $\text{Ti}^{4+}$  ve směrech {111}.

## Literatura

- [1] Smrz M., et al: Progress in kW-class picosecond thin-disk lasers development at the HiLASE, Solid State Lasers XXV: Technology and Devices, Proc. SPIE Vol. **9726**, 2016, San Francisco, USA.
- [2] O. Novak, H. Turcicova, M. Smrz, T. Miura, A. Endo, T. Mocek: Picosecond green and deep ultraviolet pulses generated by a high-power 100 kHz thin-disk laser, Optics Letters **41**(22), 5210–5213, 2016.
- [3] M. Stubenvoll, B. Schaefer, K. Mann, O. Novák: Photothermal method for absorption measurement in anisotropic crystals, Review of Scientific Instruments **87**, 023904, 2016.
- [4] P. Sikocinski, O. Novak, M. Smrz, J. Pilar, V. Jambunathan, H. Jelinkova, A. Endo, and T. Mocek: Time-resolved measurement of thermally induced aberrations in a cryogenically cooled Yb:YAG slab with a wavefront sensor, Applied Physics B – Lasers and Optics **122**(4), 2016. [6] H. Hara a kol., Numerical evaluation of a 13.5-nm high-brightness microplasma extreme ultraviolet source, J. Appl. Phys. **118** (2015) 193301.
- [5] J. Muzik, M. Jelinek, M. Smrz, V. Jambunathan, T. Miura, A. Endo, T. Mocek, and V. Kubecek: Cryogenically-cooled Yb:YAG ceramic mode-locked laser, Optics Express **24**(2), 1402–1408, 2016.
- [6] K. Macuchova, et al.: Innovative opto-mechanical design of a laser head for compact thin-disk laser, Proc. SPIE Optics and Measurement, 2016, Liberec, Czech republic.
- [7] S. Banerjee a kol., 100 J-level nanosecond pulsed diode pumped solid state laser, Opt. Lett. **41** (2016) 2089-2092.
- [8] O. Slezák a kol., Temperature-wavelength dependence of terbium gallium garnet ceramics Verdet constant, Opt. Mat. Expr. **6**, 3683–3691 (2016).
- [9] J. Pilař a kol., Design of an optimized adaptive optics system with a photo-controlled deformable mirror, IEEE Phot. Tech. Lett. **28**, 1422–1425 (2016).
- [10] V. Jambunathan a kol., Cryogenic Yb:YAG Laser Pumped by VBG-Stabilized Narrowband Laser Diode at 969 nm, IEEE Phot. Tech. Lett. **28**, 1328–1331 (2016).
- [11] J. M. Serres a kol., Microchip laser operation of Yb-doped gallium garnets, Opt. Mat. Expr. **6**, 46–57 (2016).
- [12] M.V. Shugaev a kol., Fundamentals of ultrafast laser-material interaction, MRS Bulletin **41** (2016).
- [13] I. Mirza a kol., Ultrashort pulse laser ablation of dielectrics: Thresholds, mechanisms, role of breakdown, Scientific Report **6**, 39133 (2016).
- [14] T. J.-Y. Derrien a kol., Properties of surface plasmon polaritons on lossy materials: lifetimes, periods and excitation conditions, Journal of Optics **18** (2016).
- [15] I. Gnilitzky a kol., Mechanisms of high-regularity periodic structuring of silicon surface by sub-MHz rate ultrashort laser pulses, Applied Physics Letters **109**, 143101 (2016).
- [16] N. T. Goodfriend a kol., Laser pulse duration dependence of blister formation on back-radiated Ti thin films for BB-LIFT, Applied Physics A **122**:154 (2016).
- [17] G. Ecker, W. Kröll, Lowering of the ionization energy for a plasma in thermodynamic equilibrium, Phys. Fluids **6** (1963) 62–69.
- [18] J. C. Stewart, K. D. Pyatt Jr., Lowering of ionization potentials in plasmas, Astrophys. J. **144** (1966) 1203–1211.
- [19] Yu. P. Raizer, Laser-Induced Discharge Phenomena, New York, London: Consultants Bureau (1977).
- [20] L. Juha, S. Civiš. Laser-plasma chemistry. Chemical reactions initiated by laser-produced plasmas, In: Lasers in Chemistry (Vol. **2**) (M. Lackner, Ed). Weinheim: Wiley-VCH (2008), str. 829–921.
- [21] M. Civiš a kol., Spectroscopic investigations of high-energy-density plasma transformations in a simulated early reducing atmosphere containing methane, nitrogen and water, Chem. Phys. Phys. Chem. **18** (2016) 27317.
- [22] K. Rohlena, M. Mašek, Ambient fields generated by a laser spark, Nukleonika **61**, (2016) 119.
- [23] E. Zanozina a kol., The argon spectrum in the range of 1200–2000  $\text{cm}^{-1}$ , Opt. Spectrosc. **121** (2016) 655.
- [24] P. Kubelík a kol., Argon FTIR spectra between 800 and 2000  $\text{cm}^{-1}$ : h- and i-levels and transition probabilities, J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer **182** (2016) 337.
- [25] J. Krása a kol., Generation of fast neutrons through deuteron acceleration at the PALS laser facility, JINST **11** (2016) C03050.
- [26] M. Kopecký a kol., Modelling of cation displacements in  $\text{SrTiO}_3$  by means of multi-energy anomalous diffuse scattering, J. Appl. Cryst. **49** (2016) 1016.



## Sekce realizace projektu ELI Beamlines v roce 2016

V rámci hlavního poslání Sekce 9, vybudovat a provozovat ELI Beamlines jako jeden z pilířů mezinárodní laserové výzkumné infrastruktury ELI, došlo k významnému pokroku ve vztahu k dokončení testovacího režimu budov umístěných ve výzkumném kampusu V Dolních Břežanech a zahájení instalačních prací. Stavba výzkumného centra ELI Beamlines byla v soutěži Stavba roku oceněna zvláštní cenou ministra průmyslu a obchodu jako nejlepší průmyslová stavba roku 2016 a dále výroční cenou Asociace pro rozvoj trhu nemovitostí AWARD FOR EXCELLENCE.

Ve spolupráci s partnerskými výzkumnými organizacemi a dodavateli bylo dosaženo řady významných milníků při vývoji technologického vybavení. Mezi nejvýznamnější patří dokončení laserového systému L3, který byl úspěšně otestován v Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL). Systém L3-HAPLS (*High Average Power Advanced Petawatt Laser System*) bude prvním laserovým systémem na světě, který bude poskytovat ultrakrátké PW laserové pulsy s opakovací frekvencí 10 Hz – desetkrát více než současné nejvyspělejší laserové systémy – a jehož čerpací jednotka bude založena výhradně na bázi laserových diod.



**Obr. 1** Laserový systém L3 je úspěšně otestován v LLNL a byl zahájen jeho převoz do ELI Beamlines.

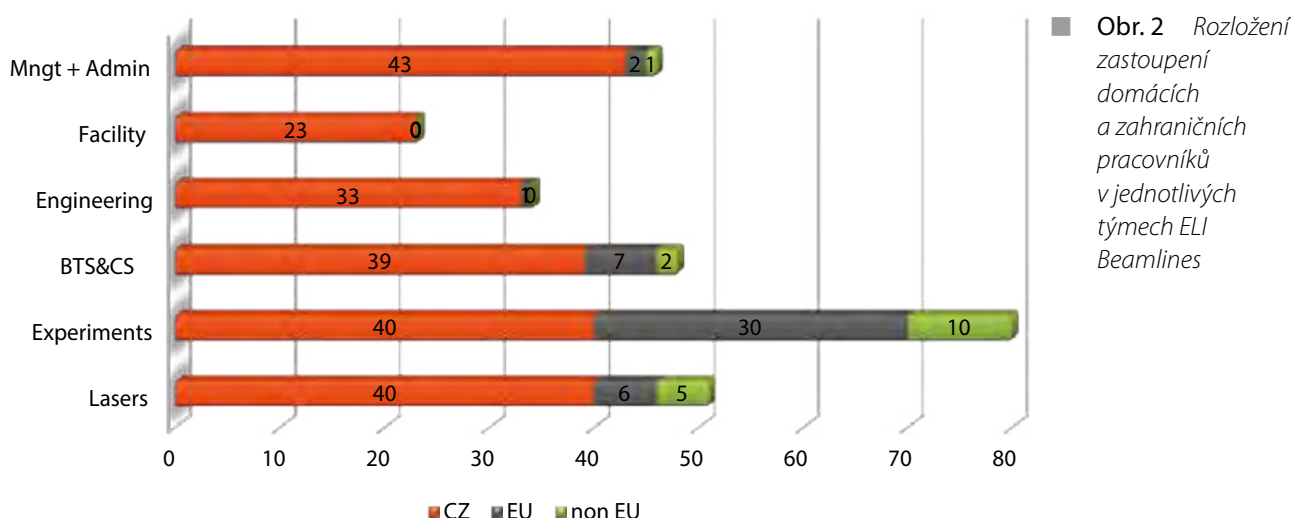
Významným technologickým milníkem byla též dodávka a zprovoznění prvního sekundárního zdroje – High Harmonics Beamline. Dále pak dokončení návrhu a vývoje dalších rentgenových zdrojů a urychlovačů částic, stejně jako zahájení výroby interakčních komor pro všech šest uživatelských stanic. Celkově bylo v roce 2016 realizováno více než 100 výběrových řízení v objemu téměř 450 mil. Kč.

Z pohledu dlouhodobé udržitelnosti je vedle úspěšného zprovoznění instrumentálního vybavení výzkumné infrastruktury zásadní odpovídající komunikace s budoucími uživateli a jejich participace na přípravě prvních experimentů. FZÚ dlouhodobě intenzivně pracuje na využití původního potenciálu tzv. přípravné fáze ELI (realizována v letech 2007–2010 s účastí více než 40 výzkumných institucí v definování vědeckých cílů ELI) a vytvořil širokou síť spolupráce s prokazatelně nejvýznamnějšími výzkumnými skupinami z celého světa. FZÚ uzavřel v průběhu realizace projektu ELI Beamlines více než 30 memorandum o spolupráci s konkrétním vymezením kontribuce na technologickém vývoji, přípravě prvních experimentů využívajících unikátních parametrů výzkumné infrastruktury. Memoranda přispívají efektivnímu nastavení řízení budoucího výzkumu.

Dynamika celkového posunu byla též vyzdvihnuta v rámci každoročního zasedání Mezinárodního vědeckého poradního panelu. Oceněno bylo zejména vytvoření špičkové in-house vědecké kapacity a rozvoj spolupráce s významnými skupinami v zahraničí.

Výstupy těchto činností jsou pravidelně vyhodnocovány Mezinárodním vědeckým poradním panelem složeným z řady významných vědeckých osobností a ředitelů velkých výzkumných infrastruktur (Berkeley Lab, SLAC, MPQ, Queens University apod).

Dokladem vnímání perspektivnosti, kvality a blízkého horizontu vytvoření podmínek pro provádění přelomových experimentů je též získání podpory pro financování dvou projektů, v jejichž čele jsou významné vědecké osobnosti Prof. Janos Hajdu a prof. Sergei Bulanov, kteří



vytvoří nové vědecké týmy přímo v rámci ELI Beamlines a spojí tak své kariéry bezprostředně s touto výzkumnou infrastrukturou ve dvou z nejperspektivnějších oblastí – projekt ELIBIO chce posunout hranice lidského poznání a uskutečnit průlomový výzkum v optice, biologii, chemii a fyzice. Mezinárodní výzkumný tým propojí dvě vědecká střediska Akademie věd ELI Beamlines a BIOCEV, která projektu poskytnou zázemí ze svých oborů: ELI Beamlines se specializuje na fotonovou fyziku a vysokovýkonové lasery a BIOCEV na biomedicínský a biotechnologický výzkum. Projekt HiFI bude rozvíjet teoretickou práci o studiu škálování lasery urychlených elektronů a iontů, jakož i generování vysokoenergetických fotonů v nových režimech, kdy procesy kvantové elektrodynamiky, jako jsou vytvoření elektron-pozitronových párů a polarizace vakua, získají na významnosti, a když dosud neprozkoumané procesy vstoupí do oblasti vědy vysokých polí. Tyto dva projekty byly podpořeny částkou celkem cca 480 mil. Kč.

V rámci budování projektového týmu byl od počátku kladen velký důraz na zajištění odpovídajícího know-how s budováním a vývojem specifického instrumentálního vybavení. Podmínkou pro získání takových znalostí a zkušeností byl nábor řady zkušených i juniorních výzkumných pracovníků ze zahraničí. V podílu zahraničních pracovníků, který je jedním z atributů mezinárodního charakteru centra, se ELI Beamlines řadí nesporně na přední místa v rámci ČR.

Vzhledem k charakteru a společenskému významu aktivit výzkumné centrum ELI Beamlines je kladen velký důraz na komunikaci s odbornou i laickou veřejností. Centrum je tak přístupné prostřednictvím každoděsíčních dní otevřených dveří, v jejichž rámci centrum navštívilo více než 1000 návštěvníků. Ve spolupráci se všemi stupni vzdělávacích institucí byla realizována řada exkursí.

Centrum ELI Beamlines navštívila řada významných hostů. V květnu při příležitosti konference věnované per-

spektivám česko-litevské výzkumné spolupráce navštívil centrum litevský premiér Algirdas Butkevicius a společně se zástupci litevských firem a vědeckých institucí deklaroval silný zájem své země podílet se na provozu a rozvoji centra.

## ■ Vývoj laserů pro centrum ELI Beamlines

Oddělení 91 je pověřeno vybudováním čtyř laserových systémů pro výzkumné centrum ELI Beamlines, využívajících nejnovější technologie pro poskytování ultrakrátkých výkonových pulsů s vysokou repeticí. Vývoj laserů probíhá v široké mezinárodní spolupráci, zahrnující zejména Lawrence Livermore National Laboratory (USA), National Energetics (USA) a STFC Rutherford Appleton Laboratory (Velká Británie). Zatímco laserové systémy L1 a L2 jsou převážně produktem vlastního vývoje, systémy L3 a L4 jsou budovány klíčovými partnery s výraznou účastí oddělení 91 na vývoji vybraných subsystémů

Laserový systém L1 bude poskytovat laserové pulsy s opakovací frekvencí 1 kHz a bude sloužit především k buzení femtosekundových zdrojů rentgenového záření pro materiálové, molekulární a biomolekulární aplikace. Hlavní technologie umožňující zesílení ultrakrátkých širokopásmových pulsů je založena na nelineárním parametrickém zesílení v OPCPA (*Optical Parametric Chirped Pulse Amplifier*), využívajících krystaly BBO (barium triborát) a LBO (lithium tetraborát), a následné kompresi pomocí speciálně vyvinutých a vysoce účinných disperzních (chirpovaných) zrcadel. K čerpání zesilovačů OPCPA využívá systém L1 nejmodernější vysoce výkonné pulsní čerpací lasery na bázi tenkodiskových laserů, z nichž dva byly vyvinuty přímo oddělením 91 a další dva byly na zakázku přímo pro tento projekt vyvinuty komerčně.



■ **Obr. 3** Pohled na první část laserového systému L1 v testovací laboratoři. V popředí část řídicího systému, vláknový předzesilovač, vláknová distribuce injektážních pulsů pro čerpací lasery a femtosekundový oscilátor. Na druhém konci optického stolu se nachází čtvrtý OPCPA zesilovač.

Systém je rozdělen na dvě hlavní části, kde v první části (tzv. čelu řetězce označovaném FE – *Front End*) obsahující femtosekundový oscilátor a první čtyři femtosekundové zesilovače se zesilované impulsy šíří vzduchem a v druhé části obsahující poslední tři výkonové zesilovače a finální kompresor femtosekundových impulsů se laserové impulsy díky vysokému dosahovanému výkonu šíří ve vakuu. Výstupní impulsy o délce kratší než 15 femtosekund a výsledné energii až 100 mJ se pak budou vakuem šířit až do finálního uživatelského experimentu.

Na konci roku 2015 byla demonstrována funkčnost celé první části systému (FE) a do března 2016 bylo s tímto systémem dosaženo parametrů, které násobně převyšovaly původní požadavky, zejména dosažená energie 11 mJ. Zároveň byla demonstrována i komprese těchto pulsů na úroveň pod 13 fs a dosažen jeden z hlavních milníků projektu. Tímto byl experimentálně ověřen celý koncept generace, zesílení a komprese pulsů, včetně technologie čerpacích laserů a ultrapřesné synchronizace v celém systému laseru L1.

Obr. 3 ukazuje pohled do testovací laboratoře oddělení 91 na první část laserového systému L1. Na následujícím obrázku je pohled na čtvrtý zesilovač OPCPA a kompresor pikosekundových pulsů

OPCPA zesilovače, které v systému L1 zesilují impulsy s dobou trvání pouze kratší než 3 pikosekundy, vyžadují extrémně přesnou femtosekundovou synchronizaci mezi jednotlivými čerpacími lasery a zesilovaným širokopásmovým impulsem. Za tímto účelem byl vyvinut sofistikovaný systém několikastupňové elektronické a optické synchronizace, který byl v roce 2016 doplněn o nový

kompaktní systém optické distribuce injektážních pulsů z jediného oscilátoru do všech pěti čerpacích laserů, využívající pouze komponenty vláknové optiky (obr. 5).

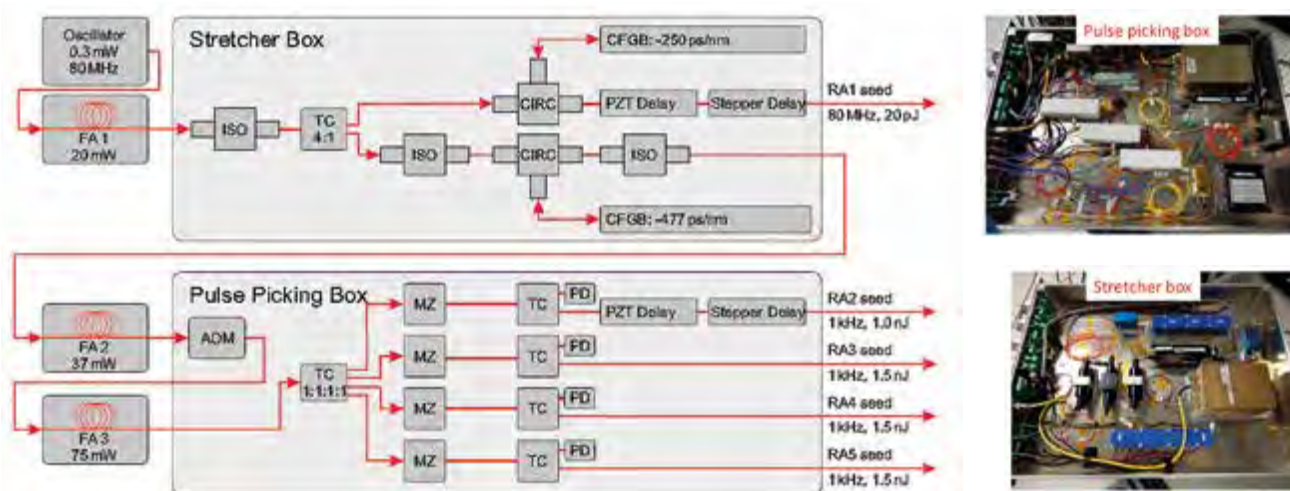
V roce 2016 byl také plně otestován a zaintegrovan čerpací laser pro výkonové OPCPA zesilovače sestávající z regenerativního zesilovače s energií přesahující 230 mJ (výkon 230 W) s mřížkovým kompresorem pracujícím ve vakuu a byla demonstrována kompresibilita čerpacích pulsů na očekávanou úroveň kratší než 2 pikosekundy. Jedná se o jeden z nejvýkonnějších systémů svého druhu na světě. Pro výkonovou část systému L1, kde je nutné laserové impulsy distribuovat ve vakuu, bylo vyrobeno několik vakuových komor pro zobrazovací teleskop spojující čtvrtý a pátý stupeň OPCPA, které jsou od sebe vzdáleny více než 20 metrů.

Aby mohly být složité a rozsáhlé laserové systémy L1 spolehlivě používány pro náročné uživatelské experimenty, musí být od základu navrženy s ohledem na maximální pasivní stabilitu a zároveň zahrnovat komplexní řídicí a diagnostický systém, který aktivně monitoruje všechny podsystémy a parametry laserových pulsů v klíčových bodech laserového systému, zajistí automatickou stabilizaci parametrů a případně i automaticky zasáhne v případě poruchy, tak aby se zabránilo případnému poškození zejména optických částí systému. Cílem vývoje řídicího systému je dosáhnout postupně plně automatizace, která umožní provozovat systémy pouze z velínu laserového centra bez lidského zásahu. V roce 2016 bylo dosaženo výrazného pokroku zejména v návrhu a vývoji jednotlivých funkčních celků řídicího systému:

- Byl dokončen vývoj a testování softwaru pro automatickou stabilizaci laserových svazků a stabilizační



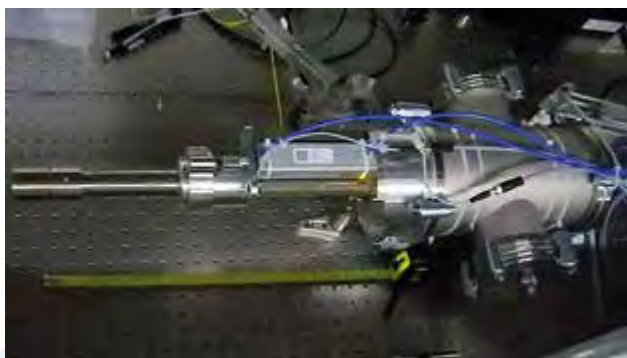
■ **Obr. 4** Pohled na čtvrtý OPCPA zesilovač (uprostřed) čerpaný pikosekundovými pulsy na vlnové délce 515 nm (zelený svazek). V horní části je vidět mřížkový pikosekundový kompresor čerpacího laseru (1030 nm) a krystal pro generaci druhé harmonické frekvence (515 nm).



■ **Obr. 5** Kompaktní bezúdržbový systém distribuce injektážních pulsů k čerpacím laserům řetězce L1, vyvinutý odd. 91. Systém je unikátní tím, že využívá pouze vláknovou optiku a umožňuje kromě rozmítnutí ultrakrátkých laserových pulsů v čase použitím teplotně stabilizované Braggovské mřížky zapsané v optickém vlákně (CFBG) také elektronicky řízený výběr laserových pulsů s libovolným zpožděním pro jednotlivé zesilovače pomocí vláknových Mach-Zehnderových interferometrů. Na větvích pro regenerativní zesilovače jsou implementovány i přesné zpožďovací linky umožňující femtosekundovou časovou stabilizaci čerpacího laseru vůči pulsům zesilovaným v příslušném OPCPA zesilovači.

systém byl úspěšně zaintegrován do čerpacích laserů v první části laseru v testovací laboratoři.

- Byl navržen a otestován systém ovládání binárních mechanických prvků v laserovém systému pomocí stlačeného vzduchu včetně bezpečnostního systému (interlocku). Tento systém využívá bezpečnostní ventily a spínače k ovládání bezpečnostních závěrek (viz např. obr. 6).
- Byl navržen systém rychlého bezpečnostního interlocku umožňující v případě detekované chyby zabránit generaci následujícího laserového pulsu. Tento systém je schopen reagovat například na měřené hodnoty energie v laserovém pulsu z centralizovaného systému energetické diagnostiky, na který bude napojeno až 60 měřidel energie (také vyvinutých v oddělení 91).



■ **Obr. 6** Příklad nově vyvinuté bezpečnostní závěrky fungující ve vakuu a ovládané pomocí stlačeného vzduchu. Závěrka umožňuje odklonit výkonový laserový svazek během 0,15 sekundy pomocí pohyblivého zrcadla.

Vývoj laserového systému L2, který ve stávající konfiguraci poskytuje nanosekundové pulsy s energií 10 J a repetiční frekvencí 10 Hz, se v roce 2016 soustředil zejména na další zdokonalení pokročilého systému kryogenního chlazení. Laserový systém využívá plynné hélium o teplotě 130–150 K pro chlazení aktivního prostředí sestávajícího z bloků Yb:YAG monokrystalů nebo Yb:YAG optické keramiky. Unikátní systém chlazení, zákazkově vyvinutý pro systém L2, využívá Braytonův ter-

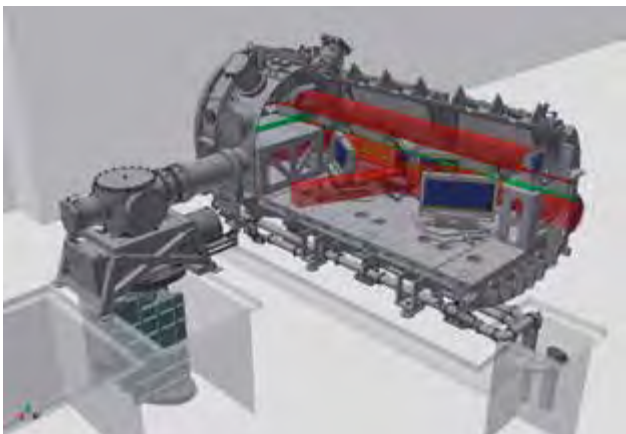


■ **Obr. 7** Zdokonalený systém Braytonova chladicího cyklu pro laser L2, zahrnující kromě vysokotlačkového kompresoru a expandéru kaskádu 7 tepelných výměníků a umožňující provozovat systém L2 na teplotě 130 K.



■ **Obr. 8** Integrovaný laserový řetězec L3-HAPLS ve vývojové laboratoři Lawrence Livermore National Laboratory. Na levé straně snímku je diodově buzený výkonový čerpací systém, na pravé straně se nachází čelo femtosekundového řetězce. Diagnostický systém výstupních pulsů je umístěn na optické lavici nacházející se ve vzdáleném konci snímku.

modynamický cyklus a vodu jako primární zdroj chladu. Úpravy realizované v roce 2016 zahrnují zdokonalený systém filtrace plynného helia, zdokonalený systém plynných ložisek pro vysokootáčkové turbíny (120 000 otáček/min) a systém 7 výměníků. To umožňuje kromě rychlejšího dosažení provozní teploty i provoz hlavního výkonového zesilovače při teplotě 130 K, při níž má aktivní prostředí vyšší koeficient zesílení. Obr. 7 znázor-



■ **Obr. 9** Vnitřní struktura PW kompresoru výstupních pulsů systému L3, navržena pracovníky odd. 91. Základními optickými komponentami jsou velkoplošné difrakční mřížky (vyrobené v LLNL) umístěné ve vysoce přesných optomechanických montážích. Systém dále zahrnuje řadu přídatných zrcadel, včetně teleskopu, pro transport a diagnostiku komprimovaného pulsu. Výstupní puls je směřován do experimentálních hal prostřednictvím speciálního injektoru viditelného v levé části obrázku.

ňuje chladicí systém osazený v testovací laboratoři Sofia na FZÚ.

Ve vývoji laserového systému L3-HAPLS (*High Average Power Advanced Petawatt Laser System*), jehož čerpací jednotka je založena výhradně na bázi laserových diod, tj. polovodičových technologií a který bude poskytovat PW pulsy o délce 30 fs s repetiční frekvencí 10 Hz, byly v roce 2016 dosaženy dva základní milníky.

V listopadu 2016 byla v Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL) završena integrace kompletního řetězce L3-HAPLS zahrnující čerpací diodový laser, Ti:safírový řetězec generující ultrakrátké pulsy a systém diagnostiky ultrakrátkých pulsů vyvinutý pracovníky oddělení 91. Byl demonstrován prvotní provoz integrálního systému L3,



■ **Obr. 10** Komora kompresoru pulsů L3 během vakuových zkoušek v testovacích čistých prostorách Delong Instruments.

přičemž byly překonány původně požadované výkonové parametry výstupního pulsu i požadavky na jeho stabilitu. Ve stávající konfiguraci s opakovací frekvencí 3,33 Hz systém poskytuje výstupní pulsy s energií 16 J a ekvivalentní délkou pulsu 28 fs, generované se spolehlivostí 99,92 % během více než hodinu trvajícího nepřetržitého běhu systému. Systém tak ve stávající konfiguraci generuje pulsy ekvivalentní špičkovému výkonu 0,5 PW a již nyní při momentální opakovací frekvenci jde o laser PW třídy s nejvyšším průměrným výkonem na světě. Po plánovaném zvýšení energie výstupního pulsu na 30 J, tj. zvýšení výkonu na hodnotu 1 PW a zvýšení opakovací frekvence na 10 Hz půjde o výkonově i technologicky bezkonkurenčně nejvyspělejší petawattový laserový systém na světě.

Druhým milníkem při budování laserového řetězce L3 v roce 2016 je dokončení návrhu vakuového kompresoru výstupních PW pulsů a jeho výroba. Během roku 2016 byl ve spolupráci s průmyslovými partnery dokon-



■ **Obr. 11** Model kJ laserového systému L4 v hale L4b centra ELI Beamlines.

čen kompletní podrobný návrh kompresoru PW pulsů, jeho subsystémů a navazujícího injektoru určeného pro směřování svazku do experimentálních prostor, viz obr. 9.

Výroba kompresoru byla dokončena v závěru roku 2016 a v současné době je kompresor u výrobce vakuové a strukturálně testován (obr. 10). Po integraci veškerých vnitřních subsystémů a komponent včetně řídicího systému bude kompresor připraven k instalaci v laserovém centru ELI Beamlines a ve spolupráci s LLNL proběhne jeho integrace s laserovým řetězcem.

V roce 2016 intenzivně probíhal vývoj kJ laserového systému L4, viz obr. 11, jehož výstupní pulsy budou komprimovány na délku cca 150 fs a tím generován špičkový výkon 10 PW. Základní infrastruktura laseru zahrnuje kromě oscilátoru a systému čela laserového řetězce (ps předzesilovač, nelineární optická závěrka pro zvýšení časového kontrastu pulsů) kaskádu předzesilovačů na bázi parametrického zesílení (OPCPA) a dva výkonové zesilovače na bázi Nd dopovaného skla s po-



■ **Obr. 12** Laserový řetězec L4 ve vývojových prostorech National Energetics. V popředí je subsystém ns OPCPA předzesilovačů a jejich čerpacích laserů, na pravé straně jsou patrné vakuové komory transportních teleskopů ve výstupních zesilovačích.

kročilým kapalinovým chladicím systémem umožňujícím výstřely na úrovni energie pulsu 1,5 kJ s kadencí 1 za minutu.

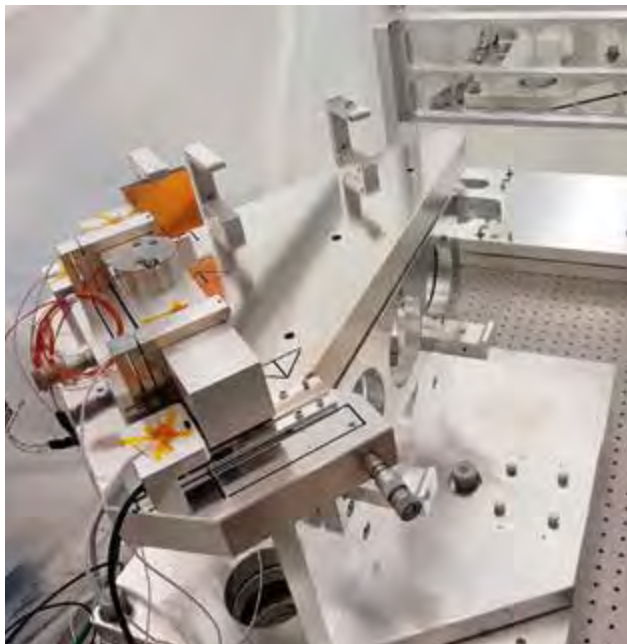
V roce 2016 byla ve vývojových prostorách National Energetics dokončena za účasti laserových specialistů z odd. 91 implementace kompletního čela řetězce L4 a všech předzesilovačů a instalována infrastruktura výkonových zesilovačů (výstupní energie 100 J a 1,5 kJ), jak znázorňuje obr. 12. V roce 2017 je plánováno osazení výkonových zesilovačů a zbývajících subsystémů, následované demonstrováním generace 1,5kJ pulsů s kadencí 1 výstřel za minutu.

Paralelně s vývojem laseru L4 u dodavatele byl týmem odd. 91 dokončen návrh struktury 10PW kompresoru výstupních pulsů, využívající speciální velkoplošné difrakční mřížky (dodávané National Energetics), viz obr. 13.

Vzhledem k velmi vysoké energii (1,5 kJ) komprimovaných pulsů musí mřížky č. 2 a 3 využívat pro zvětšení své efektivní plochy přídavná zrcadla, která musí být polohována, respektive fázována, vůči mřížkám s přesností



■ **Obr. 13** Navržená struktura 10PW kompresoru laserových pulsů systému L4, vypracovaná týmem oddělení 91. Hlavními komponentami kompresoru jsou velkoplošné (850x700 mm) fázované difrakční mřížky, umístěné v krajních věžích kompresoru. Celková délka kompresoru je cca 18 m.



■ **Obr. 14** Prototyp fázovací optomechaniky diagnostického kompresoru pro svazek laseru L4. Porovnání různých diagnostických systémů slouží pro zajištění přesné pozice optiky v řádu 20 nm / 0,2  $\mu$ rad.

zlomku vlnové délky laseru, tj. s přesností lepší než 50 nm. Pro testování ultrapřesných fázovacích systémů a jejich teplotní stability vyvinuli členové odd. 91 optomechanický prototyp (viz obr. 14), který umožňuje interferometrická měření s nanometrovou přesností a testování fázovacích sensorů.

Oddělení 91 v roce 2016 pokračovalo v rozšiřování možností stanice na testování optického laserem indukovaného poškození (LIDT – *Laser Induced Damage Testing*), jmenovitě v oblasti rastrovacího skenování povrchů. Jedná se o zásadní techniku pro porozumění životnosti a reálné kvality špičkových optických vrstev. Byla také zvýšena čistota vakuové aparatury. V rámci vývoje laseru L3-HAPLS byla provedena rozsáhlá testovací měření na několika délkách pulsu, na vlnové délce 800 nm. Dále byly úspěšně testovány vzorky vysoce absorpčních materiálů pro pohlcování ultrakrátkých pulsů ve vakuu. Pro laser L1 byly testovány vzorky disperzních (*chirped*) zrcadel sloužících pro kompresi cca 11fs pulsů. Pro 10PW laser L4 byly testovány vzorky zrcadel a především několik vzorků difrakčních mřížek pro primární kompresor. Tyto testy probíhají díky vyvinutému laditelnému OPA systému s výstupem 1057 nm / 90 fs čerpanému 800nm / 125 fs Ti:safírovým řetězcem, viz obr. 15. Díky metrologickému zázemí odd. 91 je u každého vzorku měřeno také GDD (disperze grupového zpoždění), které je zásadní pro zachování délky pulsů po jejich odrazu na zrcadle.

## ■ Experimentální programy Beamlines

Oddělení experimentálních programů ELI Beamlines se soustředilo na hlavní činnosti ohledně přípravy a testování klíčových komponent souvisejících s výstavbou stanic (beamlines), experimentálních prostor a platforem. Velká část těchto činností zahrnuje práci s dodavateli v rámci plnění jejich smluvních podmínek a ladění hlavních stanic, jako jsou 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. Ve spolupráci s dodavateli jsou vyvíjeny vakuové interakční komory pro plazmová zrcadla, částicové urychlování (elektrony i ionty) a produkci beta-tronového záření. Pokročilo začleňování všech systémů do centrálního kontrolního systému (CS) a v současnosti se pracuje na zajištění základní funkčnosti od prvního dne experimentů. V druhé fázi bude centrální kontrolní systém vylepšen na finální očekávanou úroveň. Probíhá nastavování prvotních parametrů laseru a jejich navyšování na jejich předpokládanou úroveň ve smyslu maximálního výkonu, průměrného výkonu a intenzity k úspěšnému zajištění začátku experimentální fáze. Tento proces bude sloužit jako kontrola stability všech propojených systémů: směrovosti laseru, jeho energetických fluktuací, délky impulzu, vlnoplochy, fokusační stability systému transportu svazku, automatického zaměřování, atd.

Systém transportu svazku a jemu odpovídající vakuový systém byly navrženy v souladu s nejmodernějšími experimentálními prostředky pro realizaci těch nejroč-



■ **Obr. 15** Nastavování 90fs OPA laserového systému čerpaného 125fs Ti:safírovým řetězcem ve vývojové laboratoři FZÚ.



nějších experimentů. Části tohoto systému byly vyvinuty a navrženy a v současné době začala jejich instalace a testování. Systém transportu svazku by měl umožnit šíření vysoce výkonných pulzů s vysokou stabilitou. Pouze velmi malé odchylky v poziční stabilitě ohniska svazku v porovnání s vlastní stabilitou laserů mohou vzniknout během propagace svazku tímto systémem.

Mezinárodní a tuzemská spolupráce s proslulými mezinárodními laboratořemi v oblasti krátkých laserových pulzů pomohly s vývojem stěžejních prvků a diagnostických prostředků pro ELI Beamlines. Výsledky vědeckých experimentů a teoretického výzkumu provedeného členy vědeckých skupin vedly k velkému množství publikací ve vysoce hodnocených časopisech. Zejména teoretické výzkumy interakce vysoce intenzivního záření odhalují slibné výsledky pro budoucí experimenty. Četné množství výpočetních kódů a výpočetních prostředků poskytnutých naším výpočetním clusterem a spolupracujícími výpočetními centry v České republice a Německu budou dostupné v pomoci uživatelům pro nastavení vhodných parametrů experimentu nebo pro interpretaci možných experimentálních výsledků.

#### Několik vědeckých publikací je uvedeno níže:

1. D. Margarone et al., „Proton Acceleration Driven by a laser from a cryogenic thin solid hydrogen ribbon“, *Phys. Rev. X* 6 (2016) 041030.  
Tento výsledek je strategický pro budoucí využití ELIMAIA v aplikačních experimentech pro uživatele, kteří vyžadují vysoké opakovací frekvence a radiační dávky na testované vzorky. Současné terče, které mohou potenciálně pracovat s frekvencí 3-5 Hz, umožňují produkovat čistý svazek protonů (bez kontaminujících látek), který je požadován uživateli i provozovateli svazku částic (žádné znečištění optiky, snadný a reprodukovatelný zdroj). S využitím L3-PW laseru se předpokládá účinnost 30% přeměny laserové energie na energii protonů.
2. L. Lancia, A. Giribono, L. Vassura, M. Chiamello, C. Riconda, S. Weber et al., „Signatures of the Self-Similar Regime of Strongly Coupled Stimulated Brillouin Scattering for Efficient Short Laser Pulse Amplification“, *Phys. Rev. Lett.* 116 (2016) 075001.
3. M. Chiamello, F. Amiranoff, C. Riconda, S. Weber, „Role of Frequency Chirp and Energy Flow Directionality in the Strong Coupling Regime of Brillouin-Based Plasma Amplification“, *Phys. Rev. Lett.* 117 (2016) 235003.  
Tento dokument zkoumá jemné ladění, optimalizaci a kontrolu zesilování procesu, které by umožnilo

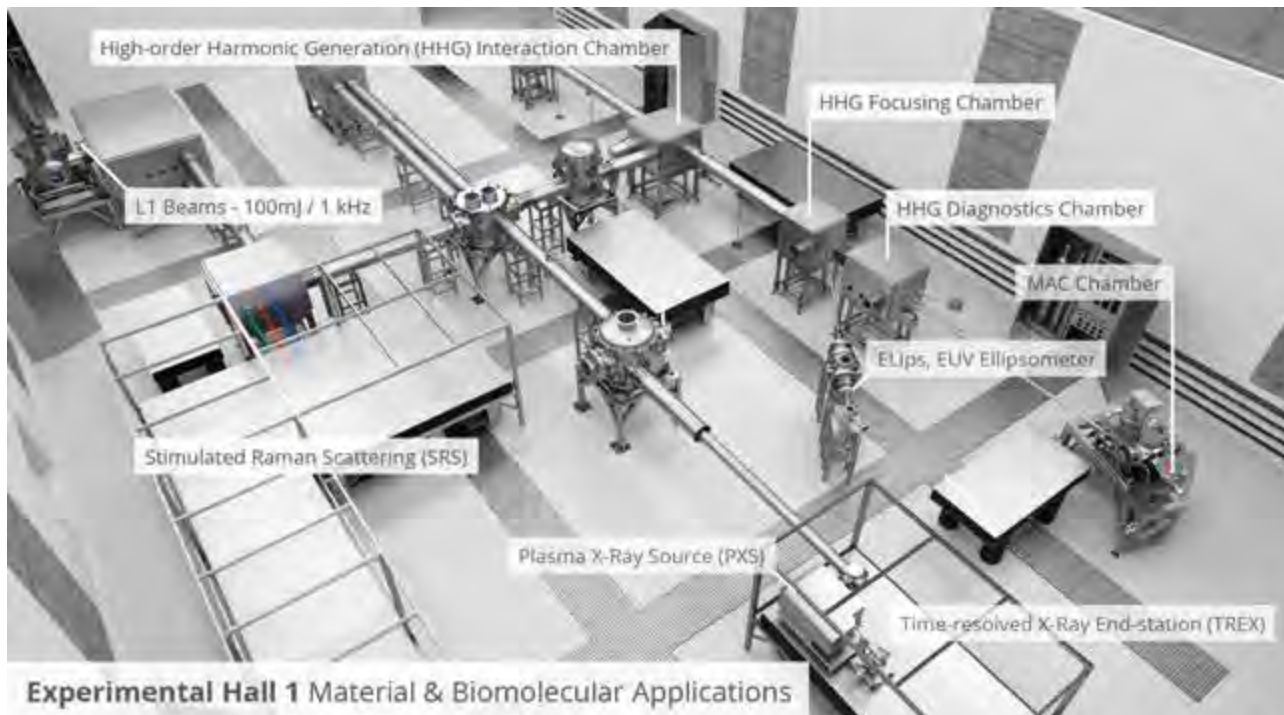
provést experimenty mnohem efektivněji. Zásadní význam frekvenčního rozmitnutí laserových pulzů byl potvrzen a byla odvozena analytická kritéria pro maximalizaci a potlačení procesu zesílení.

4. Y.J. Gu, O. Klimo, S. Weber, G. Korn, „High density ultrashort relativistic positron beam generation by laser-plasma Interaction“, *New J. Phys.* 18, 113023 (2016)). Článek identifikuje jednoduchý mechanismus pro získání zacílených pozitronových svazků při kritické hustotě použitím laserových pulzů vysoké intenzity, který může sloužit jako první možný vlnkový experiment pro 10PW laserový systém ve spojení s krátkou fokusací.
5. M. Ciappina et al., „Attosecond physics at the nanoscale“, *Rep. Prog. Phys.* (Přijato k publikování).  
Attosekundová fyzika a nanotechnologie, dva nedávno vznikající obory výzkumu, se začaly propojovat. Attosekundová fyzika je fenomén vyskytující se při ultrakrátkých laserových pulzech, s délkou ve femto a sub-femtosekundových časových škálách, při interakci s atomy, molekulami nebo pevnými látkami. Na druhé straně, další oblast zahrnuje manipulaci a strojírenství mezoskopických systémů, jako jsou pevné látky, kovy a dielektrika, s nanometrovou přesností. Zde uvádíme některé otevřené otázky, výzvy a vyhlídky pro experimentální potvrzení jak teoretických předpovědí, tak i experimentů určených k charakterizaci indukovaných polí a unikátní elektronové dynamiky, kterou iniciují ve vysokém časovém a prostorovém rozlišení.

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

Tento výzkumný program provedl v roce 2016 několik důležitých experimentů.

- Experiment HHG s dlouhou ohniskovou vzdáleností s využitím titan-safírového laseru byl proveden v laboratoři PALS. Díky této a dvěma předchozím experimentálním kampaním bylo vyhodnoceno škálování vstupních/výstupních parametrů zdroje. Byl proveden i první aplikační experiment na koherentní difraktní zobrazování s vícebarevnou rekonstrukcí.
- Dvě experimentální kampaně na vývoj betatronového zdroje byly provedeny také v laserovém centru PALS. Mechanismy injekce elektronů, stejně jako diagnostika plazmového urychlovače, urychlování elektronů a generování rentgenových paprsků byly úspěšně realizovány.

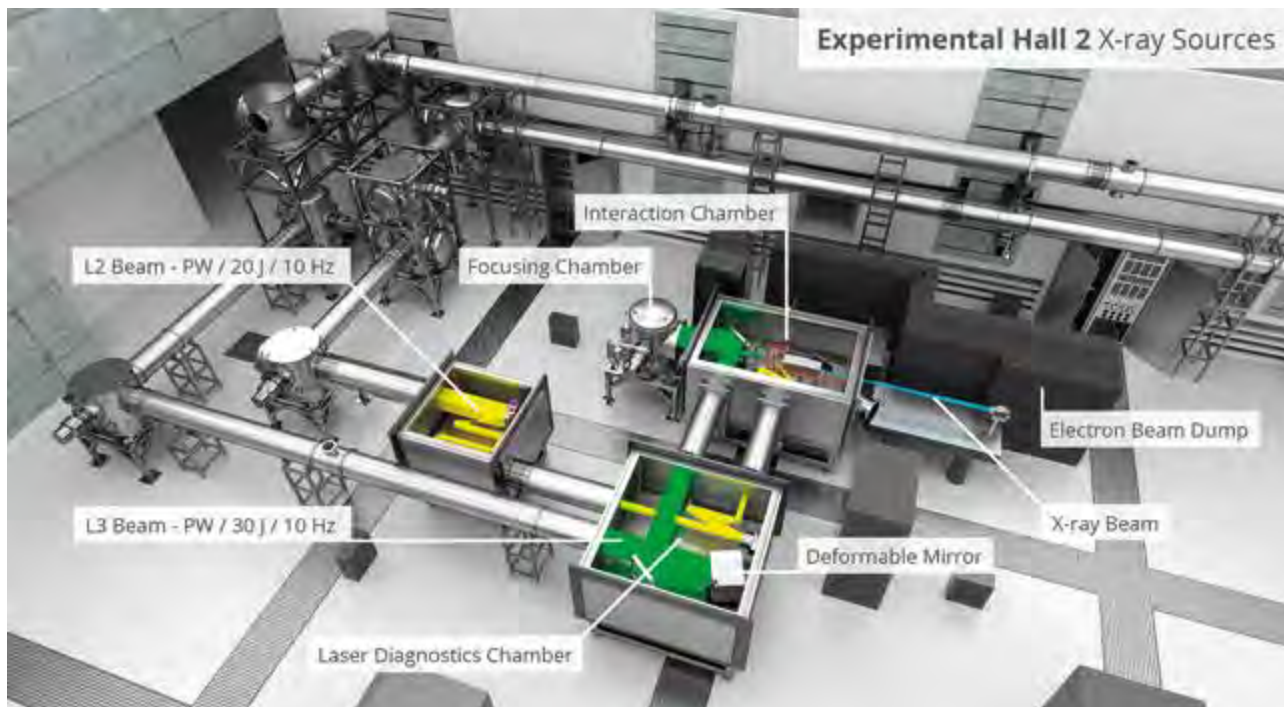


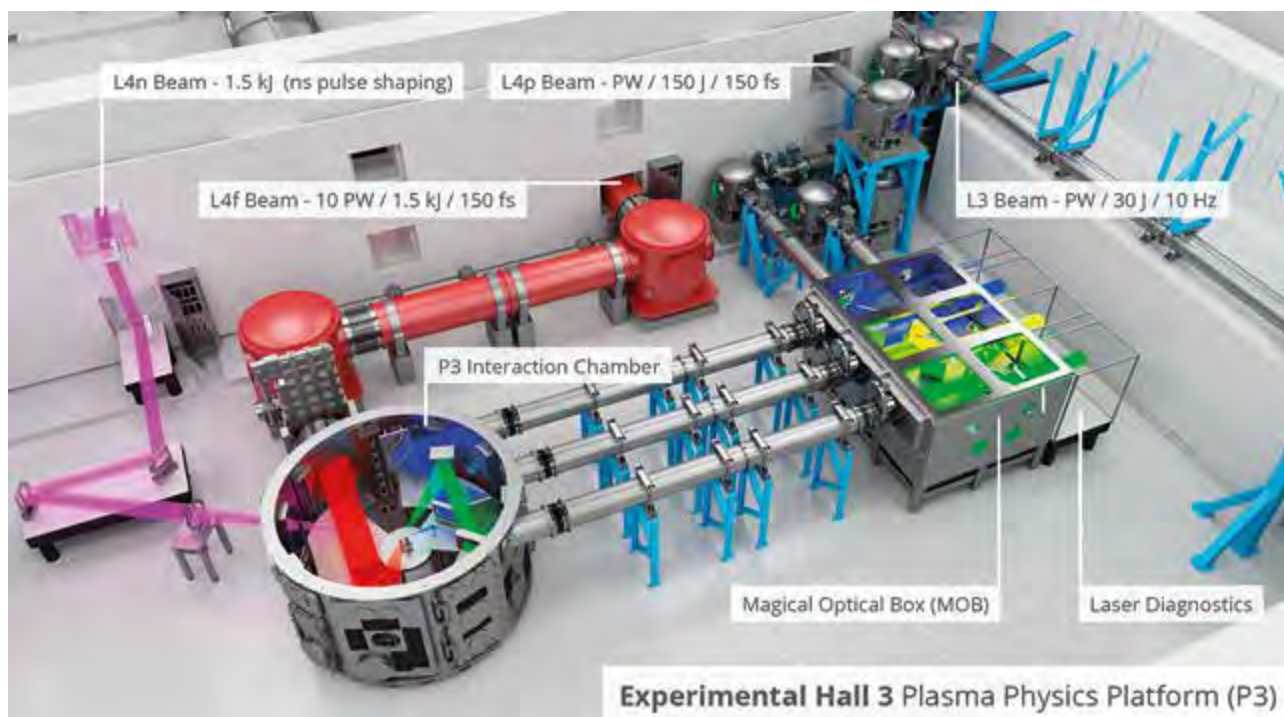
■ Experiment na zobrazování s fázovým kontrastem biologických vzorků pomocí zdroje plazmového betatronového záření a experimenty na jednovýstřelové měření prostorové koherence plazmových rentgenových laserů byly provedeny v laboratořích PALS a LOA.

**Výzkumný program 2 LUX**

Finální detailní technické návrhy všech komponent LUX svazku, potřebné pro tvorbu prvních fotonových

výstřelů, byly dokončeny (jedná se o technické návrhy terčové komory, dvou elektromagnetických kvadrupólů, optiky pro vyvedení laserového svazku na diagnostiku za terčem, monitory polohy elektronového svazku a rentgenový spektrometr). LUX experiment urychlil první elektronové svazky v červnu 2016. K dispozici bylo jen zhruba 1000 výstřelů, což prozatím nestačilo na vyladění a stabilizaci urychlovacího procesu. Při některých výstřelech již dosahovala energie elektronů hodnot 400





**Experimental Hall 3 Plasma Physics Platform (P3)**

MeV. Nejužší energetické spektrum mělo šířku 2 % FWHM při střední hodnotě 160 MeV. Parametry elektronového svazku budou následně ještě výrazně vylepšeny. Proces urychlování elektronů byl také simulován pomocí kódů WARP a PIConGPU, jejichž výsledky pomohly odhalit chybu ve stávajícím měření hustoty plazmatu terče, díky čemuž bude tato diagnostika vylepšena.

### Výzkumný program 3 ELIMAIA

Pro přípravu subsystémů ELIMAIA (např. pro terčikovou věž, detektory, spektrometry, plazmová zrcadla, uživatelské stanice) a pro přípravu terčiků ablací ns lasery, depozicí a implantací byla připravena testovací laboratoř v prostorách HiLase. Byly provedeny komplexní PIC a Monte Carlo simulace celého systému ELIMED a numerické simulace možného použití ELISE (terč z pevného vodíku) při použití laseru L3 za účelem maximalizace náboje protonového svazku pro generaci sekundárních svazků, např. kolimovaného neutronového svazku. V laboratoři PALS byl proveden experiment na proton-borovou jadernou fúzi pomocí laserem generovaných protonů v listopadu 2016. Probíhá zpracování dat a příprava článků o alternativním schématu pro hadronovou terapii z nedávného experimentu v LNS-INFN a o zobrazování za pomoci jaderných reakcí.

### Výzkumný program 3 HELL

Experimenty na urychlování elektronů s velmi stabilním směřováním byly v období červenec – srpen 2016 provedeny ve Varšavě při nízkých energiích (20–

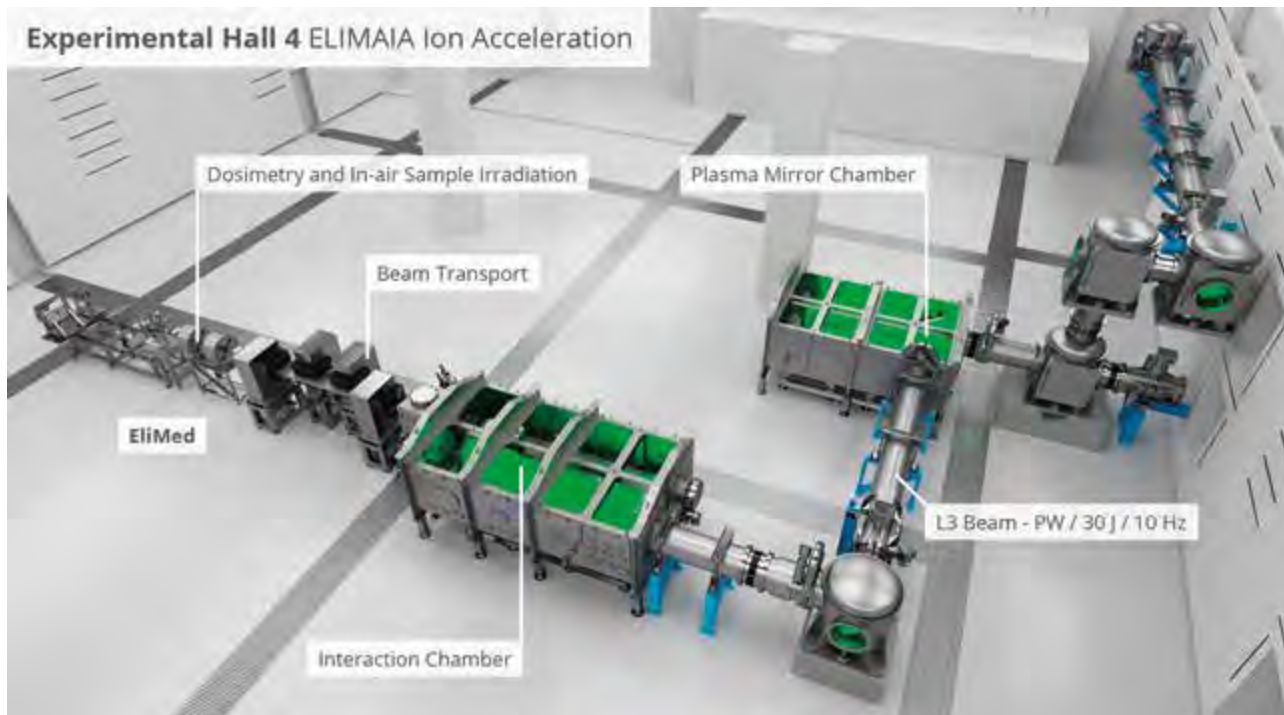
40 MeV). Předběžná data ukazují stabilitu směřování širokospektrálního elektronového svazku  $< 1$  mrad. Pro přípravu subsystémů HELL (např. interferometrická charakterizace terčiků, detektory, magnetický spektrometr, uživatelské stanice) byla připravena testovací laboratoř v prostorách HiLase. Plynem plněná kapilára a generování plazmového vlnovodu ns-laserem bude testováno v brzké době.

Komplexní simulace kombinující optický transport, korekci vlnoplochy a PIC simulace plazmatu byly provedeny pro urychlovač HELL v jeho spouštěcí fázi (200 TW, 30 fs, plynový terčik). Bylo provedeno srovnání mezi gaussovským, plochým a čtvercovým laserovým profilem pro nastavení s off-axis prabolou s fokální vzdáleností 6 m a 12 m.

### Výzkumný program 4

V roce 2016 experimentální tým sestavil laboratorní stanoviště pro femtosekundovou spektroskopii v centru HiLase. První experiment provedený v říjnu 2016 zkoumal tranzientní absorpci v dyádě karotenoid – ftalokyanin. Toto laboratorní stanoviště již přilákalo mezinárodní uživatele z Universität Hamburg / centra CFEL a Universität Leipzig.

Někteří členové týmu RP4 se zúčastnili i uživatelské kampaně na zařízení FLASH v Hamburku, která se zaměřila na pokusy studující dynamiku exploze vzorku (monochromatickou metodou pump-probe v oblasti VUV záření), k níž dochází během koherentního difraktivního zobrazování jednotlivých částic (CDI). Tým RP4 se také

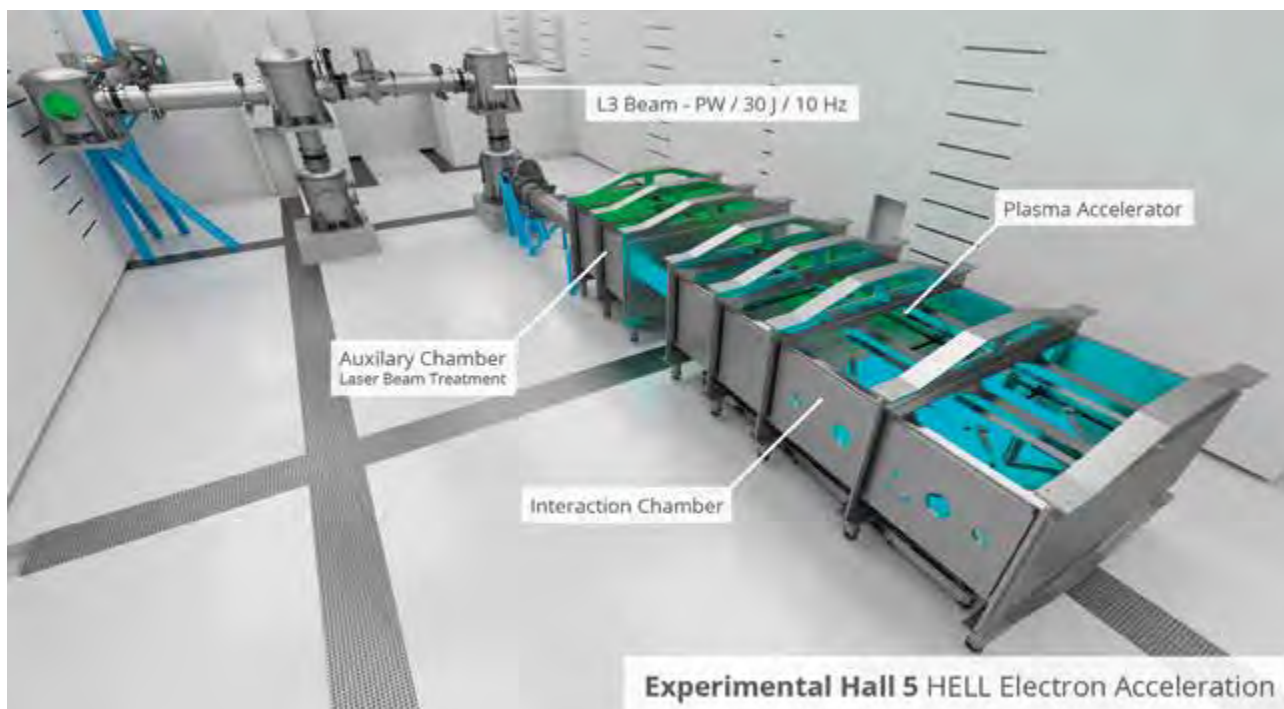


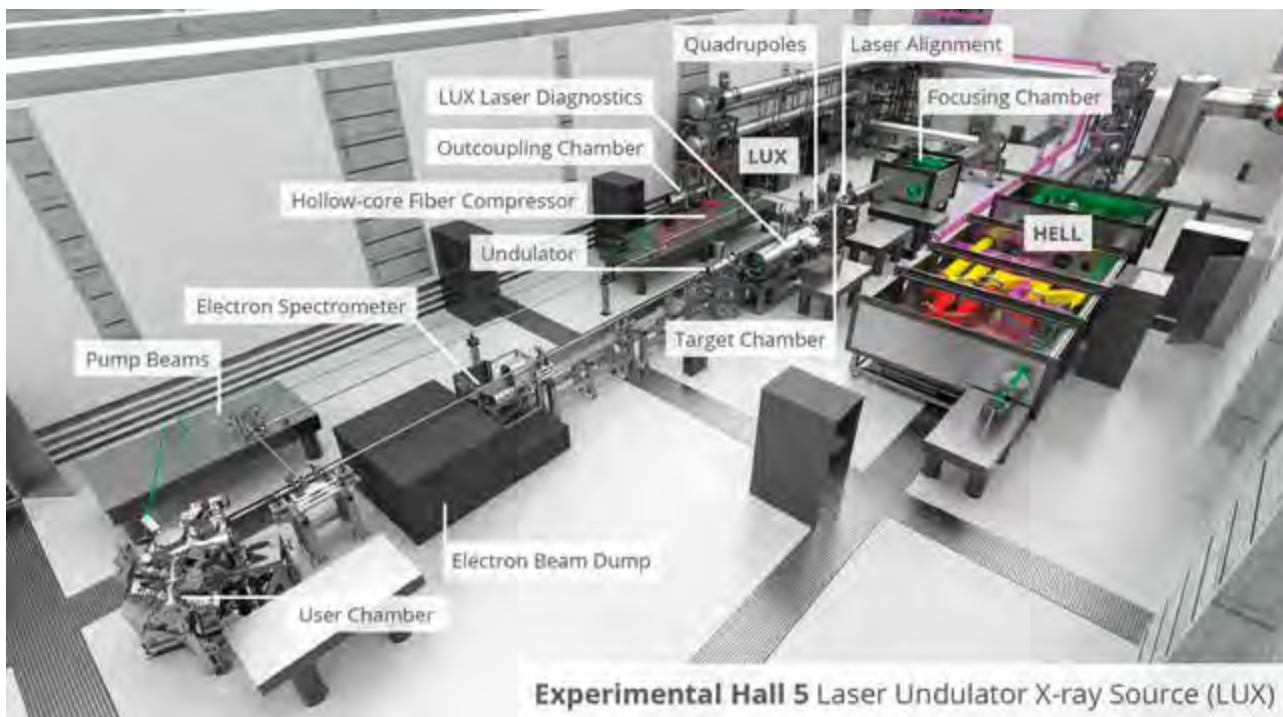
podílel na uživatelské kampani na zařízení ESRF, kde byl využit rentgenový detektor Eiger X 1M patřící ELI Beamlines. Tento experimentální tým získal grant Visegrádského fondu za účelem rozvoje vědecké komunity pro časově rozlišenou rentgenovou spektroskopii.

#### Výzkumný program 5 a 6

Experimenty s kondenzátorovou cívkou pro generování mega gaussových magnetických polí byly

provedeny na laserovém pracovišti PALS. Experimenty ukázaly, že makroskopické terče (několik cm) jsou adekvátní pro generování takovýchto polí a velikost terčů je vhodná pro efektivní stínění plazmatu v cívce. Výsledky byly prezentovány na EPS 2016 a APS-DPP 2016. Kalibrace zobrazovacích desek pro detekci elektronů v rozmezí energií mezi 0,2–2,2 MeV byla provedena pro identifikaci pozorovatelných parametrů interakce extrémních laserových polí s plazmatem v prvních experimentech





tohoto typu. Virtuální Beamline (VBL) je nyní schopná zobrazit výsledky komplikovaných simulací. Tento nástroj je dále přizpůsobován k poskytování webových

uživatelských nástrojů pro experimentální a teoretické předpovědi, přípravu experimentů a následné zpracování dat.





# Projekty programů EU řešené na pracovišti v roce 2016

## 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 Lumiere Matière (UCBL-ILM), Università degli Studi di Milano – Bicocca (UNIMIB), and Intelligentsia Consultants (Intelligentsia). Projekt ASCIMAT s celkovým rozpočtem 1 milion eur je jeden z pěti udělených z celkem 56 zaslaných návrhů v České republice. Celková úspěšnost v rámci výše zmíněné výzvy byla méně než 13 %.

## AIDA 2020 (J. Cvach)

Evropský projekt H2020

Účastníme se projektu „Moderní evropské infrastruktury pro detektory na urychlovačích“, akronym AIDA-2020. Projekt byl zahájen v květnu 2015 a potrvá 4 roky. Projekt spojuje dohromady hlavní evropské infrastruktury pro vývoj detektorů s řadou akademických institucí. Celkem se projektu účastní 19 zemí a CERN. Projekt vychází z priorit Evropské strategie pro částicovou fyziku. Konkrétně pracujeme v balíčku WP14: Infrastruktura pro moderní kalorimetry a balíčku WP5: Sběr dat pro testy na svazcích. Specifické úkoly, které řešíme, zahrnují: Infrastruktura pro testy inovativních kalorimetrů s optickým vyčítáním spolu s Universitou 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 Bristol) a DESY Hamburk.

## 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, přípravy a provedení transformace ze tří právně nezávislých stavebních projektů k provozu jako jedné mezinárodní právnické osoby, 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.

## EXMAG (J. Kuneš)

Evropský projekt pro pokročilá studia

Magnetické materiály jsou základem mnoha dnešních technologií. Ve většině aplikací jsou magnety ovládány magnetickým polem, se kterým přirozeně interagují. V poslední době se ovšem mohutně rozvíjejí koncepty technologií založených na ovládaní magnetů elektrickým polem nebo elektrickým proudem a naopak. Projekt EXMAG se věnuje výzkumu tzv. excitonové kondenzace, která dává vzniknout několika typům magnetických stavů, které se kvalitativně liší od klasických magnetů. Přechody mezi takovými stavy mohou být vyvolány velmi malými změnami vnějších parametrů jako jsou teplota, elektrické pole nebo tlak. Koncept excitonové kondenzace v magnetických materiálech je nový. V současnosti máme především výsledky výpočtů pro zjednodušené modely, které ukazují na bohatou fyziku tohoto jevu a umožňují nám identifikovat hlavní materiálové parametry, které jsou pro tento jev podstatné. Cílem projektu je prozkoumat teoretické modely, které vedou k excitonové kondenzaci a najít materiály, ve kterých se tyto modely realizují.

## 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)

Evropský projekt v rámci aktivity Teaming - Spreading Excellence and Widening Participation programu Evropské komise Horizon 2020

Hlavní náplní projektu „HiLASE Centre of Excellence - Phase 1“ je příprava operačního plánu modernizace stávající výzkumné infrastruktury HiLASE a přeměna pracoviště na centrum excelence evropského významu. Centrum výrazně rozšíří nabídku špičkových laserových technologií a aplikací pro uživatele. Projekt je realizován formou strategického partnerství s renomovanou výzkumnou institucí Science and Technology Facilities Council (STFC) z Velké Británie. Přenos rozsáhlých znalostí a zkušeností z STFC do HiLASE významně přispěje k zajištění efektivního fungování budoucího centra excelence. Připravovaný inovační program je pak nezbytným předpokladem pro dlouhodobou udržitelnost centra a také pro rozvoj regionu.

## HIPPOCAMP (Z. Hubička)

Evropský projekt výzkumné spolupráce zaměřený na nanomateriály

*Projekt HIPPOCAMP je zaměřen na rozvoj nového výrobního procesu sloužícího k vývoji nanokompozitů a k jejich použití jako vložených zpevňujících částí sloužících pro zlepšení funkčních vlastností produktů, které jsou vyráběny z kovových materiálů. Tyto materiály mohou být využity například jako strukturální prvky v automobilovém či leteckém průmyslu nebo pro větrné elektrárny.*

## Intelum (M. Nikl)

Evropský projekt H2020

*Projekt Intelum je čtyřletý evropský projekt v programovém období Horizon 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 poslání rozšiřovat evropskou základnu laserového výzkumu a aplikací vazbami na spřízněné vědecké komunity. To našlo svůj odraz i ve dvou startujících JRA – Innovative 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.*

## LUMINET (M. Nikl)

Evropský program pro podporu začínajících badatelů v oblasti luminiscenčních materiálů

*Síť evropských laboratoří v akademických a průmyslových institucích, která má za cíl vychovávat studenty a mladé vědecké pracovníky v oblasti luminiscenčních materiálů, jejich přípravy, charakterizace a aplikací. Mezi významné aplikace luminiscenčních materiálů patří fosfory pro pevnolátkové zdroje bílého světla, materiály pro konverzi energie v solárních článcích, markery pro biomedicínu a materiály pro detekci energetického ionizujícího záření. V posledně jmenované oblasti naše pracoviště vede doktoranda pracujícího na tématu scintilačních materiálů na bázi multikomponentních granátů.*

## MSNano (O. Šipr)

Projekt programu pro vědeckou výměnu mezi zeměmi EU a zeměmi mimo EU „International Research Staff Exchange Scheme“

*Cílem projektu je iniciovat prostřednictvím výměnných vědeckých pobytů vznik sítě dlouhodobě spolupracujících pracovišť, zabývajících se charakterizací materiálů spektroskopickými metodami. Experimentátoři tak získají vzájemně propojenou adaptabilní sadu programových balíčků vycházejících z formalismu mnohonásobného rozptylu, která umožní efektivnější využití spektroskopických technik v materiálovém výzkumu, zejména v oblasti nanostruktur.*





## 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 Horizon2020 ‘Developing the next generation technologies of renewable electricity and heating/cooling’. Tříletý projekt byl zahájen 1. října 2016 a jeho celkový rozpočet 5,6 M€ 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  $< 0,35 \text{ €/Wp}$ . Tato hodnota by dovolila dosažení LCOE nákladů na výrobu elektřiny v oblastech s hojným osluněním blíží se  $0,04 \text{ €/kWh}$ .

## 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 grafen, a feroelektrické a multiferoické materiály.

## OMSpin (T. Jungwirth)

Evropský projekt pro pokročilá studia

Spintronika založená na relativistických jevech v systémech s nulovým magnetickým momentem

Současná spintronika je založena na feromagnetických materiálech. Pro eventuální aplikace z toho vyplývá několik principiálních problémů, jako např. omezená hustota integrace vinou rozptylového magnetického pole či nemožnost účinného elektrického řízení vodivosti kovových feromagnetů. Projekt OMSPIN navrhuje a zkoumá radikální alternativu, spočívající v úplné eliminaci feromagnetických komponent a jejich funkčním nahrazením materiály se silnou spin-orbitální vazbou a s nulovým magnetickým momentem. Teoreticky i experimentálně jsou studovány tři možné cesty: (i) využití bimetalických slitin typu 3d-5d s antiferomagnetickým uspořádáním, (ii) identifikace a příprava antiferomagnetických polovodičů typu I-Mn-V, (iii) využití jevů na bázi spin-orbitální interakce v nemagnetických polovodičích s externě injektovanými spinově polarizovanými elektrony.

## Quantum L&P (T. Derrien)

Evropský projekt v rámci aktivity Marie Skłodowska-Curie programu Evropské komise Horizon 2020

Projekt pod názvem “Kvantové efekty při mnohobarevném ultrarychlém laserovém zpracování materiálu: posouvání hranic klasických popisů” se zaměřuje na výzkum interakce ultrakrátkých laserových pulzů s polovodičovými materiály. Tento teoreticky zaměřený projekt je řešen v laserovém centru HiLASE a zahrnuje i 6měsíční výzkumnou stáž v Max-Planck-Institute for the Structure and Dynamics of Matter (Hamburk, Německo) věnovanou pokročilému kvantovému modelování. Výzkum poskytne 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 součástek využívajících hybridní organicko-anorganická rozhraní.*

## 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.*





# Spolupráce s vysokými školami v roce 2016

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

### Forma vědeckého vzdělávání

#### ■ Doktorandi (studenti DSP) v prezenční formě studia

Počet doktorandů k 31. 12. 2016:	88
Počet absolventů v roce 2016:	21
Počet nově přijatých v roce 2016:	24

#### ■ Doktorandi (studenti DSP) v kombinované a distanční formě studia

Počet doktorandů k 31. 12. 2016:	43
Počet absolventů v roce 2016:	4
Počet nově přijatých v roce 2016:	1

#### ■ Celkový počet doktorandů

Počet doktorandů k 31. 12. 2016:	131
Počet absolventů v roce 2016:	25
Počet nově přijatých v roce 2016:	25

#### ■ Z toho zahraniční doktorandi

Počet doktorandů k 31. 12. 2016:	31
Počet absolventů v roce 2016:	10
Počet nově přijatých v roce 2016:	8

### Forma výchovy studentů pregraduálního studia

Celkový počet bakalářů:	30
Celkový počet diplomantů:	29
Počet pregraduálních studentů podílejících se na vědecké činnosti ústavu:	59

### Vědecké a vědecko-pedagogické hodnosti pracovníků ústavu

	vědecká hodnost nebo titul		vědecko-pedagog. hodnost	
	DrSc., DSc.	CSc., Ph.D.	profesor	docent
Počet k 31. 12. 2016	29	409	15	15
z toho uděleno v roce 2016	0	8	0	0

## ■ 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 2015/2016:	667/679/297
Zimní semestr 2016/2017:	1375/1111/323
  
- Počet semestrálních cyklů přednášek/seminářů/cvičení v bakalářských programech
 

Letní semestr 2015/2016:	18/17/7
Zimní semestr 2016/2017:	37/23/11
  
- Počet semestrálních cyklů přednášek/seminářů/cvičení v magisterských programech
 

Letní semestr 2015/2016:	24/7/3
Zimní semestr 2016/2017:	46/21/8
  
- Počet pracovníků ústavu působících na VŠ v programech bakalářských/magisterských/doktorských
 

Letní semestr 2015/2016:	23/20/9
Zimní semestr 2016/2017:	30/36/9

## ■ 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 2015/2016 (2016/2017): 353 (345)
- Počet vedených prací (např. SOČ): 2 (1)
- Počet (spolu)organizovaných soutěží: 2 (1)

## ■ Spolupráce pracoviště s VŠ ve výzkumu

- Počet projektů řešených v r. 2016 společně s VŠ (grantové/programové)
 

Pracoviště AV příjemcem	24/1
Pracoviště AV spolupříjemcem	20/0



## ■ Doktorandi a diplomanti, kteří vypracovali doktorskou či diplomovou práci ve Fyzikálním ústavu AV ČR a obhájili ji v roce 2016

### Doktorandi

Ing. Michal Marčíšovský, Ph.D. (FJFI ČVUT)

A Study of bb- Production Mechanism Using ATLAS detector

školitel: Václav Vrba, CSc. (FZÚ)

Mgr. Jaroslava Schovancová, Ph.D. (MFF UK)

Measurement of top quark properties

školitel: RNDr. Jiří Chudoba, Ph.D. (FZÚ)

Ing. Jakub Vícha, Ph.D. (FJFI ČVUT)

Složení částic kosmického záření vysokých energií s ohledem na směry jejich příletu a znalost interakcí částic v atmosférických sprškách

školitel: RNDr. Petr Trávníček, Ph.D. (FZÚ)

Ing. Filip Dominec, Ph.D. (FJFI ČVUT)

Laditelné dielektrické metamateriály pro terahertzovou spektrální oblast

školitel: Mgr. Filip Kadlec, Dr. (FZÚ)

Ing. Francois Tissot, Ph.D. (FJFI ČVUT/La Communauté Université Grenoble Alpes)

Contribution to mechanical characterization and modeling of knitted textiles made from NiTi wires /

Contribution à la caractérisation mécanique et à la modélisation des tricots de Nickel-Titane

školitel: Denis Favier (Laboratoires TIMC-IMAG, La Communauté Université Grenoble Alpes),

Prof. Dr. RNDr. Miroslav Karlík (FJFI ČVUT)

školitel specialista: Ing. Luděk Heller, Ph.D. (FZÚ)

RNDr. Michal Svatuška, Ph.D. (MFF UK)

Fabrication, heat treatment and characterization of thin layer NiTi alloys

školitel: Ing. David Vokoun CSc. (FZÚ)

Ing. Václav Petrák, Ph.D. (FBMI ČVUT)

Biomimetic devices using artificial cell membranes constructed on nanodiamond thin films as a tool for monitoring of membrane processes

školitel: RNDr. Miloš Nesládek, CSc. (FBMI ČVUT)

školitel specialista: Dr. Vincent Mortet, Ph.D. (FZÚ)

Ing. Petr Písařík, Ph.D. (FBMI ČVUT)

Doped diamond-like carbon for medical

školitel: prof. Ing. Miroslav Jelínek, DrSc. (FZÚ)

Ing. Jan Mikšovský, Ph.D. (FBMI ČVUT)

Study of laser prepared thin films for biomedicine

školitel: prof. Ing. Miroslav Jelínek, DrSc. (FZÚ)

Ing. Peter Pikna, Ph.D. (FEL ČVUT)

Passivation of Thin Film Silicon Solar Cells

školitel: prof. Ing. Vitězslav Benda, CSc. (FEL ČVUT)

školitel specialista: RNDr. Antonín Fejfar, CSc. (FZÚ)

Mykola Telychko, Ph.D. (MFF UK)

Studying possibilities of graphene functionalization using AFM and STM techniques

školitel: Ing. Pavel Jelínek, Ph.D. (FZÚ)

Ing. Prokop Hapala, Ph.D. (MFF UK)

Theoretical simulations of charge transport in nanostructures

školitel: Ing. Pavel Jelínek, Ph.D. (FZÚ)

Ing. Markéta Zíková Ph.D. (FJFI ČVUT)

Band structure engineering of InAs/ GaAs quantum dots

školitel: Ing. Alice Hospodková Ph. D. (FZÚ)

školitel specialista: doc. Ing. I. Richter Dr. (FJFI ČVUT)

Ing. Jakub Železný Ph.D. (MFF UK)

Elektronová struktura a magnetické vlastnosti antiferomagnetických polovodičů a kovů

školitel: Tomáš Jungwirth Ph.D. (FZÚ)

RNDr. Lukáš Nádvorník, Ph.D. (MFF UK)

Relativistic spintronic effects in semiconductor structures

školitel: Tomáš Jungwirth, Ph.D. (FZÚ)

RNDr. Martin Rejman, Ph.D. (MFF UK)

Luminiscenční vlastnosti fosforů ve vysoce výkonných LED aplikacích

školitel: doc. Ing. Martin Nikl, CSc. (FZÚ)

## Diplomanti

Mgr. Pavel Jiroušek (MFF UK)

On Extended Mimetic Gravity

školitel: Dr. Alexander Vikman (FZÚ)

Mgr. Radek Novotný (MFF UK)

J/Psi Spin Alignment Studies Using The ATLAS Detector

školitel: Ing. Michal Marčíšovský, Ph.D. (FZÚ)

Ing. Petr Veřtát (FJFI ČVUT)

Studium martensitické transformace v Ni-Mn-Ga a podobných Heuslerových slitinách

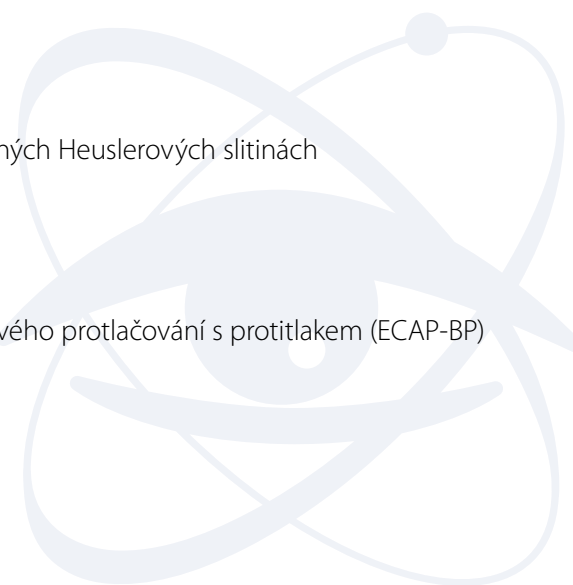
školitel: Ing. Jan Drahekoupil, Ph.D. (FZÚ/FJFI ČVUT)

školitel specialista: Oleg Heczko, Dr. (FZÚ)

Ing. Karel Tesař (FJFI ČVUT)

Tváření komerčně čistého titanu pomocí úhlového kanálového protlačování s protitlakem (ECAP-BP) za pokojové teploty

školitel: RNDr. Aleš Jäger, Ph.D. (FZÚ)



Ing. Štěpán Poláček (FJFI ČVUT)

Nanomechanické vlastnosti hexagonálních kovů

školitel: RNDr. Aleš Jäger, Ph.D. (FZÚ)

Mgr. Jan Šupík (PřF UPOL)

Analýza prostorových a spektrálních vlastností parametrické sestupné konverze pomocí čítání fotonů

školitel: doc. RNDr. Ondřej Haderka, Ph.D. (FZÚ)

Mgr. Marek Bula (PřF UPOL)

Návrh a konstrukce lineárně-optických zařízení pro kvantovou komunikaci

školitel: Mgr. Karel Lemr, Ph.D.

Ing. Alina Pranovich (FJFI ČVUT)

Experimentální charakterizace zařízení na detekci obsahu CO<sub>2</sub> ve vzduchu

školitel: Prof. Ing. Ivan Procházka, DrSc.

školitel specialista: Ing. Martin Divoký, Ph.D. (FZÚ)

Ing. David Vojna (FEL ČVUT)

Numerická simulace šíření laserového svazku tepelně zatíženým prostředím

školitel: Ing. Ondřej Slezák, Ph.D. (FZÚ)

Ing. Yana Fetisova (FJFI ČVUT)

Graphene nanostructures

školitel: RNDr. Antonín Fejfar, CSc. (FZÚ)

školitel specialista: doc. Ing. Ivan Richter Dr. (FJFI ČVUT), RNDr. Zdeňka Hájková, Ph.D. (FZÚ)

Ing. Josef Souček (FM TUL)

Měření a modelování optických spekter nanokompozitních tenkovrstvých materiálů

školitel: Ing. Štěpán Kunc (TUL)

školitel specialista: Mgr. Zdeněk Remeš, Ph.D. (FZÚ)

Mgr. Apolena Vondrášková (FJFI ČVUT)

Luminescence and scintillation characteristics of nanopowder scintillators based on aluminum garnets

školitel: doc. Ing. Martin Nikl, CSc. (FZÚ)

Mgr. Zdeněk Kašpar (MFF UK)

Studium precese magnetizace v materiálech a strukturách pro spintroniku

školitel: Mgr. Kamil Olejník, Ph.D. (FZÚ)

## ■ 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 4He 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: [kfl.cz/jlms](http://kfl.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-součástí 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/oe/laserove-laboratore/laborator-opto-spintroniky](http://physics.mff.cuni.cz/kchfo/oe/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. Mikrokrystalické 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)

## ■ 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*.





# Popularizace, konference, hosté, dohody

## ■ Nejvýznamnější popularizační aktivity pracoviště

### ■ Československý časopis pro fyziku

Fyzikální ústav zajišťuje práci redakce (vedoucí redaktor, grafik 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 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.

### ■ Dny otevřených dveří (3. – 5. 11. 2016) 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 laboratoře FZÚ prohlédlo přibližně 650 návštěvníků, z toho 400 studentů, další zájemci si prohlédli laboratoř PALS, společné pracoviště s ÚFP. V rámci Dnů otevřených dveří bylo v roce 2016 zpřístupněno celkem 20 pracovišť, např. 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. Akce proběhly ve spolupráci s Akademií věd ČR a Univerzitou Palackého v Olomouci.

### ■ 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, Český rozhlas, Radio Wave aj.).

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

Pracovníci FZÚ publikovali či poskytli podklady pro několik desítek příspěvků, např. „Vědci získali cenu za umělé hlasivky i svítící krystaly“ (Hospodářské noviny), „Čeští vědci slaví mezinárodní úspěch ve výzkumu nanokrystalů“ (Pražský deník), „Lasery pro ELI Beamlines – kdy dorazí nejmodernější technologie v Evropě?“ (sciencemag.cz), „Zápis dat v antiferomagnetech: Sci-fi se stává realitou“ (vedaprozivot.cz) nebo „Nanotechnologie mění stavební průmysl“ (tzbinfo.cz).

### ■ Exkurze studentů středních a vysokých škol

probíhaly ve FZÚ na základě individuální dohody v průběhu celého roku 2016, tímto způsobem FZÚ navštívilo více než několik set studentů.

### ■ Příležitostné popularizační přednášky a besedy

V průběhu roku 2016 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).

### ■ Další akce

Badatelé z FZÚ se podíleli též na prezentaci FZÚ na několika tematických akcích a veletrzích. FZÚ byl představen například na Veletrhu vědy v PVA EXPO Letňany, Veletrhu vědy, výzkumu a inovací v Brně, Academia Filmu v Olomouci, Festivaly vědy Univerzity Karlovy či Dni firem pro fyziku studentům MFF UK a ČVUT. Na našem ústavu také probíhají stáže projektu Otevřená věda.

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

- TOP2016 – 9. mezinárodní workshop o fyzice top kvarku („The 9<sup>th</sup> International Workshop on Top Quark Physics TOP2016“), pořadatelé: Univerzita Palackého v Olomouci, Fyzikální ústav AV ČR, Karlova Univerzita, České vysoké učení v Praze, počet účastníků 131, z toho 118 zahraničních.
- 10. mezinárodní Fröhlichovo symposium: Biofyzikální aspekty rakoviny („10<sup>th</sup> International Fröhlich's Symposium: Biophysical Aspects of Cancer“), pořadatelé: Fyzikální ústav AV ČR, 1. lékařská fakulta Univerzity Karlovy, počet účastníků 47, z toho 26 zahraničních.
- XXII. Polsko-český seminář: Strukturní a feroelektrické fázové přechody („XXII Polish-Czech Seminar: Structural and Ferroelectric Phase Transitions“), pořadatelé: Ústav molekulární fyziky PAS, Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i., 102 účastníků, z toho 82 zahraničních.
- NoTeDev Workshop, pořadatelé: Fyzikální ústav AV ČR a Univerzita Durham, Spojené království, 28 účastníků, z toho 20 zahraničních.
- Mezinárodní konference o kvantových kapalinách a pevných látkách 2016 („International Conference on Quantum Fluids and Solids 2016“), pořadatelé: Univerzita Karlova, Matematicko-fyzikální fakulta a Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i., 221 účastníků, z toho 206 zahraničních.
- 12. interregionální workshop na pokročilé nanomateriály („12<sup>th</sup> Interregional Workshop on Advanced Nanomaterials“), pořadatelé: Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i., Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, 37 účastníků, z toho 25 zahraničních.
- 1<sup>st</sup> Joint Czech-Israeli Workshop Strong electron correlations in nano-materials for advanced energy applications, pořadatelé: Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i., Nuclear Research Center Negev, Beer-Sheva, Israel, počet účastníků 30, z toho 12 zahraničních.
- Třetí mezinárodní škola o aperiodických krystalech („Third International School on Aperiodic Crystals“), pořadatelé: Department of Physics, University of Antwerp a Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i., 40 účastníků, všichni zahraniční.
- Struktura krystalů: experiment a řešení („Crystal structure: experiment and solution“), pořadatelé: Státní univerzita Ivana Franka ve Lvově a Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i., počet účastníků 80, všichni zahraniční.
- 7. workshop rentgenové krystalografie v Šanghaji („7<sup>th</sup> Shanghai Workshop on X-ray Crystallography“), pořadatelé: The school of materials science and engineering of Shanghai University a Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i., 70 účastníků, všichni zahraniční.

- Nové trendy v určování magnetických struktur („New trends in Magnetic Structure Determination“), pořadatelé: Institute of Laue-Langevin, Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i., 40 účastníků, z toho 35 zahraničních.
- 29. – 31. Ad Hoc Workshop on Jana2006, pořádal Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i., 34 účastníků, z toho 26 zahraničních.
- 3. škola rentgenové mikroanalýzy („3rd School of X-Ray microanalysis“), pořadatelé: Spektroskopická společnost Jana Marka Marci a Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i., počet účastníků 30, z toho 1 zahraniční.
- ALFA & AFP General Meeting 2016, pořadatelé: Univerzita Palackého a Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i., 15 účastníků, z toho 8 zahraničních.
- AtmoHEAD, pořadatelé: Univerzita Palackého a Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i., 18 účastníků, z toho 12 zahraničních.
- 2nd SST-1M General Meeting, pořadatelé: Univerzita Palackého a Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i., 12 účastníků, z toho 6 zahraničních.
- Mezinárodní symposium NanoNet („NanoNet International Workshop“), pořadatelé: Helmholtz-Zentrum Dresden Rossendorf a Fyzikální ústav AV ČR v. v. i., 60 účastníků, z toho 35 zahraničních.
- 1. výroční workshop HiLASE, pořádal Centrum HiLASE, Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i., 64 účastníků, z toho 51 zahraničních.

## ■ Nejvýznamnější zahraniční vědci, kteří navštívili pracoviště

- Prof. Marc C. Hersam, profesor materiálových věd a inženýrství na McCormick School of Engineering and Applied Science, USA, velvyslanec pro vědu USA 2016, editor ACS Nano
- Prof. Sadahiro Tsurekawa, Kumamoto university, Japonsko, specialista v oblasti studia vlastností hranic zrn a řízené modifikace struktury, společný projekt s FZÚ
- Prof. Warren Picket, University of California, Davis, USA, přední odborník na výpočty elektronových struktur systémů s korelovanými elektrony
- Prof. Giorgio Sangivanni, Institut für Theoretische Physik, Universität Würzburg, Německo, přední odborník v oboru topologických fázových přechodů, zabývá se výpočty elektronové struktury
- Prof. Chang-Beom Eom, Univerzita ve Wisconsinu-Madisonu, USA, přední odborník na problematiku tenkých epitaxních vrstev a heterostruktur na bázi komplexních kyslíčků.
- Prof. Xavier Balandraud, Laboratoire de recherche Institut Pascal UMR6602, CNRS/IFMA, Sigma Clermont, Francie, přední odborník na mechaniku funkčních materiálů, spolupráce s FZÚ ve vědecké výchově
- Dr. Chi-Chung Kei, Instrument Technology Research Center, National Applied Research Laboratories Hsinchu, Taiwan, přední odborník na vývoj depozičních zařízení ALD, projektová spolupráce s FZÚ
- Prof. Benno Willke - Institut Alberta Einsteina a Leibnizova univerzita v Hannoveru, Německo, špičkový fyzik zaměřený na laserové systémy a interferometrii, významný člen kolaborace LIGO, zodpovědné za vývoj, výrobu a instalaci laserového systému detektoru LIGO (systém pro detekci gravitačních vln)
- Prof. Arie Zigler - Hebrejská univerzita v Jeruzalémě, Racahův fyzikální institut, Izrael, odborník v oblasti elektrooptiky, spektroskopie, vysokovýkonových laserů, fyziky plazmatu a interakce vysoce intenzivního laserového impulzu s hmotou
- Prof. Johann Rafelski - Arizonská univerzita, USA, teoretický fyzik zaměřený na částicovou fyziku, kvantovou chromodynamiku a elektrodynamiku; ve svém výzkumu řeší např. strukturu vakua v přítomnosti elektromagnetických polí o vysoké intenzitě

- Prof. Pavel Kroupa, Helmholtz Institute for Radiation and Nuclear Physics, Bonn, Německo, odborník na kosmologii a stelární astronomii
- Dr. Tania Paskova, North Carolina State University, National Science Foundation, USA, expertka na růst krystalů III-V skupiny polovodičů metodami HVPE a MOCVD
- Prof. Hideo Ohno, Tohoku University, Sendai, Japonsko, jeden ze světově nejuznávanějších vědců v základním a aplikovaném výzkumu magnetických pamětí
- Prof. Harald Brune, École polytechnique fédérale de Lausanne EPFL, Lausanne, Švýcarsko, zabývá se výzkumem nanostruktury kovů
- Prof. Andres Arnau, Donostia International Physics Center, DIPC, San Sebastian, Španělsko, významný pracovník ve fyzice komplexních materiálů
- Prof. Thomas Michely, University of Köln, Německo, jeho oborem jsou nízkodimenzionální nanostruktury
- Dr. Stefaan de Wolf, King Abdullah University of Science and Technology, Saudi Arabia, odborník v oblasti studia fotovoltaických struktur založených na křemíku a/nebo perovskitech
- Dr. Marek Maláč, University of Alberta, Kanada, jeho oborem je transmisní elektronová mikroskopie s vysokým rozlišením
- Dr. Vincent Pichot, French-German Research Institute of Saint-Louis, Francie, odborník v oblasti fyziky a chemie energetických nanomateriálů
- Dr. Jan Benedikt, Ruhr-Universität Bochum, Německo, plazmatická příprava nanočástic, průkopník v plazmatickém výboji za atmosférického tlaku
- Dr. Christophe Dujardin, ILM, University Claud Bernard, Lyon I. Francie, odborník z předního evropského pracoviště v oboru luminiscenčních nanomateriálů a jejich využití v moderních aplikacích
- Prof. Chan Im, Dept. of Chemistry, Konkuk University, Soul, Jižní Korea, řešitel mezinárodního (ČR, SR, Korea) projektu Nanostrukturované hybridní organické-anorganické solární články
- Prof. Marco Cavaglia, Associate Professor University of Mississippi, přední odborník na fyziku a pozorování gravitačních vln, Assistant Spokesperson of LIGO Scientific Collaboration
- Prof. Glenn Barnich, Université Libre de Bruxelles & International Solvay Institutes, přední odborník na formální aspekty a symetrie v kvantové teorii pole a obecné teorii relativity
- Dr. Michael Unger, Karlsruhe Institute of Technology, Německo, vědecký koordinátor Observatoře Pierra Augera
- Prof. Ruxin Li, Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Čína, přední odborník v oblasti ultraintenzivních laserů a fyziky laserového plazmatu
- Dr. Gediminas Raciukaitis, Center for Physical Sciences and Technology, Litva, přední odborník v oblasti laserových technologií a aplikací laserů pro mikro/nanoobrábění povrchů
- Prof. Alfred Vogel, University of Luebeck, Německo, přední odborník v oblasti interakce laserového záření s biologickými tkáněmi a aplikací laserů v medicíně
- Prof. Dekhtyar Yuri, Institute of Biomedical Engineering and Microtechnologies, Riga Technical University, Latvia, významný odborník v oblasti fotoelektronové spektroskopie a mikroskopie a biofyziky
- Prof. dr. hab. Bogdan Kowalski, Institute of Physics PAS, Poland, významný odborník v oblasti fyziky povrchů, nanodrátů a polovodičů
- Prof. Robert A. Evarestov, vedoucí Katedry kvantové chemie Státní Univerzity v Petrohradu, významný odborník v oblasti teorie pevných látek

- Dr. Francisco Javier Cubero, Complutense University School of Medicine, Madrid, významný odborník v oblasti biomedicíny

## ■ Aktuální meziústavní dvoustranné dohody 2016

- Laboratoire d'Optique Appliquée (LOA), at ENSTA-ParisTech, Palaiseau, Francie, využívání výkonných diodově čerpaných laserů pro studium laserem vyvolaných poškození
- Laboratori Nazionali del Sud (LNS) of INFN, public research institution, Catania, Itálie, vědecká a technologická spolupráce na lékařských aplikacích na ELI Beamlines
- Research Institute for Science and Engineering, Waseda University, Japonsko, spolupráce v oblasti využití výkonných diodově čerpaných laserů pro studie v oblasti měkkého rentgenového záření
- Faculty of Engineering, Graduate School of Engineering, Utsunomiya University, Japonsko, aplikace laserem vytvořeného plazmatu pro studium zdrojů rentgenového záření
- Advanced Photonics Research Institute (APRI-GIST), Gwangju, Korea, interakce ultraintenzivního laserového záření s hmotou na ELI Beamlines
- Advanced Photonic Research Institute of GIST, Gwangju, Korea, vývoj X-laserů a jejich využití
- Institute of Optics and Quantum Electronics (IOQ), Jena, Německo, využití výkonných diodově čerpaných laserů ve vědě a technologii
- Institute of Automation and Control Processes of Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Rusko, růst a vlastnosti polovodičových nanoheterostruktur a nanomateriálů
- Board of the Large Synoptic Survey Telescope Inc., Tucson, USA, využívání unikátního teleskopu
- HITACHI EUROPE LIMITED, Berkshire, Velká Británie, výzkum v oblasti nanospintroniky
- The Queen's University of Belfast (Queen's), University Road, Belfast, Velká Británie, experimenty na ELI Beamlines
- Research and Development Center Saigon Hi-Tech Park of the Ho Chi Minh City, Vietnam, vývoj alternativních PECVD technologií přípravy hydrogenovaných tenkých křemíkových filmů pro solární cely
- Korea Institute of Materials Science, Korea, Scientific and Technological Collaboration in materials science and technology
- Laser-Laboratorium Göttingen e.V. (LLG), Německo, Collaborative Program on EUV light source and applications
- Ferdinand-Braun-Institut, Leibniz-Institut fuer Hoehstfrequenztechnik (FBH), Berlin, Německo, Collaborative Program on Laser-Diode Technology for High Average Power, Diode-Pumped Solid State Lasers
- Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf e.V. (HZDR), Dresden, Německo, collaboration towards „Plasma and High Energy Density Physics“ experiments at ELI Beamlines
- Kazimierz Wielki University in Bydgoszcz, Polsko, research field of optical, optoelectronic, luminescence and scintillation materials
- Moskevská státní univerzita M. V. Lomonosova, Moskva, Rusko, příprava a výzkum organických spontánně se uspořádávajících materiálů s kapalně krystalickými vlastnostmi
- National Research Nuclear University, Moscow, Rusko, collaboration towards „ultra-intense laser matter interaction“
- The European Organization for Nuclear Research (CERN), Švýcarsko, Cooperation for the CLIC Detector and Physics Study

- Sumy State University, Ukrajina, In vivo monitoring of delivery of magnetically labeled stem cells and magnetic carriers
- UT-BATTELLE, LLC, Oak Ridge National Laboratory (ORNL), USA, experimenty neutronové difrakce v ORNL
- CERN (Crystal Clear Collaboration, RD-18), Švýcarsko, vývoj nových scintilačních materiálů pro aplikace především ve fyzice vysokých energií, medicíně a bezpečnostních technikách
- Pierre et Marie Curie University, Paris, Francie, agreement on cooperation – educational and research programs (Eli Beamlines project)
- The European Synchrotron Radiation Facility, Grenoble, Francie, Memorandum of Understanding for TANGO Collaboration (Eli Beamlines project)
- University of Parma, Information Engineering Department (DII), Itálie, Memorandum of Understanding on Collaborative Program on a Fiber Development for High Average Power, Diode-Pumped Solid State and Fiber Lasers
- Section of Radiological Sciences of the Department of Biomedical Sciences and of Morphologic and Functional Imaging of the University of Messina, Itálie, Memorandum of Understanding for a scientific and technological collaboration for „Monte Carlo characterization of Radiation Fields“ at Eli Beamlines
- Japan Atomic Energy Agency (JAEA), Japonsko, General Arrangement for Cooperation in Research, Development and Applications of High Power Laser Systems
- Frontier Research Institute for Interdisciplinary Sciences, Tohoku University, Japonsko, Joint research agreement (HiLASE)
- Cherenkov Telescope Array Observatory gemeinnützige GmbH, Heidelberg, Německo, smlouva o vstupu FZÚ do „CTAO gGmbH“
- Ural Federal University, Ekaterinburg, Rusko, Memorandum of Understanding for collaboration on the „Modeling of innovative materials on the basis of first-principles electronic structure calculations“
- Centro Láser de la Universidad Politécnica de Madrid (CLUPM), Madrid, Španělsko, Memorandum of Understanding on Collaborative Program on a Development of Laser Shock Processing
- The European Organization for Nuclear Research (CERN), Geneva, Švýcarsko, Memorandum of Understanding for the collaboration in the field of technology transfer
- The European Organization for Nuclear Research (CERN), Geneva, Švýcarsko, License Agreement KN2436/KT/PH/217/L – licence řešení TCP/IP jádra na EPGA hradlových polích
- Donetsk National Medical University of Maxim Gorky, Donetsk, Ukrajina, Memorandum of Understanding for Research Collaboration „Medical nonthermal plasma (MNP)“
- Donetsk Institute for Physics and Engineering named after O.O. Galkin, National Academy of Sciences of Ukraine, Ukrajina, Memorandum of Understanding for Research Collaboration „The electron paramagnetic resonance study of functional oxide-based materials“
- Stanford University SLAC National Accelerator Laboratory, Stanford, USA, využívání unikátního zařízení Laboratoře SLAC
- Strathclyde Intense Laser Interaction Studies group of Strathclyde University (SILIS-STRATH), Glasgow, Velká Británie, Memorandum of Understanding for a scientific collaboration on „Experiment, theory and simulation of plasma amplification, laser-driven particle acceleration, light sources and diagnostics“
- Ludwig-Maximilians-Universität München, Department für Physik, Garching, Německo, Mutual nondisclosure agreement for exchange of information with Ludwig-Maximilians-Universität



- National Institute for Laser, Plasma and Radiation Physics, Ilfov, 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“
- Korea Atomic Energy Research Institute, Daejeon, Korea, Memorandum of Understanding on Collaborative Program for High Power Pulsed Laser Technology Development
- Institut National de la Recherche Scientifique (INRS), Quebec, Kanada, Memorandum of Understanding for a scientific collaboration on „Warm Dense Matter physics induced by laser-matter interaction“
- Universität Hamburg, the Faculty of Mathematics, Informatics and Natural Sciences (MIN), Německo, Memorandum of Understanding – ELI project – cooperation in research and development in areas of common interest
- Technische Universität Berlin (TUB), Německo, agreement on the terms and conditions of mutual cooperation – cooperation in research and development in areas of common interest
- Technische Universität Berlin (TUB), Německo, agreement of the terms and conditions of mutual cooperation – Memorandum of Understanding
- Centro De Laseres Pulsados (CLPU), Salamanca, Španělsko, Memorandum of Understanding for a scientific and technological collaboration for „ Experiments and Simulations in the field of high power lasers and secondary sources“
- CEA – Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives, Paris, Francie, Letter of Intent for a joint experimental campaign on „Laser driven proton acceleration from a H2 cryogenic target“
- Física i Cristallografia de Materials (FiCMA), Universitat Rovira I Virgili (URV), Tarragona, Španělsko, Collaborative Program on Diode Pumped Microchip Solid State Lasers
- Fermi Research Alliance, LLC, USA, Non-Proprietary User Agreement (NUA FRA-2015-0092), Contract no. DE-AC02-07CH11359
- Ho Chi Minh City Institute of Physics of the Vietnam Academy of Science and Technology, Vietnam, Letter of Intent 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
- V. S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Rusko, Collaborative Program on Modification of Materials by Lasers
- Institute of Thermophysics of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (ITP), Novosibirsk, Rusko, Memorandum of Understanding on Collaborative Program on Material Processing with High Average Power, Diode – Pumped Solid State and Fiber Lasers
- Faculty of Engineering and Graduate School of Science and Technology, Kumamoto University, Japonsko, Agreement on Academic Exchange in various areas of education and research
- DESY Hamburg, Německo, Cooperation Agreement – HERA experiments
- Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, China, Memorandum of Understanding for Research Collaboration – The research and PhD training in the field of smart engineering materials
- Elettra-Sincrotrone Trieste S.C.p.A. (Elettra), Itálie, Memorandum of Understanding for a scientific and technological collaboration
- Institute of Applied Materials Science of the Vietnam Academy of Science and Technology in Ho Chi Minh City, Vietnam, Letter of Intent on scientific collaboration – Development of hydrogenated silicon thin films for solar cells and alternative applications
- Université de Bordeaux, Bordeaux, Francie, Grant agreement for: Project with multiple beneficiaries under the ERASMUS+ Programme agreement number – UB-06

- Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing, Čína, Memorandum of Understanding for Research Collaboration – The research and PhD training in the field of smart engineering materials
- Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, Francie, Material transfer agreement – pulsed magnetic field systems
- Brookhaven Science Associates, LLC, New York, USA, NonProprietary User Agreement – smlouva o účasti pracovníků FZÚ v projektech realizovaných v Brookhaven National Laboratory
- SIGMA Clermont, Francie, Memorandum of Understanding – Framework Agreement for Research and Academic Cooperation
- Laser Science Research Laboratory (LSRL), Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST), Korea, Collaborative Program on Application of Multi-slab, Diode Pumped Solid State Laser to SBS-PCM and Holographic Machining
- GIGAPHOTON INC., Tochigi, Japonsko, Collaborative research agreement „Research and development of 1 MHz, 1 kW, picosecond solid state laser“
- Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores para os Microsistemas e as Nanotecnologias, Lisboa, Portugalsko, Memorandum of Understanding – Fabrication and modification of materials and microstructures for biosensor applications (project SOLID-21)
- Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics (SIOM), Shanghai, Jiading, Čína, Memorandum of Understanding for a scientific collaboration on „Laboratory astrophysics, multiple beam experiments and theory/simulation“
- Technische Universität Darmstadt (TUDA), Darmstadt, Německo, Memorandum of Understanding for a scientific collaboration on: „Warm Dense Matter physics induced by intense laser and ion beam interaction with matter“
- National Institute for Fusion Science (NIFS), National Institutes of Natural Sciences (NINS), Gifu, Japonsko, Memorandum of Understanding (MoU) on Collaborative Program on High Power Lasers and their Application
- Center for Physical Sciences and Technology – FTMC, Vilnius, Litva, Memorandum of Understanding – project ELI-SA for the European Research Infrastructures call H2020-INFRAINNOV-2016-2017, topic: Support to technological Infrastructures – INFRAINNOV-02-2016
- Medizinische Universität Innsbruck (Medical University of Innsbruck), Innsbruck, Rakousko, Memorandum of Understanding – Fabrication and modification of artificial biomaterial substrates serving as structures for tissue engineering
- University of Bialystok, Bialystok, Polsko, Memorandum of Understanding – Designing, fabrication and modification of magnetic materials and microstructures for biomedical applications (project SOLID-21)
- Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg Germany, Institute for Surface Science and Corrosion (LKO), Německo, Memorandum of Understanding – Research of plasma deposition processes by a pulsed reactive high power magnetron system (HIPIMS) created in the framework of the SOLID21 project
- École Polytechnique Federale de Lausanne, Lausanne, Švýcarsko, Memorandum of Understanding – Collaboration in the field of Photovoltaic Solar Energy Conversion and Advanced characterization methods (project SOLID-21)
- Laboratoire de Physique des Interfaces et des Couches Minces, Ecole Polytechnique, Palaiseau, Francie, Memorandum of Understanding – Collaboration in the field of Photovoltaic Solar Energy Conversion and Advanced characterization methods (project SOLID-21)

- Shanghai Institute of Ceramics, Chinese Academy of Sciences, Shanghai, Čína, Collaborative research agreement „Investigation of hierarchical structure and piezoelectric response of relaxor ferroelectric single crystals for medical ultrasonic transducer“ (project SOLID21)
- Ioffe Institute, St-Petersburg, Rusko, Memorandum of Understanding – Collaboration in the field of modern problems in physics, technology and applications of advanced perovskite-type ferroics and related correlated oxides (project SOLID-21)
- The Basque Center for Materials, Applications and Nanostructures (BCM), an independent research center devoted to Materials Sciences an applications, Derio, Španělsko, Memorandum of Understanding – Collaboration in the field of Active or smart magnetic materials, Magnetic nanomaterials and nanostructures, Advanced functional materials for specific applications in biomedicine, Revealing biophysical mechanisms of living cell interactions with advanced functional nanomaterials... (project SOLID-21)
- National Kaohsiung University of Applied Sciences, Kaohsiung, Taiwan, Memorandum of Understanding – Collaboration Activities focused on research and PhD training in the field of smart engineering materials
- Institute of Light and Matter, University Lyon I., Lyon, Francie, Memorandum of Understanding - Collaboration in the field od Fabrication of scintillator and phosphor materials for applications in the field of X-ray and gamma-ray detection (project SOLID-21)
- Institut Jean Lamour, UMR 7198 CNRS-Université de Lorraine, Francie, Letter of Intent: Scientific cooperation in the frame of the proposed project SOLID 21 (Material research – novel phases and compounds, ...)
- Max Planck Institute for the Structure and Dynamics of Matter, Hamburg, Německo, Partnership agreement – Project: Quantum Effects in Multicolor Ultrafast Laser Processing: Broadening Boundaries of Classical Descriptions „QuantumLaP“; Project No: 657424
- Universität Wien, Wien, Rakousko, upgrade softwarové licence pro akademické instituce z VASP 4.6 na VASP 5.2
- Laboratoire de CRIStallographie et sciences des MATériaux (CRISMAT – UMR6508), CNRS, Caen, Francie, confidentiality Agreement (Material research – novel phases and compounds based on complex transition metal oxides, ...)
- Penza State University, Penza, Rusko, Memorandum of Understanding for Research Collaboration „Effect of low-temperature plasma on living cells and tissue“
- Faculty of Technical Sciences University of Novi Sad, Novi Sad, Srbsko, Partnership Statement – Microtubules as Biological Nanowires and Pathways for Nanomotors
- ELI Attosecond Light Pulse Source, Maďarsko + ELI Nuclear Physics, Rumunsko, Maďarsko, Memorandum of Understanding, projekt ELI-ERIC
- Centre National de la Recherche Scientifique, Grenoble, Francie, Memorandum of Understanding – Designing, fabrication and testing of magnetic materials and systems for biomedical applications (project SOLID-21)
- Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH, Berlin, Německo, Memorandum of Understanding – cooperative research projects, exchanges of scientists for participating in conferences, symposia, and seminars
- Univerzity of Zaragoza, Zaragoza, Španělsko, Agreement on the term and conditions of mutual cooperation – Memorandum of Understanding – Material research
- European Synchrotron Radiation Facility, Grenoble, Francie, Memorandum of Understanding „Arrangement between the CENTRALSYNC Consortium and the European Synchrotron Radiation

Facility concerning the long-term scientific use of synchrotron radiation for non-proprietary research for the period 2017-2021“

- Laboratori Nazionali del Sud (LNS), of the Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Catania, Itálie, Memorandum of Understanding for a scientific and technological collaboration towards medical applications at Eli Beamlines
- Institute of Physical Chemistry, Polish Academic Sciences, Warsaw, Polsko, Agreement on the terms and conditions of mutual cooperation – Memorandum of Understanding for a scientific collaboration (X-ray spectroscopy)
- Institute of Physical Chemistry, Polish Academic Sciences, Warsaw, Polsko, Memorandum of understanding for a scientific collaboration (exchange of academics)
- Jan Kochanowski University in Kielce, Kielce, Polsko, Agreement on the terms and conditions of mutual cooperation Memorandum of Understanding between Eli Beamlines and Jan Kochanowski University (high energy resolution X-ray spectroscopy, X-ray diffraction crystals, time resolved X-ray spectroscopy, Instrument development for the above research areas)
- University of Rochester (UR), Laboratory for Laser Energetics (LLE), Rochester, USA, Memorandum of Understanding for a scientific collaboration – project ELI – collaborative efforts in the field of laser development, beam transport, laser diagnostics, particle and x-ray production by strong lasers
- The Instituto de Astrofísica de Canarias, Tenerife, Španělsko, Agreement on the installation and the operation of the FRAM telescope at the Roque de Los Muchachos Observatory
- Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY, Hamburg, Německo, Software Licence Agreement (XRYPAC Software)

## ■ Statistika zahraničních styků

### Statistika zahraničních cest v roce 2016 – 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	287	13	2 698	655
Sekce fyziky kondenzovaných látek	306	7	1 914	322
Sekce fyziky pevných látek	439	12	3 347	914
Sekce optiky	163	4	1 299	286
Sekce výkonových systémů	163	3	1 219	200
Sekce ELI Beamlines	463	19	3 589	1 623
ostatní	39	16	1 032	961
<i>celkem</i>	<i>1 829</i>	<i>74</i>	<i>14 882</i>	<i>4 961</i>

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

Země	Výjezdy – počet	Země	Výjezdy – počet	Země	Výjezdy – počet
Německo	417	Korejská republika	15	Izrael	3
Švýcarsko	192	Nizozemsko	14	Norsko	3
Francie	180	Portugalsko, Azory	14	Indie	3
Spoj. státy amer.	149	Ukrajina	11	Lotyšsko	3
Itálie	102	Turecko	10	Mexiko	2
Polsko	96	Dánsko	10	Singapur	2
Belgie	71	Argentina	9	Arménie	2
Velká Británie	64	Brazílie	8	Bělorusko	2
Slovensko	62	Kanada	7	Chile	1
Česká republika	60	Irsko	7	Malajsie	1
Japonsko	54	Tchaj-wan	6	Thajsko	1
Rakousko	52	Argentina	5	Spojené arab. em.	1
Španělsko	40	Estonsko	5	Kypr	1
Rusko	34	Vietnam	5	Francie	1
Maďarsko	20	Japonsko	4	Srbsko	1
Švédsko	20	Jihoafrická rep.	4	Maroko	1
Rumunsko	18	Slovinsko	4	Malta	1
Řecko	17	Litva	4	Konžská dem. rep.	1
Finsko	17	Chorvatsko	4		
Čína	16	Austrálie a Oceán.	3	<b>celkem</b>	<b>58</b>

Pracovníci FZÚ vyjeli v roce 2016 celkem do 58 zemí, celkové náklady ze strany FZÚ na jejich cesty činily 51,24 milionu Kč.

### Hosté FZÚ v roce 2016 – přehled

	Počet – přijetí			Přijetí – počet dnů		
	interní	akademické	celkem	interní	akademické	celkem
Sekce fyziky elementárních částic	28	3	31	144	12	156
Sekce fyziky kondenzovaných látek	43	5	48	209	51	260
Sekce fyziky pevných látek	70	19	89	452	136	588
Sekce optiky	12	1	13	166	4	170
Sekce výkonových systémů	12	0	12	515	0	515
Sekce ELI Beamlines	74	0	74	318	0	318
<i>celkem</i>	<i>239</i>	<i>28</i>	<i>267</i>	<i>1 804</i>	<i>203</i>	<i>2 007</i>

Země	interní	akademické	celkem	Země	interní	akademické	celkem
Německo	56	4	60	Tchaj-wan	1	3	4
Slovensko	12	11	23	Portugalsko	5	0	5
Spojené král.	25	0	25	Polsko	4	1	5
Francie	22	0	22	Belgie	4	1	5
USA	18	0	18	Korea	2	0	2
Japonsko	15	0	15	Čína	2	0	2
Rusko	15	0	15	Indie	2	0	2
Švédsko	8	0	8	Rumunsko	0	2	2
Izrael	8	0	8	Turecko	0	2	2
Maďarsko	7	1	8	Thajsko	1	0	1
Španělsko	7	0	7	Finsko	1	0	1
Švýcarsko	7	0	7	Kanada	1	0	1
Ukrajina	7	0	7	Srbsko	1	0	1
Itálie	6	0	6	Lotyšsko	0	1	1
Estonsko	2	2	4	<b>Celkem</b>	<b>239</b>	<b>28</b>	<b>267</b>

V roce 2016 navštívili FZÚ hosté z 29 zemí.





# Publikace zaměstnanců FZÚ v roce 2016

## ■ Přehled

	Sekce fyziky vysokých energií	Sekce fyziky kondenzovaných látek	Sekce fyziky pevných látek	Sekce optiky	Sekce výkonných systémů	Sekce realizace projektu ELI Beamlines	celkem
Kniha, monografie	0	0	0	0	0	0	0
Kapitola v knize	0	5	4	2	1	0	12
Publikace v impaktovaném periodiku	156,23	147,94	246,89	68,94	36,56	28,43	686
Publikace v neimpaktovaném periodiku	1,33	18,58	11,50	9,58	3,29	13,71	58
Publikace v konferenčním sborníku	1	4,97	19,81	4,72	1,25	3,25	35
Patenty	0	0	2	3	1	4	10
Užité a průmyslové vzory	0	0	1	5	1	0	7

(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	200
Elektronová a geometrická struktura pevných látek	91
Magnetické a dielektrické vlastnosti	116
Optika	28
Fyzika vysokých energií	168
Fyzika interakce laserového záření s hmotou	62
Ostatní	21
<b>Celkem</b>	<b>686</b>

## Kapitoly v knihách

1. L. Bačáková, M. Bačáková, J. Pajorová, R. Kudláčková, L. Staňková, E. Filová, J. Musílková, Š. Potocký, A. Kromka  
***Nanofibrous Scaffolds as Promising Cell Carriers for Tissue Engineering***  
Nanofiber Research - Reaching New Heights,  
INTECH, rok vydání: 2016, pp. 29–54, ISBN 978-953-51-2528-0.
2. L. Bačáková, A. Brož, J. Lišková, L. Staňková, Š. Potocký, A. Kromka  
***The application of nanodiamond in biotechnology and tissue engineering***  
Diamond and Carbon Composites and Nanocomposites,  
InTech, rok vydání: 2016, pp. 59–88, ISBN 978-953-51-2453-5.
3. A. Endo  
***High-Brightness Solid-State Lasers for Compact Short-Wavelength Sources***  
High energy and short pulse lasers,  
InTech, rok vydání: 2016, ISBN 978-953-51-2606-5.
4. J. Hlinka, V. Stepkova, P. Márton, P. Ondrejko  
***Ferroelectric Domain Walls and their Intersections in Phase-Field Simulations***  
Topological Structures in Ferroic Materials,  
Springer Series in Materials Science, vol. 228, rok vydání: 2016, pp. 161-180, ISBN 978-3-319-25299-5.
5. J. Kamarád  
***Magnetic Systems: External Pressure-Induced Phenomena***  
Reference Module in Materials Science and Materials Engineering,  
Elsevier, ISBN 978-0-12-803581-8.
6. J. Kopeček  
***Electron back-scattered diffraction***  
3. Podzimní škola rentgenové mikroanalýzy, 12. – 15. dubna 2016, Žďár nad Sázavou,  
Spektroskopická společnost Jana Marka Marci, rok vydání: 2016, pp. 179–197, ISBN 978-80-905704-8-1
7. J. Kopeček  
***Samples' preparation***  
3. Podzimní škola rentgenové mikroanalýzy, 12. – 15. dubna 2016, Žďár nad Sázavou,  
Spektroskopická společnost Jana Marka Marci, rok vydání: 2016, pp. 198–206, ISBN 978-80-905704-8-1
8. I. Kratochvílová  
***Polycrystalline Diamond Thin Films for Advanced Applications***  
Advances in Carbon Nanostructures,  
InTech, rok vydání: 2016, pp. 161–173, ISBN 978-953-51-2643-0.
9. K. Kůsová, P. Hapala, P. Jelínek, I. Pelant  
***Band Structure of Silicon Nanocrystals***  
Silicon Nanophotonics. Basic Principles, Present Status, and Perspectives, Second Edition,  
Pan Stanford Publishing, rok vydání: 2016, pp. 109–144, ISBN 978-981-4669-76-4.
10. P. Lejček, V. Paidar  
***Grain boundaries in iron***  
Encyclopedia of iron, steel, and their alloys,  
CRC Press, rok vydání: 2016, pp. 1350–1367, ISBN 978-1-4665-1104-0.
11. J. Pokorný, J. Pokorný, J. Kobilková, A. Jandová, J. Vrba, J. Vrba Jr.  
***Cancer - pathological breakdown of coherent energy states***  
Research on the Physics of Cancer: A Global Perspective,  
World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., rok vydání: 2016, pp. 171–189, ISBN 978-9-8147-3026-6.
12. M. Vázquez, R. ElKammouni, G. V. Kurlyandskaya, V. Rodionova, L. Kraus  
***Bimagnetic Microwires, Magnetic Properties, and High-Frequency Behavior***  
Novel Functional Magnetic Materials. Fundamentals and Applications,  
Springer Series in Materials Science, rok vydání: 2016, pp. 279–310. ISBN 978-3319261041.



## ■ Významné výsledky vědecké činnosti v roce 2016

1

Významný výsledek vědecké činnosti v roce 2016

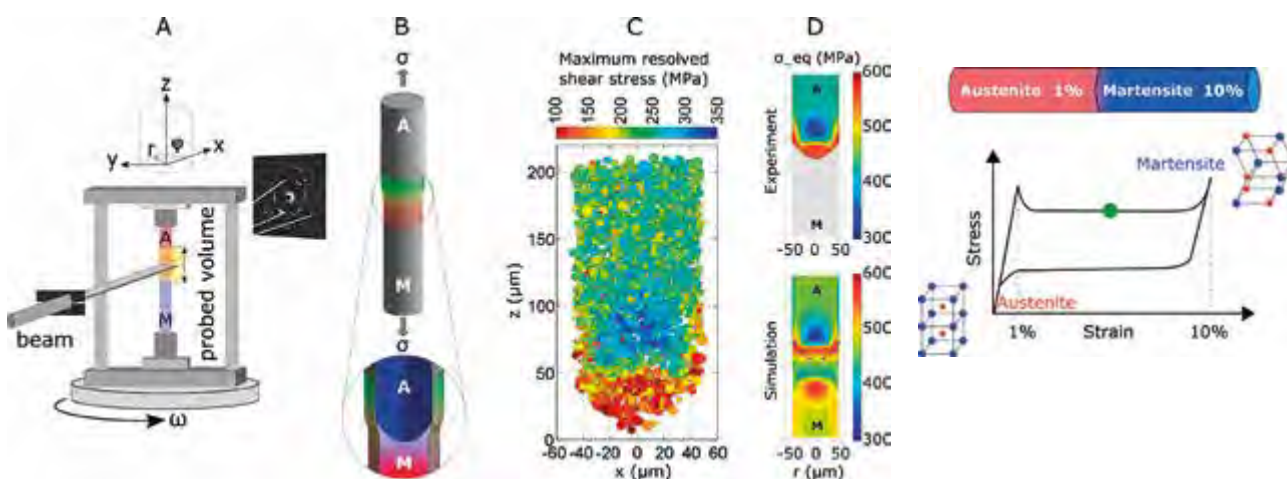
Science 353 (2016) 559–562,  
doi: 10.1126/science.aad6700

### Lokalizace deformace v drátu ze slitiny s tvarovou pamětí NiTi

*P. Sedmák, J. Pilch, L. Heller, J. Kopeček, J. Wright, P. Sedlák, M. Frost, P. Šittner,*

Polykrystalické materiály se deformují většinou homogenně, někdy však deformace probíhá prostřednictvím šíření makroskopických pásů lokalizované deformace nebo dochází ke vzniku krčku, kde deformace zůstává lokalizována až do lomu. V materiálu tak spontánně vznikají makroskopická vnitřní rozhraní táhnoucí se přes tisíce zrn, kde deformace probíhá přednostně. K pochopení mechanismu vzniku a pohybu těchto rozhraní vědcům dosud chyběla informace o stavu napjatosti v jednotlivých zrnech uvnitř materiálu. My jsme použili metodu 3D rentgenové difrakce /3D-XRD/ na synchrotronu ESRF v Grenoblu k určení tenzorů deformace a napětí v ~15000 zrnech v okolí

čela pohyblivého deformačního pásu v 0,1 mm tenkém superelastickém drátu NiTi zatíženém v tahu. Z naměřených hodnot jsme určili deformační a napětová pole v okolí čela deformačního pásu a provedli jsme simulace deformačního procesu pomocí konstitučního modelu popisujícího termomechanické chování slitiny NiTi. Tímto způsobem se podařilo objasnit mezoskopický mechanismus lokalizované deformace drátů NiTi. Výsledky byly vybrány do ESRF Highlights 2016 jako příklad špičkového výzkumu v ESRF. Doplnující videa a data k dalšímu zpracování lze nalézt na webových stránkách Special Topics Oddělení funkčních materiálů FZÚ AV ČR.



**Metoda 3D rentgenové difrakce umožňuje nedestruktivní zobrazení mikrostruktury a napětí v objemu polykrystalických pevných látek vystavených mechanickému namáhání.** V popisovaném experimentu byl tenký drát ze superelastické slitiny NiTi zatížen v tahu a vystaven monochromatickému svazku energetických fotonů na Materials Science Beamline ID11 v ESRF. Z 36650 2D difrakčních záznamů získaných během rotace zatíženého drátu okolo vlastní osy a posuvu vzhledem

k dopadajícímu svazku fotonů (A) byla zrekonstruována mikrostruktura, deformace a napětí v cca 15000 austenitických zrnech v okolí čela deformačního pásu (B, C). Z těchto dat, v kombinaci s výsledky simulací lokalizované deformace drátu pomocí mechanického modelu slitin s tvarovou pamětí, byl vytvořen prostorový model pohybujícího se čela deformačního pásu (D).

Nature Communications 7 (2016) 11560,  
doi: 10.1038/ncomms11560

## Mapování elektrostatického silového pole jednotlivých molekul z obrázků rastrovacích mikroskopů s vysokým rozlišením

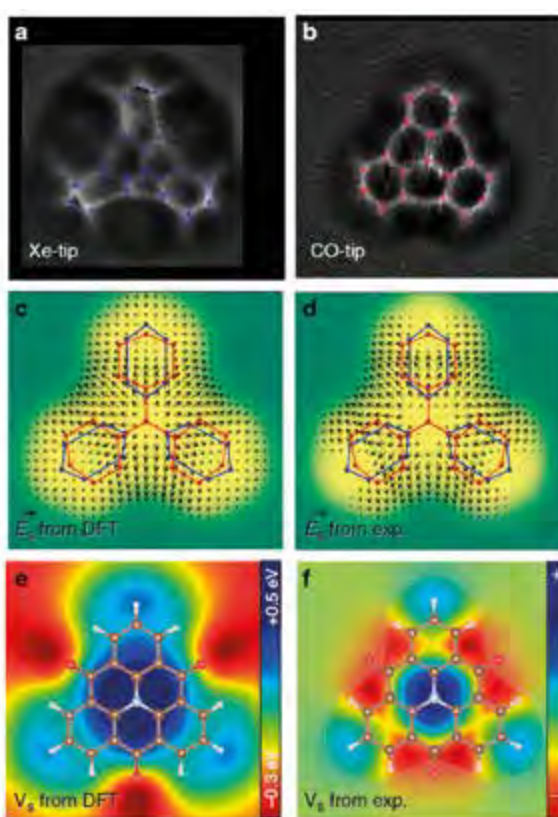
*P. Hapala, M. Švec, O. Stetsovych, N. J. van der Heijden, M. Ondráček, J. van der Lit, P. Mutombo, I. Swart & P. Jelínek*

Rozložení elektronové hustoty v molekule do značné míry určuje její chemické vlastnosti. V této práci jsme ukázali způsob, kterým je možné měřit elektrostatické silové pole pocházející z nehomogenní distribuce elektronového náboje v molekule se submolekulárním rozlišením. Metoda využívá charakteristických zkreslení přítomných v obrázcích molekul s vysokým rozlišením pořízených pomocí mikroskopů atomárních sil (AFM), které jsou z velké části způsobeny elektrostatickou silou působící mezi hrotem mikroskopu a měřené molekulou. Tudíž elektrostatické silové pole, popř. potenciál nad jednotlivými molekulami mohou být získány pomocí geometrické transformace mezi dvěma obrázky mikroskopu atomárních sil získaných dvěma různými hroty.

*Stanovení elektrostatického pole nad danou molekulou.*

(a) Filtrované snímky AFM měřené v konstantní výšce molekuly TOAT na povrchu Cu (111) získané pomocí hrotu s jedním Xe atomem. Křížky označují charakteristické vrcholy. (b) Obdobný obrázek jako obrázek (a), ale měřeno pomocí hrotu zakončeného jednou CO molekulou. (c) elektrostatické silové pole vypočtené pomocí metody DFT. (d) experimentálně stanovené elektrostatické silové pole získané po odečtení van der Waal-sovy silové složky z deformačního pole získaného ze snímků uvedených v bodech (a) a (b) pomocí nové metody.

(e) vypočtený elektrostatický potenciál pomocí metody DFT a (f) elektrostatický potenciál určený z experimentálního deformačního pole uvedeného na obrázku (d).

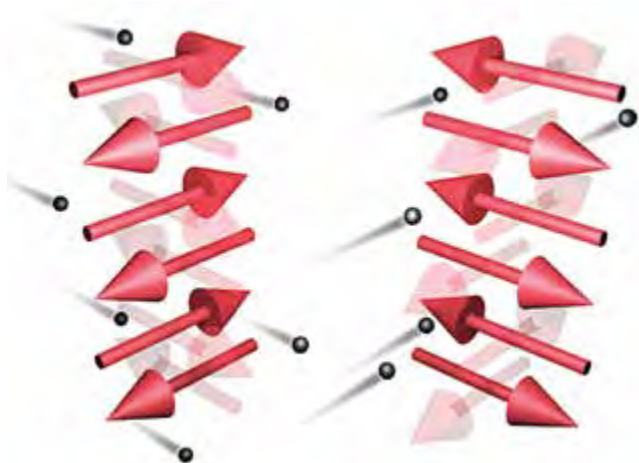


Science 351 (2016) 587–590,  
doi: 10.1126/science.aab1031  
Science 351 (2016) 558–559,  
doi: 10.1126/science.aad8211

## Elektrický zápis v antiferomagnetu

*P. Wadley, B. Howells, J. Železný, C. Andrews, V. Hills, R. P. Campion, V. Novák, K. Olejník, F. Maccherozzi, S. S. Dhesi, S. Y. Martin, T. Wagner, J. Wunderlich, F. Freimuth, Y. Mokrousov, J. Kuneš, J. S. Chauhan, M. J. Grzybowski, A. W. Rushforth, K. W. Edmonds, B. L. Gallagher, T. Jungwirth, C. Marrows*

Feromagnety a antiferomagnety představují dvě běžné formy magneticky uspořádaných materiálů. Tradičně se předpokládá, že magnetismus lze snadno ovládat a využít jen ve feromagnetech. Tuto vžitou představu mění naše práce s kolegy z Velké Británie a Německa, ve které jsme demonstrovali elektricky vyvolanou změnu magnetizace v antiferomagnetickém mikročipu. V rámci klasické fyziky by otočení magnetických momentů, jejichž směr je opačný na sousedních atomech, vyžadoval mikro-elektromagnet u každého atomu. Místo tohoto scénáře z oblasti science-fiction jsme navrhli a demonstrovali nový princip založený na relativistické kvantové fyzice. Při průchodu elektrického proudu určitými antiferomagnetickými krystaly se vytvoří virtuální mikroskopické elektromagnety spontánně a to tak, že vyvolávají opačné pole na atomech s opačně orientovanými magnetickými momenty. Když se elektrický proud vypne, tak tyto virtuální mikro-elektromagnety zmizí. Takto je možné praktickým způsobem elektricky zapsat a uložit data v antiferomagnetu. Podobně je také možné následně data elektricky přečíst. K měřením prováděným při pokojové teplotě jsme použili vlastní tenké vrstvy antiferomagnetu CuMnAs, který je kompatibilní s křemíkovými mikroelektronickými technologiemi.



*Převzato ze sekce Insights/Perspectives časopisu Science z doprovodného článku „Addressing an antiferromagnetic memory“ k naší publikaci (Reference 1). Na ilustraci proud elektronů (černé kuličky) přepíná směr antiferromagnetických momentů (červené šipky).*

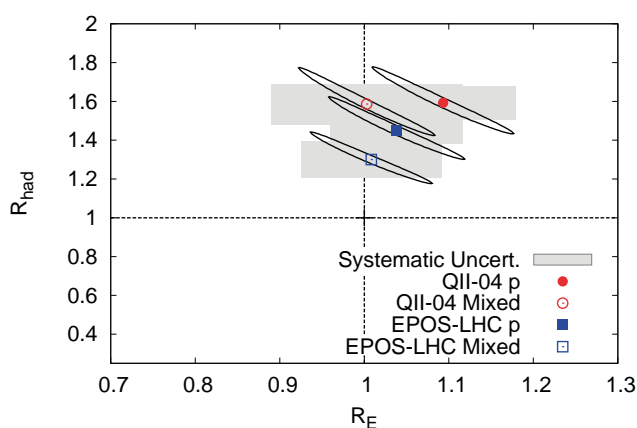


Physical Review Letters 117 (2016) 192001(1)–192001(9),  
doi: 10.1021/acsnano.5b01740

## Spršky kosmického záření odhalují přebytek mionů

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

Observatoř Pierra Augera pozoruje více mionů ze spršek kosmického záření, než kolik předpovídají nejnovější modely vysokoenergetických srážek částic. Obří urychlovač částic LHC v CERN zkoumá srážky protonů o energiích 13krát vyšších v těžištvé soustavě, než je klidová hmota protonu. V přírodě se ovšem vyskytují dokonce ještě mnohem více energetické srážky přirozeně, i když s mnohem menší četností, a to v podobě interakcí kosmického záření s jádry atomů v atmosféře Země. Vznikají tak tzv. atmosférické spršky sekundárních částic, které letí atmosférou a dopadají na zemský povrch, a které obsahují vedle dalšího i miony. Pozorované spršky kosmického záření vznikají jako důsledek srážek při energiích ca 10krát vyšších, než je tomu na LHC. Obří pole detektorů na Observatoři Pierra Augera v Argentíně pozorovalo značný přebytek počtu mionů vzhledem k předpovědím modelů, které jsou právě na data z urychlovače LHC vyladěny (viz obr.). Výsledek tedy naznačuje, že naše porozumění hadronickým interakcím (což jsou např. interakce mezi protony, neutrony a piony) z urychlovačových experimentů není ještě zdaleka úplné.



**Nesoulad mezi naměřenými daty a modelovými předpověďmi.** Hodnoty přeškalování hadronové komponenty ( $R_{had}$ ) a energetické kalibrace ( $R_E$ ), které maximalizují pravděpodobnost pozorovaného signálu v povrchovém detektoru Observatoře Pierra Augera, jsou znázorněny pro modely QGSJet II-04 (QII-04) a EPOS-LHC. Pokud by byly modely kompatibilní s daty hodnoty  $R_{had}$  a  $R_E$ , byly by rovné jedničce. Parametr  $R_{had}$  má v první aproximaci význam kolikrát je v datech více mionů než v simulacích při použití modelů srážek částic naladěných na data z experimentů na LHC.

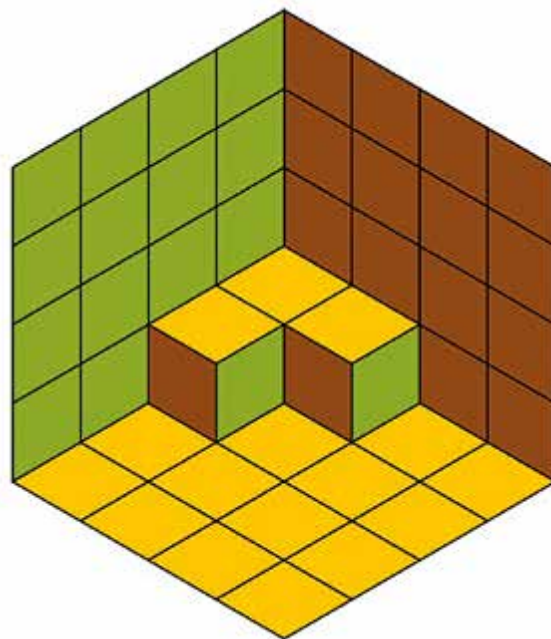


## W-symetrie, topologický vertex a affinní Yangián

*T. Procházka*

Základní algebraickou strukturou dvourozměrné konformní teorie pole je Virasorova algebra. Jejím rozšířením o zachovávané proudy se spiny vyššími než 2 dostáváme tzv. W-algebry. Nejjednodušší třída těchto algeber jsou algebry typu  $W_N$ , které mají pole se spiny 2, 3, ..., N. V rámci studia AGT korespondence [cit] byla objevena souvislost těchto chirálních algeber s prostorem řešení instantonových rovnic čtyřrozměrné supersymetrické Yang-Millovy teorie. Na tomto prostoru řešení rovněž působí Yangovské symetrie známé z integrabilních modelů.

V této práci jsme studovali souvislost Yangiánu affinní  $u(1)$  a algebry  $W_\infty$  a našli mezi nimi explicitní zobrazení. To nám umožnilo studovat reprezentace chirálních algeber užitím integrability a ukázalo se, že se teorie reprezentací redukuje na studium trojrozměrného zobecnění Youngových diagramů. Kombinatorika těchto diagramů je základem tzv. topologického vertexu, což je základní objekt v topologických strunách na torických Calabi-Yau geometriích.



*Příklad rhombického obložení roviny, které odpovídá rozdělení roviny se třemi boxy. Kromě čtyřvalentních vertexů je zde 6 třívalentních vertexů a pět pětivalentních vertexů.*

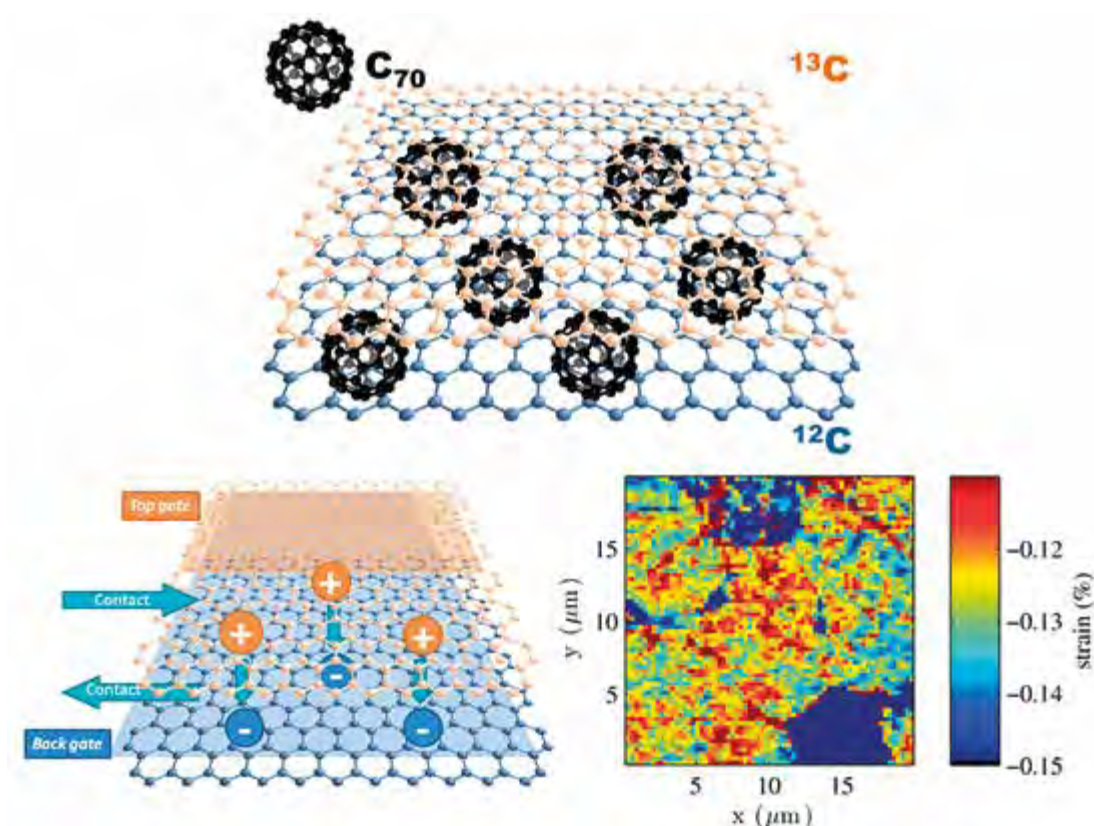


## Dvojdímenzionální analog fullerenového lusu – asymetrie nábojové hustoty a mechanického napětí pro novou generaci kvantových počítačů a nanoelektromechanických zařízení

V. Vales, T. Verhagen, J. Vejpravova, O. Frank, M. Kalbac

Vývoj nové generace tranzistorů na bázi monovrstevného grafenu (Gn) s extrémně nízkou spotřebou energie (tzv. *bilayer pseudospin field effect transistor*, BiSFET) předpokládá realizaci supratekutého kondenzátu v systému dvou Gn monovrstev oddělených ultratenkou vrstvou dielektrického materiálu. Možným řešením je oddělení Gn vrstev vhodnými nanoobjekty se striktně definovanými rozměry, což splňují např. fullereny s typickou velikostí 1 nm. Pomocí sekvenčního uspořádání monovrstev  $^{12}\text{C}$  Gn,

submonovrstvy  $\text{C}_{70}$  fullerenů a druhé monovrstvy  $^{13}\text{C}$  Gn se podařilo připravit dvojdímenzionální (2D) analog tzv. fullerenového lusu. Byla zjištěna výrazná asymetrie dopování a mechanického napětí mezi vrstvami Gn, řízená lokální adhezí fullerenů ke Gn vrstvám. Jedná o první čistě uhlíkový 2D nanoelektromechanický systém (NEMS) a výchozí strukturu pro realizaci kvantových počítačů na bázi fullerenů.



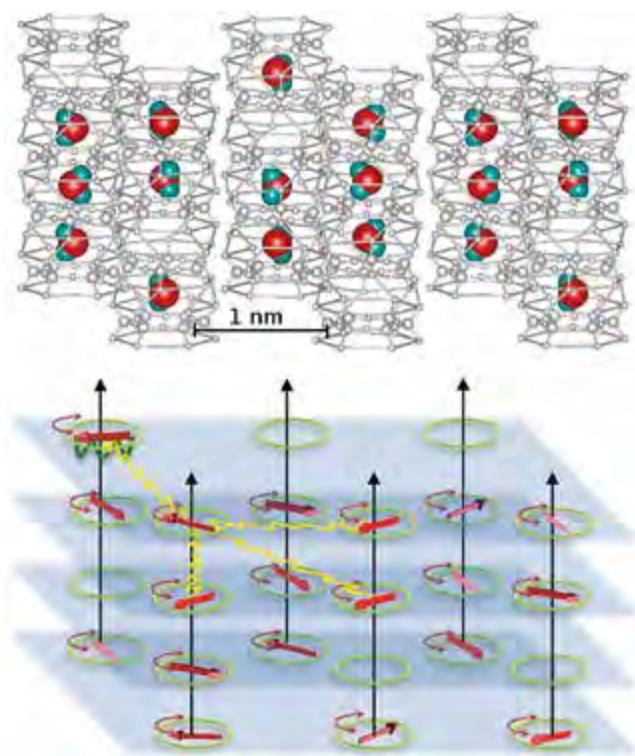
Struktura dvojdímenzionálního analugu fullerenového lusu na bázi  $\text{C}_{70}$  s izotopově značenými monovrstvami grafenu. Vlevo dole je schematicky znázorněna architektura BiSFET, vpravo dole mapa distribuce mechanického napětí horní vrstvy grafenu určená na základě experimentu Ramanovské mikrospektroskopie.

Nature Communications 7 (2016) 12842,  
doi: 10.1038/ncomms12842

## Studie odhalila nové vlastnosti molekul vody

*B. P. Gorshunov, V. I. Torgashev, E. S. Zhukova, V. G. Thomas, M. A. Belyanchikov, C. Kadlec, F. Kadlec, M. Savinov, T. Ostapchuk, J. Petzelt, J. Prokleška, P. V. Tomas, E. V. Pestrjakov, D. A. Fursenko, G. S. Shakurov, A. S. Prokhorov, V. S. Gorelik, L. S. Kadyrov, V. V. Uskov, R. K. Kremer & M. Dressel*

Podařilo se prokázat, že molekuly vody zachycené v krystalech berylu vykazují tzv. incipientní ferroelektrický stav, tj. počínající vzájemné orientační uspořádání. Výzkumná skupina z FZÚ se experimentálně a teoreticky zabývala dielektrickými vlastnostmi molekul vody zachycených v krystalech berylu. Krystaly byly zkoumány pomocí několika metod dielektrické spektroskopie v širokém rozsahu frekvencí a teplot. Krystalová mříž berylu obsahuje strukturální kanálky s pravidelně uspořádanými nanoskopickými dutinami. Je-li krystal vypěstován ve vodném roztoku, jsou v těchto dutinách zachycené molekuly vody, jež se mohou volně pootáčet. Na rozdíl od kapalné vody nejsou molekuly vody ve vzájemném bezprostředním kontaktu. Proto se zde netvoří vodíkové můstky, molekuly však i nadále interagují svými dipólovými momenty. Bylo dokázáno, že díky tomu mají molekuly tendenci natáčet se stejným směrem a vytvářet tak lokální elektrické pole. Takovéto ferroelektrické uspořádání by proto mohlo existovat i v jiných látkách a hrát roli v některých procesech, jichž se voda účastní. Výsledky studie byly zveřejněny na stránkách časopisu Nature Communications.



*Molekuly vody, zachycené v pravidelných odstupech několika nanometrů v krystalu berylu, se pootáčejí okolo jeho šestičetných os symetrie (černé šipky). Dipólové momenty molekul (červené šipky) navzájem interagují a při snižování teploty vykazují tendenci k vzájemnému uspořádání.*

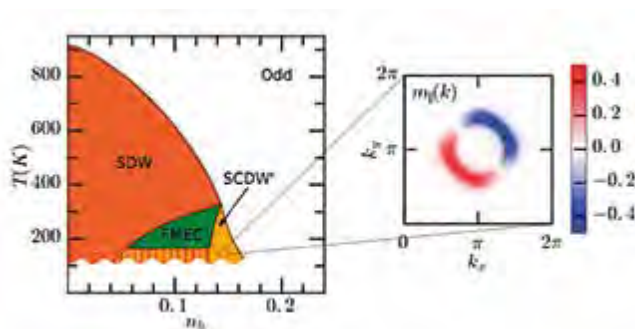


Physical Review Letters 116 (2016) 256403,  
doi: 10.1103/PhysRevLett.116.256403

## Spontánní spinové textury v multiorbitálních Mottových systémech

J. Kuneš & D. Geffroy

Atomové excitace v některých materiálech se mohou chovat jako pohyblivé bosony (excitony) nesoucí magnetický moment. Za vhodných podmínek může dojít k jejich Bose-Einsteinově kondenzaci, což se navenek projeví jako zvláštní druh magnetického uspořádání. V článku [cit] jsme zkonstruovali a studovali zjednodušený model materiálu, ve kterém excitonová kondenzace vede ke vzniku spinové textury. Tento zvláštní stav, který porušuje izotropii spinového prostoru, ale zachovává symetrii vůči inverzi času, se dá chápat jako makroskopický spinový proud nebo dynamicky generovaná spin-orbitální vazba. Pokud je materiál v takovém stavu vystaven magnetickému poli, poteče v něm spontánní elektrický proud a naopak připojení ke zdroji proudu vyvolá zmagnetování materiálu. Stabilita takového stavu vůči přítomnosti nečistot a hledání vhodného materiálu jsou předmětem dalšího zkoumání.



Termodynamické fáze studovaného modelu v závislosti na teplotě ( $T$ ) a počtu elektronů na atom ( $2-n_b$ ). Barevné oblasti odpovídají různým druhům excitonového kondenzátu. Fáze označená SCDW vykazuje spinovou texturu, viz pravý panel zobrazující distribuci magnetizace v Brillouinově zóně.





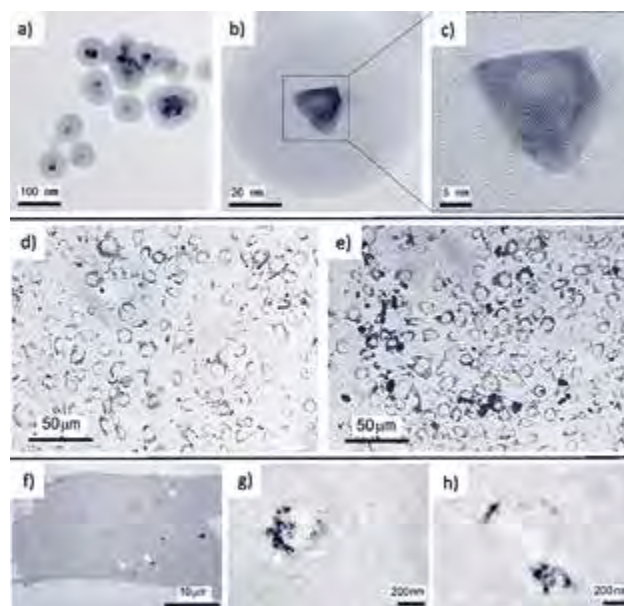
## Působení nanočástic Co-Zn feritu obalených oxidem křemičitým na DNA, lipidy a proteiny mesenchymálních kmenových buněk potkanů

B. Novotná, K. Turnovcová, P. Veverka, P. Rössner, Jr., Y. Bagryantseva, V. Herynek, P. Žvátora, M. Vosmanská, M. Klementová, E. Syková, P. Jendelová

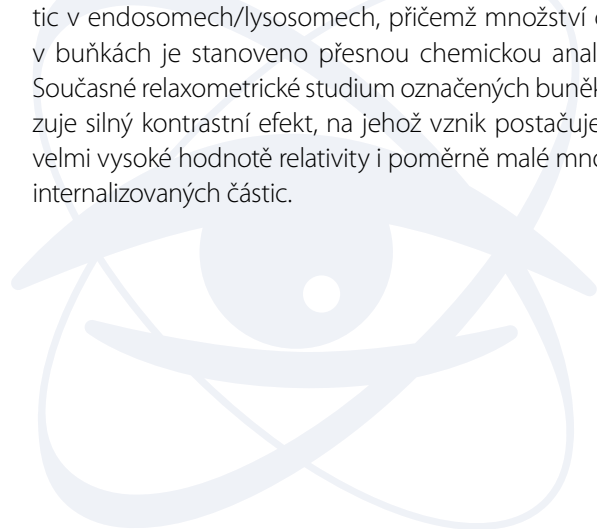
Magnetické nanočástice jsou základem velmi účinných kontrastních látek pro magnetickou zobrazovací resonanci (MRI) a lze je využít k označení buněk, které se pak dají sledovat *in vivo* pomocí MRI. Magnetické částice proto představují cenný nástroj vhodný ke studiu kmenových buněk po jejich transplantaci do živého organismu. Kromě dosažení vysoké transversální relaxivity, jež určuje kontrastní efekt magnetických částic v MRI, je důležité znát i jejich případné cytotoxické vlastnosti a mechanismus biologického působení.

Naše práce popisuje nanočástice feritu o složení  $\text{Co}_{0,5}\text{Zn}_{0,5}\text{Fe}_2\text{O}_4$  obalené amorfni vrstvou hydratovaného oxidu křemičitého a zabývá se jejich využitím při značení kmenových buněk, přičemž se podrobně věnuje právě charakteru jejich biologického působení. Studie věnuje pozornost zejména analýze cytotoxicity, ale sleduje také proliferace buněk, poškození DNA a oxidativní poškození lipidů a proteinů.

Důležitým výsledkem je zjištění, že při koncentraci feritových částic  $0,05 \text{ mmol}(\text{Me}_3\text{O}_4)/\text{L}$  v kulturačním médiu se žádné škodlivé účinky neprojevují, ačkoli při této koncentraci je již dosaženo účinného značení kmenových buněk. Elektronová mikroskopie dokládá lokalizaci částic v endosomech/lysosomech, přičemž množství částic v buňkách je stanoveno přesnou chemickou analýzou. Současné relaxometrické studium označených buněk ukazuje silný kontrastní efekt, na jehož vznik postačuje díky velmi vysoké hodnotě relaxivity i poměrně malé množství internalizovaných částic.



Značení mesenchymálních kmenových buněk potkanů pomocí nanočástic Co-Zn feritu obalených amorfni vrstvou hydratovaného oxidu křemičitého. Transmisní elektronová mikroskopie (TEM) ukazuje morfologii těchto nanočástic (a, b, c), světelná mikroskopie ukazuje kmenové buňky značené při koncentracích  $0,05 \text{ mmol}(\text{Me}_3\text{O}_4)/\text{L}$  (d) a  $0,11 \text{ mmol}(\text{Me}_3\text{O}_4)/\text{L}$  (e), zatímco lokalizace magnetických nanočástic v buňkách je zřejmá z detailního studia buněk pomocí TEM (f, g, h).



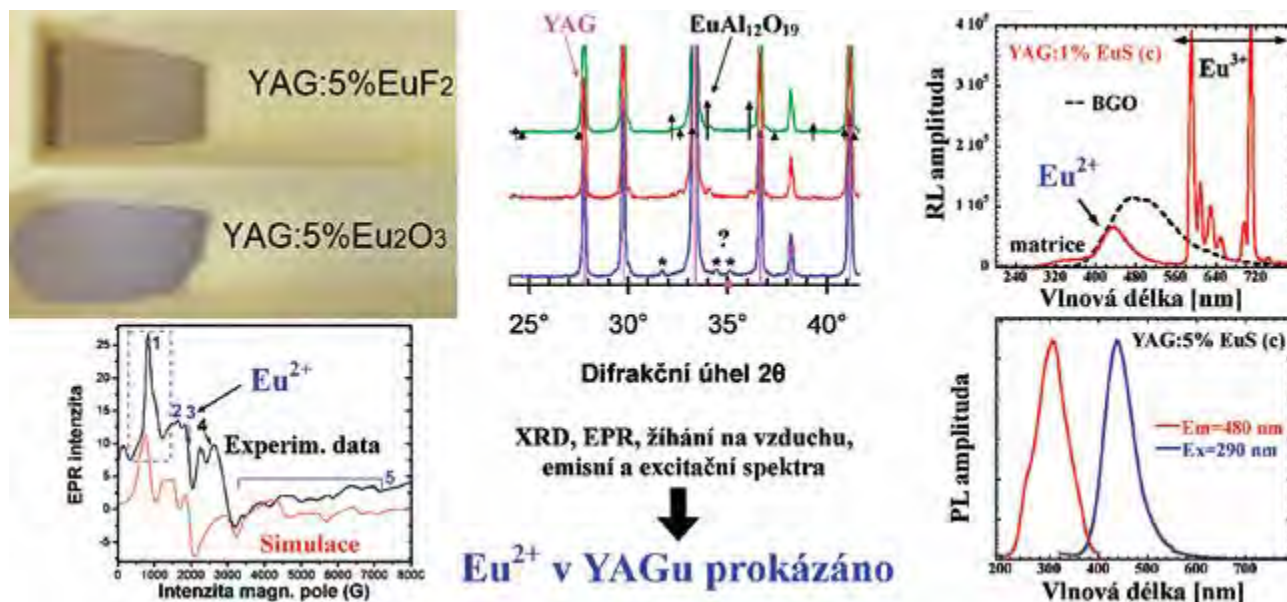
J. Phys. Chem. C 120 (2016) 21751–21761,  
doi: 10.1021/acs.jpcc.6b06397

## Eu<sup>2+</sup> stabilizace ve struktuře YAG: Optická a elektron-paramagneticko rezonanční studie

L.Havlaček, J. Bárta, M. Buryj, V. Jarý, E. Mihóková, V. Laguta, P. Boháček, M. Nikl

YAG:Ce<sup>3+</sup> je jedním z nejznámějších scintilačních materiálů vůbec se strukturou odvozenou od granátu, jedním z dobře známých českých drahých kamenů. Ještě větší významu ale dosáhl na poli LED jako zdroj studeného bílého světla. Eu<sup>2+</sup>-dopovaný YAG, na druhou stranu, se v literatuře neobjevuje kvůli složité stabilizaci Eu<sup>2+</sup> v granátové struktuře. Naše publikace zcela poprvé v odborné literatuře podává jasné experimentální důkazy o výskytu stabilního Eu<sup>2+</sup> emisního centra ve struktuře YAG. S použitím časově rozlišené luminiscenční spektroskopie a elektron-paramagnetické rezonance zcela rigorózně charakterizuje Eu<sup>2+</sup> na pozici yttria v YAGu. Eu<sup>2+</sup> emise v YAGu se

nachází v modré oblasti kolem 440 nm a nejnižší excitační pás pak nalzáme u 360 nm. Doba života spojená s tímto přechodem je pak řádu stovek ns. Navíc jsme ukázali, že tato Eu<sup>2+</sup> emise je teplotně stabilní až do 440 K. YAG:Eu<sup>2+</sup> může být považován za fosfor pro detekci fotonového záření, hlavně díky dostatečně rychlé době života (400 – 500 ns) a vhodně položené emisi ideální pro fotonásobič. Na poli pevnolátkových zdrojů bílého světla jsou hledány RGB fosfory excitovatelné v oblasti 360-390 nm. YAG:Eu jako prášek nebo keramika by mohl být velmi výhodně použit pro tento účel.



Grafický přehled výsledků vedoucí k důkazu toho, že stabilní Eu<sup>2+</sup> emisní centrum může být stabilizováno ve struktuře YAGu.

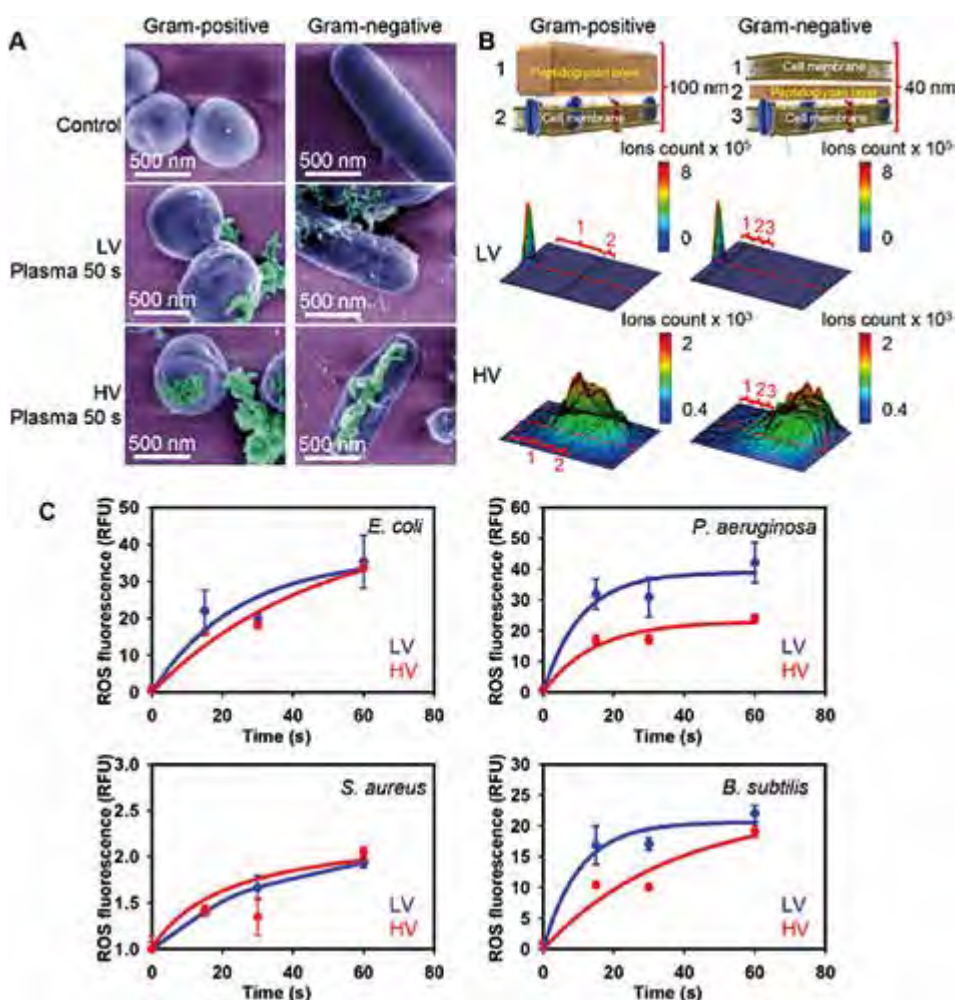
Biomaterials 82 (2016) 71–83, doi:  
10.1016/j.biomaterials.2015.12.027

## Biologický a fyzikální aspekt bakteriální smrti indukované nízkoteplotním plazmatem

O. Lunov, V. Zablotskij, O. Churpita, A. Jäger, L. Polívka, E. Syková, A. Dejnek, Š. Kubinová

Interakce nízkoteplotního plazmatu s živými buňkami a tkáněmi může dramaticky ovlivnit jejich funkčnost. Studie se zabývá molekulárními mechanismy, které vedou k inaktivaci grampozitivních a gramnegativních bakterií po jejich interakci s působením nízkoteplotního plazmatem. V závislosti na délce expozice dochází u bakterií buď

k přímé fyzikální destrukci, nebo k aktivaci programované buněčné smrti, která vykazuje charakteristické znaky apoptózy. Studie otevírá nové možnosti, jak lze kontrolovat interakci nízkoteplotního plazmatu s živými systémy. Obrázek ukazuje, jak NTP na bakterie působí.



Působení nízkoteplotního plazmatu na bakterie. V části (a) je zbarvený SEM obraz bakterií vystavených nízkoteplotnímu plazmatu s nízkým nebo vysokým napětím. Dále v části (b) jsou

uvedeny výsledky 3D SRIM simulací penetrace iontů He přes jednu grampozitivní nebo gramnegativní bakteriální stěnu. Akumulace volných radikálů (ROS) v bakteriích je uvedena v části (c).

## High dynamic stiffness mechanical structures with nanostructured composite coatings deposited by high power impulse magnetron sputtering

*Q. Fu, G. Lorite, M Rashid, R. Neuhaus, M. Čada, Z. Hubička, O. Pitkanen, T. Selkal, J. Uusitalo, C. Glanz, I. Kolaric, K. Kordas, C. Nicolescu, G. Toth*

Pomocí pulzního reaktivního magnetronového napařování (r-HIPIMS) byly nanášeny povlaky nakompozitních vrstev  $\text{CuCN}_x$  na frézovací nástroje a další mechanicky namáhané strojní komponenty. Tato plazmatická technologie využívá pulzování magnetronového výboje s velmi krátkým pracovním pulzem. Tím se dosahuje velké ionizace rozprášených a reaktivních částic, což značně zlepšuje kvalitu vytvářené tenké vrstvy. Jednalo se konkrétně o přípravu antivibračních multivrstvých povlaků, které tlumí vibrace nástroje při procesu frézování nebo obrábění. Antivibrační povlaky jsou tvořeny soustavou kompozitních vrstev  $\text{CuCN}_x$  a kovových Cu mezivrstev, které zlepšovaly adhezi a kohezi povlaku a dále zlepšovaly tlumení mechanických vibrací. Tyto multivrstvé systémy byly nanášeny reaktivním pulzním HIPIMS magnetronem, kde byl použit měděný terč pro pulzní napařovací proces s použitím reaktivních plynů  $\text{C}_2\text{H}_2$  a  $\text{N}_2$  [1h]. Takto byl vytvořen nanokompozit  $\text{Cu}_x\text{CN}_y$  ve formě antivibrační vrstvy. Měděné mezivrstvy byly nanášeny mezi kompozitní vrstvy HIPIMS magnetronem s Cu terčem a HIPIMS výbojem v argonovém plynu.



*Reaktivní pulzní magnetronový HIPIMS systém pro depozici nanokompozitních antivibračních vrstev  $\text{CuCN}_x$ .*

## Experimentální kvantové časové směrování

K. Bartkiewicz, A. Černochoch, K. Lemr, A. Miranowicz, F. Nori

Informační technologie využívající kvantových principů jsou schopny jak rychlejšího zpracování informace, tak inherentní bezpečnosti při přenosu tajné informace (tzv. kvantová kryptografie). Právě pro účely kvantové kryptografie poslouží výsledek našeho experimentu.

Už v minulosti byly prováděny experimenty s kvantově provázanými páry částic, kdy změnou jedné částice ovlivníme stav druhé. Tohoto jevu lze přitom využít pro bezpečnou distribuci šifrovacího klíče. V našem experimentu si vystačíme jen s jednou částicí – fotonem. Tento foton se šířil chybovou linkou simulující reálný přenos informace na dlouhé vzdálenosti. Kvantová informace byla zapsána do jeho polarizačního stavu před odesláním příjemci. Příjemce pak prováděl na fotonu polarizační měření. Výsledky měření musí být v korelaci se stavy, v jakých byly fotony odeslány. Pokud míra korelace překročí určitou danou mez, lze ověřit, že odesílatel a příjemce sdílejí totožné fotony. Tato metoda dokáže odhalit některé formy útoku na kvantovou kryptografii.

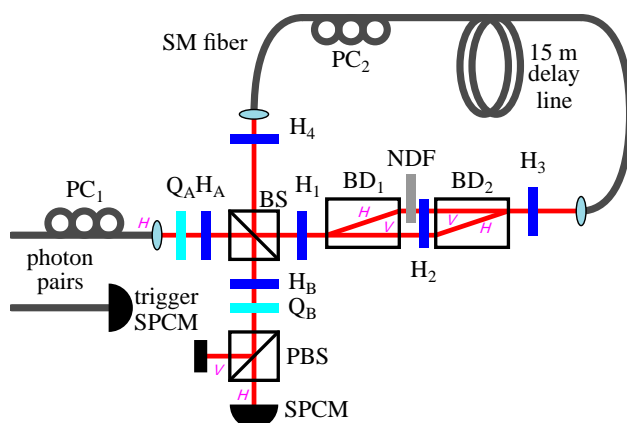


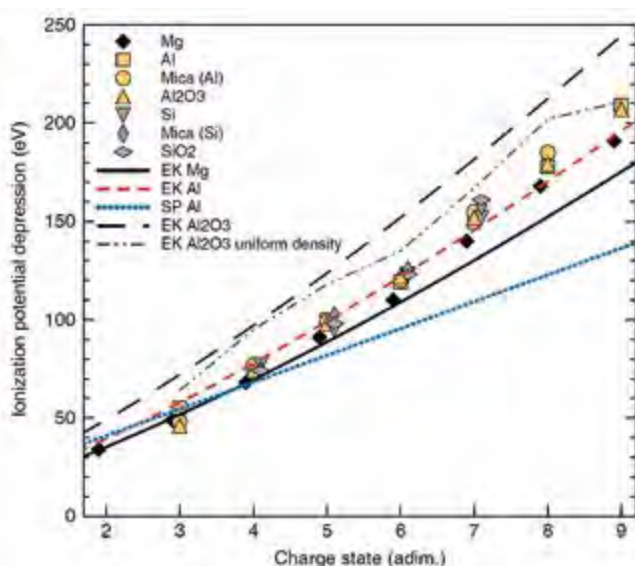
Schéma experimentu – polarizační stav fotonů z jednofotonového podmíněného zdroje je Alici (odesílatelem) připraven pomocí polarizačního kontroleru (PC), čtvrtvlnné (Q) a půlvlnné (H) fázové destičky. Chybovou přenosovou linku simuluje dvojice dvojlomných krystalů (BD) s šedým filtrem (NDF), který zavádí polarizačně závislé ztráty, půlvlnné fázové destičky (H) rotují polarizaci. Dělič svazku (BS) odklání část fotonů na Bobovu (příjemcovu) polarizační analýzu nebo zpět do smyčky. Pomocí elektroniky lze odlišit několik různých průchodů ztrátovou linkou.



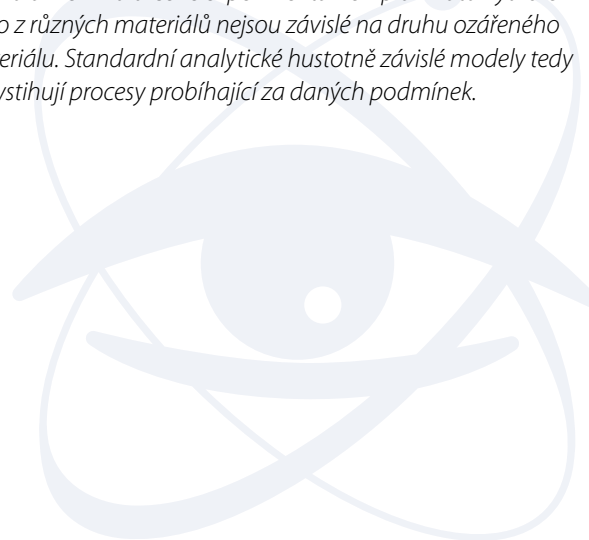
## Experimentální stanovení snížení kontinua energií pro ionty v plazmatu s hustotou pevné fáze vytvořeného z prvků a sloučenin

O. Ciricosta, S. M. Vinko, B. Barbrel, D. S. Rackstraw, T. R. Preston, T. Burian, J. Chalupsky, B. I. Cho, H. K. Chung, G. L. Dakovski, K. Engelhorn, V. Hajkova, P. Heimann, M. Holmes, L. Juha, J. Krzywinski, R. W. Lee, S. Toleikis, J. J. Turner, U. Zastra, J. S. Wark

Vliv prostředí na energetické hladiny iontu nacházejícího se v hustém plazmatu je obvykle popisován v termínech snížení jeho úrovně kontinua. Pomocí laditelného rtg laseru na volných elektronech jsme provedli experiment prokazující, že standardní analytické hustotně závislé modely nejsou schopny věrně popsat plazma s hustotou pevné fáze ve studovaném oboru teplot. Ultrakrátké impulzy rtg záření generované na zařízení LCLS (Linac Coherent Light Source; Menlo Park, CA, USA) byly soustředěny na povrch terčů z lehkých prvků (Mg, Al, Si) a je obsahujících materiálů (slída, safír, křemen). Tak bylo vytvořeno velmi husté plazma o obdobném prvkovém složení, ale rozdílné hustotě. V něm pak bylo pomocí emisní rtg spektrometrie určeno snížení ionizačního potenciálu pro různé nábojové stavy iontů zájmových prvků. Experimentálně získané hodnoty IPD pak byly porovnány s těmi, jež poskytly výše zmíněné modely. Získané výsledky jsou významné především pro astrofyziku, planetologii a inerciální termojaderovou fúzi.



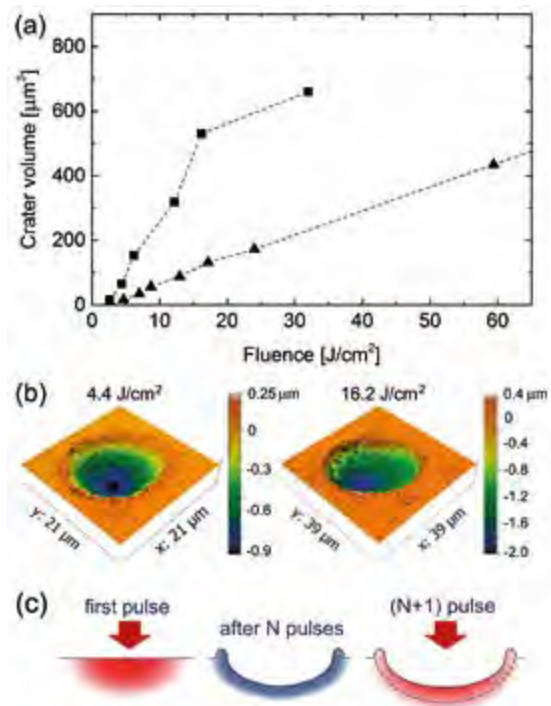
*Snížení ionizačního potenciálu (ionization potential depression - IPD) hořčiku, hliníku a křemíku ve velmi hustém plazmatu zjištěné z měření K hran v emisních rtg spektrech a porovnané s výsledky výpočtů provedených pomocí různých analytických modelů. Je patrné, že hodnoty snížení ionizačního potenciálu hliníku a křemíku určené experimentálně v plazmatu vytvořeného z různých materiálů nejsou závislé na druhu ozářeného materiálu. Standardní analytické hustotně závislé modely tedy nevystihují procesy probíhající za daných podmínek.*



## Laserová ablace dielektrik ultrakrátkými pulzy

I. Mirza, N. M. Bulgakova, J. Tomáščík, V. Michálek, O. Haderka, L. Fekete, T. Mocek

Předložená práce pojednává o výzkumu rozšíření opracovatelnosti širokopásmových transparentních materiálů pomocí femtosekundového laserového záření působícího na zkušební skleněné substráty – Corning Willow glass, v současnosti ve významné míře použitelných v odvětvích solárních aplikací a v technologiích bezdotykových displejů, zejména pro realizaci tenčích a transparentnějších přenosových zařízení. Byly použity pokročilé diagnostické techniky pro stanovení optimálních podmínek efektivního a vysoce kvalitního zpracování použitých materiálů. Zároveň byly nalezeny vzájemné korelační vztahy mezi hodnotami prahu poškození a mechanismem zničení, resp. ablace skla, a generací superkontinua v důsledku femtosekundového laserového záření, využitelného pro řízení kvality laserového zpracování. Naše experimentální výsledky poukazují na koexistenci několika ablačních mechanismů, které mohou být odděleny v čase. Pro získání komplexního pochopení šíření laserového záření ve skle byly využity sofistikované numerické simulace. Následně byly definovány podmínky pro zlepšení kvality laserového zpracování a interpretovány na základě předchozí teoretické analýzy.



Srovnání laserové ablace jedním a více pulzy. (a) Objem kráteru jako funkce laserového toku energie při ozáření jedním (trojúhelníky) a pěti (čtverečky) pulzy. (b) Krátery vytvořené 5 laserovými pulzy v režimech pod (vlevo) a nad (vpravo) prahem poškození. (c) Schematické znázornění akumulčních účinků vedoucích k čistší morfologii kráteru při aplikaci vyššího počtu pulzů.



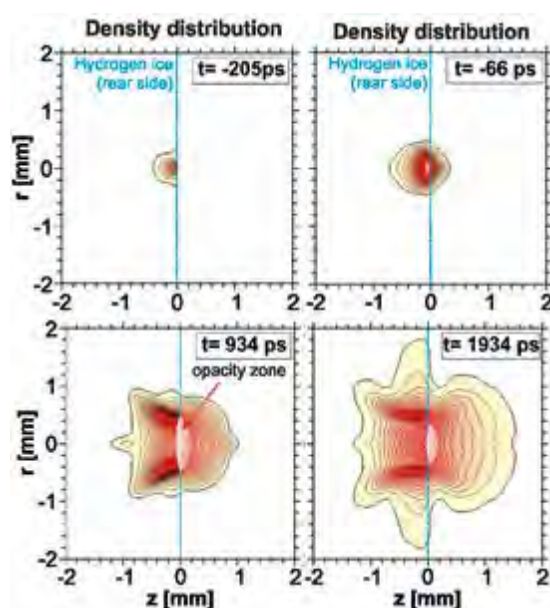
Physical Review X 6 (2016) 041030,  
doi: 10.1103/PhysRevX.6.041030

## Urychlování protonů buzené nanosekundovým laserem z kryogenního pásku tuhého vodíku

*D. Margarone, A. Velyhan, J. Dostal, J. Ullschmied, J. P. Perin, D. Chatain, S. Garcia, P. Bonnay, T. Pisarczyk, R. Dudzak, M. Rosinski, J. Krasa, L. Giuffrida, J. Prokupek, V. Scuderi, J. Psikal, M. Kucharik, M. De Marco, J. Cikhardt, E. Krouscky, Z. Kalinowska, T. Chodukowski, G. A. P. Cirrone & G. Korn*

Zdroje proudů urychlených protonů jsou klíčové jak pro terapii rakovinných nádorů, tak pro experimentální studie ve fyzice pevných látek. Proudů částic z ozařovaného materiálu jsou ale obvykle kontaminovány uhlíkem nebo jinými ionty. V této práci autoři studovali působení vysokoenergetického pulzního laseru na pásek tuhého vodíku jako zdroj takového proudu protonů.

Tuhý vodík byl protlačován otvorem a vznikl 1 mm široký pásek s tloušťkou 20 až 100  $\mu\text{m}$ . Pásek byl ozařován ve vakuu  $10^{-5}$  až  $10^{-4}$  mbaru při kryogenní teplotě 10 K. Podařilo se tak vytvořit proud protonů s energiemi v MeV rozsahu prakticky bez kontaminace. Pomocí dalšího paprsku laseru bylo studováno rozpínání vodíkové plazmy při 3 miliardách kelvinů několik nanosekund před a po dopadu laserového pulzu. Bylo ukázáno, že vzniklá populace protonů je třikrát vyšší ve srovnání s protony po ozařování  $\text{CH}_2$ . Rovněž účinnost zrychlování protonů byla 2 až 3 krát vyšší. Tyto výsledky jsou velmi slibné pro budoucí aplikace při rakovinné terapii a jaderné fúzi.



Rozložení energií protonových paprsků vzniklých ozářením laserem v různých časech od dopadu laserového pulzu.



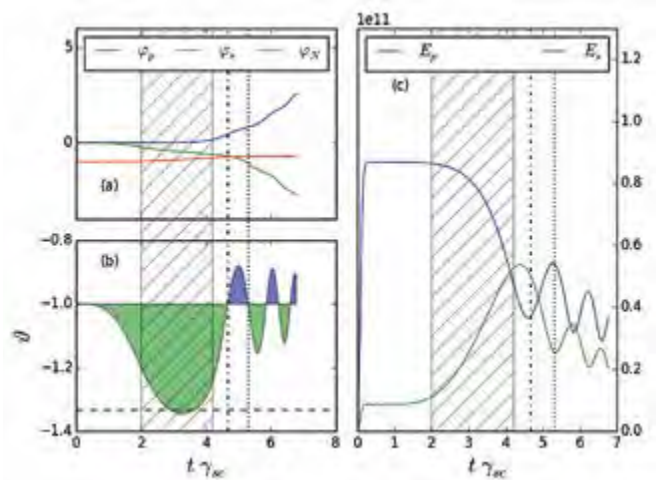


Physical Review Letters 117 (2016) 235003,  
doi: 10.1103/PhysRevLett.117.235003

## Úloha časově proměnné frekvence laserových impulsů pro zesilování Brillouinovy plazmy v silně vázaném systému

M. Chiaramello, F. Amiranoff, C. Riconda & S. Weber

Nedávný výzkum zesilování laserového záření v plazmatu pomocí Brillouinova rozptylu se soustředil na optimalizaci a řízení tohoto procesu. Výzkum se soustředil na roli časově proměnné frekvence laserových impulsů („chirp“) a směrovosti toku energie. Podrobná analýza různých zesilovacích stupňů v plazmatu založených na Brillouinově rozptylu v silně vázaném režimu poukázala na velký význam laserového „chirpu“, který může pocházet ze tří zdrojů: jednak může být vytvářen samotným procesem zesilování, nebo může pocházet z laserových pulsů generovaných chirpovaným laserovým pulsem anebo se může jednat o vliv hustotního profilu plazmatu. Kontrola celkového chirpu může optimalizovat nebo naopak zamezit přenos energie. V rámci výzkumu byl odvozen analytický vzorec popisující toto chování. Časově závislá fáze pole vysvětluje směr toku energie během zesilování, což je charakteristické pro zesilování v silně vázaném režimu. Tento výzkum je rovněž potenciálně významný pro pochopení a možnost ovládnutí přenosu energie mezi laserovými pulsy v plazmatu při inerciální termojaderné fúzi.



Komplexnost procesu interakce z hlediska fází vln. Obrázek a) ukazuje časový vývoj fází čerpací vlny ( $\varphi_p$ , modrá čára), zesilované vlny ( $\varphi_s$ , zelená čára) a perturbace hustoty ( $\varphi$ , červená čára) v jednotkách  $\pi$ . b) Časový vývoj celkové fáze  $\theta = \varphi_p - \varphi_s + \varphi$ , v jednotkách  $\pi$ . Zelená oblast označuje hodnoty  $\theta$ , pro které dochází k přenosu energie od čerpací vlny k vlně zesilované; modrá oblast odpovídá obrácenému toku energie. c) Amplituda elektrického pole ve V/m pro čerpací vlnu (modrá čára) a zesilovanou vlnu (zelená čára) jako funkce času. Data jsou znázorněna v místě, kde se obě elektromagnetické vlny poprvé v plazmatu střetnou.



## ■ Publikace v impaktovaných časopisech

### Nové technologie a materiály

1. **A. A. Prokhorov**  
*Static and dynamic characteristics of the  $\text{Cr}^{3+}$  EPR spectra in the Van Vleck paramagnet  $\text{TmAl}_3(\text{BO}_3)_4$*   
J. Mater. Sci. 51 (2016) 4762–4768.
2. N. Abdellaoui, A. Pereira, T. Kandri, E. Drouard, **M. Novotný**, B. Moine, A. Pillonnet  
*Luminescence enhancement of a self-organised  $\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$  thin film-coated porous alumina membrane*  
J. Mater. Chem. C 4 (2016) 9212–9218.
3. M. Alcaide, S. Papaioannou, **A. Taylor**, **L. Fekete**, L. Gurevich, V. Zachar, C. P. Pennisi  
*Resistance to protein adsorption and adhesion of fibroblasts on nanocrystalline diamond films: the role of topography and boron doping*  
J. Mater. Sci.-Mater. Med. 27 (2016) 90 (1)–90 (12).
4. M. Alcaide, **A. Taylor**, M. Fjorback, V. Zachar, C. P. Pennisi  
*Boron-Doped Nanocrystalline Diamond Electrodes for Neural Interfaces: In vivo Biocompatibility Evaluation*  
Front. Neurosci. 10 (2016) 1–9.
5. **P. Ashcheulov**, R. Škoda, J. Škarohlíd, **A. Taylor**, F. Fendrych, I. Kratochvílová  
*Layer Protecting the Surface of Zirconium Used in Nuclear Reactors*  
Recent Pat. Nanotechnology 10 (2016) 59–65.
6. O. Babchenko, H. Kozak, T. Izak, J. Stuchlik, Z. Remeš, B. Rezek, A. Kromka  
*Fabrication of diamond-coated germanium ATR prisms for IR-spectroscopy*  
Vib. Spectrosc. 84 (2016) 67–73.
7. **V. Babin**, K. Chernenko, P. Demchenko, **E. Mihóková**, **M. Nikl**, I. Pashuk, T. Shalapska, A. Voloshinovskii, S. Zazubovich  
*Luminescence and excited state dynamics in  $\text{Bi}^{3+}$ -doped  $\text{LiLaP}_4\text{O}_{12}$  phosphates*  
J. Lumin. 176 (2016) 324–330.
8. **V. Babin**, K. Chernenko, M. Kučera, **M. Nikl**, S. Zazubovich  
*Photostimulated luminescence and defects creation processes in  $\text{Ce}^{3+}$ -doped epitaxial films of multicomponent  $\text{Lu}_{3-x}\text{Gd}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{5-y}\text{O}_{12}$  garnets*  
J. Lumin. 179 (2016) 487–495.
9. **V. Babin**, M. Hanus, A. Krasnikov, M. Kučera, **M. Nikl**, S. Zazubovich  
*Determination of the position of the 5d excited levels of  $\text{Ce}^{3+}$  ions with respect to the conduction band in the epitaxial films of the multicomponent  $(\text{Lu,Gd})_3(\text{Ga,Al})_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$  garnets*  
Opt. Mater. 62 (2016) 465–474.
10. K. Bajzikova, M. Kohout, J. Tarabek, J. Svoboda, **V. Novotna**, **J. Vejpravova**, D. Pociecha, E. Gorecka  
*All-organic liquid crystalline radicals with a spin unit in the outer position of a bent-core system*  
J. Mater. Chem. C 4 (2016) 11540–11547.
11. **K. Bartosiewicz**, **V. Babin**, **M. Nikl**, **J. A. Mareš**, Y. Zorenko, V. Gorbenko  
*Luminescence and energy transfer processes in  $(\text{Lu,Tb})_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$  single crystalline films doped with  $\text{Ce}^{3+}$*   
J. Lumin. 173 (2016) 141–148.
12. A. Bobrovsky, K. Mochalov, V. Oleinikov, D. Solovyeva, V. Shibaev, Yu. Bogdanova, **V. Hamplová**, **M. Kašpar**, **A. Bubnov**  
*Photoinduced changes of surface topography in amorphous, liquid-crystalline, and crystalline films of bent-core azobenzene-containing substance*  
J. Phys. Chem. B 120 (2016) 5073–5082.
13. A. Bobrovsky, V. Shibaev, **M. Cigl**, **V. Hamplová**, D. Pociecha, **A. Bubnov**  
*Azobenzene-containing LC polymethacrylates highly photosensitive in broad spectral range*  
J Polym Sci Polym Chem 54 (2016) 2962–2970.

14. A. Bobrovsky, V. Shibaev, **V. Hamplová**, **A. Bubnov**, **V. Novotná**, **M. Kašpar**, A. Piryazev, D. Anokhin, D. Ivanov  
*Photo-optical properties of amorphous and crystalline films of azobenzene-containing photochromes with bent-shaped molecular structure*  
J. Photochem. Photobiol. A-Chem. 316 (2016) 75–87.
15. **A. Bubnov**, A. Iwan, **M. Cigl**, B. Boharewicz, I. Tazbir, K. Wójcik, A. Sikora, **V. Hamplová**  
*Photosensitive self-assembling materials as functional dopants for organic photovoltaic cells*  
RSC Adv. 6 (2016) 11577–11590.
16. **A. Bubnov**, N. Podoliak, **V. Hamplová**, P. Tomášková, J. Havlíček, **M. Kašpar**  
*Eutectic behaviour of binary mixtures composed by two isomeric lactic acid derivatives*  
Ferroelectrics 495 (2016) 105–115.
17. **A. Bubnov**, M. Tykarska, **V. Hamplová**, K. Kurp  
*Tuning the phase diagrams: the miscibility studies of multilactate liquid crystalline compounds*  
Phase Transit. 89 (2016) 885–893.
18. J. Bulíř, T. Zikmund, **M. Novotný**, J. Lančok, L. Fekete, L. Juha  
*Photoluminescence excitation of lithium fluoride films by surface plasmon resonance in Kretschmann configuration*  
Appl. Phys. A-Mater. 122 (2016) 412(1)–412(7).
19. H. Burešová, **L. Procházková**, R. M. Turtos, **V. Jarý**, E. Mihóková, **A. Beitlerová**, R. Pjatkan, S. Gundacker, E. Auffray, P. Lecoq, **M. Nikl**, V. Čuba  
*Preparation and luminescence properties of ZnO:Ga – polystyrene composite scintillator*  
Opt. Express 24 (2016) 15289–15298.
20. J. Cajzl, P. Nekvindová, A. Macková, P. Malinský, **J. Oswald**, S. Staněk, S. Vytýkáčová, J. Špírková.  
*Optical waveguides in Er:LiNbO<sub>3</sub> fabricated by different techniques – A comparison*  
Opt. Mater. 53 (2016) 160–168.
21. **J. Čapek**, J. Kubásek, D. Vojtěch, E. Jablonská, J. Lipov, T. Ruml  
*Microstructural, mechanical, corrosion and cytotoxicity characterization of the hot forged FeMn30(wt.%) alloy*  
Mat. Sci. Eng. C-Bio S. 58 (2016) 900–908.
22. **J. Čapek**, K. Stehlíková, A. Michalcová, Š. Msallamová, D. Vojtěch  
*Microstructure, mechanical and corrosion properties of biodegradable powder metallurgical Fe-2 wt% X (X = Pd, Ag and C) alloys*  
Mater. Chem. Phys. 181 (2016) 501–511.
23. **J. Čermák**, T. Yamada, **K. Ganzerová**, **B. Rezek**  
*Doping Effects and Grain Boundaries in Thermal CVD Graphene on Recrystallized Cu Foil*  
Adv. Mater. Interf. 3 (2016) 1600166(1)–1600166(7).
24. I. M. Chernev, A. V. Shevlyagin, K. N. Galkin, **J. Stuchlík**, **Z. Remeš**, R. Fajgar, N. G. Galkin  
*On the way to enhance the optical absorption of a-Si in NIR by embedding Mg<sub>2</sub>Si thin film*  
Appl. Phys. Lett. 109 (2016) 043902-1–043902-4.
25. W. Chewpraditkul, P. Brůža, D. Pánek, N. Pattanaboonmee, K. Wantong, W. Chewpraditkul, **V. Babin**, **K. Bartosiewicz**, K. Kamada, A. Yoshikawa, **M. Nikl**  
*Optical and scintillation properties of Ce<sup>3+</sup>-doped YGd<sub>2</sub>Al<sub>5-x</sub>Ga<sub>x</sub>O<sub>12</sub> (x=2,3,4) single crystal scintillators*  
J. Lumin. 169 (2016) 43–50.
26. W. Chewpraditkul, N. Pattanaboonmee, W. Chewpraditkul, K. Kamada, A. Yoshikawa, **M. Nikl**  
*Luminescence and scintillation response of YGd<sub>2</sub>Al<sub>2</sub>Ga<sub>3</sub>O<sub>12</sub>:Ce and LuGd<sub>2</sub>Al<sub>2</sub>Ga<sub>3</sub>O<sub>12</sub>:Ce scintillators*  
Radiat. Meas. 90 (2016) 153–156.
27. W. Chewpraditkul, O. Sakthong, W. R. Chewpraditkul, N. Yawai, T. Szczesniak, L. Swiderski, M. Moszynski, S. Kurosawa, R. Murakami, T. Horiai, A. Yoshikawa, **M. Nikl**  
*Scintillation timing characteristics of (La,Gd)<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>7</sub>:Ce and Gd<sub>2</sub>SiO<sub>5</sub>:Ce single crystal scintillators: A comparative study.*  
Radiat. Meas. 92 (2016) 49–53.
28. H. Chiba, S. Kurosawa, K. Harata, R. Murakami, A. Yamaji, Y. Ohashi, **J. Pejchal**, K. Kamada, Y. Yokota, A. Yoshikawa  
*Luminescence properties of the Mg co-doped Ce:SrHfO<sub>3</sub> ceramics prepared by the Spark Plasma Sintering Method*  
Radiat. Meas. 90 (2016) 287–291.

29. **O. Cibulka**, C. Vorkötter, **A. Purkrt**, **J. Holovský**, J. Benedikt, **K. Herynková**  
*Comparison of Silicon Nanocrystals Prepared by Two Fundamentally Different Methods*  
Nanoscale Res. Lett. 11 (2016) 445–445.
30. **S. Cichoň**, P. Macháč, **L. Fekete**, L. Lapčák  
*Direct microwave annealing of SiC substrate for rapid synthesis of quality epitaxial graphene*  
Carbon 98 (2016) 441–448.
31. M. Cigl, A. Bubnov, **M. Kašpar**, F. Hampl, **V. Hamplová**, **O. Pacherová**, J. Svoboda  
*Photosensitive chiral self-assembling materials: significant effects of small lateral substituents*  
J. Mater. Chem. C 4 (2016) 5326–5333.
32. **M. Davydova**, A. De Los Santos Pereira, M. Bruns, **A. Kromka**, **E. Ukraintsev**, M. Hirtz, C. Rodriguez-Emmenegger  
*Catalyst-free site-specific surface modifications of nanocrystalline diamond films: Via microchannel cantilever spotting*  
RSC Adv. 6 (2016) 57820–57827.
33. **V. A. Delong**, R. Beňo, D. Břeň, P. Kulhánek  
*Notes on the relativistic movement of runaway electrons in parallel electric and magnetic fields*  
Phys. Plasmas 23 (2016) 094504 (1)–094504 (4).
34. N. J. van der Heijden, **P. Hapala**, J. A. Rombouts, J. van der Lit, D. Smith, **P. Mutombo**, **M. Švec**, **P. Jelinek**, I. Swart  
*Characteristic Contrast in  $\Delta f_{min}$  Maps of Organic Molecules Using Atomic Force Microscopy*  
ACS Nano 10 (2016) 8517–8525.
35. **M. Domonkos**, T. Izak, **A. Kromka**, **M. Varga**  
*Polymer-based nucleation for chemical vapour deposition of diamond*  
J. Appl. Polym. Sci. 133 (2016) 43688(1)–43688(7).
36. F. Dubecký, **J. Oswald**, **D. Kindl**, **P. Hubík**, M. Dubecký, E. Gombia, A. Šagátová, P. Boháček, M. Sekáčová, V. Nečas  
*Photocurrent spectra of semi-insulating GaAs M-S-M diodes: Role of the contacts*  
Solid State Electron. 118 (2016) 30–35.
37. M. Falk, I. Falková, E. Pagáčová, A. Bačíková, **M. Golan**, **D. Šimek**, **S. Ignácová**, J. Mičová, J. Šebera, J. Richter, D. Řeha, S. Follett, K. Elliott, K. Varga, **I. Kratochvílová**  
*Viability of cryopreserved cells, state of their nuclei, and properties of cryoprotectants*  
Cryobiology 73 (2016) 423–423.
38. M. Frost, P. Sedlák, **L. Kadeřávek**, **L. Heller**, **P. Šittner**  
*Modeling of mechanical response of NiTi shape memory alloy subjected to combined thermal and non-proportional mechanical loading: a case study on helical spring actuator*  
J. Intell. Mater. Syst. Struct. 27 (14) (2016) 1927–1938.
39. **M. Glogarová**, **V. Novotná**  
*Frustrated smectic liquid crystalline phases in lactic acid derivatives*  
Phase Transit. 89 (2016) 829–839.
40. A. Gradišek, V. Domenici, T. Apih, **V. Novotná**, P. J. Sebastiao  
 *$^1\text{H}$  NMR relaxometric study of molecular dynamics in a “de Vries” liquid crystal*  
J. Phys. Chem. B 120 (2016) 4706–4714.
41. **L. Havlák**, **J. Bárta**, **M. Buryi**, **V. Jarý**, **E. Mihóková**, **V. Laguta**, **P. Boháček**, **M. Nikl**  
 *$\text{Eu}^{2+}$  Stabilization in YAG Structure: Optical and Electron Paramagnetic Resonance Study*  
J. Phys. Chem. C 120 (2016) 21751–21761.
42. J. Havlik, H. Raabova, **M. Gulka**, **V. Petrakova**, **M. Krecmarova**, V. Masek, P. Lousa, J. Stursa, H-G Boyen, M. Nesladek, P. Cigler  
*Benchmark Fluorination of Fluorescent Nanodiamonds on a Preparative Scale: Toward Unusually Hydrophilic Bright Particles*  
Adv. Funct. Mater. 26 (2016) 1–9.
43. **O. Heczko**, P. Cejpek, J. Drahokoupil, V. Holý  
*Structure and microstructure of Ni-Mn-Ga single crystal exhibiting magnetic shape memory effect analysed by high resolution X-ray diffraction*  
Acta Mater. 115 (2016) 250–258.

44. **K. Herynková**, M. Šlechta, P. Šimáková, **A. Fučíková**, **O. Cibulka**  
*Agglomeration of luminescent porous silicon nanoparticles in colloidal solutions*  
Nanoscale Res. Lett. 11 (2016) 367(1)–367(5).
45. **K. Herynková**, Ch. Vorkotter, P. Šimáková, J. Benedikt, **O. Cibulka**  
*Structural and luminescence properties of silicon nanocrystals in colloidal solutions for bio applications*  
phys. status solidi a 213 (2016) 2873–2878.
46. T. Hlásek, V. Polák, K. Rubešová, V. Jakeš, P. Nekvindová, O. Jankovský, D. Mikolášová, **J. Oswald**  
*Sol–gel-derived planar waveguides of Er<sup>3+</sup>:Yb<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub> prepared by a polyvinylpyrrolidone-based method*  
J. Sol-Gel Sci. Techn. 80 (2016) 531–537.
47. T. Hlásek, K. Rubešová, V. Jakeš, M. Nováček, **J. Oswald**, P. Fitl, J. Siegel, P. Macháček  
*Physical vapor deposition of Er<sup>3+</sup>:Yb<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub> thin films from sol-gel derived targets*  
Ceram.-Silik. 60 (2016) 285–290.
48. J. E. Hoetzel, O. Caglar, J. S. Cashmore, C. Goury, J. Kalaš, M. Klindworth, M. Kupich, G. -F. Leu, M.-H. Lindic, P. A. Losio, **T. Mates**, B. Mereu, T. Roschek, I. Sinicco  
*Microcrystalline bottom cells in large area thin film silicon MICROMORPH™ solar modules*  
Sol. Energ. Mat. Sol. C. 157 (2016) 178–189.
49. E. Homeyer, S. Pailhès, R. Debord, **V. Jarý**, C. Dujardin, G. Ledoux  
*Diamond contact-less micrometric temperature sensors*  
Appl. Phys. Lett. 106 (2016) 243502-1–243502-4.
50. **K. Horáková**, V. Cháb, **O. Heczko**, V. Drchal, L. Fekete, J. Honolka, J. Kopeček, J. Kudrnovský, Y. Polyak, P. Sajdl, **M. Vondráček**, J. Lančok, V. Feyer, C. Wiemann, C. M. Schneider  
*Surface analysis of the Heusler Ni<sub>49.7</sub>Mn<sub>29.1</sub>Ga<sub>21.2</sub> Alloy: The composition, phase transition, and twinned microstructure of martensite*  
J. Appl. Phys. 120 (2016) 113905(1)–113905(8).
51. M. Horčic, J. Svoboda, A. Seidler, V. Kozmík, **V. Novotná**, D. Pociecha, E. Gorecka  
*W-shaped liquid crystalline dimers*  
RSC Adv. 6 (2016) 41972–41981.
52. T. Horiai, S. Kurosawa, R. Murakami, **V. Jary**, A. Yamaji, Y. Shoji, Y. Ohashi, **J. Pejchal**, K. Kamada, Y. Yokota, **M. Nikl**, A. Yoshikawa  
*Temperature Dependence of Luminescence Properties for Zr codoped Ce:(Gd, La)<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>7</sub> Scintillator*  
J. Phys. Soc. Jpn. 11 (2016) 020007(1)–020007(6).
53. T. Horiai, S. Kurosawa, R. Murakami, **J. Pejchal**, A. Yamaji, Y. Shoji, V. I. Chani, Y. Ohashi, K. Kamada, Y. Yokota, A. Yoshikawa  
*Crystal growth and luminescence properties of Yb<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>7</sub> infra-red emission scintillator*  
Opt. Mater. 58 (2016) 14–17.
54. **Štěpán Huber**, Ondřej Jankovský, David Sedmidubský, Jan Luxa, Kateřina Klímová, **Jiří Hejtmánek**, Zdeněk Sofer  
*Synthesis, structure, thermal, transport and magnetic properties of VN ceramics*  
Ceram. Int. 42 (2016) 18779–18784.
55. T. Ito, Y. Yokota, S. Kurosawa, **R. Kral**, K. Kamada, **J. Pejchal**, Y. Ohashi, A. Yoshikawa  
*Crystal growth and scintillation properties of Lu substituted CeBr<sub>3</sub> single crystals*  
J. Cryst. Growth 452 (2016) 65–68.
56. T. Ito, Y. Yokota, S. Kurosawa, **R. Král**, **J. Pejchal**, Y. Ohashi, K. Kamada, **M. Nikl**, A. Yoshikawa  
*Effects of Na and K co-doping on growth and scintillation properties of Eu:SrI<sub>2</sub> crystals*  
Radiat. Meas. 90 (2016) 157–161.
57. **T. Ižák**, **V. Jirásek**, G. Vanko, J. Dzuba, **A. Kromka**  
*Temperature-dependent stress in diamond-coated AlGaIn/GaN heterostructures*  
Mater. Des. 106 (2016) 305–312.
58. V. Jakeš, K. Rubešová, T. Hlásek, V. Polák, **J. Oswald**, L. Nádherný  
*Thin films of ErNbO<sub>4</sub> and YbNbO<sub>4</sub> prepared by sol–gel*  
J. Sol-Gel Sci. Techn. 78 (2016) 600–605.

59. V. Jarý, L. Havlák, J. Bárta, E. Mihóková, M. Buryi, M. Nikl  
*AlN<sub>2</sub>:RE (A=K, Rb; Ln=La, Gd, Lu, Y): New optical materials family*  
J. Lumin. 170 (2016) 718–735.
60. A. Jäger, S. Habr, K. Tesař  
*Twinning-detwinning assisted reversible plasticity in thin magnesium wires prepared by one-step direct extrusion*  
Mater. Des. 110 (2016) 895–902.
61. M. Jelínek, R. Zeipl, T. Kocourek, J. Remsa, J. Navrátil  
*Thermoelectric nanocrystalline YbCoSb laser prepared layers*  
Appl. Phys. A-Mater. 122:155 (2016) 122–155.
62. M. Jelínek, J. Zemek, T. Kocourek, J. Remsa, J. Mikšovský, P. Písařík, K. Jurek, Z. Tolde, M. Trávníčková, M. Vandrovcová, E. Filová  
*Dual laser deposition of Ti:DLC composite for implants*  
Laser Phys. 26 (2016) 105605(1)–105605(8).
63. M. Jelínek, J. Zemek, M. Vandrovcová, L. Bačáková, T. Kocourek, J. Remsa, P. Písařík  
*Bonding and bio-properties of hybrid laser/magnetron Cr-enriched DLC layers*  
Mat. Sci. Eng. C-Bio S. 58 (2016) 1217–1224.
64. V. Jirásek, J. Čech, H. Kozak, A. Artemenko, M. Černák, A. Kromka  
*Plasma treatment of detonation and HPHT nanodiamonds in diffuse coplanar surface barrier discharge in H<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> flow*  
phys. status solidi a 213 (2016) 2680–2686.
65. V. Jirásek, P. Lukeš, H. Kozak, A. Artemenko, M. Člupek, J. Čermák, B. Rezek, A. Kromka  
*Filamentation of diamond nanoparticles treated in underwater corona discharge*  
RSC Adv. 6 (2016) 2352–2360.
66. M. Jirsa, M. Rameš, M. R. Koblischka, A. Koblischka-Veneva, K. Berger, B. Douine  
*Relaxation and pinning in spark-plasma sintered MgB<sub>2</sub> superconductor*  
Supercond. Sci. Tech. 29 (2016) 025006 (1pp)–025006 (7pp).
67. K. Kamada, K. Hishinuma, S. Kurosawa, A. Yamaji, Y. Shoji, J. Pejchal, Y. Ohashi, Y. Yokota, A. Yoshikawa  
*Growth and luminescence properties of Eu-doped HfO<sub>2</sub>/α-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> eutectic scintillator*  
J. Rare Earths 34 (2016) 796–801.
68. K. Kamada, S. Kurosawa, Y. Yokota, J. Pejchal, Y. Ohashi, M. Yoshino, A. Yoshikawa  
*Single Crystal Growth of Cerium and Praseodymium Doped YCa<sub>4</sub>O(BO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> Scintillator by Micro-Pulling Down Method*  
IEEE Trans. Nucl. Sci. 63 (2016) 486–489.
69. K. Kamada, M. Nikl, S. Kurosawa, A. Beitlerová, A. Nagura, Y. Shoji, J. Pejchal, Y. Ohashi, Y. Yokota, A. Yoshikawa  
*Growth and scintillation properties of Li and Ce co-doped Lu<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub> scintillator*  
J. Cryst. Growth 452 (2016) 85–88.
70. K. Kamada, M. Nikl, S. Kurosawa, Y. Shoji, J. Pejchal, Y. Ohashi, Y. Yokota, A. Yoshikawa  
*Growth and scintillation properties of praseodymium doped (Lu,Gd)<sub>3</sub>(Ga,Al)<sub>5</sub>O<sub>12</sub> single crystals*  
J. Lumin. 169 (2016) 811–815.
71. 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  
*Large Size Czochralski Growth and Scintillation Properties of Mg<sup>2+</sup> co-doped Ce:Gd<sub>3</sub>Ga<sub>3</sub>Al<sub>2</sub>O<sub>12</sub>*  
IEEE Trans. Nucl. Sci. 63 (2016) 443–447.
72. K. Kamada, Y. Shoji, V. V. Kochurikhin, S. Okumura, S. Yamamoto, A. Nagura, J. Y. Yeom, S. Kurosawa, Y. Yokota, Y. Ohashi, M. Nikl, A. Yoshikawa  
*Growth and scintillation properties of 3 inch diameter Ce doped Gd<sub>3</sub>Ga<sub>3</sub>Al<sub>2</sub>O<sub>12</sub>(GAGG) single crystal scintillator.*  
J. Cryst. Growth 452 (2016) 81–84.
73. K. Kirakci, P. Kubát, K. Fejfarová, J. Martinčík, M. Nikl, K. Lang  
*X-ray Inducible Luminescence and Singlet Oxygen Sensitization by an Octahedral Molybdenum Cluster Compound: A New Class of Nanoscintillators*  
Inorg. Chem. 55 (2016) 803–809.

74. **M. Klinger, L. Polívka, A. Jäger, M. Tyunina**  
*Quantitative analysis of structural inhomogeneity in nanomaterials using transmission electron microscopy*  
J. Appl. Crystallogr. 49 (2016) 1–9.
75. **J. Kočka, M. Müller, J. Stuchlík, H. Stuchlíková, J. Červenka, A. Fejfar**  
*Role of a-Si:H in lateral growth of crystalline silicon nanowires using Pb and In catalysts*  
phys. status solidi a 1-5 (2016) (1)–(5).
76. **M. Kohout, A. Bubnov, J. Šturala, V. Novotná, J. Svoboda**  
*Effect of alkyl chain length in the terminal ester group on mesomorphic properties of new chiral lactic acid derivatives*  
Liq. Cryst. 43 (2016) 1472–1485.
77. **V. Kopecký, L. Fekete, O. Perevertov, O. Heczko**  
*Changes in magnetic domain structure during twin boundary motion in single crystal Ni-Mn-Ga exhibiting magnetic shape memory effect*  
AIP Adv. 6 (2016) 056208(1)–056208(6).
78. **A. Kovalenko, J. Honova, M. Vala, S. Lunak, L. Fekete, P. Horakova, L. Dokladalova, L. Kubac, M. Weiter**  
*Effect of the Side Chains and Anode Material on Thermal Stability and Performance of Bulk-Heterojunction Solar Cells Using DPP(TBFu)(2) Derivatives as Donor Materials*  
Int. J. Photoenergy 2015 (2016) 734917(1)–734917(9).
79. **H. Kozak, A. Artemenko, J. Čermák, V. Švrček, A. Kromka, B. Rezek.**  
*Oxidation and reduction of nanodiamond particles in colloidal solutions by laser irradiation or radio-frequency plasma treatment*  
Vib. Spectrosc. 83 (2016) 108–114.
80. **V. Kozmík, T. Hodík, J. Svoboda, V. Novotná, D. Pociacha, E. Gorecka**  
*Liquid crystalline benzothiophenes. Part 3: 2,4- And 2,7-disubstituted benzothiophenes*  
Liq. Cryst. 41 (2016) 839–852.
81. **R. Král, V. Jarý, J. Pejchal, S. Kurosawa, K. Nitsch, Y. Yokota, M. Nikl, A. Yoshikawa**  
*Growth and luminescence properties of Eu:SrI<sub>2</sub> single crystals prepared by modified micro-pulling-down method*  
IEEE Trans. Nucl. Sci. 63 (2016) 453–458.
82. **Miloš Krbal, Jiří Kuchařík, Hanna Sopha, Hynek Němec, Jan M. Macák**  
*Charge transport in anodic TiO<sub>2</sub> nanotubes studied by terahertz spectroscopy*  
Phys. Status Solidi-Rapid Res. Lett. 10 (2016) 691–695.
83. **G. K. Krivyakin, V. A. Volodin, S. A. Kochubei, G. N. Kamaev, A. Purkrt, Z. Remeš, R. Fajgar, T. H. Stuchliková, J. Stuchlik**  
*Optical properties of p–i–n structures based on amorphous hydrogenated silicon with silicon nanocrystals formed via nanosecond laser annealing*  
Semiconductors 50 (2016) 935–940.
84. **A. Kromka, J. Jira, P. Stenclova, V. Kriha, H. Kozak, J. Beranova, V. Vretenar, V. Skakalova, B. Rezek**  
*Bacterial response to nanodiamonds and graphene oxide sheets*  
phys. status solidi b 253 (2016) 2481–2485.
85. **H. Krysova, J. Barton, V. Petrak, R. Jurok, M. Kuchar, P. Cigler, L. Kavan**  
*Efficiency and stability of spectral sensitization of boron-doped-diamond electrodes through covalent anchoring of a donor–acceptor organic chromophore (P1)*  
Phys. Chem. Chem. Phys. 18 (2016) 16444–16450.
86. **M. Kucera, Z. Onderisinova, J. Bok, M. Hanus, P. Schauer, M. Nikl**  
*Scintillation response of Ce<sup>3+</sup>-doped GdGa-LuAG multicomponent garnet films under e-beam excitation*  
J. Lumin. 169 (2016) 674–677.
87. **S. Kurosawa, R. Murakami, A. Yamaji, Y. Shoji, J. Pejchal, Y. Ohashi, Y. Yokota, K. Kamada, A. Yoshikawa**  
*Radiation Hardness of Ce:(Gd,La)<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>7</sub> Scintillator Using 80-MeV Alpha Rays*  
J. Phys. Soc. Jpn. 11 (2016) 020002(1)–020002(6).
88. **S. Kurosawa, A. Suzuki, A. Yamaji, K. Kamada, J. Pejchal, Y. Ohashi, Y. Yokota, V. I. Chani, A. Yoshikawa**  
*Luminescent properties of Cr-doped gallium garnet crystals grown by the micro-pulling-down method*  
J. Cryst. Growth 452 (2016) 95–100.

89. **K. Kůsová, I. Pelant, J. Humpolíčková, M. Hof**  
*Comprehensive description of blinking-dynamics regimes in single direct-band-gap silicon nanocrystals*  
Phys. Rev. B 93 (2016) 035412(1)–035412(13).
90. **M. Kvapil, A. Kromka, B. Rezek, R. Kalousek, V. Křápek, P. Dub, T. Šíkola**  
*Influence of nanocrystalline diamond on resonant properties of gold plasmonic antennas*  
phys. status solidi a 213 (2016) 1564–1571.
91. **Valentin Laguta, Yuriy Zorenko, Vitaliy Gorbenko, Ayzhan Iskalieva, Yuriy Zagorodniy, Oleg Sidletskiy, Paweł Bilski, Anna Twardak and Martin Nikl**  
*Aluminum and Gallium Substitution in Yttrium and Lutetium Aluminum–Gallium Garnets: Investigation by Single-Crystal NMR and TSL Methods*  
J. Phys. Chem. C 120 (2016) 24400–24408.
92. **M. Landa, A. Machová, A. Uhnáková, J. Pokluda, P. Lejček**  
*Crack growth in Fe-2.7wt%Si single crystals under cyclic loading and 3D atomistic results in bcc iron*  
Int. J. Fatigue 87 (2016) 63–70.
93. **M. Ledinský, B. Paviet-Salomon, A. Vetushka, J. Geissbühler, A. Tomasi, M. Despeisse, S. De Wolf, C. Ballif, A. Fejfar**  
*Profilometry of thin films on rough substrates by Raman spectroscopy*  
Sci. Rep. 6 (2016) 37859(1)–37859(7).
94. **L. Lejček**  
*Inclusions with finite surface anchoring energies in smectic C and chiral smectic C\* free-standing films*  
Ferroelectrics 495 (2016) 116–128.
95. **P. Lejček, S. Hofmann**  
*Interstitial and substitutional solute segregation at individual grain boundaries of  $\alpha$ -iron: data revisited*  
J. Phys.-Condens. Mat. 28 (2016) 064001–064010.
96. **P. Lejček, P. Šandera, J. Horníková, J. Pokluda, M. Godec**  
*On the segregation behavior of tin and antimony at grain boundaries of polycrystalline bcc iron*  
Appl. Surf. Sci. 363 (2016) 140–144.
97. **B. Lesiak, M. Mazurkiewicz, A. Malolepszy, L. Stobinski, B. Mierzwa, A. Mikolajczuk-Zychora, K. Juchniewicz, A. Borodzinski, J. Zemek, P. Jiříček**  
*Effect of the Pd/MWCNTs anode catalyst preparation methods on their morphology and activity in a direct formic acid fuel cell*  
Appl. Surf. Sci. 387 (2016) 929–937.
98. **P. Levinský, J. -B. Vaney, C. Candolfi, A. Dauscher, B. Lenoir, J. Hejtmánek**  
*Electrical, Thermal, and Magnetic Characterization of Natural Tetrahedrites–Tennantites of Different Origin*  
J. Electron. Mater. 45 (2016) 1351–1357.
99. **S. Liu, X. Feng, J. A. Mareš, V. Babin, M. Nikl, A. Beitlerová, Y. Shi, Y. Zeng, Y. Pan, C. D'Ambrosio, Y. Huang**  
*Optical, luminescence and scintillation characteristics of non-stoichiometric LuAG:Ce ceramics*  
J. Lumin. 169 (2016) 72–77.
100. **S. Liu, J. A. Mareš, X. Feng, A. Vedda, M. Fasoli, Y. Shi, H. Kou, A. Beitlerová, L. Wu, C. D'Ambrosio, Y. Pan, M. Nikl**  
*Towards Bright and Fast Lu<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub>:Ce,Mg Optical Ceramics Scintillators*  
Adv. Opt. Mater. 4 (2016) 731–739.
101. **M. T. Lucchini, V. Babin, P. Bohacek, S. Gundacker, K. Kamada, M. Nikl, A. Petrosyan, A. Yoshikawa, E. Auffray**  
*Effect of Mg<sup>2+</sup> ions co-doping on timing performance and radiation tolerance of Cerium doped Gd<sub>3</sub>Al<sub>2</sub>Ga<sub>3</sub>O<sub>12</sub> crystals.*  
Nucl. Instrum. Meth. A 816 (2016) 176–183.
102. **J. Luxa, O. Jankovský, D. Sedmidubský, R. Medlin, M. Maryško, M. Pumera a Z. Sofer**  
*Origin of exotic ferromagnetic behaviour in exfoliated layer transition metal dichalcogenides MoS<sub>2</sub> and WS<sub>2</sub>*  
Nanoscale 8 (2016) 1960–1967.
103. **J. M. Macák, M. Jarošová, A. Jäger, H. Sopha, M. Klementová**  
*Influence of the Ti microstructure on anodic self-organized TiO<sub>2</sub> nanotube layers produced in ethylene glycol electrolytes*  
Appl. Surf. Sci. 371 (2016) 607–612.



104. **M. V. Makarova**, Y. Okawa, E. Verveniatis, K. Watanabe, T. Taniguchi, Ch. Joachim, M. Aono  
*Self-assembled diacetylene molecular wire polymerization on an insulating hexagonal boron nitride (0001) surface*  
Nanotechnology 27 (2016) 395303(1)–395303(8).
105. **J. A. Mareš**, **A. Beitlerová**, **P. Průša**, K. Blažek, P. Horodysky, K. Kamada, A. Yoshikawa, C. D'Ambrosio, **M. Nikl**  
*Energy resolution studies of Ce- and Pr-doped aluminum and multicomponent garnets: The escape and photo-peaks*  
J. Lumin. 169 (2016) 701–705.
106. J. Milavec, V. Domenici, B. Zupančič, A. Rešetič, **A. Bubnov**, B. Zalar  
*Deuteron NMR resolved mesogen vs. crosslinker molecular order and reorientational exchange in liquid single crystal elastomers*  
Phys. Chem. Chem. Phys. 18 (2016) 4071–4077.
107. S. Morawiec, **J. Holovský**, M. J. Mendes, **M. Müller**, K. Ganzerová, A. Vetushka, **M. Ledinský**, F. Priolo, **A. Fejfar**, I. Crupi  
*Experimental quantification of useful and parasitic absorption of light in plasmon-enhanced thin silicon films for solar cells application*  
Sci. Rep. 6 (2016) 22481(1)–22481(10).
108. **V. Mortet**, D. Trémouilles, **J. Bulíř**, **P. Hubík**, L. Heller, E. Bedel-Pereira, A. Soltani  
*Peculiarities of high electric field conduction in p-type diamond*  
Appl. Phys. Lett. 108 (2016) 152106 (1)–152106 (4).
109. R. Murakami, S. Kurosawa, Y. Shoji, **V. Jarý**, Y. Ohashi, **J. Pejchal**, Y. Yokota, K. Kamada, **M. Nikl**, A. Yoshikawa  
*Scintillation properties of Zr co-doped Ce:(Gd, La)<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>7</sub> grown by the Czochralski process*  
Radiat. Meas. 90 (2016) 162–165.
110. M. Muralidhar, T. Hanai, K. Furutani, P. Diko, **M. Jirsa**, M. Murakami  
*Processing and Characterization of Bulk FeSe*  
J. Electr. Eng. 4 (2016) 109–115.
111. P. Nekvindová, O. Babchenko, J. Cajzl, **A. Kromka**, A. Macková, P. Malinský, **J. Oswald**, V. Prajzler, **Z. Remeš**, **M. Varga**  
*Ion-implantation of erbium into the nanocrystalline diamond thin films*  
J. Optoelectron. Adv. M. 18 (2016) 679–684.
112. J. Němeček, V. Králík, V. Šmilauer, L. Polívka, **A. Jäger**  
*Tensile strength of hydrated cement paste phases assessed by microbending tests and nanoindentation*  
Cem. Concr. Compos. 73 (2016) 164–173.
113. M. Němec, **V. Gärtnerová**, **A. Jäger**  
*Influence of severe plastic deformation on intermetallic particles in Mg-12wt.%Zn alloy investigated using transmission electron microscopy*  
Mater. Char. 119 (2016) 129–136.
114. **M. Nikl**, **V. Babin**, **J. A. Mareš**, K. Kamada, S. Kurosawa, A. Yoshikawa, J. Touš, J. Houžvička, K. Blažek  
*The role of cerium variable charge state in the luminescence and scintillation mechanism in complex oxide scintillators: The effect of air annealing*  
J. Lumin. 169 (2016) 539–543.
115. P. Novák, H. Moravec, P. Salvetr, F. Průša, **J. Drahokoupil**, **J. Kopeček**, M. Karlík, T. F. Kubatík  
*Preparation of nitinol by non-conventional powder metallurgy techniques*  
Mater. Sci. Technol. 31 (2016) 1886–1893.
116. P. Novák, T. Veselý, I. Marek, P. Dvořák, V. Vojtěch, P. Salvetr, M. Karlík, P. Haušild, **J. Kopeček**  
*Effect of particle size of titanium and nickel on the synthesis of NiTi by TE-SHS*  
Metall Mater Trans B 47 (2016) 932–938.
117. **V. Novotná**, A. Bobrovsky, V. Shibaev, D. Pocięcha, **M. Kašpar**, **V. Hamplová**  
*Synthesis, phase behaviour and photooptical properties of bent-core methacrylate with azobenzene group and corresponding side-chain polymethacrylate.*  
RSC Adv. 6 (2016) 65747–65755.
118. **V. Novotná**, **V. Hamplová**, G. Sasnouski, P. Salamon  
*Lactic acid derivatives with terphenyl molecular core*  
Liq. Cryst. 43 (2016) 1251–1258.

119. M. Novotný, E. Marešová, P. Fitl, J. Vlček, M. Bergmann, M. Vondráček, R. Yatskiv, J. Bulíř, P. Hubík, P. Hruška, J. Drahokoupil, N. Abdellaoui, M. Vrňata, J. Lančok  
*The properties of samarium-doped zinc oxide/phthalocyanine structure for optoelectronics prepared by pulsed laser deposition and organic molecular evaporation*  
Appl. Phys. A-Mater. A (2016) 122–225.
120. M. Novotný, J. Šebera, A. Bensalah-Ledoux, S. Guy, J. Bulíř, P. Fitl, J. Vlček, D. Zákutná, E. Marešová, P. Hubík, I. Kratochvílová, M. Vrňata, J. Lančok  
*The growth of zinc phthalocyanine thin films by pulsed laser deposition*  
J. Mater. Res. 31 (2016) 163–172.
121. L. Ostrovska, L. Vistejnova, J. Dzugan, P. Slama, T. Kubina, E. Ukraintsev, D. Kubies, M. Kralickova, M. Hubalek Kalbacova  
*Biological evaluation of ultra-fine titanium with improved mechanical strength for dental implant engineering*  
J. Mater. Sci. 51 (2016) 3097–3110.
122. V. Paidar  
*Magnesium hydrides and their phase transitions*  
Int. J. Hydrog. Energy 41 (2016) 9769–9773.
123. V. Paidar, M. Čák  
*Three types of dislocation core structure in B2 alloys*  
Intermetallics 73 (2016) 21–25.
124. N. Pattanaboonmee, P. Lertloypanyachai, W. Chewpraditkul, W. Liu, D. Chen, V. Babin, A. Beitlerová, M. Nikl  
*Photo- and radioluminescence of Dy<sup>3+</sup>-doped oxide glass with high-Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub> content*  
phys. status solidi a 213 (2016) 133–138.
125. J. Pejchal, V. Babin, A. Beitlerová, R. Kucerkova, D. Panek, J. Barta, V. Cuba, A. Yamaji, S. Kurosawa, E. Mihóková, A. Ito, T. Goto, M. Nikl, A. Yoshikawa  
*Luminescence and scintillation properties of Lu<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub> nanoceramics sintered by SPS method*  
Opt. Mater. 53 (2016) 54–63.
126. J. Pejchal, K. Fukuda, V. Babin, S. Kurosawa, Y. Yokota, A. Yoshikawa, M. Nikl  
*Luminescence mechanism in doubly Gd, Nd-codoped fluoride crystals for VUV scintillators*  
J. Lumin. 169 (2016) 682–689.
127. R. J. Peláez, C. N. Afonso, M. Škereň, J. Bulíř  
*Importance of layer thermal conductivity on the sharpness of patterns produced by laser interference*  
Appl. Surf. Sci. 374 (2016) 61–64.
128. V. Petrakova, V. Benson, M. Buncek, A. Fiserova, M. Ledvina, J. Stursa, P. Cigler, M. Nesladek  
*Imaging of transfection and intracellular release of intact, non-labeled DNA using fluorescent nanodiamonds*  
Nanoscale 8 (2016) 12002–12012.
129. V. Petrakova, V. Benson, M. Buncek, A. Fiserova, M. Ledvina, J. Stursa, P. Cigler, M. Nesladek  
*Imaging of transfection and intracellular release of intact, non-labeled DNA using fluorescent nanodiamonds*  
Nanoscale 8 (2016) 12002–12012.
130. P. Pikna, M. Müller, C. Becker, A. Fejfar  
*Passivation effect of water vapour on thin film polycrystalline Si solar cells*  
phys. status solidi a 231 (2016) 1969–1975.
131. A. Pirri, G. Toci, J. Li, T. Xie, Y. Pan, V. Babin, A. Beitlerová, M. Nikl, M. Vannini  
*Spectroscopic and laser characterization of Yb<sub>0.15</sub>(Lu<sub>x</sub>Y<sub>1-x</sub>)<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub> ceramics with different Lu/Y balance*  
Opt. Express 24 (2016) 17832–17842.
132. P. Pokorný, M. Mišina, M. Novotný, P. Fitl, J. Vlček, J. Musil, E. Marešová, J. Bulíř, J. Lančok  
*A Detailed Investigation of Radicals and Ions in ECR Methane/Argon Microwave Discharge*  
Plasma Process. Polym. 13 (2016) 970–980.
133. K. Popovich, L. Procházková, I. T. Pelikánová, M. Vlk, M. Palkovský, V. Jarý, M. Nikl, V. Múčka, E. Mihóková, V. Čuba  
*Preliminary study on singlet oxygen production using CeF: Tb<sub>3+</sub>@SiO<sub>2</sub>-PpIX*  
Radiat. Meas. 90 (2016) 325–328.

134. V. Prajzler, P. Nekvindova, **M. Varga**, J. Bruncko, **Z. Remeš**, **A. Kromka**  
*Prism coupling technique for characterization of the high refractive index planar waveguides*  
 J. Optoelectron. Adv. M. 18 (2016) 915–921.
135. P. Priputen, I. Černíčková, **P. Lejček**, D. Janičkovič, J. Janovec  
*A partial isothermal section at 1000 °C of Al-Mn-Fe phase diagram in vicinity of Taylor phase and decagonal quasicrystal*  
 J. Phase Equilib. Diffus. 37 (2016) 130–134.
136. **L. Procházková**, V. Čuba, J. Mrázek, **A. Beitlerová**, **V. Jarý**, **M. Nikl**  
*Preparation of Zn(Cd)O:Ga-SiO<sub>2</sub> composite scintillating materials*  
 Radiat. Meas. 90 (2016) 59–63.
137. **A. A. Prokhorov**, L. F. Chernush, V. P. Dyakonov, H. Szymczak, A. D. Prokhorov  
*EPR study of the low-spin state of Ru<sup>3+</sup> in the YAl<sub>3</sub>(BO<sub>3</sub>)<sub>4</sub> and EuAl<sub>3</sub>(BO<sub>3</sub>)<sub>4</sub> aluminum borates*  
 J. Magn. Magn. Mater. 420 (2016) 285–289.
138. **Z. Remeš**, O. Babchenko, **M. Varga**, **J. Stuchlík**, **V. Jirásek**, V. Prajzler, P. Nekvindova, **A. Kromka**  
*Preparation and optical properties of nanocrystalline diamond coatings for infrared planar waveguides*  
 Thin Solid Films 618 (2016) 130–133.
139. **J. Remsa**, **M. Jelínek**, **T. Kocourek**, **R. Zeipl**, J. Navrátil  
*Very Smooth FeSb<sub>2</sub>Te and Ce<sub>0.1</sub>Fe<sub>0.7</sub>Co<sub>3.3</sub>Sb<sub>12</sub> 12 Layers Prepared by Modified PLD*  
 J. Electron. Mater. 0 (2016) 1–6.
140. K. Rubešová, D. Mikolášová, T. Hlásek, V. Jakeš, P. Nekvindová, D. Bouša, **J. Oswald**  
*Waveguiding Er<sup>3+</sup>/Yb<sup>3+</sup>:LiNbO<sub>3</sub> films prepared by a sol–gel method using polyvinylpyrrolidone*  
 J. Lumin. 176 (2016) 260–265.
141. J. Salava, F. Trojánek, **Š. Stehlík**, **M. Varga**, **B. Rezek**, P. Malý  
*Influence of air annealing on the luminescence dynamics of HPHT nanodiamonds*  
 Diam. Relat. Mater. 68 (2016) 62–65.
142. **D. Savchenko**, E. Kalabukhova, B. Shanina, **S. Cichoň**, **J. Honolka**, V. Kiselov, E. Mokhov  
*Temperature dependent behavior of localized and delocalized electrons in nitrogen-doped <sup>6</sup>H SiC crystals as studied by electron spin resonance*  
 J. Appl. Phys. 119 (2016) 045701(1)–045701(7).
143. **D. Savchenko**, B. Shanina, E. Kalabukhova, A. Pöpl, **J. Lančok**, E. Mokhov  
*The spin relaxation of nitrogen donors in 6H SiC crystals as studied by the electron spin echo method*  
 J. Appl. Phys. 119 (2016) 135706(1)–135706(7).
144. K. Schöller, C. Toncelli, J. Experton, S. Widmer, D. Rentsch, **A. Vetushka**, C. J. Martin, M. Heuberger, C. E. Housecroft, E. C. Constable, L. F. Boesel, L. J. Scherera  
*2,2':6',2''-Terpyridine-functionalized redox-responsive hydrogels as a platform for multi responsive amphiphilic polymer membranes*  
 RSC Adv. 6 (2016) 97921–97930.
145. **J. Šebera**, Y. Tanaka, A. Ono, V. Sychrovský  
*The effect of chemical modification of DNA base on binding of HgII and AgI in metal-mediated base pairs*  
 Inorg. Chim. Acta 452 (2016) 199–204.
146. O. Šedivý, T. Brereton, D. Westhoff, L. Polívka, V. Beneš, V. Schmidt, **A. Jäger**  
*3D reconstruction of grains in polycrystalline materials using a tessellation model with curved grain boundaries*  
 Philos. Mag. 96 (2016) 1926–1949.
147. **P. Sedmák**, **J. Pilch**, **L. Heller**, **J. Kopeček**, J. Wright, P. Sedlák, M. Frost, **P. Šittner**  
*Grain-resolved analysis of localized deformation in nickel-titanium wire under tensile load*  
 Science 353 (2016) 559–562.
148. J. P. Seif, A. Descoeurdes, G. Nogay, S. Hanni, S. M. De Nicolas, N. Holm, J. Geissbuhler, A. Hessler-Wyser, M. Duchamp, R. E. Dunin-Borkowski, **M. Ledinsky**, S. De Wolf, C. Ballif  
*Strategies for Doped Nanocrystalline Silicon Integration in Silicon Heterojunction Solar Cells*  
 IEEE J. Photovoltaics 6 (2016) 1132–1140.

149. J. Sforzini, M. Telychko, O. Krejčí, M. Vondráček, M. Švec., F. C. Bocquet, F. S. Tautz  
*Transformation of metallic boron into substitutional dopants in graphene on <sup>6</sup>H-SiC(0001)*  
Phys. Rev. B 93 (2016) 041302-1–041302-4.
150. J. Shen, V. Gärtnerová, L. J. Kecskes, K. Kondoh, A. Jäger, Q. Wei  
*Residual stress and its effect on the mechanical properties of Y-doped Mg alloy fabricated via back-pressure assisted equal channel angular pressing (ECAP-BP)*  
Mat. Sci. Eng. A-Struct. 669 (2016) 110–117.
151. F. Slanina  
*Inertial hydrodynamic ratchet: Rectification of colloidal flow in tubes of variable diameter*  
Phys. Rev. E 94 (2016) 042610(1)–042610(8).
152. H. Sopha, A. Jäger, P. Knotek, K. Tesař, M. Jarošová, J. M. Macák  
*Self-organized anodic TiO<sub>2</sub> nanotube layers: Influence of the Ti substrate on nanotube growth and dimensions*  
Electrochim. Acta 190 (2016) 744–752.
153. S. Spigarelli, A. Jäger, M. K. El Mehtedi, V. Gärtnerová  
*Microstructural and constitutive analysis in process modeling of hot working: The case of a Mg-Zn-Mn alloy*  
Mat. Sci. Eng. A-Struct. 661 (2016) 40–50.
154. I. Stachiv, Ch.-Y. Kuo, T.-H. Fang, V. Mortet  
*Simultaneous determination of the residual stress, elastic modulus, density and thickness of ultrathin film utilizing vibrating doubly clamped micro-/nanobeams*  
AIP Adv. 6 (2016) 045005 (1)–045005 (8).
155. S. Staněk, P. Nekvindová B. Švecová, S. Vytýkáčová, M. Míka, J. Oswald, A. Macková, P. Malinský, J. Špirková.  
*The influence of silver-ion doping using ion implantation on the luminescence properties of Er-Yb silicate glasses*  
Nucl. Instrum. Meth. B 371 (2016) 350–354.
156. Š. Stehlík, T. Glatzel, V. Pichot, R. Pawlak, E. Meyer, D. Spitzer, B. Rezek  
*Water interaction with hydrogenated and oxidized detonation nanodiamonds — Microscopic and spectroscopic analyses*  
Diam. Relat. Mater. 63 (2016) 97–102.
157. Š. Stehlík, L. Ondič, A. M. Berhane, I. Aharonovich, H. A. Girard, J.-C. Arnault, B. Rezek  
*Photoluminescence of nanodiamonds influenced by charge transfer from silicon and metal substrates*  
Diam. Relat. Mater. 63 (2016) 91–96.
158. Š. Stehlík, M. Varga, M. Ledinský, D. Miliáieva, H. Kozak, V. Skákalová, C. Mangler, T. J. Pennycook, J. C. Meyer, A. Kromka, B. Rezek  
*High-yield fabrication and properties of 1.4 nm nanodiamonds with narrow size distribution*  
Sci. Rep. 6 (2016) 38419(1)–38419(8).
159. L. Straka, J. Drahoukoupil, O. Pacherová, K. Fabiánová, V. Kopecký, H. Seiner, H. Hanninen, O. Heczko  
*Relation between lattice parameters and very low twinning stress in Ni<sub>50</sub>Mn<sub>25+x</sub>Ga<sub>25-x</sub> magnetic shape memory alloys*  
Smart Mater. Struct. 25 (2016) 025001(1)–025001(6).
160. J. Stuckelberger, G. Nogay, P. Wyss, Q. Jeangros, C. Allebé, F. Debrot, X. Niquille, M. Ledinsky, A. Fejfar, M. Despeisse, F.-J. Haug, P. Löper, C. Ballif  
*Passivating electron contact based on highly crystalline nanostructured silicon oxide layers for silicon solar cells*  
Sol. Energ. Mat. Sol. C. 158 (2016) 2–10.
161. J. Stursa, J. Havlik, V. Petrakova, M. Gulka, J. Ralis, V. Zach, Z. Pulec, V. Stepan, S. A. Zargaleh, M. Ledvina, M. Nesladek, F. Treussart, P. Cigler  
*Mass production of fluorescent nanodiamonds with a narrow emission intensity distribution*  
Carbon 96 (2016) 812–818.
162. J. Šulc, R. Švejkar, H. Jelínková, K. Nejezchleb, K. Nitsch, A. Cihlář, R. Král, M. Ledinský, A. Fejfar, M. Rodová, P. Zemenová, M. Nikl  
*Phosphate content influence on structural, spectroscopic, and lasing properties of Er,Yb-doped potassium-lanthanum phosphate glasses*  
Opt. Eng. 55 (2016) 047102-1–047102-10.

163. Y. Tahri, **Z. Kožíšek**, E. Gagniere, E. Chabanon, T. Bounahmidi, D. Mangin  
*Modeling the Competition between Polymorphic Phases: Highlights on the Effect of Ostwald Ripening*  
Cryst. Growth Des. 16 (2016) 5689–5697.
164. Ch. Tanaka, Y. Yokota, S. Kurosawa, A. Yamaji, **V. Jarý**, **V. Babin**, **J. Pejchal**, Y. Ohashi, K. Kamada, **M. Nikl**, A. Yoshikawa  
*Growth and radioluminescence of metal elements doped LiCaAlF<sub>6</sub> single crystals for neutron scintillator*  
Radiat. Meas. 90 (2016) 170–173.
165. R. Tarasenko, M. Vališka, **M. Vondráček**, **K. Horáková**, V. Tkáč, K. Carva, P. Baláž, V. Holý, G. Springholz, V. Sechovský, **J. Honolka**  
*Magnetic and structural properties of Mn-doped Bi<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> topological insulators*  
Physica B 481 (2016) 262–267.
166. A. Taylor, **J. Drahokoupil**, L. Fekete, L. Klimša, J. Kopeček, A. Purkrt, Z. Remeš, R. Čtvrtlík, J. Tomáščík, O. Frank, P. Janíček, J. Mistrík, **V. Mortet**  
*Structural, optical and mechanical properties of thin diamond and silicon carbide layers grown by low pressure microwave linear antenna plasma enhanced chemical vapour deposition*  
Diam. Relat. Mater. 69 (2016) 13–18.
167. G. Toci, A. Pirri, J. Li, T. Xie, Y. Pan, **V. Babin**, **A. Beitlerová**, **M. Nikl**, M. Vannini  
*First laser emission of Yb<sub>0.15</sub>:(Lu<sub>0.5</sub>Y<sub>0.5</sub>)<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub> ceramics*  
Opt. Express 24 (2016) 9611–9616.
168. J. Toušek, J. Toušková, J. Ludvík, A. Liška, **Z. Remeš**, O. Kylián, J. Kousal, R. Chomutová, I. M. Heckler, E. Bundgaard, F. C. Krebs  
*Comparison of the electron work function, hole concentration and exciton diffusion length for P3HT and PT prepared by thermal or acid cleavage*  
Solid State Electron. 116 (2016) 111–118.
169. E. Trzop, D. Zhang, L. Pineiro-Lopez, F. J. Valverde-Munoz, M. C. Munoz, **L. Palatinus**, L. Guerin, H. Cailleau, J. A. Real, E. Collet  
*First Step Towards a Devil's Staircase in Spin-Crossover Materials*  
Angew. Chem. Int. Ed. 55 (2016) 8675–8679.
170. J. Tůma, M. Kohout, J. Svoboda, **V. Novotná**, D. Pociecha  
*Bent-shaped liquid crystals based on 4-substituted 3-hydroxybenzoic acid central core – Part II*  
Liq. Cryst. 43 (2016) 547–563.
171. J. Tůma, M. Kohout, J. Svoboda, **V. Novotná**, D. Pociecha  
*Bent-core liquid crystals based on 6-substituted 3-hydroxybenzoic acid: the role of substitution and linkage group orientation on mesomorphic properties*  
Liq. Cryst. 43 (2016) 1889–1900.
172. R. M. Turtos, S. Gundacker, M. T. Lucchini, **L. Prochazkova**, V. Cuba, H. Buresova, J. Mrazek, **M. Nikl**, P. Lecoq, E. Auffray  
*Timing performance of ZnO:Ga nanopowder composite scintillators*  
Phys. Status Solidi-Rapid Res. Lett. 10 (2016) 843–847.
173. J. Valenta, M. Greben, **Z. Remeš**, S. Gutsch, D. Hiller and M. Zacharias  
*Determination of absorption cross-section of Si nanocrystals by two independent methods based on either absorption or luminescence*  
Appl. Phys. Lett. 108 (2016) 023102(1)–023102(5).
174. M. Vališka, J. Warmuth, M. Michiardi, **M. Vondráček**, A. S. Ngankeu, V. Holý, V. Sechovský, G. Springholz, M. Bianchi, J. Wiebe, P. Hofmann, **J. Honolka**  
*Topological insulator homojunctions including magnetic layers: The example of n-p type (n-QLs Bi<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>/Mn-Bi<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>) heterostructures*  
Appl. Phys. Lett. 108 (2016) 262402-1–262402-4.
175. **P. Vaněk**, Z. Kolská, T. Luxbacher, J. A. L. García, M. Lehocký, M. Vandrovcová, L. Bačáková and **J. Petzelt**  
*Electrical activity of ferroelectric biomaterials and its effects on the adhesion, growth and enzymatic activity of human osteoblast-like cells*  
J. Phys. D-Appl. Phys. 49 (2016) 175403(1)–175403(12).

176. J. Vaniš, J. Zelinka, **R. Zeipl**, **M. Jelínek**, **T. Kocourek**, **J. Remsa**, J. Navratil  
*Scanning Thermal Microscopy of Thermoelectric Nanostructures*  
J. Electron. Mater. 43 (2016) 1734–1739.
177. M. Verdanova, **B. Rezek**, A. Broz, **E. Ukraintsev**, O. Babchenko, **A. Artemenko**, **T. Izak**, **A. Kromka**, M. Kalbac, M. Hubalek Kalbacova  
*Nanocarbon Allotropes—Graphene and Nanocrystalline Diamond—Promote Cell Proliferation*  
Small 12 (2016) 2499–2509.
178. **A. Vetushka**, L. Bernard, O. Guseva, Z. Bastl, J. Plocek, I. Tomandl, **A. Fejfar**, T. Baše, and P. Schmutz  
*Adsorption of oriented carborane dipoles on a silver surface*  
phys. status solidi b 253 (2016) 591–600.
179. **T. Vojtylova**, M. Zurowska, K. Milewska, **V. Hamplova**, D. Sykora  
*Chiral HPLC and physical characterisation of orthoconic antiferroelectric liquid crystals*  
Liq. Cryst. 43 (2016) 1244–1250.
180. **D. Vokoun**, P. Sysel, **L. Heller**, **L. Kadeřávek**, **M. Svatuška**, T. Goryczka, V. Kafka, **P. Šittner**  
*NiTi-Polyimide Composites Prepared Using Thermal Imidization Process*  
J. Mater. Eng. Perform. 25 (2016) 1993–1999.
181. D. Volochová, V. Antal, S. Piovarči, J. Kováč, **M. Jirsa**, J. G. Noudem, P. Diko  
*Microstructure and Superconducting Properties of YBCO Bulk Superconductors with RE Substitutions*  
IEEE Trans. Appl. Supercond. 26 (2016) 1–4.
182. **M. Vondráček**, L. Cornils, J. Minár, J. Warmuth, M. Michiardi, C. Piamonteze, L. Barreto, J. A. Miwa, M. Bianchi, Ph. Hofmann, L. Zhou, A. Kamlapure, A. A. Khajetoorians, R. Wiesendanger, J. -L. Mi, B. -B. Iversen, S. Mankovsky, St. Borek, H. Ebert, M. Schüler, T. Wehling, J. Wiebe, **J. Honolka**  
*Nickel: The time-reversal symmetry conserving partner of iron on a chalcogenide topological insulator*  
Phys. Rev. B 94 (2016) 161114(1)–161114(5).
183. **M. Vondráček**, D. Kalita, M. Kučera, **L. Fekete**, **J. Kopeček**, **J. Lančok**, J. Coraux, V. Bouchiat, **J. Honolka**  
*Nanofaceting as a stamp for periodic graphene charge carrier modulations*  
Sci. Rep. 6 (2016) 23663(1)–23663(7).
184. A. Vondrášková, **J. Bárta**, **A. Beitlerová**, **V. Jarý**, V. Čuba, **M. Nikl**  
*Pr-doped Lu<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub> scintillation nanopowders prepared by radiation method*  
J. Lumin. 179 (2016) 21–25.
185. H. Yamaguchi, K. Kamada, S. Kurosawa, **J. Pejchal**, Y. Shoji, Y. Yokota, Y. Ohashi, A. Yoshikawa  
*Co-doping effects on luminescence and scintillation properties of Ce doped (Lu,Gd)<sub>3</sub>(Ga,Al)<sub>5</sub>O<sub>12</sub> scintillator*  
Opt. Mater. 61 (2016) 129–133.
186. 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. X (2016) 1–6.
187. N. Yawai, K. Wantong, W. Chewpraditkul, O. Sidletskiy, **M. Nikl**  
*Luminescence and scintillation properties of Lu<sub>0.8</sub>Gd<sub>1.2</sub>SiO<sub>5</sub>:Ce and Lu<sub>1.8</sub>Gd<sub>0.2</sub>SiO<sub>5</sub>:Ce single crystals: A comparative study*  
Radiat. Meas. 93 (2016) 1–6.
188. A. Yoshikawa, K. Kamada, S. Kurosawa, Y. Shoji, Y. Yokota, V. I. Chani, **M. Nikl**  
*Crystal growth and scintillation properties of multi-component oxide single crystals: Ce:GGAG and Ce:La-GPS*  
J. Lumin. 169 (2016) 387–393.
189. Nina Yu Kostina, Ognen Pop-Georgievski, Michael Bachmann, **Neda Neykova**, Michael Bruns, Jiří Michálek, Martin Bastmeyer, Cesar Rodriguez-Emmenegger  
*Non-Fouling Biodegradable Poly( $\epsilon$ -caprolactone) Nanofibers for Tissue Engineering*  
Macromol. Chem. Phys. 16 (2016) 83–94.
190. R. Zazpe, M. Knaut, H. Sopha, L. Hromadko, M. Albert, J. Prikryl, **V. Gärtnerová**, JK. W. Bartha, J. M. Macak  
*Atomic layer deposition for coating of high aspect ratio TiO<sub>2</sub> nanotube layers*  
Langmuir 32 (2016) 10551–10558.

191. R. Zeipl, M. Jelínek, J. Vaniš, J. Remsa, T. Kocourek, J. Navrátil  
*Scanning thermal microscopy of  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  and  $\text{Yb}_{0.19}\text{Co}_4\text{Sb}_{12}$  thermoelectric films*  
Appl. Phys. A-Mater. 122 (2016) 478(1)–478(5).
192. M. Zelený, L. Straka, A. Sozinov, O. Heczko  
*Ab initio prediction of stable nanotwin double layers and 4O structure in  $\text{Ni}_2\text{MnGa}$*   
Phys. Rev. B 94 (2016) 224108-1–224108-6.
193. J. Zemek, P. Jiříček, J. Houdková, A. Artemenko, M. Jelínek  
*Diamond-like carbon and nanocrystalline diamond film surfaces sputtered by argon cluster ion beams*  
Diam. Relat. Mater. 68 (2016) 37–41.
194. P. Zemenová, R. Král, K. Nitsch, K. Knížek, A. Cihlář, A. Bystřický  
*Characterization and crystallization kinetics of Er-doped  $\text{Li}_2\text{O}-\text{Y}_2\text{O}_3-\text{P}_2\text{O}_5$  glass studied by non-isothermal DSC analysis*  
J. Therm. Anal. Calorim. 125 (2016) 1431–1437.
195. Hualin Zhan, David J. Garrett, Nicholas V. Apollo, Kumaravelu Ganesan, Desmond Lau, Steven Praver, Jiří Červenka  
*Direct fabrication of 3D graphene on nanoporous anodic alumina by plasma-enhanced chemical vapor deposition*  
Sci. Rep. 6 (2016) 19822-1–19822-8.
196. B. L. Zheng, Y. Fu, P. Lejček, S. Song, G. Schmitz, Y. Meng  
*Investigations on grain boundary segregation energy of phosphorus in 12Cr1MoV steel under elastic stress*  
Adv. Eng. Mater. 18 (2016) 506–510.
197. Z. Vlčková Živcová, O. Frank, S. Drijkoningen, K. Haenen, V. Mortet, L. Kavana  
*n-Type phosphorus-doped nanocrystalline diamond: electrochemical and in situ Raman spectroelectrochemical study*  
RSC Adv. 56 (2016) 51387–51393.
198. Yu. Zorenko, V. Gorbenko, Ja. Vasylykiv, T. Strzyzewski, A. Fedorov, R. Kucerkova, J. A. Mareš, M. Nikl, P. Bilski, A. Twardak  
*Growth and luminescent properties of scintillators based on the single crystalline films of  $(\text{Lu,Gd})_3(\text{Al,Ga})_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$  garnets*  
J. Lumin. 169 (2016) 828–837.
199. Y. Zorenko, V. Gorbenko, T. Zorenko, K. Paprocki, M. Nikl, J. A. Mareš, P. Bilski, A. Twardak, O. Sidletskiy, I. Gerasymov, B. Grinyov, A. Fedotov  
*Scintillating Screens Based on the Single Crystalline Films of Multicomponent Garnets: New Achievements and Possibilities*  
IEEE Trans. Nucl. Sci. 63 (2016) 497–502.
200. Yu. Zorenko, V. Gorbenko, T. Zorenko, T. Voznyak, A. Voloshynovskii, V. Vistovskiy, K. Paprocki, L. Mosinska, P. Bilski, A. Twardak, A. Fedorov, M. Nikl, J. A. Mareš  
*Luminescent and scintillation properties of  $\text{Sc}^{3+}$  and  $\text{La}^{3+}$  doped  $\text{Y}_2\text{SiO}_5$  powders and single crystalline films*  
J. Lumin. 179 (2016) 445–450.

## Elektronová a geometrická struktura pevných látek

1. Z. Asadi, R. Nasrollahi, M. Dušek, K. Fejfarová, M. Ranjeshshorkaei, F. D. Firuzabadi  
*Effect of the substitutional groups on the electrochemistry, kinetic of thermal decomposition and kinetic of substitution of some uranyl Schiff base complexes*  
J. Iran Chem. Soc. 13 (2016) 913–924.
2. E. Assmann, P. Wissgott, J. Kuneš, A. Toschi, P. Blaha, K. Held  
*woptic: optical conductivity with Wannier functions and adaptive k-mesh refinement*  
Comput. Phys. Comm. 202 (2016) 1–11.
3. B. El Bali, M. Lachkar, R. Essehli, M. Dušek, J. Rohlíček, N. Mircescu, C. Haisch  
*Crystal structure and physical study*  
J. Mol. Struct. 1123 (2016) 30–34.
4. I. Bartoš, O. Romanyuk, J. Houdkova, P. P. Paskov, T. Paskova, and P. Jiříček  
*Electron band bending of polar, semipolar and non-polar GaN surfaces*  
J. Appl. Phys. 119 (2016) 105303-1–105303-7.

5. J. Berger, K. Košmider, O. Stetsovych, M. Vondráček, P. Hapala, E. J. Spadafora, M. Švec, P. Jelinek  
*Study of Ferrocene Dicarboxylic Acid on Substrates of Varying Chemical Activity*  
J. Phys. Chem. C 120 (2016) 21955–21961.
6. R. Bikas, M. Ghorbanloo, S. Jafari, V. Eigner, M. Dušek  
*Catalytic oxidation of olefins and sulfides in the presence of hydrazone-oxidovanadium(V) complex containing  $\text{VOCl}_2^+$  core*  
Inorg. Chim. Acta 453 (2016) 78–85.
7. I. Boldog, P. J. Bereciartua, R. Bulánek, M. Kučeráková, M. Tomandlová, M. Dušek, J. Macháček, D. De Vos, T. Baše  
*10-Vertex closo-carborane: a unique ligand platform for porous coordination polymers*  
CrystEngComm 18 (2016) 2036–2040.
8. F. Borodavka, J. Pokorný, J. Hlinka  
*Combined piezoresponse force microscopy and Raman scattering investigation of domain boundaries in  $\text{BiFeO}_3$  ceramics*  
Phase Transit. 89 (2016) 746–751.
9. P. Brázda, L. Palatinus, J. Drahokoupil, K. Knížek, J. Buršík  
*Calcium-induced cation ordering and large resistivity decrease in  $\text{Pr}_{0.3}\text{CoO}_2$*   
J. Phys. Chem. Solids 96-97 (2016) 10–16.
10. K. Carva, J. Kudrnovský, F. Máca, V. Drchal, I. Turek, P. Baláž, V. Tkáč, V. Holý, V. Sechovský, J. Honolka  
*Electronic and transport properties of the Mn-doped topological insulator  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ : A first-principles study*  
Phys. Rev. B 93 (2016) 214409(1)–214409(8).
11. M. Colmont, L. Palatinus, M. Huve, H. Kabbour, S. Saitzek, N. Dielal, P. Roussel  
*On the Use of Dynamical Diffraction Theory To Refine Crystal Structure from Electron Diffraction Data: Application to  $\text{KLa}_5\text{O}_5(\text{VO}_4)_2$ , a Material with Promising Luminescent Properties*  
Inorg. Chem. 55 (2016) 2252–2260.
12. C. A. Correa, M. Klementová, V. Dřínek, J. Kopeček, L. Palatinus  
*Crystal structure redetermination of  $\epsilon\text{-Ni}_3\text{Si}_2$  from a single nanowire by dynamical refinement of precession electron diffraction data*  
J. Alloy. Compd. 672 (2016) 505–509.
13. J. Donkeng Dazie, A. Liška, J. Ludvík, J. Fábry, M. Dušek  
*A study of the planarity of the pyrrolone fragment in 2-isopropyl-2,3-dihydro-1H-isoindol-1-one*  
Acta Crystallogr. C 72 (2016) 518–524.
14. J. van der Lit, F. Di Cicco, P. Hapala, P. Jelinek, I. Swart  
*Submolecular Resolution Imaging of Molecules by Atomic Force Microscopy: The Influence of the Electrostatic Force*  
Phys. Rev. Lett. 116 (2016) 096102-1–096102-5.
15. S. Y. Ebrahimipour, I. Sheikhshoae, J. Simpson, H. Ebrahimnejad, M. Dušek, N. Kharazmi, V. Eigner  
*Antimicrobial activity of aroylhydrazone-based oxido vanadium(v) complexes: in vitro and in silico studies*  
New J. Chem. 40 (2016) 2401–2412.
16. J. Fábry  
*Redetermination of cytosinium hydrogen maleate–cytosine (1/1) from the original data*  
Acta Crystallogr. E 72 (2016) 509–511.
17. J. Fábry  
*redetermination from the original data of the crystal structure of 2- amino-4,6-dimethoxyypyrimidin-1-ium 4-aminobenzoate*  
Acta Crystallogr. E 72 (2016) 512–515.
18. A. Fasihizad, A. Akbari, M. Ahmadi, M. Dušek, M. S. Henriques, M. Pojarová  
*Copper(II) and molybdenum(VI) complexes of a tridentate ONN donor isothiosemicarbazone: Synthesis, characterization, X-ray, TGA and DFT*  
Polyhedron 115 (2016) 297–305.
19. G. Foti, H. Vázquez  
*Tip-induced gating of molecular levels in carbene-based junctions*  
Nanotechnology 27 (2016) 125702-1–125702-8.



20. **G. Foti, H. Vazquez**  
*Mapping the intramolecular contributions to the inelastic electron tunneling signal of a molecular junction*  
Phys. Rev. B 94 (2016) 045418-1–045418-10.
21. M. Gemmi, M. Merlini, **L. Palatinus**, P. Fumagalli, M. Hanfland  
*Electron diffraction determination of 11.5 Å and HySo structures: Candidate water carriers to the Upper Mantle*  
Am. Mineral. 101 (2016) 2645–2654.
22. K. Gholivand, A. A. E. Valmoozi, A. Gholami, **M. Dušek, V. Eigner**, S. Abolghasemi  
*Synthesis, characterization, crystal structures, QSAR study and antibacterial activities of organotin bisphosphoramidates*  
J. Organomet. Chem. 806 (2016) 33–44.
23. S. H. Ghoran, V. Atabaki, E. Babaei, S. R. Olfatkah, **M. Dušek, V. Eigner**, A. Soltani, A. D. Khalaji  
*Isolation, spectroscopic characterization, X-ray, theoretical studies as well as in vitro cytotoxicity of Samarcandin*  
Bioorganic Chem. 66 (2016) 27–32.
24. V. Goliáš, G. Tumurkhuu, P. Kohn, O. Šálek, **J. Plášil**, R. Škoda, J. Soumar  
*Construction of new houses on a uranium vein outcrop: a case study from the Czech Republic*  
Nukleonika 61 (2016) 343–349.
25. C. H. Görbitz, P. Karen, **M. Dušek, V. Petříček**  
*An exceptional series of phase transitions in hydrophobic amino acids with linear side chains*  
IUCrJ 3 (2016) 341–353.
26. **P. Hapala, M. Svec, O. Stetsovych**, N. J. van der Heijden, **M. Ondracek**, J. van der Lit, **P. Mutombo**, I. Swart, **P. Jelinek**  
*Mapping the electrostatic force field of single molecules from high-resolution scanning probe images*  
Nat. Commun. 7 (2016) 11560(1)–11560(8).
27. T. Harit, F. Malek, B. El Bali, **M. Dušek, M. Kučeráková**  
*Synthesis and characterization of two new tetrapyrazolic macrocycles for the selective extraction of cesium cation*  
Tetrahedron 72 (2016) 3966–3973.
28. **M. S. Henriques**, D. I. Gorbunov, A. N. Ponomaryov, A. Saneei, M. Pourayoubi, **M. Dušek**, S. Zvyagin, M. Uhlarz, J. Wosnitza  
*A monomeric copper-phosphoramidate complex: Synthesis, structure, and electronic properties*  
Polyhedron 118 (2016) 154–158.
29. J. Holaň, E. Skořepová, L. Heraud, D. Baltés, **J. Rohlíček**, O. Dammer, L. Ridvan, F. Štěpánek  
*Polymorphic Crystallization and Structural Aspects of Agomelatine Metastable Form X Prepared by Combined Antisolvent/Cooling Process*  
Org. Process Res. Dev. 20 (2016) 33–43.
30. **J. Hybler**  
*Crystal structure of cronstedtite-6T<sub>2</sub>, a non-MDO polytype*  
Eur. J. Mineral 28 (2016) 777–788.
31. **J. Hybler**, J. Sejkora, V. Venclík  
*Polytypism of cronstedtite from Pohled, Czech Republic*  
Eur. J. Mineral 28 (2016) 765–775.
32. S. Johnston, C. Monney, V. Bisogni, Ke-Jin Zhou, R. Kraus, G. Behr, V. Strocov, **J. Málek**, S. Drechsler, J. Geck, T. Schmitt, J. van den Brink  
*Electron-lattice interactions strongly renormalize the charge-transfer energy in the spin-chain cuprate Li<sub>2</sub>CuO<sub>2</sub>*  
Nat. Commun. 7 (2016) 10653(1)–10653(7).
33. W. Kamiski, R. Topolnicki, **P. Hapala, P. Jelinek**, R. Kucharczyk  
*Tuning the conductance of benzene-based single-molecule junctions*  
Org. Electron. 34 (2016) 254–261.
34. L. Kerner, K. Gmucova, J. Kožíšek, **V. Petříček**, M. Putala  
*Easily oxidizable triarylamine materials with naphthalene and binaphthalene core: structure-properties relationship*  
Tetrahedron 72 (2016) 7081–7092.

35. A. D. Khalaji, S. J. Peyghoun, A. Akbari, N. Feizi, **M. Dušek**, **V. Eigner**  
*1D polymeric copper(I) and dinuclear silver(I) complexes of a bidentate Schiff base ligand: Synthesis, spectroscopic characterization and thermal studies*  
Polyhedron 119 (2016) 429–433.
36. S. A. Khan, S. Azam, **O. Šipr**  
*Interrelationship between structural, optical and transport properties of  $\text{InP}_{1-x}\text{Bi}_x$ : DFT approach*  
Mater. Sci. Semicond. Process 41 (2016) 45–53.
37. W. Khan, S. B. Betzler, **O. Šipr**, J. Ciston, P. Blaha, Ch. Scheu, J. Minar  
*Theoretical and Experimental Study on the Optoelectronic Properties of  $\text{Nb}_3\text{O}_7(\text{OH})$  and  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  Photoelectrodes*  
J. Phys. Chem. C 120 (2016) 23329–23338.
38. N. Kocić, X. Liu, S. Chen, S. Decurtins, **O. Krejčí**, **P. Jelínek**, J. Repp, S.-X. Liu  
*Control of Reactivity and Regioselectivity for On-Surface Dehydrogenative Aryl–Aryl Bond Formation*  
J. Am. Chem. Soc. 138 (2016) 5585–5593.
39. M. Kopecký, J. Fábry, **J. Kub**  
*Modelling of cation displacements in  $\text{SrTiO}_3$  by means of multi-energy anomalous X-ray diffuse scattering*  
J. Appl. Crystallogr. 49 (2016) 1016–1020.
40. M. Kopecký, **J. Kub**, **J. Fábry**, **J. Hlinka**  
*Nanometer-range atomic order directly recovered from resonant diffuse scattering*  
Phys. Rev. B 93 (2016) 054202-1–054202-8.
41. A. L. Kozub, **A. B. Shick**, **F. Máca**, **J. Kolorenč**, and A. I. Lichtenstein  
*Electronic structure and magnetism of samarium and neodymium adatoms on free-standing graphene*  
Phys. Rev. B 94 (2016) 125113(1)–125113(7).
42. **O. Krejčí**, P. Matvija, P. Zimmermann, P. Sobotík, I. Ošťádal, P. Kocán  
*Chemisorption of Acetophenone on  $\text{Si}(111)-7 \times 7$ . Polar Aromatic Molecule on Electronically Complex Surface*  
J. Phys. Chem. C 120 (2016) 9200–9206.
43. **J. Kuneš**, D. Geffroy  
*Spontaneous Spin Textures in Multiorbital Mott Systems*  
Phys. Rev. Lett. 116 (2016) 256403(1)–256403(5).
44. F. Laufek, A. Vymazalová, M. Drábek, **M. Dušek**, J. Navrátil, E. Černošková  
*The crystal structure of  $\text{Pd}_3\text{HgTe}_3$ , the synthetic analogue of temagamite*  
Eur. J. Mineral 28 (2016) 825–834.
45. **F. Máca**, **J. Kudrnovský**, **V. Drchal**, I. Turek, O. Stelmakhovych, P. Beran, A. Llobet and X. Marti  
*Defect-induced magnetic structure of  $\text{CuMnSb}$*   
Phys. Rev. B 94 (2016) 094407(1)–094407(9).
46. J. Majzlan, L. Palatinus, **J. Plášil**  
*Crystal structure of  $\text{Fe}_2(\text{AsO}_4)(\text{HAsO}_4)(\text{OH})(\text{H}_2\text{O})_3$ , a dehydration product of kaňkite*  
Eur. J. Mineral 28 (2016) 63–70.
47. J. Majzlan, **J. Plášil**, E. Dachs, A. Benisek, Ch. Bender Koch  
*Crystal chemistry, Mössbauer spectroscopy, and thermodynamic properties of botryogen*  
Neues Jahrb. Mineral.-Abh. 193 (2016) 147–159.
48. I. Matulková, J. Mathauserová, I. Císařová, I. Němec, **J. Fábry**  
*The study of crystal structures and vibrational spectra of inorganic salts of 2,4-diaminopyrimidine*  
J. Mol. Struct. 1103 (2016) 82–93.
49. I. Matulková, J. Mathauserová, I. Císařová, I. Němec, **J. Fábry**  
*Crystal structures and vibrational spectra of biuret co-crystals with cyanuric and glutaric acids, discussion of hydrogen bonding involving carbonyl groups*  
Z. Kristallogr. 231 (2016) 291–300.
50. P. Matunová, **V. Jirásek**, **B. Rezek**  
*Computational study of physisorption and chemisorption of polypyrrole on H-terminated (111) and (100) nanodiamond facets*  
phys. status solidi a 213 (2016) 2672–2679.

51. **E. Mihóková**, L. S. Schulman  
*Energy bands and gaps near an impurity*  
Phys. Lett. A 380 (2016) 3430–3433.
52. A. V. Mironov, **V. Petříček**, N. R. Khasanova, E. V. Antipov  
*New insight on bismuth cuprates with incommensurate modulated structures*  
Acta Crystallogr. B 72 (2016) 395–403.
53. B. Mirtamizdoust, M. S. Roodsari, B. Shaabani, **M. Dušek**, K. Fejfarová  
*Synthesis, crystal structure and DFT calculations of a new Hg (II) metal-organic polymer*  
Main Group Chem. 15 (2016) 257–266.
54. **P. Mutombo**, R. Gubo, A. Berko  
*Interaction of Gold with a Pinwheel TiO<sub>1.2</sub> Film Formed on Rh(111) Facet: STM and DFT Studies*  
J. Phys. Chem. C 120 (23) (2016) 12917–12923.
55. **H. Němec**, K. Knížek, Z. Jiráček, J. Hejtmánek, M. Soroka, J. Buršík  
*Charge transport in thin layer Na<sub>x</sub>CoO<sub>2</sub> (x 0.63) studied by terahertz spectroscopy*  
J. Phys.-Condens. Mat. 28 (2016) 355601(1)–355601(6).
56. **M. Ondráček**, P. Hapala, P. Jelínek  
*Charge-state dynamics in electrostatic force spectroscopy*  
Nanotechnology 27 (2016) 274005(1)–274005(13).
57. R. Ouarsal, M. Lachkar, **M. Dušek**, E. B. Albert, J. B. C. Castelló, B. El Bali  
*Crystal structure of NaCd(H<sub>2</sub>PO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>·H<sub>2</sub>O and spectroscopic study of NaM(H<sub>2</sub>PO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>·H<sub>2</sub>O, M = Mn, Co, Ni, Zn, Mg and Cd*  
Polyhedron 106 (2016) 132–137.
58. K. Pajskr, **P. Novák**, V. Pokorný, J. Kolorenč, R. Arita, and J. Kuneš  
*On the possibility of excitonic magnetism in Ir double perovskites*  
Phys. Rev. B 93 (2016) 035129(1)–035129(6).
59. **M. Pasciak**, T. R. Welberry, J. Hlinka  
*Phase competition and effect of chemical ordering in ferroelectric relaxor PbSc<sub>0.5</sub>Nb<sub>0.5</sub>O<sub>3</sub> from first principles*  
Phase Transit. 89 (2016) 777–784.
60. **V. Petříček**, **M. Dušek**, J. Plášil  
*Crystallographic computing system Jana2006: solution and refinement of twinned structures*  
Z. Kristallogr. 231(10) (2016) 583–599.
61. **V. Petříček**, V. Eigner, **M. Dušek**, A. Čejchan  
*Discontinuous modulation functions and their application for analysis of modulated structures with the computing system JANA2006*  
Z. Kristallogr. 231 (2016) 301–312.
62. **V. Petříček**, M. S. Henriques, **M. Dušek**  
*Solution and Refinement of Magnetic Structures with Jana2006*  
Acta Phys. Polon. A 130 (2016) 848–851.
63. **J. Plášil**, N. Meisser, J. Čejka  
*The crystal structure of Na<sub>6</sub>[(UO<sub>2</sub>)(SO<sub>4</sub>)<sub>4</sub>](H<sub>2</sub>O)<sub>4</sub>: X-ray and Raman spectroscopy study*  
Can. Mineral. 54 (2016) 5–20.
64. **J. Plášil**, R. Škoda, J. Čejka, V. Bourgojn, J. -C. Boulliard  
*Crystal structure of the uranyl-oxide mineral rameauite*  
Eur. J. Mineral 28 (2016) 959–967.
65. O. Ranasingha, H. Wang, **V. Zobač**, **P. Jelínek**, G. Panapitiya, A. J. Neukirchl, O. V. Prezhdo, J. P. Lewis  
*Slow Relaxation of Surface Plasmon Excitations in Au55: The Key to Efficient Plasmonic Heating in Au/TiO<sub>2</sub>*  
J. Phys. Chem. Lett. 7 (2016) 1563–1569.
66. **J. Rohlíček**, E. Skořepová, M. Babor, J. Čejka  
*CrystalCMP: an easy-to-use tool for fast comparison of molecular packing*  
J. Appl. Crystallogr. 49 (2016) 2172–2183.
67. **O. Romanyuk**, I. Bartoš, J. Brault, P. De Mierry, T. Paskova, **P. Jiříček**  
*GaN quantum dot polarity determination by X-ray photoelectron diffraction*  
Appl. Surf. Sci. 389 (2016) 1156–1160.

68. **O. Romanyuk, P. Jiříček, J. Zemek, J. Houdková, K. Jurek, O. Gedeon**  
*Irradiation of potassium-silicate glass surfaces: XPS and REELS study*  
Surf. Interface Anal. 48 (2016) 543–546.
69. **O. Romanyuk, O. Supplie, T. Susi, M. M. May, and T. Hannappel**  
*Ab initio density functional theory study on the atomic and electronic structure of GaP/Si(001) heterointerfaces*  
Phys. Rev. B 94 (2016) 155309-1–155309-9.
70. **F. Sabbaghi, M. Pourayoubi, M. Dušek, V. Eigner, S. Bayat, K. Damodaran, M. Nečas, M. Kučeráková**  
*Analysis of P–O–C, P–S–C and P–O–P angles: a database survey completed with four new X-ray crystal structures*  
Struct Chem 27 (2016) 1831–1844.
71. **J. Sforzini, P. Hapala, M. Franke, G. van Straaten, A. Stöhr, S. Link, S. Soubatch, P. Jelínek, T.-L. Lee, U. Starke, M. Švec, F. C. Bocquet, F. S. Tautz**  
*Structural and Electronic Properties of Nitrogen-Doped Graphene*  
Phys. Rev. Lett. 116 (2016) 126805(1)–126805(6).
72. **O. Šipr, J. Minár, H. Ebert**  
*Influence of spin-orbit coupling on the magnetic dipole term Talpha*  
Phys. Rev. B 94 (2016) 144406(1)–144406(7).
73. **O. Šipr, J. Vackář, A. Kuzmin**  
*Effect of atomic vibrations in XANES: polarization-dependent damping of the fine structure at the Cu K-edge of (creat)<sub>2</sub>CuCl<sub>4</sub>*  
J. Synchrot. Radiat. 23 (2016) 1433–1439.
74. **E. Skořepová, M. Hušák, L. Ridvan, M. Tkadlecová, J. Havlíček, M. Dušek**  
*Iodine salts of the pharmaceutical compound agomelatine: the effect of the symmetric H-bond on amide protonation*  
CrystEngComm 18 (2016) 4518–4529.
75. **P. Slavík, M. Kohout, S. Böhm, V. Eigner, P. Lhoták**  
*Synthesis of inherently chiral calixarenes via direct mercuriation of the partial cone conformation*  
Chem. Commun. 52 (2016) 2366–2369.
76. **J. Smolko, J. Černák, M. Dušek, J. Titiš, R. Boča**  
*Tetracoordinate Co(II) complexes containing bathocuproine and single molecule magnetism*  
New J. Chem. 40 (2016) 6593–6598.
77. **R. Smolková, V. Zeleňák, L. Smolko, M. Dušek**  
*Three variants of novel Co(II) complex with NSAID mefenamic acid and N,N'-donor ligand neocuproine*  
Z. Kristallogr. 231 (2016) 715–724.
78. **L. Smrčka**  
*Commensurability oscillations in a quasi-two-dimensional electron gas subject to strong in-plane magnetic field*  
Physica E 77 (2016) 108–113.
79. **A. Sotnikov, J. Kuneš**  
*Field-induced exciton condensation in LaCoO<sub>3</sub>*  
Sci. Rep. 6 (2016) 30510(1)–30510(6).
80. **G. Steciuk, P. Boullay, A. Pautra, N. Barrier, V. Caignaert, L. Palatinus**  
*Unusual Relaxor Ferroelectric Behavior in Stairlike Aurivillius Phases*  
Inorg. Chem. 55 (2016) 8881–8891.
81. **E. Tieger, V. Kiss, G. Pokol, Z. Finta, M. Dušek, J. Rohlíček, E. Skořepová, P. Brázda**  
*Studies on the crystal structure and arrangement of water in sitagliptin L-tartrate hydrates*  
CrystEngComm 18 (2016) 3819–3831.
82. **E. Tieger, V. Kiss, G. Pokol, Z. Finta, J. Rohlíček, E. Skořepová, M. Dušek**  
*Rationalization of the formation and stability of bosutinib solvated forms*  
CrystEngComm 18 (2016) 9260–9274.
83. **P. S. Vachhani, O. Šipr, A. K. Bhatnagar, R. K. Ramamoorthy, R. J. Choudhary, D. M. Phase, G. Dalba, A. Kuzmin, F. Rocca**  
*Local structure and magnetization of ferromagnetic Cu-doped ZnO films: No magnetism at the dopant?*  
J. Alloy. Compd. 678 (2016) 304–311.

84. M. D. Welch, L. Bindi, V. Petříček, J. Plášil  
*Vacancy pairing and superstructure in the highpressure silicate  $K_{1.5}Mg_2Si_2O_7H_{0.5}$ : a new potential host for potassium in the deep Earth*  
Acta Crystallogr. B 72 (2016) 822–827.
85. U. Wulf, J. Kučera, H. Richter, M. Wiatr, J. Höntschel  
*Characterization of nanotransistors in a semiempirical model*  
Thin Solid Films 601 (2016) 6–10.
86. V. Zajac, H. Němec, P. Kužel  
*Picosecond charge transport in rutile at high carrier densities studied by transient terahertz spectroscopy*  
Phys. Rev. B 94 (2016) 115206(1)–115206(9).
87. V. Železný, D. Chvostová, D. Šimek, F. Máca, J. Mašek, N. Setter, Yu Hong Huang  
*The variation of  $PbTiO_3$  bandgap at ferroelectric phase transition*  
J. Phys.-Condens. Mat. 28 (2016) 025501(1)–025501(8).
88. X. Zhang, H. Zhao, L. Palatinus, K. J. Gagnon, J. Bacsá, K. R. Dunbar  
*Self-Assembly of Organocyanide Dianions and Metal–Organic Macrocycles into Polymeric Architectures Including an Unprecedented Quadruple Helical Aperiodic Structure*  
Cryst. Growth Des. 16 (2016) 1805–1811.
89. Z. Zhou, L. Palatinus, J. Sun  
*Structure determination of modulated structures by powder X-ray diffraction and electron diffraction*  
Inorg. Chem. 3 (2016) 1351–1362.
90. V. Zobač, J. P. Lewis, P. Jelínek  
*Non-adiabatic molecular dynamic simulations of opening reaction of molecular junctions*  
Nanotechnology 27 (2016) 285202(1)–285202(8).
91. M. Žonda, V. Pokorný, V. Janiš, T. Novotný  
*Perturbation theory for an Anderson quantum dot asymmetrically attached to two superconducting leads*  
Phys. Rev. B 93 (2016) 024523(1)–024523(18).

## Magnetické a dielektrické vlastnosti

1. A. V. Andreev, K. Shirasaki, J. Šebek, J. Vejpravová, D. I. Gorbunov, L. Havela, S. Daniš, T. Yamamura  
*Ferromagnetism in 5f-band metamagnet UCoAl induced by Os doping*  
J. Alloy. Compd. 681 (2016) 275–282.
2. D. V. Azamat, A. G. Badalyan, A. Dejneka, L. Jastrabík, J. Lančok  
*Zero-field studies of spin–lattice relaxation processes in non-Kramers doublet of  $LiF:Ni^{2+}$*   
Appl. Phys. A-Mater. 122 (2016) 1026(1)–1026(5).
3. D. A. B. Barbosa, M. W. Lufasob, H. Reichlová, X. Martí, M. V. S. Rezende, A. P. Maciel, C. W. A. Paschoal  
*Ba-doping effects on structural, magnetic and vibrational properties of disordered  $La_2NiMnO_6$*   
J. Alloy. Compd. 663 (2016) 899–905.
4. P. Bednyakov, I. V. Shnidshtein, B. A. Strukov  
*Investigation of ferroelectric materials by the thermal noise method: Advantages and limitations*  
Ferroelectrics 500 (2016) 203–217.
5. P. Bednyakov, T. Sluka, A. Tagantsev, D. Damjanovic, N. Setter  
*Free-Carrier-Compensated Charged Domain Walls Produced with Super-Bandgap Illumination in Insulating Ferroelectrics*  
Adv. Mater. 28 (2016) 9498–9503.
6. E. Buixaderas, V. Bovtun, M. Kempa, D. Nuzhnyy, M. Savinov, P. Vaněk, I. Gregora, and B. Malic  
*Lattice dynamics and domain wall oscillations of morphotropic  $Pb(Zr,Ti)O_3$  ceramics*  
Phys. Rev. B 94 (2016) 054315(1)–054315(10).
7. M. Buryi, P. Boháček, K. Chernenko, A. Krasnikov, V. V. Laguta, E. Mihóková, M. Nikl, and S. Zazubovich  
*Luminescence and photo-thermally stimulated defect-creation processes in  $Bi^{3+}$ -doped single crystals of lead tungstate*  
Phys. status solidi b 253 (2016) 895–910.

8. M. Buryi, V. Laguta, J. Rosa, M. Nikl  
*Electron paramagnetic resonance study of exchange coupled Ce<sup>3+</sup> ions in Lu<sub>2</sub>SiO<sub>5</sub> single crystal scintillator*  
Radiat. Meas. 90 (2016) 23–26.
9. A. M. G. Carvalho, C. S. Mejía, C. A. Ponte, L. E. L. Silva, J. Kaštil, J. Kamarád, A. M. Gomés  
*Adiabatic temperature change from non-adiabatic measurements*  
Appl. Phys. A-Mater. 122 (2016) 246(1)–246(5).
10. Wei Chen, Manfred Sigrist, Jairo Sinova, and Dirk Manske  
*Minimal Model of Spin-Transfer Torque and Spin Pumping Caused by the Spin Hall Effect*  
Phys. Rev. Lett. 115 (2016) 217203(1)–217203(5).
11. C. Ciccarelli, L. Anderson, V. Tshitoyan, A. J. Ferguson, F. Gerhard, C. Gould, L. W. Molenkamp, J. Gayles, J. Zelezny, L. Smejkal, Z. Yuan, J. Sinova, F. Freimuth, T. Jungwirth  
*Room-temperature spin-orbit torque in NiMnSb*  
Nature Phys. 12 (2016) 855–860.
12. E. Colineau, A. Hen, J. -P. Sanchez, J. -C. Griveau, N. Magnani, R. Eloirdi, I. Halevy P. Gaczyński, I. Orion, A. B. Shick, R. Caciuffo  
*Magnetic sublattices in Np<sub>2</sub>Co<sub>17</sub> and Np<sub>2</sub>Ni<sub>17</sub>*  
Hyperfine Interact. 273 (2016) 80-1–80-8.
13. D. A. Crandles, S. M. M. Yee, M. Savinov, D. Nuzhnyy, J. Petzelt, S. Kamba, J. Prokeš  
*Electrode effects in dielectric spectroscopy measurements on (Nb+In) co-doped TiO<sub>2</sub>*  
J. Appl. Phys. 119 (2016) 154105(1)–154105(8).
14. T. Dairaku, K. Furuita, H. Sato, J. Šebera, K. Nakashima, A. Ono, V. Sychrovský, Ch. Kojima, Y. Tanaka  
*Hg<sup>I</sup>/Ag<sup>I</sup>-mediated base pairs and their NMR spectroscopic studies*  
Inorg. Chim. Acta 452 (2016) 34–42.
15. V. Domenici, A. Gradišek, T. Apih, V. Hamplová, V. Novotná, P. J. Sebastião  
*<sup>1</sup>H NMR relaxometry in the TGBA\* and TGBC\* phases*  
Ferroelectrics 495 (2016) 17–27.
16. M. Dračínský, M. Šála, B. Klepetářová, J. Šebera, J. Fukal, V. Holečková, Y. Tanaka, R. Nencka, V. Sychrovský  
*Benchmark Theoretical and Experimental Study on <sup>15</sup>N NMR Shifts of Oxidatively Damaged Guanine*  
J. Phys. Chem. B 120 (2016) 915–925.
17. E. M. Dutkiewicz, J. Suchanicz, V. Bovtun, K. Konieczny, P. Czaja, K. Kluczevska, B. Handke, M. Antonova, A. Sternberg  
*Raman spectra and anomalies of dielectric properties and thermal expansion of lead-free (1-x)Na<sub>0.5</sub>Bi<sub>0.5</sub>TiO<sub>3</sub>-xSrTiO<sub>3</sub> (x=0, 0.08 and 0.1) ceramics*  
Phase Transit. 89 (2016) 823–828.
18. C. Filipič, Z. Kutnjak, R. Pirc, G. Canu, J. Petzelt  
*BaZr<sub>0.5</sub>Ti<sub>0.5</sub>O<sub>3</sub>: Lead-free relaxor ferroelectric or dipolar glass*  
Phys. Rev. B 93 (2016) 224105(1)–224105(8).
19. Ignasi Fina, Xavier Marti  
*Electric control of antiferromagnets*  
IEEE Trans. Magn. 99 (2016) 1–7.
20. M. Gaal, V. Bovtun, W. Stark, A. Erhard, Y. Yakymenko, M. Kreutzbruck  
*Viscoelastic properties of cellular polypropylene ferroelectrets*  
J. Appl. Phys. 119 (2016) 125101(1)–125101(12).
21. R. Galceran, I. Fina, J. Cisneros-Fernández, B. Bozzo, C. Frontera, L. López-Mir, H. Deniz, K. -W. Park, B. -G. Park, L. Balcells, X. Martí, T. Jungwirth, B. Martínez  
*Isothermal anisotropic magnetoresistance in antiferromagnetic metallic IrMn*  
Sci. Rep. 6 (2016) 35471-1–35471 -6.
22. J. Gayles, F. Freimuth, T. Schena, G. Lani, P. Mavropoulos, R. A. Duine, S. Blügel, J. Sinova, and Y. Mokrousov  
*Dzyaloshinskii-Moriya Interaction and Hall Effects in the Skyrmion Phase of Mn<sub>1-x</sub>Fe<sub>x</sub>Ge*  
Phys. Rev. Lett. 115 (2016) 036602(1)–036602(6).

23. **V. Goian, F. Kadlec, C. Kadlec, B. Dabrowski, S. Kolesnik, O. Chmaissem, D. Nuzhnyy, M. Kempa, V. Bovtun, M. Savinov, J. Hejtmánek, J. Prokleška, S. Kamba**  
*Spectroscopic studies of the ferroelectric and magnetic phase transitions in multiferroic  $Sr_{1-x}Ba_xMnO_3$*   
J. Phys.-Condens. Mat. 28 (2016) 175901(1)–175901(7).
24. **O. Gomonay, T. Jungwirth, J. Sinova**  
*High antiferromagnetic domain wall velocity induced by Néel spin-orbit torques*  
Phys. Rev. Lett. 117 (2016) 017202(1)–017202(5).
25. **O. Gomonay, M. Kläui, J. Sinova**  
*Manipulating antiferromagnets with magnetic fields: Ratchet motion of multiple domain walls induced by asymmetric field pulses*  
Appl. Phys. Lett. 109 (2016) 142404-1–142404-4.
26. **D. I. Gorbunov, M. S. Henriques, A. V. Andreev, V. Eigner, A. Gukasov, X. Fabrèges, Y. Skourski, V. Petříček, J. Wosnitza**  
*Magnetic anisotropy and reduced neodymium magnetic moments in  $Nd_3Ru_4Al_{12}$*   
Phys. Rev. B 93 (2016) 024407(1)–024407(11).
27. **D. I. Gorbunov, M. S. Henriques, A. V. Andreev, Y. Skourski, M. Richter, L. Havela, J. Wosnitza**  
*First-order magnetization process as a tool of magnetic-anisotropy determination: Application to the uranium-based intermetallic  $U_3Cu_4Ge_4$*   
Phys. Rev. B 93 (2016) 064417(1)–064417(7).
28. **B. Gorshunov, V. Torgashev, E. Zhukova, V. Tomas, M. Belyanchikov, C. Kadlec, F. Kadlec, M. Savinov, T. Ostapchuk, J. Petzelt, J. Prokleška, P. Tomas, E. Pestrjakov, D. Fursenko, G. Shakurov, A. Prokhorov, V. Gorelik, L. Kadyrov, V. Uskov, R. Kremer, M. Dressel**  
*Incipient ferroelectricity of water molecules confined to nano-channels of beryl*  
Nat. Commun. 7 (2016) 12842(1)–12842(10).
29. **L. Havela, M. Paukov, I. Tkach, Z. Matěj, D. Kriegner, S. Mašková, B. Vondráčková, M. Prachařová, I. Turek, M. Diviš, M. Cieslar, D. Drozdenko, N. -T. H. Kim-Ngan, A. V. Andreev**  
 *$UH_3$ -based ferromagnets: new look at an old material*  
J. Magn. Magn. Mater. 4000 (2016) 130–136.
30. **L. Havlák, V. Jarý, J. Bárta, M. Buryi, M. Rejman, V. Laguta, M. Nikl**  
*Tunable  $Eu^{2+}$  emission in  $K_xNa_{1-x}LuS_2$  phosphors for white LED application*  
Mater. Des. 106 (2016) 363–370.
31. **B. Hehlen, M. Al-Sabbagh, A. Al-Zein, J. Hlinka**  
*Relaxor Ferroelectrics: Back to the Single-Soft-Mode Picture*  
Phys. Rev. Lett. 117 (2016) 155501(1)–155501(6).
32. **M. S. Henriques, D. I. Gorbunov, D. Kriegner, M. Vališka, A. V. Andreev, Z. Matěj**  
*Magneto-elastic coupling across the first-order transition in the distorted kagome lattice antiferromagnet  $Dy_3Ru_4Al_{12}$*   
J. Magn. Magn. Mater. 400 (2016) 125–129.
33. **V. Herynek, K. Turnovcová, P. Veverka, T. Dědourková, P. Žvátora, P. Jendelová, A. Gálisová, L. Kosinová, K. Jiráková, E. Syková**  
*Using ferromagnetic nanoparticles with low Curie temperature for magnetic resonance imaging-guided thermoablation*  
Int. J. Nanomed. 11 (2016) 3801–3811.
34. **J. Hlinka, F. Borodavka, I. Rafalovskyi, Z. Dočekalová, J. Pokorný, I. Gregora, V. Tsurkan, H. Nakamura, F. Mayr, C. A. Kuntscher, A. Loidl, S. Bordács, D. Szaller, H. -J. Lee, J. H. Lee, I. Kézsmárki**  
*Lattice modes and the Jahn-Teller ferroelectric transition of  $GaV_4S_8$*   
Phys. Rev. B 94 (2016) 060104(1)–060104(5).
35. **J. Hlinka, J. Přívratská, P. Ondrejko, and V. Janovec**  
*Symmetry Guide to Ferroaxial Transitions*  
Phys. Rev. Lett. 116 (2016) 177602(1)–177602(6) .
36. **V. Janiš, J. Koloreň**  
*Conserving approximations for response functions of the Fermi gas in a random potential*  
Eur. Phys. J. B 89 (2016) 170(1)–170(12).

37. P. Javorský, J. Kaštil, M. Míšek, M. Prachařová, J. Prchal, M. Klicpera, M. Kratochvílová  
*Pressure influence on magnetic properties of Nd<sub>2</sub>RhIn<sub>8</sub>*  
J. Magn. Magn. Mater. 411 (2016) 98–102.
38. K. Jiráková, M. Šeneklová, D. Jirák, K. Turnovcová, M. Vosmanská, M. Babič, D. Horák, P. Veverka, P. Jendelová  
*The effect of magnetic nanoparticles on neuronal differentiation of induced pluripotent stem cell-derived neural precursors*  
Int. J. Nanomed. 11 (2016) 6267–6281.
39. T. Jungwirth, X. Marti, P. Wadley, J. Wunderlich  
*Antiferromagnetic spintronics*  
Nature Nanotech. 11 (2016) 231–241.
40. F. Kadlec, C. Kadlec, J. Vít, F. Borodavka, M. Kempa, J. Prokleška, J. Buršík, R. Uhrecký, S. Rols, Y. Sheng Chai, K. Zhai, Y. Sun, J. Drahokoupil, V. Goian, S. Kamba  
*Electromagnon in the Z-type hexaferrite (Ba<sub>x</sub>Sr<sub>1-x</sub>)<sub>3</sub>Co<sub>2</sub>Fe<sub>24</sub>O<sub>41</sub>*  
Phys. Rev. B 94 (2016) 024419(1)–024419(8).
41. O. Kaman, T. Dědourková, J. Koktan, J. Kuličková, M. Maryško, P. Veverka, R. Havelek, K. Královec, K. Turnovcová, P. Jendelová, A. Schröfel, L. Svoboda  
*Silica-coated manganite and Mn-based ferrite nanoparticles: a comparative study focused on cytotoxicity*  
J. Nanopart. Res. 18 (2016) 100(1)–100(18).
42. O. Kaman, J. Hejtmánek, Z. Jirák, K. Knižek, M. Maryško, P. Novák, S. Vratislav  
*Effects of Tb<sup>3+</sup> dopants in the La<sub>1-x</sub>Sr<sub>x</sub>MnO<sub>3</sub> bulk and nanoparticle ferromagnets*  
J. Phys.-Condens. Mat. 28 (2016) 206001(1)–206001(8).
43. J. Kamarád, S. Fabbri, J. Kaštil, M. Míšek, R. Cabassi, F. Cugini, F. Albertini, Z. Arnold  
*Strong magneto-volume effects and hysteresis reduction in the In-doped (NiCo)<sub>2</sub>MnGa Heusler alloys*  
J. Alloy. Compd. 685 (2016) 142–146.
44. S. Kamba, E. Simon, V. Skoromets, V. Bovtun, M. Kempa, J. Pokorný, M. Savinov, J. Koruza, B. Malič  
*Broad-band dielectric response of 0.5Ba(Ti<sub>0.8</sub>Zr<sub>0.2</sub>)O<sub>3</sub>-0.5(Ba<sub>0.7</sub>Ca<sub>0.3</sub>)TiO<sub>3</sub> piezoceramics: soft and central mode behaviour*  
Phase Transit. 89 (2016) 785–793.
45. A. Kania, S. Miga, E. Talik, I. Gruszka, M. Szubka, M. Savinov, J. Prokleška, S. Kamba  
*Dielectric and magnetic properties, and electronic structure of multiferroic perovskite PbFe<sub>0.5</sub>Ta<sub>0.5</sub>O<sub>3</sub> and incipient ferroelectric pyrochlore Pb<sub>2</sub>Fe<sub>0.34</sub>Ta<sub>1.84</sub>O<sub>7.11</sub> single crystals and ceramics*  
J. Eur. Ceram. Soc. 36 (2016) 3369–3381.
46. S. A. Khan, P. Blaha, H. Ebert, J. Minár, O. Šipr  
*Magnetocrystalline anisotropy of FePt: A detailed view*  
Phys. Rev. B 94 (2016) 144436(1)–144436(10).
47. S. Khmelevskiy, A. B. Shick, P. Mohn  
*Prospect for tunneling anisotropic magneto-resistance in ferrimagnets: Spin-orbit coupling effects in Mn<sub>3</sub>Ge and Mn<sub>3</sub>Ga*  
Appl. Phys. Lett. 109 (2016) 222402(1)–222402(4).
48. I. Khromova, P. Kužel, I. Brener, J. L. Reno, U. -C. Chung Seu, C. Elissalde, M. Maglione, P. Mounaix, O. Mitrofanov  
*Splitting of magnetic dipole modes in anisotropic TiO<sub>2</sub> micro-spheres*  
Laser Photon. Rev. 10 (2016) 681–687.
49. N. Kovaleva, K. I. Kugel, Z. Potůček, O. E. Kusmartseva, N. S. Goryachev, Z. Brykhar, E. I. Demikhov, V. A. Trepakov, A. Dejneka, F. V. Kusmartsev, A. M. Stoneham  
*Optical Evidence of Quantum Rotor Orbital Excitations in Orthorhombic Manganites*  
J. Exp. Theor. Phys. 122, No5 (2016) 890–901.
50. D. Krieger, J. Furthmüller, R. Kirchsclager, J. Endres, L. Horák, P. Cejpek, H. Reichlová, X. Martí, D. Primetzhofer, A. Ney, G. Bauer, F. Bechstedt, V. Holý, G. Springholz  
*Ferroelectric phase transitions in multiferroic Ge<sub>1-x</sub>Mn<sub>x</sub>Te driven by local lattice distortions*  
Phys. Rev. B 94 (2016) 054112-1–054112-8.

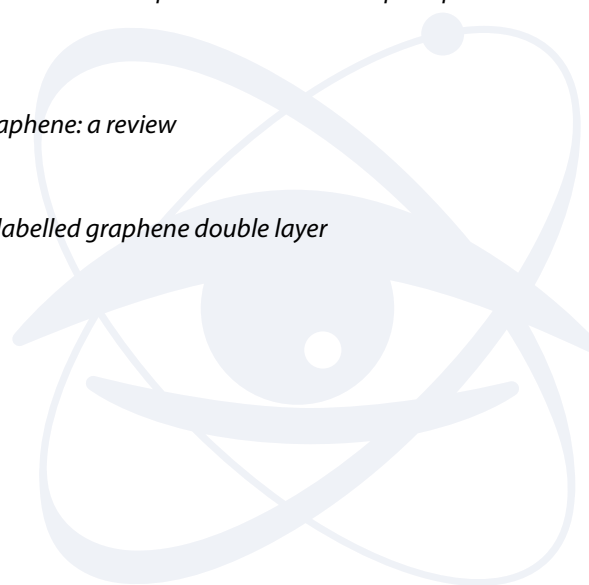


51. **D. Kriegner, K. Vyborný, K. Olejník, H. Reichlova, V. Novak, X. Martí, J. Gazquez, V. Saidl, P. Nemeč, V. V. Volobuev, G. Springholz, V. Holy, T. Jungwirth**  
*Multiple-stable anisotropic magnetoresistance memory in antiferromagnetic MnTe*  
Nat. Commun. 7 (2016) 11623(1)–11623(7).
52. **L. Kubíčková, J. Kohout, P. Brázda, M. Veverka, T. Kmječ, D. Kubániová, P. Bezdička, M. Klementová, E. Šantavá, K. Závěta**  
*Impact of silica environment on hyperfine interactions in  $\epsilon$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanoparticles*  
Hyperfine Interact. 237 (2016) 159(1)–159(10).
53. **J. Kudrnovský, V. Drchal, and I. Turek**  
*Exchange and spin-orbit induced phenomena in diluted (Ga,Mn)As from first principles*  
Phys. Rev. B 94 (2016) 054428(1)–054428(8).
54. **V. V. Laguta, A. N. Morozovska, E. A. Eliseev, I. P. Raevski, S. I. Raevskaya, E. I. Sitalo, S. A. Prosandeev, L. Bellaiche**  
*Room-temperature paramagnetoelectric effect in magnetoelectric multiferroics Pb(Fe<sub>1/2</sub>Nb<sub>1/2</sub>)O<sub>3</sub> and its solid solution with PbTiO<sub>3</sub>*  
J. Mater. Sci. 51 (2016) 5330–5342.
55. **V. Lavrentiev, A. Stupakov, M. Barchuk, I. Lavrentieva, J. Pokorný, J. Vacik, P. Čapková, A. Dejneka**  
*Phase evolution in mixture of cobalt and fullerene deposited from vapor*  
Carbon 103 (2016) 425–435.
56. **P. Lipavský, J. Koláček, P. -J. Lin**  
*Transverse acousto-electric effect in superconductors*  
Physica C 525- (2016) 10–17.
57. **Yong Liu, S. K. Bose, and J. Kudrnovský**  
*Electronic structure and magnetism of Ge(Sn)TM[x]Te[1-x] (TM = V,Cr,Mn): A first principles study*  
AIP Adv. 6 (2016) 125005(1)–125005(12).
58. **Jian Liu, D. Kriegner, L. Horák, D. Puggioni, C. Rayan Serrao, R. Chen, D. Yi, C. Frontera, V. Holý, A. Vishwanath, J. M. Rondinelli, X. Martí, R. Ramesh**  
*Strain-induced nonsymmorphic symmetry breaking and removal of Dirac semimetallic nodal line in an orthoperovskite iridate*  
Phys. Rev. B 93 (2016) 085118-1–085118-7.
59. **L. C. V. Rodrigues, J. Hölsä, H. F. Brito, M. Maryško, J. R. Matos, P. Paturi, R. V. Rodrigues, M. Lastusaari**  
*Magneto-optical studies of valence instability in europium and terbium phosphors*  
J. Lumin. 170 (2016) 701–706.
60. **A. Reznickova Mantlikova, J. Plocek, B. Pacakova, S. Kubickova, O. Vik, D. Niznansky, M. Slouf, J. Vejpravova**  
*Nanocomposite of CeO<sub>2</sub> and High-Coercivity Magnetic Carrier with Large Specific Surface Area*  
J. Nanomater. 2016 (2016) 7091241(1)–7091241(13).
61. **S. Margueron, J. Pokorný, S. Skiadopoulou, S. Kamba, X. Liang, D. R. Clarke**  
*Optical and vibrational properties of (ZnO)<sub>k</sub>In<sub>2</sub>O<sub>3</sub> natural superlattice nanostructures*  
J. Appl. Phys. 119 (2016) 195103(1)–195103(9).
62. **M. D. Rowberry, D. Kriegner, V. Holý, C. Frontera, M. Llull, K. Olejník, X. Martí**  
*The instrumental resolution of a moire extensometer in light of its recent automatisaton*  
Measurement 91 (2016) 258–265.
63. **M. P. Mikhailova, A. I. Veinger, I. V. Kochman, P. V. Semenikhin, K. V. Kalinina, R. V. Parfeniev, V. A. Berezovets, M. O. Safonchik, A. Hospodková, J. Pangrác, M. Zíková, E. Hulicius**  
*Microwave radiation absorption and Shubnikov-de Haas oscillations in semimetal InAs/GaSb/AlSb composite quantum wells*  
J. Nanophotonics 10 (2016) 046013(1)–046013(8).
64. **L. Nádherný, M. Maryško, D. Sedmidubský, C. Martin**  
*Structural and magnetic properties of Zn<sub>x</sub>Mn<sub>3-x</sub>O<sub>4</sub> spinels*  
J. Magn. Magn. Mater. 413 (2016) 89–96.
65. **L. Nadvornik, P. Nemeč, T. Janda, K. Olejník, V. Novak, V. Skoromets, H. Němec, P. Kužel, F. Trojaneč, T. Jungwirth, and J. Wunderlich**  
*Long-range and high-speed electronic spin-transport at a GaAs/AlGaAs semiconductor interface*  
Sci. Rep. 6 (2016) 22901(1)–22901(8).

66. L. Nádvořík, K. Olejník, P. Němec, V. Novák, T. Janda, J. Wunderlich, F. Trojánek, T. Jungwirth  
*Enhancement of the spin Hall voltage in a reverse-biased planar pn-junction*  
Phys. Rev. B 94 (2016) 0753306(1)–0753306(6).
67. Y. Noda, H. Fujishiro, T. Naito, A. Ito, T. Goto, J. Hejtmanek, Z. Jirak  
*Electrical resistivity anomaly in  $(Pr_{1-y}My)_{1-x}Ca_xCoO_3$  epitaxial films (M=Y, Gd) fabricated by pulsed laser deposition*  
AIP Adv. 6 (2016) 025318(1)–025318(9).
68. B. Novotná, K. Turnovcová, P. Veverka, P. Rössner, Jr., Y. Bagryantseva, V. Herynek, P. Žvátora, M. Vosmanská, M. Klementová, E. Syková, P. Jendelová  
*The impact of silica encapsulated cobalt zinc ferrite nanoparticles on DNA, lipids and proteins of rat bone marrow mesenchymal stem cells*  
Nanotoxicology 10 (2016) 662–670.
69. D. Nuzhnyy, J. Petzelt, V. Bovtun, T. Ostapchuk, M. Savinov, M. Kempa, P. Bednyakov, L. Fernandez-Garcia, T. Rodriguez-Suarez, and J. L. Menendez  
*Broadband dielectric spectroscopy of standard and core-shell  $BaTiO_3$ -NiO ceramic composites compared to the  $BaTiO_3$  ceramics*  
Ferroelectrics 500 (2016) 1–19.
70. P. Ondrejkořík, M. Kempa, M. Savinov, P. Bednyakov, J. Kulda, P. Bourges, J. Dec, J. Hlinka  
*Electric-field influence on the neutron diffuse scattering near the ferroelectric transition of  $Sr_{0.61}Ba_{0.39}Nb_2O_6$*   
Phase Transit. 89 (2016) 808–815.
71. B. Pacáková, A. Mantliková, D. Nizňanský, S. Kubičková, J. Vejpravová  
*Understanding particle size and distance driven competition of interparticle interactions and effective single-particle anisotropy*  
J. Phys.-Condens. Mat. 28 (2016) 206004(1)–206004(11).
72. O. Perevertov, R. Schäfer  
*Magnetic properties and magnetic domain structure of grain-oriented Fe-3%Si steel under compression*  
Mater. Res. Express 3 (2016) 096103(1)–096103(12).
73. J. Petzelt, V. Janovec, J. Erhart, P. Mokry, J. Nosek, G. W. Taylor  
*Obituary: Jan Fousek (1930-2016)*  
Ferroelectrics 505 (2016) 1–3.
74. J. Petzelt, S. Kamba  
*Far infrared and terahertz spectroscopy of ferroelectric soft modes in thin films: A review*  
Ferroelectrics 503 (2016) 19–44.
75. J. Petzelt and D. Nuzhnyy  
*Broadband dielectric spectroscopy of inhomogeneous and composite weak conductors*  
Phase Transit. 89 (2016) 651–666.
76. I. Rafalovskyi, I. Gregora and J. Hlinka  
*Electric-field-induced tetragonal phase in  $[Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3]_{0.68}-[PbTiO_3]_{0.32}$  by Raman scattering*  
Phase Transit. 89 (2016) 816–822.
77. I. Rafalovskyi, M. Guennou, I. Gregora, J. Hlinka  
*Macroscopic lamellar heterophase pattern in  $Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3$ - $PbTiO_3$  single crystals*  
Phys. Rev. B 93 (2016) 064110(1)–064110(7).
78. H. Reichlova, V. Novak, Y. Kurosaki, M. Yamada, H. Yamamoto, A. Nishide, J. Hayakawa, H. Takahashi, M. Maryško, J. Wunderlich, X. Marti, and T. Jungwirth  
*Temperature and thickness dependence of tunneling anisotropic magnetoresistance in exchange-biased Py/IrMn/MgO/Ta stacks*  
Mater. Res. Express 3 (2016) 076406(1)–076406(5).
79. M. Retuerto, S. Skiadopoulou, M. R. Li, A. M. Abakumov, M. Croft, A. Ignatov, T. Sarkar, B. M. Abbett, J. Pokorný, M. Savinov, D. Nuzhnyy, J. prokleška, M. Abeykoon, P. W. Stephens, J. P. Hodges, P. Vaněk, C. J. Fennie, K. M. Rabe, S. Kamba, M. Greenblatt  
 *$Pb_2MnTeO_6$  Double Perovskite: An Antipolar Anti-ferromagnet*  
Inorg. Chem. 55 (2016) 4320–4329.

80. Rosivaldo X. Silvaa, Alan S. de Menezes, Rafael M. Almeida, Roberto L. Moreira, R. Paniago, Xavi Martí, **Helena Reichlová**, **Miroslav Maryško**, Marcos Vinicius dos S. Rezende, Carlos William A. Paschoal, *Structural order, magnetic and intrinsic dielectric properties of magnetoelectric  $\text{La}_2\text{CoMnO}_6$*   
J. Alloy. Compd. 661 (2016) 541–552.
81. P. E. Roy, R. M. Otxoa, **J. Wunderlich**  
*Robust picosecond writing of a layered antiferromagnet by staggered spin-orbit fields*  
Phys. Rev. B 94 (2016) 014439-1–014439-5.
82. **I. Rychetský**, **A. Klíč**, **J. Hlinka**  
*Dielectric properties of stratified polydomain  $\text{BiFeO}_3$*   
Phase Transit. 89 (2016) 740–745.
83. V. Saidl, M. Brajer, L. Horák, **H. Reichlová**, **K. Výborný**, M. Veis, **T. Janda**, F. Trojánek, M. Maryško, I. Fina, **X. Martí**, **T. Jungwirth** and P. Němec  
*Investigation of magneto-structural phase transition in  $\text{FeRh}$  by reflectivity and transmittance measurements in visible and near-infrared spectral region*  
New J. Phys. 18 (2016) 083017(1)–083017(11).
84. **M. Šindler**, **C. Kadlec**, **F. Dominec**, **P. Kužel**, C. Elissalde, A. Kassas, J. Lesueur, D. Bernard, P. Mounaix, and **H. Němec**  
*Bulk magnetic terahertz metamaterials based on dielectric microspheres*  
Opt. Express 24 (2016) 18340–18345.
85. S. Singh, S. W. D'Souza, J. Nayak, E. Suard, L. Chapon, A. Senyshyn, **V. Petříček**, Y. Skourski, M. Nicklas, C. Felser, S. Chadov  
*Room-temperature tetragonal non-collinear Heusler antiferromagnet  $\text{Pt}_2\text{MnGa}$*   
Nat. Commun. 7 (2016) 12671(1)–12671(6).
86. **O. Šipr**, S. Mankovsky, S. Polesya, S. Bornemann, J. Minár, H. Ebert  
*Illustrative view on the magnetocrystalline anisotropy of adatoms and monolayers*  
Phys. Rev. B 93 (2016) 174409(1)–174409(13).
87. **S. Skiadopoulou**, **S. Kamba**, **J. Drahokoupil**, **J. Kroupa**, N. Deepak, M. E. Pemble, R. W. Whatmore  
*Comment on „Interesting Evidence for Template-Induced Ferroelectric Behavior in Ultra-Thin Titanium Dioxide Films Grown on (110) Neodymium Gallium Oxide Substrates“*  
Adv. Funct. Mater. 26 (2016) 642–646.
88. **V. Skoromets**, **C. Kadlec**, **H. Němec**, D. Fattakhova-Rohlfing, **P. Kužel**  
*Tunable dielectric properties of  $\text{KTaO}_3$  single crystals in the terahertz range*  
J. Phys. D-Appl. Phys. 49 (2016) 065306(1)–065306(6).
89. J. Buršík M. Soroka, **K. Knížek**, **J. Hirschner**, **P. Levinský**, **J. Hejtmánek**  
*Oriented thin films of  $\text{Na}_{0.6}\text{CoO}_2$  and  $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_9$  deposited by spin-coating method on polycrystalline substrate*  
Thin Solid Films 603 (2016) 400–403.
90. D. A. Spassky, N. S. Kozlova, A. P. Kozlova, E. V. Zabelina, O. A. Buzanov, **M. Buryi**, **V. Laguta**, K. Lebbou, A. Nehari, H. Cabane, M. Dumortier, V. Nagirnyi  
*Study of the defects in  $\text{La}_3\text{Ta}_{0.5}\text{Ga}_{5.5}\text{O}_{14}$  single crystals*  
J. Lumin. 180 (2016) 95–102.
91. V. A. Stephanovich, **V. V. Laguta**  
*Transversal spin freezing and re-entrant spin glass phase in chemically disordered Fe-containing perovskite multiferroics*  
Phys. Chem. Chem. Phys. 18 (2016) 7229–7234.
92. A. Stupakov, A. V. Bagdinov, V. V. Prokhorov, A. N. Bagdinova, E. I. Demikhov, **A. Dejneka**, K. I. Kugel, A. A. Gorbatshevich, F. A. Pudonin, **N. N. Kovaleva**  
*Out-of-Plane and In-Plane Magnetization Behavior of Dipolar Interacting  $\text{FeNi}$  Nanoislands around the Percolation Threshold*  
J. Nanomater. 2016 (2016) 3190260(1)–3190260(9).
93. A. Stupakov, M. Neslušán, **O. Perevertov**  
*Detection of a milling-induced surface damage by the magnetic Barkhausen noise*  
J. Magn. Magn. Mater. 410 (2016) 198–209.

94. A. Stupakov, O. Perevertov, V. Zablotskii  
*A system for controllable magnetic measurements of hysteresis and Barkhausen noise*  
IEEE Trans. Instrum. Meas. 65 (2016) 1087–1097.
95. J. Suchanicz, V. Bovtun, E. M. Dutkiewicz, K. Konieczny, D. Sitko, K. Kluczevska, A. Wajda, A. Kalvane, A. Sternberg  
*Dielectric, thermal and Raman spectroscopy studies of lead-free  $(\text{Na}_{0.5}\text{Bi}_{0.5})_{1-x}\text{Sr}_x\text{TiO}_3$  ( $x=0, 0.04$  and  $0.06$ ) ceramics*  
Phase Transit. 89 (2016) 856–862.
96. E. A. Tereshina, S. Khmelevskiy, G. Politova, T. Kaminskaya, H. Drulis, I. S. Tereshina  
*Magnetic ordering temperature of nanocrystalline Gd: enhancement of magnetic interactions via hydrogenation-induced “negative” pressure*  
Sci. Rep. 6 (2016) 22553(1)–22553(7).
97. I. S. Tereshina, I. A. Pelevin, E. A. Tereshina, G. S. Burkhanov, K. Rogacki, M. Miller, N. V. Kudrevatykh, P. E. Markin, A. S. Volegov, R. M. Grechishkin, S. V. Dobotkin, L. Schultz  
*Magnetic hysteresis properties of nanocrystalline  $(\text{Nd,Ho})\text{-(Fe,Co)-B}$  alloy after melt spinning, severe plastic deformation and subsequent heat treatment*  
J. Alloy. Compd. 681 (2016) 555–560.
98. R. Troć, M. Samsel-Czekala, A. Pikul, A. V. Andreev, D. I. Gorbunov, Y. Skourski, J. Sznajd  
*The new aspect of electronic structure of UN based on specific heat and field-induced transitions up to 65 T*  
Phys. Rev. B 94 (2016) 224415(1)–224415(14).
99. I. Turek, J. Kudrnovský, and V. Drchal  
*Coherence and stiffness of spin waves in diluted ferromagnets*  
Phys. Rev. B 94 (2016) 174447(1)–174447(8).
100. M. Tyunina, M. Savinov  
*Dynamic nonlinearity in epitaxial  $\text{BaTiO}_3$  films*  
Phys. Rev. B 94 (2016) 054109(1)–054109(6).
101. T. V. Chagovets  
*Electric response in superfluid helium*  
Physica B 488 (2016) 62–66.
102. T. V. Chagovets  
*A study of the electric response of He II at the excitation of second sound waves*  
Low Temp. Phys. 42 (2016) 230–235.
103. V. Vales, T. G. A. Verhagen, J. Vejpravova, O. Frank, M. Kalbac  
*Addressing asymmetry of the charge and strain in a two-dimensional fullerene peapod*  
Nanoscale 8 (2016) 735–740.
104. A. Vavrinska, J. Zelinka, J. Sebera, V. Sychrovsky, R. Fiala, R. Boelens, V. Sklenar, L. Trantirek  
*Erratum to: Impact of nucleic acid self-alignment in a strong magnetic field on the interpretation of indirect spin–spin interactions*  
J. Biomol. NMR 65 (2016) 49–49.
105. A. Vavrinska, J. Zelinka, J. Šebera, V. Sychrovsky, R. Fiala, R. Boelens, V. Sklenar, L. Trantirek  
*Impact of nucleic acid self-alignment in a strong magnetic field on the interpretation of indirect spin–spin interactions*  
J. Biomol. NMR 64 (2016) 53–62.
106. J. Vejpravová, B. Pacaková, M. Kalbáč  
*Magnetic impurities in single-wall carbon nanotubes and graphene: a review*  
Analyst 141 (2016) 2639–2656.
107. T. G. A. Verhagen, V. Vales, O. Frank, M. Kalbac, J. Vejpravova  
*Temperature dependence of the  $2D'$  mode of an isotopically labelled graphene double layer*  
phys. status solidi b 253 (2016) 2342–2346.
108. P. Veřtát, J. Drahokoupil, O. Perevertov, O. Heczko  
*Phase transition in a multiferroic Ni-Mn-Ga single crystal*  
Phase Transit. 89 (2016) 752–760.

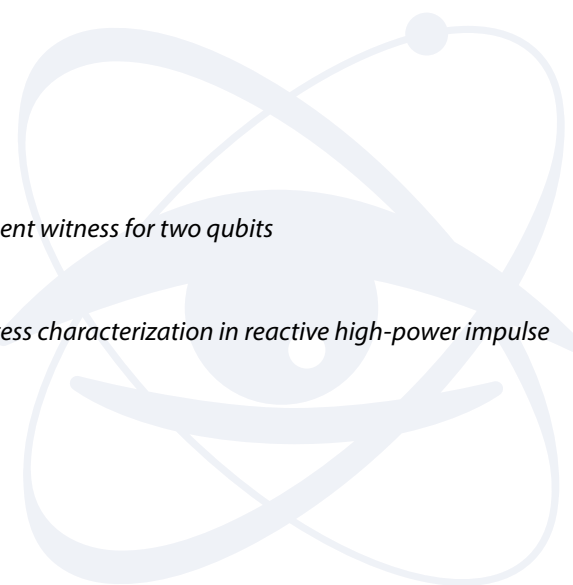


109. D. Vokoun, M. Svatuška, J. Olejníček, M. Kohout, J. Drahokoupil, M. Rameš, J. Vejpravová, A. Mantlíková, L. Fekete, J. Kopeček, L. Klimša, O. Heczko  
*Ni-TiO<sub>2</sub> nanocomposite films and their magnetic properties*  
Physica B 503 (2016) 44–50.
110. P. Wadley, B. Howells, J. Železný, C. Andrews, V. Hills, R. P. Campion, V. Novák, K. Olejník, F. Maccherozzi, S. S. Dhesi, S. Y. Martin, T. Wagner, J. Wunderlich, F. Freimuth, Y. Mokrousov, J. Kuneš, J. S. Chauhan, M. J. Grzybowski, A. W. Rushforth, K. W. Edmonds, B. L. Gallagher, T. Jungwirth  
*Electrical switching of an antiferromagnet*  
Science 351 (2016) 587–590.
111. D. Wang, A. A. Bokov, Z. -G. Ye, J. Hlinka, L. Bellaiche  
*Subterahertz dielectric relaxation in lead-free Ba(Zr, Ti)O<sub>3</sub> relaxor ferroelectrics*  
Nat. Commun. 7 (2016) 11014(1)–11014(7).
112. Y. Yamane, J. Ieda, J. Sinova  
*Spin-transfer torques in antiferromagnetic textures: Efficiency and quantification method*  
Phys. Rev. B 94 (2016) 054409-1–054409-8.
113. Y. Yamane, J. Sinova  
*Skyrmion-number dependence of spin-transfer torque on magnetic bubbles*  
J. Appl. Phys. 120 (2016) 233901-1–233901-4.
114. V. Zablotskii, O. Lunov, S. Kubinova, T. Polyakova, E. Sykova, A. Dejneka  
*Effects of high-gradient magnetic fields on living cell machinery*  
J. Phys. D-Appl. Phys. 49 (2016) 493003(1)–493003(23).
115. V. Zablotskii, T. Polyakova, O. Lunov, A. Dejneka  
*How a High-Gradient Magnetic Field Could Affect Cell Life*  
Sci. Rep. 6 (2016) 37407(1)–37407(12).
116. D. Zákutná, I. Matulkova, E. Kentzinger, R. Medlín, Y. Su, K. Nemkovski, S. Disch, J. Vejpravova, D. Niznansky  
*Dispersible Cobalt Chromite Nanoparticles: Facile Synthesis and Size Driven Collapse of Magnetism*  
RSC Adv. 6 (2016) 107659–107668.

## Optika

1. I. Arkhipov, J. Peřina Jr., O. Haderka, A. Allevi, M. Bondani  
*Entanglement and nonclassicality in four-mode Gaussian states generated via parametric down-conversion and frequency up-conversion*  
Sci. Rep. 6 (2016) 33802(1)–33802(12).
2. I. Arkhipov, J. Peřina Jr., O. Haderka, V. Michálek  
*Experimental detection of nonclassicality of single-mode fields via intensity moments*  
Opt. Express 24 (2016) 29496–29505.
3. I. I. Arkhipov, J. Peřina Jr., J. Peřina, A. Miranowicz  
*Interplay of nonclassicality and entanglement of two-mode Gaussian fields generated in optical parametric processes*  
Phys. Rev. A 94 (2016) 013807(1)–013807(15).
4. S. Banerjee, P. D. Manson, K. Ertel, P. J. Phillips, M. DeVido, O. Chekhlov, M. Divoký, J. Pilař, J. Smith, T. Butcher, A. Lintern, S. Tomlinson, W. Shaikh, C. Hooker, A. Lucianetti, C. Hernandez-Gomez, T. Mocek, C. Edwards, J. L. Collier  
*100 J-level nanosecond pulsed diode pumped solid state laser*  
J. Opt. Soc. Am. B-Opt. Phys. 41 (2016) 2089(1)–2092(4).
5. S. Banerjee, P. D. Manson, K. Ertel, P. J. Phillips, M. DeVido, O. Chekhlov, M. Divoký, J. Pilař, J. Smith, T. Butcher, A. Lintern, S. Tomlinson, W. Shaikh, C. Hooker, A. Lucianetti, C. Hernandez-Gomez, T. Mocek, C. Edwards, J. L. Collier  
*100 J-level nanosecond pulsed diode pumped solid state laser*  
Opt. Lett. 41 (2016) 2089(1)–2092(4).
6. K. Bartkiewicz, A. Černoch, D. Javůrek, K. Lemr, J. Soubusta, J. Svozilík  
*Reply to „Comment on „One-state vector formalism for the evolution of a quantum state through nested Mach-Zehnder interferometers““*  
Phys. Rev. A 93 (2016) 036104(1)–036104(2).

7. K. Bartkiewicz, A. Černocho, K. Lemr, A. Miranowicz  
*Priority Choice Experimental Two-Qubit Tomography: Measuring One by One All Elements of Density Matrices*  
Sci. Rep. 6 (2016) 19610(1)–19610(7).
8. K. Bartkiewicz, A. Černocho, K. Lemr, A. Miranowicz, F. Nori  
*Temporal steering and security of quantum key distribution with mutually unbiased bases against individual attacks*  
Phys. Rev. A 93 (2016) 062345(1)–062345(7).
9. K. Bartkiewicz, A. Černocho, K. Lemr, A. Miranowicz, F. Nori  
*Experimental temporal quantum steering*  
Sci. Rep. 6 (2016) 38076(1)–38076(8).
10. M. Bula, K. Bartkiewicz, A. Černocho, D. Javůrek, K. Lemr, V. Michálek, J. Soubusta  
*Measuring evolution of a photon in an interferometer with spectrally resolved modes*  
Phys. Rev. A 94 (2016) 052106(1)–052106(6).
11. M. Čenský, V. Jirásek, J. Schmiedberger, J. Kodymová  
*Generation of Gaseous Singlet Oxygen for Interaction Experiments*  
Chem. Listy 110 (2016) 11–17.
12. E. Chernova, O. Pacherova, T. Kocourek, M. Jelinek, A. Dejneka, M. Tyunina  
*Optical Properties of Ferroelectric Epitaxial  $K_{0.5}Na_{0.5}NbO_3$  Films in Visible to Ultraviolet Range*  
PLoS One 11(4) (2016) e0153261(1)–e0153261(9).
13. R. Čtvrtlík, V. Kulikovskiy, V. Vorlíček, J. Tomašík, J. Drahokoupil, L. Jastrabík  
*Mechanical Properties and Microstructural Characterization of Amorphous  $SiC_xN_y$  Thin Films After Annealing Beyond 1100°C*  
J. Am. Ceram. Soc. 99 (2016) 996–1005.
14. F. D'Angelo, H. Němec, S. H. Parekh, P. Kužel, M. Bonn, D. Turchinovich  
*Self-referenced ultra-broadband transient terahertz spectroscopy using air-photonics*  
Opt. Express 24 (2016) 10157–10171.
15. N. Fedorov, G. Geoffroy, G. Duchateau, L. Štolcová, J. Proška, F. Novotný, M. Domonkos, H. Jouin, P. Martin, M. Raynaud  
*Enhanced photoemission from laser-excited plasmonic nano-objects in periodic arrays*  
J. Phys.-Condens. Mat. 28 (2016) 315301(1)–315301(15).
16. Q. Fu, G. S. Lorite, Md. M. Rashid, R. Neuhaus, M. Čada, Z. Hubička, O. Pitkänen, T. Selkälä, J. Uusitalo, C. Glanz, I. Kolaric, K. Kordas, C. -M. Nicolescu, G. Toth  
*High dynamic stiffness mechanical structures with nanostructured composite coatings deposited by high power impulse magnetron sputtering*  
Carbon 98 (2016) 24–33.
17. I. Hamarová, P. Horváth, P. Šmíd, M. Hrabovský  
*A new approach for determination of a mean speckle size in simulated speckle pattern*  
Measurement 88 (2016) 271–277.
18. J. Hrdý, J. Hrdá, P. Oberta  
*The X-Ray Bichromator—theory and alignment*  
Nucl. Instrum. Meth. A A 834 (2016) 169–174.
19. J. Hrdý, J. Hrdá, P. Oberta, O. Pacherová  
*Two (and more) sharp X-ray wavelengths in one beam*  
Nucl. Instrum. Meth. A A 807 (2016) 61–63.
20. K. Lemr, K. Bartkiewicz, A. Černocho  
*Experimental measurement of collective nonlinear entanglement witness for two qubits*  
Phys. Rev. A 94 (2016) 052334(1)–052334(7).
21. D. Lundin, M. Čada, Z. Hubička  
*Time-resolved ion flux and impedance measurements for process characterization in reactive high-power impulse magnetron sputtering*  
J. Vac. Sci. Technol. A 34 (2016) 041305(1)–041305(10).



22. I. Mirza, N. M. Bulgakova, J. Tomáščík, V. Michálek, O. Haderka, L. Fekete, T. Mocek  
*Ultrashort pulse laser ablation of dielectrics: Thresholds, mechanisms, role of breakdown*  
Sci. Rep. 6 (2016) 39133(1)–39133(11).
23. M. Nikl, V. Babin, J. Pejchal, V. V. Laguta, M. Buryi, J. A. Mareš, K. Kamada, Sh. Kurosawa, A. Yoshikawa, D. Panek, T. Parkman, P. Bruza, K. Mann, M. Müller  
*The Stable Ce<sup>4+</sup> Center: A New Tool to Optimize Ce-Doped Oxide Scintillators*  
IEEE Trans. Nucl. Sci. 63 (2016) 433–438.
24. P. Pavlíček, M. Pech  
*Shot noise limit of the optical 3D measurement methods for smooth surfaces*  
Meas. Sci. Technol. 27 (2016) 035205(1)–035205(8).
25. J. Peřina, O. Haderka, A. Allevi, M. Bondani  
*Internal dynamics of intense twin beams and their coherence*  
Sci. Rep. 6 (2016) 22320(1)–22320(8).
26. J. Pilar, S. Bonora, A. Lucianetti, H. Jelinkova, T. Mocek  
*Design of an Optimized Adaptive Optics System With a Photo-Controlled Deformable Mirror*  
IEEE Photonics Technol. Lett. 28 (2016) 1422(1)–1425(4).
27. A. P. Skvortsov, Z. Potůček, N. K. Poletaev, P. P. Syrnikov, Z. Brykhar, A. Dejneka, L. Jastrabík, V. A. Trepakov  
*Li-Impurity Effect in Optical Spectra of KTaO<sub>3</sub>:Er<sup>3+</sup> Crystals*  
Opt. Spectrosc. 121 (2016) 534–537.
28. S. Vyhlička, D. Kramer, G. Kalinchenko, B. Rus  
*Seidel aberrations in grating pulse stretchers*  
Opt. Express 24 (2016) 30421–30432.

## Fyzika vysokých energií

The Pierre Auger Collaboration, z FZÚ: J. Blažek, M. Boháčová, J. Chudoba, J. Ebr, D. Mandát, P. Nečesal, M. Palatka, M. Pech, M. Prouza, J. Řídký, P. Schovánek, P. Trávníček, J. Vícha

1. *Search for correlations between the arrival directions of IceCube neutrino events and ultrahigh-energy cosmic rays detected by the Pierre Auger Observatory and the Telescope Array*  
J. Cosmol. Astropart. Phys. 2016 (2016) 037(1)–037(35).
2. *Azimuthal asymmetry in the risetime of the surface detector signals of the Pierre Auger Observatory*  
Phys. Rev. D 93 (2016) 072006(1)–072006(16).
3. *Measurement of the Radiation Energy in the Radio Signal of Extensive Air Showers as a Universal Estimator of Cosmic-Ray Energy*  
Phys. Rev. Lett. 116 (2016) 241101(1)–241101(9).
4. *Energy estimation of cosmic rays with the Engineering Radio Array of the Pierre Auger Observatory*  
Phys. Rev. D 93 (2016) 122005(1)–122005(15).
5. *Testing Hadronic Interactions at Ultrahigh Energies with Air Showers Measured by the Pierre Auger Observatory*  
Phys. Rev. Lett. 117 (2016) 192001(1)–192001(9).

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

6. *Search for ultrarelativistic magnetic monopoles with the Pierre Auger observatory*  
Phys. Rev. D 94 (2016) 082002(1)–082002(12).
7. *Ultrahigh-energy neutrino follow-up of gravitational wave events GW150914 and GW151226 with the Pierre Auger Observatory*  
Phys. Rev. D 94 (2016) 122007(1)–122007(10).
8. *Evidence for a mixed mass composition at the ‘ankle’ in the cosmic-ray spectrum*  
Phys. Lett. B 762 (2016) 288–295.

The Pierre Auger Collaboration, z FZÚ: M. Boháčová, J. Chudoba, J. Ebr, D. Mandát, P. Nečesal, M. Palatka, M. Pech, M. Prouza, J. Řídký, P. Schovánek, P. Trávníček, J. Vícha

9. *Nanosecond-level time synchronization of autonomous radio detector stations for extensive air showers*  
JINST 11 (2016) P01018(1)–P01018(32).
10. *Prototype muon detectors for the AMIGA component of the Pierre Auger Observatory*  
JINST 11 (2016) P02012(1)–P02012(28).

ATLAS and CMS 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

11. *Measurements of the Higgs boson production and decay rates and constraints on its couplings from a combined ATLAS and CMS analysis of the LHC pp collision data at  $\sqrt{s}=7$  and 8 TeV*  
JHEP 1608 (2016) 045(1)–045(70).

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

12. *A measurement of material in the ATLAS tracker using secondary hadronic interactions in 7 TeV pp collisions*  
JINST 11 (2016) 11020(1)–11020(45).
13. *Luminosity determination in pp collisions at  $\sqrt{s} = 8$  TeV using the ATLAS detector at the LHC*  
Eur. Phys. J. C 76 (2016) 653(1)–653(71).
14. *Measurement of  $W^+W^-$  production in association with one jet in proton–proton collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV with the ATLAS detector*  
Phys. Lett. B 763 (2016) 114–133.
15. *Search for Minimal Supersymmetric Standard Model Higgs bosons  $H/A$  and for a  $Z'$  boson in the  $\tau\tau$  final state produced in pp collisions at  $\sqrt{s}=13$  TeV with the ATLAS Detector*  
Eur. Phys. J. C 76 (2016) 585(1)–585(48).
16. *Dark matter interpretations of ATLAS searches for the electroweak production of supersymmetric particles in  $\sqrt{s}=8$  TeV proton–proton collisions*  
JHEP 1609 (2016) 175(1)–175(43).
17. *Search for new phenomena in different-flavour high-mass dilepton final states in pp collisions at  $\sqrt{s}=13$  TeV with the ATLAS detector*  
Eur. Phys. J. C 76 (2016) 541(1)–541(42).
18. *Measurement of the total cross section from elastic scattering in pp collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV with the ATLAS detector*  
Phys. Lett. B 761 (2016) 158–178.
19. *Measurement of exclusive  $\gamma\gamma \rightarrow W^+W^-$  production and search for exclusive Higgs boson production in pp collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV using the ATLAS detector*  
Phys. Rev. D 94 (2016) 032011(1)–032011(32).
20. *Search for high-mass new phenomena in the dilepton final state using proton–proton collisions at  $\sqrt{s}=13$  TeV with the ATLAS detector*  
Phys. Lett. B 761 (2016) 372–392.
21. *Search for Higgs and Z Boson Decays to  $\phi\gamma$  with the ATLAS Detector*  
Phys. Rev. Lett. 117 (2016) 111802(1)–111802(19).
22. *Measurement of jet activity in top quark events using the  $e\mu$  final state with two b-tagged jets in pp collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV with the ATLAS detector*  
JHEP 1609 (2016) 074(1)–074(59).
23. *Search for bottom squark pair production in proton–proton collisions at  $\sqrt{s}=13$  TeV with the ATLAS detector*  
Eur. Phys. J. C 76 (2016) 547(1)–547(37).
24. *Search for supersymmetry in a final state containing two photons and missing transverse momentum in  $\sqrt{s} = 13$  TeV pp collisions at the LHC using the ATLAS detector*  
Eur. Phys. J. C 76 (2016) 517(1)–517(34).
25. *Search for the Higgs boson produced in association with a W boson and decaying to four b-quarks via two spin-zero particles in pp collisions at 13 TeV with the ATLAS detector*  
Eur. Phys. J. C 76 (2016) 605(1)–605(41).



26. *Search for dark matter produced in association with a hadronically decaying vector boson in pp collisions at  $\sqrt{s}=13$  TeV with the ATLAS detector*  
Phys. Lett. B 763 (2016) 251–268.
27. *Measurement of top quark pair differential cross-sections in the dilepton channel in pp collisions at  $\sqrt{s} = 7$  and 8 TeV with ATLAS*  
Phys. Rev. D 94 (2016) 092003(1)–092003(50).
28. *Search for heavy long-lived charged R-hadrons with the ATLAS detector in 3.2 fb<sup>-1</sup> of proton—proton collision data at  $\sqrt{s}=13$  TeV*  
Phys. Lett. B 760 (2016) 647–665.
29. *Searches for heavy diboson resonances in pp collisions at  $\sqrt{s}=13$  TeV with the ATLAS detector*  
JHEP 1609 (2016) 173(1)–173(46).
30. *Search for pair production of Higgs bosons in the  $bb^{\bar{}}bb^{\bar{}}$  final state using proton—proton collisions at  $\sqrt{s}=13$  TeV with the ATLAS detector*  
Phys. Rev. D 94 (2016) 052002(1)–052002(29).
31. *Measurement of the  $W^{\pm}Z$  boson pair-production cross section in pp collisions at  $\sqrt{s}=13$  TeV with the ATLAS Detector*  
Phys. Lett. B 762 (2016) 1–22.
32. *Search for new resonances in events with one lepton and missing transverse momentum in pp collisions at  $\sqrt{s}=13$  TeV with the ATLAS detector*  
Phys. Lett. B 762 (2016) 334–352.
33. *Search for top squarks in final states with one isolated lepton, jets, and missing transverse momentum in  $\sqrt{s}=13$  TeV pp collisions with the ATLAS detector*  
Phys. Rev. D 94 (2016) 052009(1)–052009(32).
34. *Search for resonances in diphoton events at  $\sqrt{s}=13$  TeV with the ATLAS detector*  
JHEP 1609 (2016) 001(1)–001(49).
35. *Measurement of the  $tt^{\bar{}}$  production cross-section using  $e\mu$  events with b-tagged jets in pp collisions at  $\sqrt{s}=13$  TeV with the ATLAS detector*  
Phys. Lett. B 761 (2016) 136–157.
36. *Measurement of the Inelastic Proton-Proton Cross Section at  $\sqrt{s}=13$  TeV with the ATLAS Detector at the LHC*  
Phys. Rev. Lett. 117 (2016) 182002(1)–182002(19).
37. *Search for TeV-scale gravity signatures in high-mass final states with leptons and jets with the ATLAS detector at  $\sqrt{s}=13$  TeV*  
Phys. Lett. B 760 (2016) 520–537.
38. *Measurement of the top quark mass in the  $tt^{\bar{}} \rightarrow$  dilepton channel from  $\sqrt{s}=8$  TeV ATLAS data*  
Phys. Lett. B 761 (2016) 350–371.
39. *Charged-particle distributions at low transverse momentum in  $\sqrt{s}=13$  TeV pp interactions measured with the ATLAS detector at the LHC*  
Eur. Phys. J. C 76 (2016) 502(1)–502(33).
40. *Measurement of the relative width difference of the  $B^0-\bar{B}^0$  system with the ATLAS detector*  
JHEP 1606 (2016) 081(1)–081(38).
41. *Search for scalar leptoquarks in pp collisions at  $\sqrt{s} = 13$  TeV with the ATLAS experiment*  
New J. Phys. 18 (2016) 093016(1)–093016(25).
42. *Search for gluinos in events with an isolated lepton, jets and missing transverse momentum at  $\sqrt{s} = 13$  TeV with the ATLAS detector*  
Eur. Phys. J. C 76 (2016) 565(1)–565(42).
43. *Search for squarks and gluinos in final states with jets and missing transverse momentum at  $\sqrt{s} = 13$  TeV with the ATLAS detector*  
Eur. Phys. J. C 76 (2016) 392(1)–392(45).
44. *Search for new phenomena in final states with an energetic jet and large missing transverse momentum in pp collisions at  $\sqrt{s}=13$  TeV using the ATLAS detector*  
Phys. Rev. D 94 (2016) 032005(1)–032005(32).

45. *Search for metastable heavy charged particles with large ionization energy loss in pp collisions at  $\sqrt{s}=13$  TeV using the ATLAS experiment*  
Phys. Rev. D 93 (2016) 112015(1)–112015(25).
46. *Study of the rare decays of  $B_s^0$  and  $B^0$  into muon pairs from data collected during the LHC Run 1 with the ATLAS detector*  
Eur. Phys. J. C 76 (2016) 513(1)–513(46).
47. *Search for new phenomena in events with a photon and missing transverse momentum in pp collisions at  $\sqrt{s}=13$  TeV with the ATLAS detector*  
JHEP 1606 (2016) 059(1)–059(40).
48. *Measurement of  $W^\pm$  and Z-boson production cross sections in pp collisions at  $\sqrt{s}=13$  TeV with the ATLAS detector*  
Phys. Lett. B 759 (2016) 601–621.
49. *Search for charged Higgs bosons produced in association with a top quark and decaying via  $H^\pm \rightarrow \tau\nu$  using pp collision data recorded at  $\sqrt{s}=13$  TeV by the ATLAS detector*  
Phys. Lett. B 759 (2016) 555–574.
50. *Search for resonances in the mass distribution of jet pairs with one or two jets identified as b-jets in proton–proton collisions at  $\sqrt{s}=13$  TeV with the ATLAS detector*  
Phys. Lett. B 759 (2016) 229–246.
51. *Measurements of four-lepton production in pp collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV with the ATLAS detector*  
Phys. Lett. B 753 (2016) 552–572.
52. *Centrality, rapidity and transverse momentum dependence of isolated prompt photon production in lead-lead collisions at  $\sqrt{s_{NN}}=2.76$  TeV measured with the ATLAS detector*  
Phys. Rev. C 93 (2016) 034914(1)–034914(28).
53. *Measurement of the double-differential high-mass Drell-Yan cross section in pp collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV with the ATLAS detector*  
JHEP 1608 (2016) 009(1)–009(61).
54. *Measurement of the angular coefficients in Z-boson events using electron and muon pairs from data taken at  $\sqrt{s}=8$  TeV with the ATLAS detector*  
JHEP 1608 (2016) 159(1)–159(101).
55. *Search for pair production of gluinos decaying via stop and sbottom in events with b-jets and large missing transverse momentum in pp collisions at  $\sqrt{s}=13$  TeV with the ATLAS detector*  
Phys. Rev. D 94 (2016) 032003(1)–032003(32).
56. *Measurement of the inclusive isolated prompt photon cross section in pp collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV with the ATLAS detector*  
JHEP 1608 (2016) 005(1)–005(43).
57. *Measurements of the charge asymmetry in top-quark pair production in the dilepton final state at  $\sqrt{s}=8$  TeV with the ATLAS detector*  
Phys. Rev. D 94 (2016) 032006(1)–032006(31).
58. *Measurements of  $Z\gamma$  and  $Z\gamma\gamma$  production in pp collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV with the ATLAS detector*  
Phys. Rev. D 93 (2016) 112002(1)–112002(41).
59. *Search for the Standard Model Higgs boson decaying into  $bb\bar{\bar{b}}$  produced in association with top quarks decaying hadronically in pp collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV with the ATLAS detector*  
JHEP 1605 (2016) 160(1)–160(53).
60. *Measurement of fiducial differential cross sections of gluon-fusion production of Higgs bosons decaying to  $WW^* \rightarrow e\nu\mu\nu$  with the ATLAS detector at  $\sqrt{s}=8$  TeV*  
JHEP 1608 (2016) 104(1)–104(61).
61. *Beam-induced and cosmic-ray backgrounds observed in the ATLAS detector during the LHC 2012 proton-proton running period*  
JINST 11 (2016) 05013(1)–05013(82).
62. *Transverse momentum, rapidity, and centrality dependence of inclusive charged-particle production in  $\sqrt{s_{NN}}=5.02$  TeV p+Pb collisions measured by the ATLAS experiment*  
Phys. Lett. B 763 (2016) 313–336.

63. *Muon reconstruction performance of the ATLAS detector in proton–proton collision data at  $\sqrt{s}=13$  TeV*  
Eur. Phys. J. C 76 (2016) 292(1)–292(45).
  64. *Identification of high transverse momentum top quarks in pp collisions at  $\sqrt{s} = 8$  TeV with the ATLAS detector*  
JHEP 1606 (2016) 093(1)–093(77).
  65. *Charged-particle distributions in pp interactions at  $\sqrt{s}= 8$  TeV measured with the ATLAS detector*  
Eur. Phys. J. C 76 (2016) 403(1)–403(46).
  66. *Measurements of  $W^\pm Z$  production cross sections in pp collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV with the ATLAS detector and limits on anomalous gauge boson self-couplings*  
Phys. Rev. D 93 (2016) 092004(1)–092004(36).
  67. *Measurement of total and differential  $W^+W^-$  production cross sections in proton-proton collisions at  $\sqrt{s}= 8$  TeV with the ATLAS detector and limits on anomalous triple-gauge-boson couplings*  
JHEP 1609 (2016) 029(1)–029(77).
  68. *Measurement of the differential cross-section of highly boosted top quarks as a function of their transverse momentum in  $\sqrt{s} = 8$  TeV proton-proton collisions using the ATLAS detector*  
Phys. Rev. D 93 (2016) 032009(1)–032009(34).
  69. *Search for anomalous couplings in the  $Wtb$  vertex from the measurement of double differential angular decay rates of single top quarks produced in the t-channel with the ATLAS detector*  
JHEP 1604 (2016) 023(1)–023(42).
  70. *Measurement of the production cross-section of a single top quark in association with a W boson at 8 TeV with the ATLAS experiment*  
JHEP 1601 (2016) 064(1)–064(50).
  71. *Search for the production of single vector-like and excited quarks in the  $Wt$  final state in pp collisions at  $\sqrt{s} = 8$  TeV with the ATLAS detector*  
JHEP 1602 (2016) 110(1)–110(45).
  72. *Search for magnetic monopoles and stable particles with high electric charges in 8 TeV pp collisions with the ATLAS detector*  
Phys. Rev. D 93 (2016) 052009(1)–052009(35).
  73. *Search for the electroweak production of supersymmetric particles in  $\sqrt{s}=8$  TeV pp collisions with the ATLAS detector*  
Phys. Rev. D 93 (2016) 052002(1)–052002(61).
  74. *Measurement of the centrality dependence of the charged-particle pseudorapidity distribution in proton–lead collisions at  $\sqrt{s_{NN}}=5.02$  TeV with the ATLAS detector*  
Eur. Phys. J. C 76 (2016) 199(1)–199(28).
  75. *Study of the  $B_c^+ \rightarrow J/\psi D_s^+$  and  $B_c^+ \rightarrow J/\psi D_s^{*+}$  decays with the ATLAS detector*  
Eur. Phys. J. C 76 (2016) 4(1)–4(17).
  76. *Search for an additional, heavy Higgs boson in the  $H \rightarrow ZZ$  decay channel at  $\sqrt{s}=8$  TeV in pp collision data with the ATLAS detector*  
Eur. Phys. J. C 76 (2016) 45(1)–45(46).
  77. *Measurements of the Higgs boson production and decay rates and coupling strengths using pp collision data at  $\sqrt{s}=7$  and 8 TeV in the ATLAS experiment*  
Eur. Phys. J. C 76 (2016) 6(1)–6(64).
- ATLAS Collaboration, z FZÚ J. Chudoba, M. Havránek, J. Hejbal, T. Jakoubek, O. Kepka, A. Kupčo, V. Kůs, M. Lokajíček, R. Lysák, M. Marčíšovský, M. Mikešítková, S. Němeček, O. Penc, P. Šicho, P. Staroba, M. Svatoš, M. Taševský, V. Vrba
78. *Search for lepton-flavour-violating  $H \rightarrow \mu\tau$  decays of the Higgs boson with the ATLAS detector*  
JHEP 1511 (2016) 211(1)–211(33).
  79. *Determination of the ratio of b-quark fragmentation fractions  $f_s/f_d$  in pp collisions at  $\sqrt{s}=7$  TeV with the ATLAS detector*  
Phys. Rev. Lett. 115 (2016) 262001(1)–262001(18).
  80. *Constraints on new phenomena via Higgs boson couplings and invisible decays with the ATLAS detector*  
JHEP 1511 (2016) 206(1)–206(51).

81. *The performance of the jet trigger for the ATLAS detector during 2011 data taking*  
Eur. Phys. J. C 76 (2016) 526(1)–526(67).
82. *Search for supersymmetry at  $\sqrt{s}=13$  TeV in final states with jets and two same-sign leptons or three leptons with the ATLAS detector*  
Eur. Phys. J. C 76 (2016) 259(1)–259(38).
83. *Measurement of event-shape observables in  $Z \rightarrow \ell^+ \ell^-$  events in pp collisions at  $\sqrt{s}=7$  TeV with the ATLAS detector at the LHC*  
Eur. Phys. J. C 76 (2016) 375(1)–375(54).
84. *Search for new phenomena in final states with large jet multiplicities and missing transverse momentum with ATLAS using  $\sqrt{s}=13$  TeV proton-proton collisions*  
Phys. Lett. B 757 (2016) 334–355.
85. *Search for single production of a vector-like quark via a heavy gluon in the 4b final state with the ATLAS detector in pp collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV*  
Phys. Lett. B 758 (2016) 249–268.
86. *Search for single production of vector-like quarks decaying into Wb in pp collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV with the ATLAS detector*  
Eur. Phys. J. C 76 (2016) 442(1)–442(40).
87. *Charged-particle distributions in  $\sqrt{s}=13$  TeV pp interactions measured with the ATLAS detector at the LHC*  
Phys. Lett. B 758 (2016) 67–88.
88. *Measurement of the charged-particle multiplicity inside jets from  $\sqrt{s}=8$  TeV pp collisions with the ATLAS detector*  
Eur. Phys. J. C 76 (2016) 322(1)–322(35).
89. *A search for top squarks with R-parity-violating decays to all-hadronic final states with the ATLAS detector in  $\sqrt{s}=8$  TeV proton-proton collisions*  
JHEP 1606 (2016) 067(1)–067(29).
90. *A search for an excited muon decaying to a muon and two jets in pp collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV with the ATLAS detector*  
New J. Phys. 18 (2016) 073021(1)–073021(21).
91. *Probing lepton flavour violation via neutrinoless  $\tau \rightarrow 3\mu$  decays with the ATLAS detector*  
Eur. Phys. J. C 76 (2016) 232(1)–232(39).
92. *Measurement of the CP-violating phase  $\varphi_s$  and the  $B_s^0$  meson decay width difference with  $B_s^0 \rightarrow J/\psi \phi$  decays in ATLAS*  
JHEP 1608 (2016) 147(1)–147(43).
93. *Measurement of the charge asymmetry in highly boosted top-quark pair production in  $\sqrt{s}=8$  TeV pp collision data collected by the ATLAS experiment*  
Phys. Lett. B 756 (2016) 52–71.
94. *Reconstruction of hadronic decay products of tau leptons with the ATLAS experiment*  
Eur. Phys. J. C 76 (2016) 295(1)–295(42).
95. *Search for new phenomena with photon+jet events in proton-proton collisions at  $\sqrt{s}=13$  TeV with the ATLAS detector*  
JHEP 1603 (2016) 041(1)–041(38).
96. *Measurement of the ZZ Production Cross Section in pp Collisions at  $\sqrt{s}=13$  TeV with the ATLAS Detector*  
Phys. Rev. Lett. 116 (2016) 101801(1)–101801(14).
97. *Combination of searches for WW, WZ, and ZZ resonances in pp collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV with the ATLAS detector*  
Phys. Lett. B 755 (2016) 285–305.
98. *Search for charged Higgs bosons in the  $H^\pm \rightarrow tb$  decay channel in pp collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV using the ATLAS detector*  
JHEP 1603 (2016) 127(1)–127(48).
99. *Measurement of the differential cross-sections of prompt and non-prompt production of  $J/\psi$  and  $\psi(2S)$  in pp collisions at  $\sqrt{s}=7$  and 8 TeV with the ATLAS detector*  
Eur. Phys. J. C 76 (2016) 283(1)–283(60).
100. *Measurement of  $D^{*\pm}$ ,  $D^\pm$  and  $D_s^\pm$  meson production cross sections in pp collisions at  $\sqrt{s}=7$  TeV with the ATLAS detector*  
Nucl. Phys. B 907 (2016) 717–763.

101. *Search for strong gravity in multijet final states produced in pp collisions at  $\sqrt{s}=13$  TeV using the ATLAS detector at the LHC*  
JHEP 1603 (2016) 026(1)–026(40).
102. *Measurement of the transverse momentum and  $\phi_n^*$  distributions of Drell–Yan lepton pairs in proton–proton collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV with the ATLAS detector*  
Eur. Phys. J. C 76 (2016) 291(1)–291(76).
103. *Search for new phenomena in dijet mass and angular distributions from pp collisions at  $\sqrt{s}=13$  TeV with the ATLAS detector*  
Phys. Lett. B 754 (2016) 302–322.
104. *Performance of b-Jet Identification in the ATLAS Experiment*  
JINST 11 (2016) 04008(1)–04008(127).
105. *Measurement of the dependence of transverse energy production at large pseudorapidity on the hard-scattering kinematics of proton–proton collisions at  $\sqrt{s}=2.76$  TeV with ATLAS*  
Phys. Lett. B 756 (2016) 10–28.
106. *Search for the Standard Model Higgs boson produced in association with a vector boson and decaying into a tau pair in pp collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV with the ATLAS detector*  
Phys. Rev. D 93 (2016) 092005(1)–092005(25).
107. *Evidence for single top-quark production in the s-channel in proton–proton collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV with the ATLAS detector using the Matrix Element Method*  
Phys. Lett. B 756 (2016) 228–246.
108. *A search for prompt lepton-jets in pp collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV with the ATLAS detector*  
JHEP 1602 (2016) 062(1)–062(51).
109. *Measurements of top-quark pair differential cross-sections in the lepton+jets channel in pp collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV using the ATLAS detector*  
Eur. Phys. J. C 76 (2016) 538(1)–538(61).
110. *Dijet production in  $\sqrt{s}=7$  TeV pp collisions with large rapidity gaps at the ATLAS experiment*  
Phys. Lett. B 754 (2016) 214–234.
111. *Measurement of the correlations between the polar angles of leptons from top quark decays in the helicity basis at  $\sqrt{s}=7$  TeV using the ATLAS detector*  
Phys. Rev. D 93 (2016) 012002(1)–012002(23).
112. *Search for dark matter produced in association with a Higgs boson decaying to two bottom quarks in pp collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV with the ATLAS detector*  
Phys. Rev. D 93 (2016) 072007(1)–072007(33).
113. *Identification of boosted, hadronically decaying W bosons and comparisons with ATLAS data taken at  $\sqrt{s}=8$  TeV*  
Eur. Phys. J. C 76 (2016) 154(1)–154(70).
114. *Performance of pile-up mitigation techniques for jets in pp collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV using the ATLAS detector*  
Eur. Phys. J. C 76 (2016) 581(1)–581(54).
115. *Measurement of jet charge in dijet events from  $\sqrt{s}=8$  TeV pp collisions with the ATLAS detector*  
Phys. Rev. D 93 (2016) 052003(1)–052003(35).
116. *Search for new phenomena in events with at least three photons collected in pp collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV with the ATLAS detector*  
Eur. Phys. J. C 76 (2016) 210(1)–210(37).
117. *Search for direct top squark pair production in final states with two tau leptons in pp collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV with the ATLAS detector*  
Eur. Phys. J. C 76 (2016) 81(1)–81(48).
118. *A new method to distinguish hadronically decaying boosted Z bosons from W bosons using the ATLAS detector*  
Eur. Phys. J. C 76 (2016) 238(1)–238(46).
119. *Observation of Long-Range Elliptic Azimuthal Anisotropies in  $\sqrt{s}=13$  and 2.76 TeV pp Collisions with the ATLAS Detector*  
Phys. Rev. Lett. 116 (2016) 172301(1)–172301(20).

120. *Measurement of the charge asymmetry in top-quark pair production in the lepton-plus-jets final state in pp collision data at  $\sqrt{s}=8\text{TeV}$  with the ATLAS detector*  
Eur. Phys. J. C 76 (2016) 87(1)–87(45).
121. *Search for a high-mass Higgs boson decaying to a W boson pair in pp collisions at  $\sqrt{s}=8\text{TeV}$  with the ATLAS detector*  
JHEP 1601 (2016) 032(1)–032(68).
122. *Search for single top-quark production via flavour-changing neutral currents at 8 TeV with the ATLAS detector*  
Eur. Phys. J. C 76 (2016) 55(1)–55(29).
123. *Search for invisible decays of a Higgs boson using vector-boson fusion in pp collisions at  $\sqrt{s}=8\text{TeV}$  with the ATLAS detector*  
JHEP 1601 (2016) 172(1)–172(26).
124. *Search for flavour-changing neutral current top-quark decays to  $qZ$  in pp collision data collected with the ATLAS detector at  $\sqrt{s}=8\text{TeV}$*   
Eur. Phys. J. C 76 (2016) 12(1)–12(35).
125. *Searches for scalar leptoquarks in pp collisions at  $\sqrt{s}=8\text{TeV}$  with the ATLAS detector*  
Eur. Phys. J. C 76 (2016) 5(1)–5(44).

ATLAS Collaboration, z FZÚ J. Chudoba, M. Havránek, J. Hejbal, T. Jakoubek, O. Kepka, A. Kupčo, V. Kůs, M. Lokajíček, R. Lysák, M. Marčíšovský, M. Mikeščíková, S. Němeček, P. Šícho, P. Staroba, M. Svatoš, M. Taševský, V. Vrba

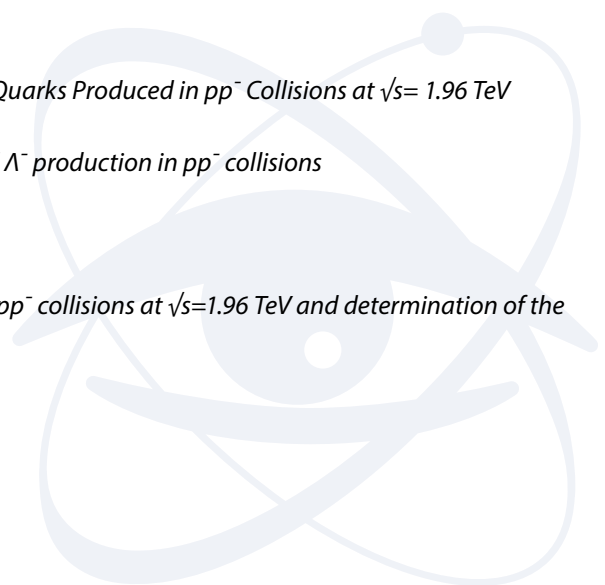
126. *Measurements of fiducial cross-sections for  $tt^{\bar{}}$  production with one or two additional b-jets in pp collisions at  $\sqrt{s}=8\text{TeV}$  using the ATLAS detector*  
Eur. Phys. J. C 76 (2016) 11(1)–11(38).
127. *Constraints on non-Standard Model Higgs boson interactions in an effective Lagrangian using differential cross sections measured in the  $H\rightarrow\gamma\gamma$  decay channel at  $\sqrt{s}=8\text{TeV}$  with the ATLAS detector*  
Phys. Lett. B 753 (2016) 69–85.

D0 Collaboration, z FZÚ: A. Kupčo, M. Lokajíček

128. *Precise measurement of the top quark mass in dilepton decays using optimized neutrino weighting*  
Phys. Lett. B 752 (2016) 18–26.
129. *Measurement of the Forward-Backward Asymmetries in the Production of  $\Xi$  and  $\Omega$  Baryons in  $pp^{\bar{}}$  Collisions*  
Phys. Rev. D 93 (2016) 112001(1)–112001(8).
130.  *$B_s^0$  lifetime measurement in the CP-odd decay channel  $B_s^0\rightarrow J/\psi f_0(980)$*   
Phys. Rev. D 94 (2016) 012001(1)–012001(7).

D0 Collaboration, z FZÚ: A. Kupčo, M. Lokajíček, CH. Royon

131. *Study of double parton interactions in diphoton + dijet events in  $pp^{\bar{}}$  collisions at  $\sqrt{s}=1.96\text{TeV}$*   
Phys. Rev. D 93 (2016) 052008(1)–052008(14).
132. *Measurement of the Top Quark Mass Using the Matrix Element Technique in Dilepton Final States*  
Phys. Rev. D 94 (2016) 032004(1)–032004(15).
133. *Evidence for a  $B_s^0\pi^{\pm}$  state*  
Phys. Rev. Lett. 117 (2016) 022003(1)–022003(8).
134. *Measurement of Spin Correlation between Top and Antitop Quarks Produced in  $pp^{\bar{}}$  Collisions at  $\sqrt{s}=1.96\text{TeV}$*   
Phys. Lett. B 757 (2016) 199–206.
135. *Measurement of the forward-backward asymmetry of  $\Lambda$  and  $\Lambda^{\bar{}}$  production in  $pp^{\bar{}}$  collisions*  
Phys. Rev. D 93 (2016) 032002(1)–032002(10).
136. *Evidence for simultaneous production of  $J/\psi$  and  $\Upsilon$  mesons*  
Phys. Rev. Lett. 116 (2016) 082002(1)–082002(8).
137. *Measurement of the inclusive  $tt^{\bar{}}$  production cross section in  $pp^{\bar{}}$  collisions at  $\sqrt{s}=1.96\text{TeV}$  and determination of the top quark pole mass*  
Phys. Rev. D 94 (2016) 092004(1)–092004(28).



TileCAL Collaboration, z FZÚ M. Lokajíček, S. Němeček

138. *The Laser calibration of the Atlas Tile Calorimeter during the LHC run 1*  
JINST 10 (2016) 10005(1)–10005(31).

H1 and ZEUS Collaborations, z FZÚ J. Cvach, J. Hladký, P. Reimer

139. *Combination of differential  $D^{*\pm}$  cross-section measurements in deep-inelastic ep scattering at HERA*  
JHEP 09 (2015) (2016) 149(1)–149(31).

ALICE Collaboration, z FZÚ J. A. Mareš, P. Závada

140. *Pseudorapidity and transverse-momentum distributions of charged particles in proton–proton collisions at  $\sqrt{s}=13$  TeV*  
Phys. Lett. B 753 (2016) 319–329.
141. *Azimuthal anisotropy of charged jet production in  $\sqrt{s_{NN}}=2.76$  TeV Pb-Pb collisions*  
Phys. Lett. B 753 (2016) 511–525.
142. *Direct photon production in Pb-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}}=2.76$  TeV*  
Phys. Lett. B 754 (2016) 235–248.
143. *Centrality evolution of the charged-particle pseudorapidity density over a broad pseudorapidity range in Pb-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}}=2.76$  TeV*  
Phys. Lett. B 754 (2016) 373–385.
144. *Study of cosmic ray events with high muon multiplicity using the ALICE detector at the CERN Large Hadron Collider*  
J. Cosmol. Astropart. Phys. 1601 (2016) 032(1)–032(22).
145. *Centrality dependence of pion freeze-out radii in Pb-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}}=2.76$  TeV*  
Phys. Rev. C 93 (2016) 024905(1)–024905(28).
146. *Elliptic flow of muons from heavy-flavour hadron decays at forward rapidity in Pb–Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}}=2.76$  TeV*  
Phys. Lett. B 753 (2016) 41–56.
147.  *${}^3_{\Lambda}H$  and  ${}^3_{\Lambda}H^{-}$  production in Pb-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}}=2.76$  TeV*  
Phys. Lett. B 754 (2016) 360–372.
148. *Forward-central two-particle correlations in p-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}}=5.02$  TeV*  
Phys. Lett. B 753 (2016) 126–139.
149. *Search for weakly decaying  $\Lambda n^{-}$  and  $\Lambda\Lambda$  exotic bound states in central Pb-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}}=2.76$  TeV*  
Phys. Lett. B 752 (2016) 267–277.

NOvA Collaboration, z FZÚ: M. Lokajíček, J. Zálešák

150. *First measurement of muon-neutrino disappearance in NOvA*  
Phys. Rev. D 93 (2016) 051104(1)–051104(8).
151. *First measurement of electron neutrino appearance in NOvA*  
Phys. Rev. Lett. 116 (2016) 151806(1)–151806(7).
152. J. A. Aguilar, W. Bilnik, J. Borkowski et al. (z FZÚ: D. Mandát, M. Pech, P. Schovánek)  
*The front-end electronics and slow control of large area SiPM for the SST-1M camera developed for the CTA experiment*  
Nucl. Instrum. Meth. A 830 (2016) 219–232.

H1 Collaboration, z FZÚ J. Cvach, J. Hladký, P. Reimer

153. *Exclusive  $p0$  meson photoproduction with a leading neutron at HERA*  
Eur. Phys. J. C 76 (2016) 41(1)–41(21).
154. *Search for QCD instanton-induced processes at HERA in the high- $Q^2$  domain*  
Eur. Phys. J. C 76 (2016) 381(1)–381(16).

TOTEM Collaboration, z FZÚ: J. Kašpar, J. Kopal, V. Kandrát, M. V. Lokajíček, J. Procházka

155. *Measurement of Elastic pp Scattering at  $\sqrt{s}=8$  TeV in the Coulomb-Nuclear Interference Region – Determination of the  $\rho$ -Parameter and the Total Cross-Section*  
Eur. Phys. J. C 76:661 (2016) (2016) 661(1)–(2016) 661(21).

CALICE Collaboration, z FZÚ J. Cvach, P. Gallus, M. Havránek, M. Janata, J. Kvasnička, D. Lednický, M. Marčíšovský, I. Polák, J. Popule, L. Tomášek, P. Růžička, P. Šícho, J. Smolík, V. Vrba, J. Zálešák

156. *Hadron shower decomposition in the highly granular CALICE analogue hadron calorimeter*  
JINST 11 (2016) P06013(1)–P06013(37).

CALICE Collaboration, z FZÚ J. Cvach, P. Gallus, M. Havránek, M. Janata, M. Kovalčuk, J. Kvasnička, D. Lednický, M. Marčíšovský, I. Polák, J. Popule, L. Tomášek, M. Tomášek, P. Růžička, P. Šícho, J. Smolík, V. Vrba, J. Zálešák

157. *DHCAL with minimal absorber: measurements with positrons*  
JINST 11 (2016) P05007(1)–P05007.

158. T. Fujii, M. Malacari, M. Bertaina, M. Casolino, B. Dawson, P. Horváth, M. Hrabovský, J. Jiang, D. Mandát, A. Matalon, J. N. Matthews, P. Motloch, M. Palatka, M. Pech, P. Privitera, P. Schovánek, Y. Takizawa, S. B. Thomas, P. Trávníček, K. Yamazaki

*Detection of ultra-high energy cosmic ray showers with a single-pixel fluorescence telescope*  
Astropart Phys. 74 (2016) 64–72.

159. C. Iazeolla, J. Raeymaekers  
*On big crunch solutions in Prokushkin-Vasiliev theory*  
JHEP 1601 (2016) 177(0)–177(45).

160. M. Kudrna, C. Maccaferri  
*BCFT moduli space in level truncation*  
JHEP 1604 (2016) 057(1)–057(33).

161. R. Lipinski Jusinkas  
*Notes on the ambitwistor pure spinor string*  
JHEP 116 (2016) 1–22.

162. P. Mayer et al. (z FZÚ: J. Juryšek, M. Mašek)  
*V346 Centauri: Early-type eclipsing binary with apsidal motion and abrupt change of orbital period*  
Astron. Astrophys. 591 (2016) A129(1)–A129(9).

163. N. Mertes, M. Schnabl  
*String field representation of the Virasoro algebra*  
JHEP 1612 (2016) 151(0)–151(13).

164. D. Nosek, J. Ebr, J. Vícha, P. Trávníček, J. Nosková  
*Maximum entropy analysis of cosmic ray composition*  
Astropart Phys. 76 (2016) 9–18.

165. R. D. Piacentini, B. García, M. I. Micheletti, G. Salum, M. Freire, J. Maya, A. Mancilla, E. Crinó, D. Mandát, M. Pech, T. Bulik  
*Selection of astrophysical/astronomical/solar sites at the Argentina East Andes range taking into account atmospheric components*  
Adv. Space Res. 57 (2016) 2559–2574.

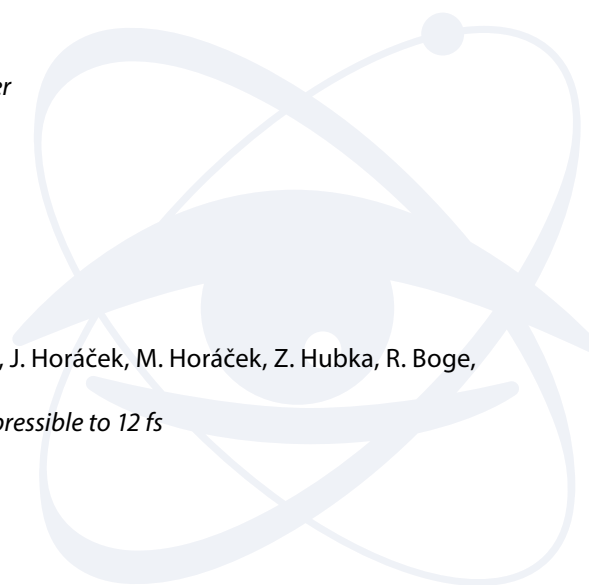
166. Tomáš Procházka  
*W-symmetry, topological vertex and affine Yangian*  
JHEP 10(2016) (2016) 077–077.

167. J. Procházka, M. V. Lokajíček, V. Kandrát  
*Dependence of elastic hadron collisions on impact parameter*  
Eur. Phys. J. Plus 132 (2016) 147(1)–147(19).

168. J. Raeymaekers  
*On matter coupled to the higher spin square*  
J. Phys. A: Math. Theor. 49 (2016) 355402(0)–355402(15).

## Fyzika interakce laserového záření s hmotou

1. F. Batysta, R. Antipenkov, J. Novák, J. T. Green, J. A. Naylor, J. Horáček, M. Horáček, Z. Hubka, R. Boge, T. Mazanec, B. Himmel, P. Bakule, B. Rus  
*Broadband OPCPA System with 11 mJ Output at 1 kHz, Compressible to 12 fs*  
Opt. Express 6 (2016) 17843–17848.





2. E. Amato, A. Italiano, **D. Margarone**, B. Pagano, S. Baldari, **G. Korn**  
*Future laser-accelerated proton beams at ELI-Beamlines as potential source of positron emitters for PET*  
JINST 11 (2016) 1–7.
3. S. Bechet, **R. Versaci**, S. Rollet, **V. Olsovцова**, A. Fajstavr, **M. Zakova**, **D. Margarone**  
*Radiation protection of a proton beamline at ELI-Beamlines*  
JINST 11 (2016) 12019(1)–12019(5).
4. T. Blejchař, V. Nevrlý, M. Vašínek, M. Dostál, M. Kozubková, J. Dlabka, M. Stachoň, **L. Juha**, P. Bitala, Z. Zelinger, **P. Pira**, J. Wild  
*Desorption/ablation of lithium fluoride induced by extreme ultraviolet laser radiation*  
Nukleonika 61 (2016) 131–138.
5. **N. M. Bulgakova**, V. P. Zhukov, S. V. Sonina, Y. P. Meshcheryakov  
*Modification of transparent materials with ultrashort laser pulses: What is energetically and mechanically meaningful?*  
J. Appl. Phys. 118 (2016) 233108-1–233108-17.
6. F. Suarez; A. Chacon, **M. F. Ciappina**, B. Wolter, J. Biegert, M. Lewenstein  
*Above-threshold ionization and laser-induced electron diffraction in diatomic molecules*  
Phys. Rev. A 94 (2016) 043423(1)–043423(19).
7. M. Chiaramello, F. Amiranoff, C. Riconda, **S. Weber**  
*Role of Frequency Chirp and Energy Flow Directionality in the Strong Coupling Regime of Brillouin-Based Plasma Amplification*  
Phys. Rev. Lett. 117 (2016) 235003(1)–235003 (5).
8. M. Chiaramello, C. Riconda, F. Amiranoff, J. Fuchs, M. Grech, L. Lancia, J. -R. Marquès, T. Vinci, **S. Weber**  
*Optimization of interaction conditions for efficient short laser pulse amplification by stimulated Brillouin scattering in the strongly coupled regime*  
Phys. Plasmas 23 (2016) 072103(1)–072103(11).
9. O. Ciricosta, S. M. Vinko, B. Barbrel, D. S. Rackstraw, T. R. Preston, **T. Burian**, **J. Chalupský**, B. I. Cho, H.-K. Chung, G. L. Dakovski, K. Engelhorn, **V. Hájková**, P. Heimann, M. Holmes, **L. Juha**, J. Krzywinski, R. W. Lee, S. Toleikis, J. J. Turner, U. Zastra, J. S. Wark  
*Measurements of continuum lowering in solid-density plasmas created from elements and compounds*  
Nat. Commun. 7 (2016) 11713(1)–11713(7).
10. **M. Civiš**, **M. Ferus**, A. Knížek, **P. Kubelík**, **M. Kamas**, P. Španěl, K. Dryahina, V. Shestivska, **L. Juha**, P. Skřehot, V. Laitl, S. Civiš  
*Spectroscopic investigations of high-energy-density plasma transformations in a simulated early reducing atmosphere containing methane, nitrogen and water*  
Phys. Chem. Chem. Phys. 18 (2016) 27317–27325.
11. S. Civiš, R. Szabla, B. M. Szyja, D. Smykowski, O. Ivanek, A. Knížek, **P. Kubelík**, J. Šponer, **M. Ferus**, J. E. Šponer  
*TiO<sub>2</sub>-catalyzed synthesis of sugars from formaldehyde in extraterrestrial impacts on the early Earth*  
Sci. Rep. 6 (2016) 23199 (1)–23199 (7).
12. J. A. Cobble, S. Palaniyappan, R. P. Johnson, T. Shimada, C. Huang, D. C. Gautier, D. D. Clark, **K. Falk**, D. Jung  
*Laser-driven micro-Coulomb charge movement and energy conversion to relativistic electrons*  
Phys. Plasmas 23 (2016) 093113(1)–093113 (12).
13. T. J.-Y. Derrien, J. Krüger, J. Bonse  
*Properties of surface plasmon polaritons on lossy materials: lifetimes, periods and excitation conditions*  
J. Optic 18 (2016) 1–9.
14. J. Gamcová, G. Mohanty, **Š. Michalík**, J. Wehrs, J. Bednarčík, C. Krywka, J. M. Breguet, J. Michler, H. Franz  
*Mapping strain fields induced in Zr-based bulk metallic glasses during in-situ nanoindentation by X-ray nanodiffraction*  
Appl. Phys. Lett. 108 (2016) 031907 (1)–031907 (4).
15. D. Gauthier, E. Allaria, M. Coreno, I. Cudin, H. Dacasa, M. B. Danailov, A. Demidovich, S. Di Mitri, B. Diviacco, E. Ferrari, P. Finetti, F. Frassetto, D. Garzella, S. Kunzel, **V. Leroux**, B. Mahieu, N. Mahne, M. Meyer, T. Mazza, P. Miotti, G. Penco, L. Raimondi, P. Rebernik, Ribic, R. Richter, E. Roussel, S. Schulz, L. Sturari, C. Svetina, M. Trovo, P. Walker, M. Zangrando, C. Callegari, M. Fajardo, L. Poletto, P. Zeitoun, L. Giannessi, G. Ninno

- Chirped pulse amplification in an extreme-ultraviolet free-electron laser*  
 Nat. Commun. 17 (2016) 13688 (1)–13688 (5).
16. E. G. Gelfer, H. Kadlecová, **O. Klimo**, **S. Weber**, **G. Korn**  
*Gravitational waves generated by laser accelerated relativistic ions*  
 Phys. Plasmas 23 (2016) 093107(1)–093107(6).
17. E. Giuffreda, D. Delle Side, **J. Krása**, V. Nassisi  
*Polarization of plastic targets by laser ablation*  
 JINST 11 (2016) C05004(1)–C05004(6).
18. L. Giuffrida, **D. Margarone**, G. A. **P. Cirrone**, A. Picciotto, G. Cuttone, **G. Korn**  
*Prompt gamma ray diagnostics and enhanced hadron-therapy using neutron-free nuclear reactions*  
 AIP Adv. 6 (2016) 105204(1)–105204(10).
19. I. Gnilytskyi, V. Gruzdev, N. M. Bulgakova, **T. Mocek**, L. Orazi  
*Mechanisms of high-regularity periodic structuring of silicon surface by sub-MHz repetition rate ultrashort laser pulses*  
 Appl. Phys. Lett. 109 (2016) 143101-1–143101-5.
20. N. T. Goodfriend, S. V. Starinskiy, O. A. Nerushev, **N. M. Bulgakova**, A. V. Bulgakov, E. E. B. Campbell  
*Laser pulse duration dependence of blister formation on back-radiated Ti thin films for BB-LIFT*  
 Appl. Phys. A-Mater. 122 (2016) 154(1)–154(9).
21. **Y. Gu**, **O. Klimo**, **S. Weber**, **G. Korn**  
*High density ultrashort relativistic positron beam generation by laser plasma interaction*  
 New J. Phys. 18 (2016) (113023) 1–(113023) 7.
22. N. Guler, P. Volegov, A. Favalli, F. E. Merrill, **K. Falk**, D. Jung, J. L. Tybo, C. H. Wilde, S. Croft, C. Danly, O. Deppert, M. Devlin, J. Fernandez, D. C. Gautier, M. Geissel, R. Haight, C. E. Hamilton, B. M. Hegelich, D. Henzlova, R. P. Johnson, G. Schaumann, K. Schoenberg, M. Schollmeier, T. Shimada, M. T. Swinhoe, T. Taddeucci, S. A. Wender, G. A. Wurden, M. Roth  
*Neutron imaging with the short-pulse laser driven neutron source at the Trident laser facility*  
 J. Appl. Phys. 120 (2016) 154901(1)–154901(12).
23. **V. Jambunathan**, L. Horackova, P. Navratil, **A. Lucianetti**, **T. Mocek**  
*Cryogenic Yb:YAG Laser Pumped by VBG-Stabilized Narrowband Laser Diode at 969 nm*  
 IEEE Photonics Technol. Lett. 128 (2016) 1328–1331.
24. **D. Klir**, A. V. Shishlov, V. A. Kokshenev, P. Kubes, A. Yu. Labetsky, K. Rezac, R. K. Cherdizov, J. Cikhardt, B. Cikhardtova, G. N. Dudkin, F. I. Fursov, A. A. Garapatsky, B. M. Kovalchuk, **J. Krása**, J. Kravarik, N. E. Kurmaev, H. Orcikova, V. N. Padalko, N. A. Ratakhin, O. Sila, K. Turek, V. A. Varlachev, **A. Velyhan**, and R. Wagner  
*Deuterium z-pinch as a powerful source of multi-MeV ions and neutrons for advanced applications*  
 Phys. Plasmas 23 (2016) 032702(1)–032702(10).
25. **J. Krása**, **D. Klir**, **A. Velyhan**, Řezáč, J. Cikhardt, L. Ryc, **E. Krouský**, **M. Pfeifer**, **M. De Marco**, **J. Skála**, **R. Dudžák**, J. Ullschmied  
*Generation of fast neutrons through deuteron acceleration at the PALS laser facility*  
 JINST 11 (2016) C03050(1)–C03050(11).
26. **M. Krátká**, O. Babchenko, **E. Ukraintsev**, J. Vachelová, M. Davidková, M. Vandrovcová, **A. Kromka**, **B. Rezek**  
*Gamma radiation effects on hydrogen-terminated nanocrystalline diamond bio-transistors*  
 Diam. Relat. Mater. 63 (2016) 186–191.
27. **P. Kubelík**, E. M. Zanozina, A. Pastorek, **M. Ferus**, **L. Juha**, V. E. Chernov, A. V. Naskidashvili, S. Civiš  
*Argon FTIR spectra between 800 and 2000 cm<sup>-1</sup>: h- and i-levels and transition probabilities*  
 J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transf. 182 (2016) 337–345.
28. L. Lancia, A. Giribono, L. Vassura, M. Chiaramello, C. Riconda, **S. Weber**, A. Castan, A. Chatelain, A. Frank, T. Gangolf, M. N. Quinn, J. Fuchs, J. -R. Marquès  
*Signatures of the Self-Similar Regime of Strongly Coupled Stimulated Brillouin Scattering for Efficient Short Laser Pulse Amplification*  
 Phys. Rev. Lett. 116 (2016) 075001(1)–075001(5).

29. J. Levy, T. J. -Y. Derrien, N. M. Bulgakova, E. L. Gurevich, **T. Mocek**  
*Relaxation dynamics of femtosecond-laser-induced temperature modulation on the surfaces of metals and semiconductors*  
Appl. Surf. Sci. 374 (2016) 157(1)–164(8).
30. K. V. Lezhnin, F. F. Kamenets, T. Zh. Esirkepov, S. V. Bulanov, **O. Klimo, S. Weber, and G. Korn**  
*Laser ion acceleration from mass-limited targets with preplasma*  
Phys. Plasmas 23 (2016) 053114(1)–053114(11).
31. K. V. Lezhnin, F. F. Kamenets, T. Zh. Esirkepov, S. V. Bulanov, Y. J. Gu, **S. Weber, G. Korn**  
*Explosion of relativistic electron vortices in laser plasmas*  
Phys. Plasmas 23 (2016) 093116(1)–093116(7).
32. R. Lokasani, E. Long, O. Maguire, P. Sheridan, P. Hayden, F. O'Reilly, P. Dunne, E. Sokell, **A. Endo, J. Limpouch, G. O'Sullivan**  
*XUV spectra of 2nd transition row elements: identification of 3d-4p and 3d-4f transition arrays*  
J. Phys. B-At. Mol. Opt. Phys. 48 (2016) 1–12.
33. **O. Lunov**  
*Plasma will...*  
Br. J. Dermatol. 174(3) (2016) 486–487.
34. **O. Lunov, V. Zablotskii, O. Churpita, A. Jäger, L. Polívka, E. Syková, A. Dejneka, Š. Kubinová,**  
*The interplay between biological and physical scenarios of bacterial death induced by non-thermal plasma*  
Biomaterials 82 (2016) 71–83.
35. **O. Lunov, V. Zablotskii, O. Churpita, A. Jäger, L. Polívka, E. Syková, N. Terebova, A. Kulikov, Š. Kubinová, A. Dejneka**  
*Towards the understanding of non-thermal air plasma action: effects on bacteria and fibroblasts*  
RSC Adv. 6 (2016) 25286–25292.
36. I. Mirza, **N. Bulgakova, J. Tomáščík, V. Michálek, O. Haderka, L. Fekete, T. Mocek**  
*Ultrashort pulse laser ablation of dielectrics: Thresholds, mechanisms, role of breakdown*  
Sci. Rep. 6 (2016) 1–11.
37. **S. S. Nagisetty, P. Severova, T. Miura, M. Smrž, H. Kon, M. Uomoto, T. Shimatsu, M. Kawasaki, T. Higashiguchi, A. Endo and T. Mocek**  
*Lasering and thermal characteristics of Yb:YAG/YAG composite with atomic diffusion bonding*  
Laser. Phys. Lett. 14 (2016) 1–6.
38. E. Neyra, F. Videla, J. A. Pérez-Hernández, **M. F. Ciappina, L. Roso, G. A. Torchia**  
*High-order harmonic generation driven by chirped laser pulses induced by linear and non linear phenomena*  
Eur. Phys. J. D 70 (2016) 243(1)–243(6).
39. E. Neyra, F. Videla, J. A. Pérez-Hernández, **M. F. Ciappina, L. Roso, G. A. Torchia**  
*Extending the high-order harmonic generation cutoff by means of self-phase-modulated chirped pulses*  
Laser. Phys. Lett. 13 (2016) 115303 (1)–115303 (5).
40. **J. Novák, J. T. Green, T. Metzger, T. Mazanec, B. Himmel, M. Horáček, Z. Hubka, R. Boge, R. Antipenkov, F. Batysta, J. A. Naylor, P. Bakule, B. Rus**  
*Thin disk amplifier-based 40 mJ, 1 kHz, picosecond laser at 515 nm*  
Opt. Express 6 (2016) 5728–5733.
41. **O. Novák, H. Turčičová, M. Smrž, T. Miura, A. Endo, T. Mocek**  
*Picosecond green and deep ultraviolet pulses generated by a high-power 100 kHz thin-disk laser*  
Opt. Lett. 41 (2016) 5210(1)–5213(4).
42. **V. Olsovcova, R. Versaci, I. Ambrozova, Z. Zelenka, J. Kaufman, D. Margarone, I. J. Kim, T. M. Jeong**  
*Response of dosimeters in fields generated by laser-accelerated protons*  
Radiat. Prot. Dosim. p.p (2016) 1–4.
43. C. R. Phipps, L. Zhigilei, P. Polynkin, T. Baumert, T. Sarnet, **N. Bulgakova, W. Bohn, J. Reif**  
*Laser interaction with materials: introduction*  
J. Opt. Soc. Am. B-Opt. Phys. 31 (2016) LIM(1)–LIM(3).
44. **J. Psikal, J. Grym, L. Stolcova, J. Proška**  
*Hollow target for efficient generation of fast ions by ultrashort laser pulses*  
Phys. Plasmas 23 (2016) 1231211(1)–1231211(6).

45. **O. Renner, M. Šmíd, D. Batani, L. Antonelli**  
*Suprathermal electron production in laser-irradiated Cu targets characterized by combined methods of x-ray imaging and spectroscopy*  
Plasma Phys. Control. Fusion 58 (2016) 075007 (1)–075007 (8).
46. Y. J. Rhee, S. M. Nam, J. Peebles, H. Sawada, M. Wei, X. Vaisseau, T. Sasaki, **L. Giuffrida**, S. Hulin, B. Vauzour, J. J. Santos, D. Batani, H. S. McLean, P. K. Patel, Y. T. Li, D. W. Yuan, K. Zhang, J. Y. Zhong, C. B. Fu, N. Hua, K. Li, Y. Zhang, J. Q. Zhu, I. J. Kim, J. H. Jeon, T. M. Jeong, I. W. Choi, H. W. Lee, J. H. Sung, S. K. Lee, C. H. Nam  
*Spectral tomographic analysis of Bremsstrahlung X-rays generated in a laser-produced plasma*  
Laser Part. Beams 0263 (2016) 0346 (1)–0346(10).
47. **K. Rohlena, M. Mašek**  
*Ambient fields generated by a laser spark*  
Nukleonika 61 (2016) 119–124.
48. F. Romano, **F. Schillaci**, G. A. P. Cirronea, G. Cuttonea, **V. Scuderi**, L. Allegra, A. Amato, A. Amico, G. Candiano, G. De Luca, G. Gallo, S. Giordanengo, L. Fanola Guarachi, **G. Korn**, G. Larosa, R. Leanz, R. Manna, V. Marchese, F. Marchetto, **D. Margarone**, G. Milluzzo, G. Petringa, J. Pipek, S. Pulvirenti, D. Rizza, R. Sacchi, S. Salamone, M. Sedita, A. Vignati  
*The ELIMED Transport and dosimetry beamline for laser-driven ion beams*  
Nucl. Instrum. Meth. A 829 (2016) 153–158.
49. **A. Roy, A. Endo, T. Mocek**  
*3-D Particle-in-Cell Simulation of Laser-Produced Plasma in Axial Magnetic Field*  
IEEE Trans. Plasma Sci. 44 (2016) 1–8.
50. R. A. Rymzhanov, N. A. Medvedev, A. E. Volkov  
*Effects of model approximations for electron, hole, and photon transport in swift heavy ion tracks*  
Nucl. Instrum. Meth. B 388 (2016) 41–52.
51. A. Schonlein, G. Boutoux, S. Pikuz, L. Antonelli, D. Batani, A. Debayle, A. Franz, **L. Giuffrida**, J. J. Honrubia, J. Jacoby, D. Khaghani, P. Neumayer, O. N. Rosmej T. Sakaki<sup>2</sup>, J. J. Santos<sup>2</sup> and A. Sauteray<sup>2</sup>  
*Generation and characterization of warm dense matter isochorically heated by laser-induced relativistic electrons in a wire target*  
Europhys. Lett. 114 (2016) 45002 (1)–45002 (6).
52. **P. Sikocinski, O. Novak, M. Smrz, J. Pilar, V. Jambunathan, H. Jelinkova, A. Endo, A. Lucianetti, T. Mocek**  
*Time-resolved measurement of thermally induced aberrations in a cryogenically cooled Yb:YAG slab with a wavefront sensor*  
Appl. Phys. B-Lasers O. 122 (2016) 1–10.
53. **O. Slezák, R. Yasuhara, A. Lucianetti, T. Mocek**  
*Temperature-wavelength dependence of terbium gallium garnet ceramics Verdet constant*  
Opt. Mater. Express 6 (2016) 3683(1)–3691(9).
54. R. Sobierajski, I. Jacyna, P. Dłużewski, M. T. Klepka, D. Klinger, J. B. Peřka, **T. Burian, V. Hájková, L. Juha, K. Saks, V. Vozda, I. Makhotkin, E. Louis, B. Faatz, K. Tiedtke, S. Toleikis, H. Enkisch, M. Hermann, S. Strobel, R. A. Loch, J. Chalupský**  
*Role of heat accumulation in the multi-shot damage of silicon irradiated with femtosecond XUV pulses at a 1 MHz repetition rate*  
Opt. Express 24 (2016) 15468–15477.
55. **M. Stránský**  
*Monte Carlo simulations of ionization potential depression in dense plasmas*  
Phys. Plasmas 23 (2016) 012708(1)–012708(5).
56. M. Stubenvoll, B. Schäfer, K. Mann, **O. Novak**  
*Photothermal method for absorption measurements in anisotropic crystals*  
Rev. Sci. Instrum. 87 (2016) 023904-1–023904-7.
57. V. Tkachenko, **N. Medvedev**, B. Ziaja  
*Transient Changes of Optical Properties in Semiconductors in Response to Femtosecond Laser Pulses*  
Appl. Sci. 6 (2016) 238(1)–238(12).
58. **Q. Yu, Y. J. Gu**, X. F. Li, J. F. Qu, Q. Kong, S. Kawata  
*Control of laser absorbing efficiency and proton quality by a specific double target*  
New J. Phys. 18 (2016) 083024(2)–083024(9).

59. E. M. Zanozina, A. V. Naskidashvili, V. E. Chernov, S. Civiš, **P. Kubelík, M. Ferus, L. Juha**  
*The argon spectrum in the range of 1200–2000 cm<sup>-1</sup>*  
Opt. Spectrosc. 121 (2016) 655–664.
60. U. Zastrau, E. J. Gamboa, D. Kraus, J. F. Benage, R. P. Drake, P. Efthimion, **K. Falk**, R. W. Falcone, L. B. Fletcher, E. Galtier, M. Gauthier, E. Granados, J. B. Hastings, P. Heimann, K. Hill, P. A. Keiter, J. Lu, M. J. MacDonald, D. S. Montgomery, B. Nagler, N. Pablant, A. Schropp, B. Tobias, D. O. Gericke, S. H. Glenzer, H. J. Lee  
*Tracking the density evolution in counter-propagating shock waves using imaging X-ray scattering*  
Appl. Phys. Lett. 109 (2016) 031108 (1)–031108 (4).
61. L. Zerkoune, S. Lesieur, J. L. Putaux, L. Choisnard, de A. Geze, D. Wouessidjewe, **B. Angelov**, C. Vebert-Nardin, J. Douthch, A. Angelova  
*Mesoporous self-assembled nanoparticles of biotransesterified cyclodextrins and nonlamellar lipids as carriers of water-insoluble substances*  
Soft Matter 12 (2016) 7539–7550.
62. B. Ziaja, V. Saxena, S. -K. Son, N. Medvedev, B. Barbrel, B. Woloncewicz, **M. Stransky**  
*Kinetic Boltzmann approach adapted for modeling highly ionized matter created by x-ray irradiation of a solid*  
Phys. Rev. E 93 (2016) 053210(1)–053210(6).

## Ostatní

1. U. Basu, P. de Buyl, C. Maes, **K. Netočný**  
*Driving-induced stability with long-range effects*  
Europhys. Lett. 115 (2016) 30007(1)–30007(7).
2. C. Červinka, **M. Fulem**, K. Růžička  
*CCSD(T)/CBS fragment-based calculations of lattice energy of molecular crystals*  
J. Chem. Phys. 144 (2016) 064505(1)–064506(15).
3. **L. Červinka**, P. Holba  
*CdAs<sub>2</sub>-based glasses: relation to the equilibrium crystalline phases*  
PHYS CHEM GLASSES-B 57 (2016) 201–205.
4. **Z. Hájková, A. Fejfar, M. Ledinský, V. Píč, F. Křížek**, D. Šulc, Z. Nováček, P. Wertheimer  
*Introduce Scanning Probe Microscopy into Education*  
Chem. Listy 110 (2016) 153–159.
5. L. Hartmanová, I. Lorencová, M. Volný, P. Fryčák, V. Havlíček, **H. Chmelíčková**, T. Ingr, **K. Lemr**  
*Lateral resolution of desorption nano-electrospray: a nanospray tip without nebulizing gas as a source of primary charged droplets*  
Analyst 141 (2016) 2150–2154.
6. **A. Hospodková, J. Oswald, J. Pangrác, K. Kuldová, M. Zíková, J. Vyskočil, E. Hulicius**  
*Growth and properties of the MOVPE GaAs/InAs/GaAsSb quantum dot structures*  
Physica B 480 (2016) 14–22.
7. **V. Janiš, V. Pokorný, M. Žonda**  
*Spin-symmetric solution of an interacting quantum dot attached to superconducting leads: Andreev states and the zero- $\pi$  transition*  
Eur. Phys. J. B 89 (2016) 197(1)–197(12).
8. P. Klenovský, D. Hemzal, P. Steindl, **M. Zíková**, V. Křápek, J. Humlíček  
*Polarization anisotropy of the emission from type-II quantum dots*  
Phys. Rev. B 92 (2016) 241302(1)–241302(5).
9. K. Kočí, L. Matějová, N. Ambrožová, M. Šihor, I. Troppová, L. Čapek, A. Kotarba, P. Kustrowski, **A. Hospodková**, L. Obalová  
*Optimization of cerium doping of TiO<sub>2</sub> for photocatalytic reduction of CO<sub>2</sub> and photocatalytic decomposition of N<sub>2</sub>O*  
J. Sol-Gel Sci. Techn. 78 (2016) 550–558.
10. M. Lunova, **V. Zablotskii**, N. Dempsey, T. Devillers, M. Jirsa, E. Syková, Šárka Kubinová, **O. Lunov, A. Dejneka**  
*Modulation of collective cell behaviour by geometrical constraints*  
Integr. Biol. 8 (2016) 1099–1110.

11. M. Makarova, A. Artemenko, J. Kopeček, F. Laufek, P. Zemenová, V. Trepakov, A. Dejneka  
*Thermal stability of perovskite phase in heavily Mn-doped SrTiO<sub>3</sub> nanoparticles in oxidizing and reducing atmospheres*  
Scripta Mater. 116 (2016) 21–25.
12. P. Markovin, V. Trepakov, M. Guzhva, A. Razdobarin, A. Tagantsev, D. Andreev, A. Dejneka  
*Short- and long-range polar order contributions to the Ferroelectric phase of Ca<sup>2+</sup> doped SrTiO<sub>3</sub>*  
Mater. Res. Express 3 (2016) 115705(1)–115705(12).
13. P. A. Markovin, V. A. Trepakov, A. K. Tagantsev, A. Dejneka, D. A. Andreev  
*Contribution of Spontaneous Polarization and Its Fluctuations to Refraction of Light in Ferroelectrics*  
Phys. Solid State 58 (2016) 134–139.
14. D. Miliáieva, S. Stehlik, P. Stenclova, B. Rezek.  
*Synthesis of polypyrrole on nanodiamonds with hydrogenated and oxidized surfaces*  
phys. status solidi a 213 (2016) 2687–2692.
15. J. Pokorný, J. Pokorný, A. Jandová, J. Kobilková, J. Vrba, J. Vrba Jr  
*Energy parasites trigger oncogene mutation*  
Int. J. Radiat. Biol. o (2016) 1–6.
16. M. D. Rowberry, X. Martí, C. Frontera, M. J. Van De Wiel, M. Briestenský  
*Calculating flux to predict future cave radon concentrations*  
J. Environ. Radioact. 157 (2016) 16–26.
17. P. Škácha, J. Sejkora, L. Palatinus, E. Makovicky, J. Plášil, I. Macek, V. Goliáš  
*Hakite from Příbram, Czech Republic: compositional variability, crystal structure and the role in Se mineralization*  
Mineral. Mag. 80 (2016) 1115–1128.
18. A. Tarasenko  
*Analytical approach for collective diffusion: One-dimensional heterogeneous lattice*  
J. Chem. Phys. 144 (2016) 144105(1)–144105(11).
19. H. Velkov, O. Gomonay, M. Beens, G. Schwiete, A. Brataas, J. Sinova, R. A. Duine  
*Phenomenology of current-induced skyrmion motion in antiferromagnets*  
New J. Phys. 18 (2016) 075016-1–075016-7.
20. Ch. M. Wallen, L. Palatinus, J. Bacsá, Ch. C. Scarborough  
*Hydrogen Peroxide Coordination to Cobalt(II) Facilitated by Second-Sphere Hydrogen Bonding*  
Angew. Chem. Int. Ed. 55 (2016) 11902–11906.
21. M. Zíková, A. Hospodková, J. Pangrác, J. Vyskočil, E. Hulicius, J. Oswald, P. Komninou, J. Kioseoglou  
*The Metalorganic Vapour Phase Epitaxy Growth of AllIBV Heterostructures Observed by Reflection Anisotropy Spectroscopy*  
Acta Phys. Polon. A 129 (2016) A-75–A-78.

## Patenty

1. F. Batysta, R. Antipenkov, J. A. Naylor, J. T. Green, P. Bakule, J. Novák  
*Metoda a zařízení pro časovou synchronizaci pikosekundových a sub-pikosekundových laserových impulzů*  
Metoda a zařízení pro časovou synchronizaci pikosekundových a sub-pikosekundových laserových impulzů pomocí zpětné vazby založené na měření vzájemného zpoždění impulzů signálového a čerpacího laserového svazku s využitím jejich interakce v nelineárním prostředí, kde jsou dílčí laserové svazky určené pro řízení synchronizace vyvážány z primárních laserových svazků těsně před vstupem do interakce, která je předmětem synchronizace. Upraví se rovina polarizace takto vyvážených svazků s ohledem na následující optické prvky a u jednoho z dílčích svazků se časově definovaně a konstantně zpozdí jedna ze složek polarizace. Následně se vždy dvě zvolenému typu interakce OPA odpovídající složky polarizace obou dílčích svazků přivedou současně na alespoň jedno anizotropní nelineární prostředí vykazující jev OPA, ve kterém dojde k zesílení dílčího signálového svazku a generaci jalové vlny.  
Datum udělení patentu: 16. 3. 2016, číslo patentu: CZ 305899 B6
2. P. Boháč, M. Veselský, K. Cvrk, J. Tomáščík, R. Čtvrtlík, V. Koula, L. Jastrabík  
*Nástavec držáku zkušebních vzorků k zařízení pro provádění vrypové zkoušky*

Nástavec je dutý válec z jedné strany uzavřený víkem upraveným pro upevnění k držáku vzorků. Na protilehlé čelo se upevňují vzorky pro vrypovou zkoušku. V dutině pod ním je piezoelektrický element s integrovaným předzesilovačem. Signál akustické emise generované vrypovou zkouškou ve vzorku je z předzesilovače veden koaxiálním kabelem do A/D převodníku k dalšímu zpracování

Datum udělení patentu: 17. 02. 2016, číslo patentu: CZ 305833 B6

3. **O. Churpita, A. Dejneka, V. Zablotsky, E. Syková, Š. Kubinová**

***Zdroj nízkoteplotního plazmatu s možností kontaktní i bezkontaktní aplikace a způsob výroby sendvičové struktury pro tento zdroj***

Zdroj nízkoteplotního plazmatu, zejména pro využití v medicínských bioaplikacích, obsahující zdroj střídavého vysokého napětí a duté izolační těleso, do jehož vnitřního prostoru je zaústěn přívod pracovního plynu a je v něm umístěna sendvičová struktura obsahující vnitřní budicí elektrodu připojenou na zdroj střídavého vysokého napětí, kde podstata vynálezu spočívá v tom, že sendvičová struktura uložená ve vnitřním prostoru sestává ze vzájemně nad sebou uložených vrstev, nevodivé horní porézní membrány, vnitřní budicí elektrody, nevodivé spodní porézní membrány a vnější zemnicí elektrody, přičemž nosná část sendvičové struktury obsahující horní porézní membránu, vnitřní budicí elektrodu a spodní porézní membránu je vytvořena jako jeden pevný celek.

Datum udělení patentu: 24. 08. 2016, číslo patentu: CZ 306217 B6

4. **A. Hospodková, K. Blažek, E. Hulicius, J. Touš, M. Nikl**

***Scintilační detektor pro detekci ionizujícího záření***

Scintilační detektor pro detekci ionizujícího záření, zejména elektronového, rtg nebo částicového, zahrnující monokrystalický substrát alespoň jednu podkladovou vrstvu, alespoň jednu nitridovou polovodičovou vrstvu nanesenou na substrát pomocí epitaxe, která je popsána obecným vzorcem  $Al_yIn_xGa_{1-x-y}N$ , kde platí  $0 < x < 1$  a  $0 < y < 1$ , přičemž jsou alespoň dvě nitridové polovodičové vrstvy uspořádány do vrstvené heterostruktury, jejíž struktura obsahuje alespoň jednu potenciálovou jámu pro zářivé rekombinace elektronů a děr.

Datum udělení patentu: 18. 05. 2016, číslo patentu: CZ 306026 B6

6. **M. Košelja**

***Optické elementy pro konstrukci výkonových laserových systémů a jejich příprava***

Dvojice aktivních optických elementů, kde oba elementy vykazují gradient koncentrace opticky aktivních center nad akceptovatelnou mírou optické homogenity, jsou vzájemně zrcadlově a/nebo rotačně symetrické tvarem a současně rozložením gradientu koncentrace opticky aktivních center alespoň v ploše a/nebo objemu určenému k odrazu a/nebo průchodu optického svazku.

Datum udělení patentu: 12. 10. 2016, číslo patentu: CZ 306311 B6

7. **M. Košelja, B. Rus, J. Houžvička, J. Kubát**

***Příprava výkonových laserových monokrystalických slabů na bázi ytterbiem dopovaných aluminátů granátu s potlačením ASE***

Příprava výkonových laserových monokrystalických slabů o průměru aktivního prostředí 70 mm na bázi monokrystalů ytterbiem dopovaných aluminátů granátu pěstovaných na orientovaném zárodku tažením z taveniny v redukční atmosféře pod víčkem, vyznačující se tím, že redukční atmosféra nad taveninou v tavném kelímku obsahuje v průběhu tavení min. 30% obj. vodíku, následně je evakuována, a tavenina je homogenizována a zbavena rozpuštěných plynů mícháním drátem.

Datum udělení patentu: 16. 3. 2016, číslo patentu: CZ 305900 B6

8. **D. Margarone, G. Korn, A. Picciotto, P. Bellutti**

***Pevný terč pro nukleární fúzi, zařízení na vytváření nukleární fúze s tímto pevným terčem a způsob vytváření nukleární fúze na tomto zařízení***

Pevný terč pro nukleární fúzi obsahuje substrát z pevného křemíku nebo galiumnitridu, z kterého je vytvořena první vrstva obohacená prvními částicemi, což jsou zejména částice vodíku, i druhá vrstva obohacená druhými částicemi, což jsou zejména částice bóru nebo lithia. Zařízení na vytváření nukleární fúze sestává z vpředu popsaného pevného terče uspořádaného v dráze laserového svazku vyzařovaného laserovým systémem, který poskytuje pre-pulzy pro vytvoření prvního plazmatu před první vrstvou terče a hlavní pulzy pro vytvoření druhého plazmatu, jejichž průchodem je hlavní laserový pulz zaostřený na terč, kde akceleruje alespoň některé z prvních částic pro vytváření jejich fúzní reakce s alespoň některými z druhých částic pevného terče. Způsob vytváření nukleární fúze na tomto vpředu popsaném zařízení probíhá tak, že se pevný terč ozařuje laserovým pre-pulzem z laserového systému a tímto laserovým pre-pulzem se vytváří před první vrstvou terče nejméně první plazma, načež se pro nukleární fúzi terč ozařuje hlavním laserovým pulzem z laserového systému, který se průchodem skrze toto nejméně jedno první plazma soustřeďuje na terč tak, že soustředěným hlavním laserovým

pulzem se urychlují první částice terče pro vytváření fúzních reakcí těchto urychlených prvních částic s alespoň některými z druhých částic terče.

Datum udělení patentu: 19. 10. 2016, číslo patentu: CZ 306319 B6

9. **P. Pavlíček**

**Zařízení pro bezkontaktní měření tvaru předmětu**

Zařízení pro bezkontaktní měření tvaru předmětu s využitím jevu interference bílého světla, které je tvořeno spojením modulačního interferometru a měřicího interferometru, kde koncovka na výstupu modulačního interferometru slouží jako zdroj záření s modulovaným spektrem pro měřicí interferometr, přičemž modulační interferometr je napájený světelným zdrojem se širokým spektrem a je vybaven alespoň jedním vláknovým děličem, ramenem s proměnnou optickou délkou a ramenem s konstantní optickou délkou, rameno s proměnnou optickou délkou je opatřeno optickým modulátorem a propojení modulačního interferometru a měřicího interferometru je realizováno pomocí optického kabelu, který je veden z vláknového děliče modulačního interferometru a je ukončen koncovkou.

Datum udělení patentu: 30. 11. 2016, číslo patentu: CZ 306411 B6

10. **J. Houžvička, K. Blažek, P. Horodyský, M. Nikl, P. Boháček**

**Způsob zkrácení scintilační odezvy zářivých center scintilátoru a materiál scintilátoru se zkrácenou scintilační odezvou.**

Vynález se týká způsobu zkrácení scintilační odezvy zářivých center scintilátoru, při kterém je využíváno dopování Ce nebo Pr a zároveň kodopování ionty ze skupiny lanthanoidů, 3d tranzitivních kovů, 4d tranzitivních kovů, 5d tranzitivních kovů, 5s2 či 6s2 iontů. Takto vzniklý scintilátor je schopen po excitaci elektronů zářivých center v důsledku absorbovaného elektromagnetického záření část energie z excitovaných zářivých center odvádět nezářivým procesem, přičemž dochází k razantnímu zkrácení doby trvání amplitudově dominantní komponenty scintilační odezvy

Datum udělení patentu: 7. 9. 2016., číslo patentu: 306241

## ■ Užité a průmyslové vzory

1. **P. Adámek, M. Čada, Z. Hubička, L. Jastrabík, Š. Kment, J. Olejníček**

**Zařízení pro umožnění diagnostiky plazmatu s vyloučením měření narušených nestabilitami a přechodovými jevy v plazmatu**

Datum zápisu užitého vzoru: 31.10.2016, číslo užitého vzoru: 29928.

2. **O. Churpita, A. Dejneka, E. Syková, Š. Kubinová**

**Zdroj nízkoteplotního plazmatu, zejména pro generaci plazmatu ve tvaru různých objemových útvarů**

Datum zápisu užitého vzoru: 8.3.2016, číslo užitého vzoru: 29236.

3. **O. Churpita, A. Dejneka, V. Zablotsky, E. Syková, Š. Kubinová**

**Zdroj nízkoteplotního plazmatu s možností kontaktní i bezkontaktní aplikace**

Datum zápisu užitého vzoru: 16.2.2016, číslo užitého vzoru: 29159.

4. **Z. Hubička, M. Čada, Š. Kment, J. Olejníček, P. Adámek, V. Straňák**

**Vysokofrekvenční aparatura pro měření parametrů plazmatu s využitím vlnové rezonance elektronové cyklotronové vlny**

Datum zápisu užitého vzoru: 7.6.2016, číslo užitého vzoru: 29519.

5. **A. Kromka, Š. Potocký, M. Domonkos, L. Martinová, M. Rysová, L. Bačáková, R. Matějka, E. Filová**

**Multifunkční samonosná diamantová porézní podložka pro kultivaci buněk**

Datum zápisu užitého vzoru: 11.10.2016, číslo užitého vzoru: 29864.

6. **T. Miura, S. S. Nagisetty, T. Mocek**

**Zařízení pro měření deformace optických tenkých disků**

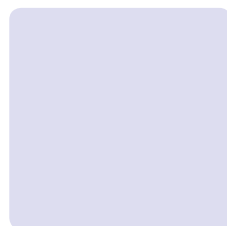
Datum zápisu užitého vzoru: 1.2.2016, číslo užitého vzoru: 29111.

7. **J. Olejníček, J. Šmíd, Z. Hubička, P. Adámek, M. Čada, Š. Kment**

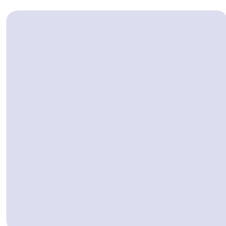
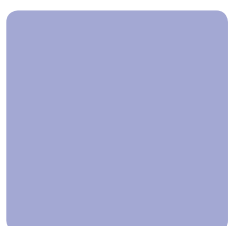
**Zařízení k řízení depozice tenkých vrstev ve vakuovém vícetryskovém plazmovém systému**

Datum zápisu užitého vzoru: 15.11.2016, číslo užitého vzoru: 30018.





### III. Ekonomická část výroční zprávy za rok 2016



**Zřizovatel: Akademie věd ČR**

**Rozvaha**

(v tis. Kč)

sestavena dle vyhl. 504/2002 Sb., ve znění pozdějších předpisů

**k 31. 12. 2016**

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. řad.	Stav	
				Stav k 01.01.16	Stav k 31.12.16
<b>A</b>	<b>Dlouhodobý majetek celkem</b>			<b>6 885 376</b>	<b>7 289 582</b>
<b>I.</b>	<b>Dlouhodobý nehmotný majetek celkem</b>	<b>01</b>	<b>1</b>	<b>61 581</b>	<b>65 424</b>
	1. Nehmotné výsledky výzkumu a vývoje	012	2	0	0
	2. Software	013	3	43 637	58 207
	3. Ocenitelná práva	014	4	2 439	2 439
	4. Drobný dlouhodobý nehmotný majetek	018	5	4 990	4 002
	5. Ostatní dlouhodobý nehmotný majetek	019	6	0	0
	6. Nedokončený dlouhodobý nehmotný majetek	041	7	10 515	776
	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>7 896 609</b>	<b>8 535 477</b>
	1. Pozemky	031	10	276 508	276 508
	2. Umělecká díla, předměty, sbírky	032	11	0	0
	3. Stavby	021	12	2 652 450	2 676 647
	4. Hmotné movité věci a jejich soubory	022	13	2 215 998	2 313 000
	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	71 947	66 309
	8. Ostatní dlouhodobý hmotný majetek	029	17	0	0
	9. Nedokončený dlouhodobý hmotný majetek	042	18	2 670 980	3 194 613
	10. Poskytnuté zálohy na dlouhodobý hmotný majetek	052	19	8 726	8 400
<b>III.</b>	<b>Dlouhodobý finanční majetek celkem</b>	<b>06</b>	<b>20</b>	<b>0</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	0	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>-1 072 814</b>	<b>-1 311 659</b>
	1. Oprávky k nehmotným výsledkům výzkumu a vývoje	072	29	0	0
	2. Oprávky k softwaru	073	30	-27 848	-38 348
	3. Oprávky k ocenitelným právům	074	31	-1 861	-2 071
	4. Oprávky k drobnému dlouhodobému nehmotnému majetku	078	32	-4 989	-4 002
	5. Oprávky k ostatnímu dlouhodobému nehmotnému majetku	079	33	0	0
	6. Oprávky ke stavbám	081	34	-70 911	-124 036
	7. Oprávky k samost. hmot. mov. věcem a jejich souborům	082	35	-895 258	-1 076 893
	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	-71 947	-66 309
	11. Oprávky k ostatnímu dlouhodobému hmotnému majetku	089	39	0	0

<b>B.</b>		<b>Krátkodobý majetek celkem</b>		<b>40</b>	<b>133 440</b>	<b>297 871</b>
<b>I.</b>		<b>Zásoby celkem</b>	<b>11-13</b>	<b>41</b>	<b>12 772</b>	<b>13 429</b>
	1.	Materiál na skladě	112	42	12 772	13 051
	2.	Materiál na cestě	111,119	43	0	0
	3.	Nedokončená výroba	121	44	0	378
	4.	Polotovary vlastní výroby	122	45	0	0
	5.	Výrobky	123	46	0	0
	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>38 384</b>	<b>65 219</b>
	1.	Odběratelé	311	52	1 044	2 537
	2.	Směnky k inkasu	312	53	0	0
	3.	Pohledávky za eskontované cenné papíry	313	54	0	0
	4.	Poskytnuté provozní zálohy	314	55	1 039	729
	5.	Ostatní pohledávky	316	56	286	300
	6.	Pohledávky za zaměstnanci	335	57	575	879
	7.	Pohledávky za institucemi sociálního zabezpečení a VZP	336	58	0	0
	8.	Daň z příjmů	341	59	0	1 569
	9.	Ostatní přímé daně	342	60	4 173	0
	10.	Daň z přidané hodnoty	343	61	0	0
	11.	Ostatní daně a poplatky	345	62	0	0
	12.	Nároky na dotace a ost. zúčtování se státním rozpočtem	346	63	0	9 430
	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	706	20 674
	18.	Dohadné účty aktivní	388	69	30 561	29 101
	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>71 122</b>	<b>208 447</b>
	1.	Peněžní prostředky v pokladně	211	72	822	860
	2.	Ceniny	212	73	0	0
	3.	Peněžní prostředky na účtech	221	74	70 300	207 587
	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>11 162</b>	<b>10 776</b>
	1.	Náklady příštích období	381	82	11 162	10 752
	2.	Příjmy příštích období	385	83	0	24
<b>A+B</b>		<b>Aktiva celkem</b>		<b>85</b>	<b>7 018 816</b>	<b>7 587 453</b>

<b>A</b>		<b>Vlastní zdroje celkem</b>		<b>86</b>	<b>7 011 596</b>	<b>7 458 527</b>
<b>I.</b>		<b>Jmění celkem</b>	<b>90-92</b>	<b>87</b>	<b>7 017 907</b>	<b>7 455 599</b>
	1.	Vlastní jmění	901	88	6 899 376	7 303 578
	2.	Fondy	91	89	118 531	131 828
	3.	Oceňovací rozdíly z přecenění finanč. majetku a závazků	921	90	0	20 193
<b>II.</b>		<b>Výsledek hospodaření celkem</b>	<b>93-96</b>	<b>91</b>	<b>-6 311</b>	<b>2 928</b>
	1.	Účet výsledku hospodaření	963	92	0	2 928
	2.	Výsledek hospodaření ve schvalovacím řízení	931	93	-6 311	0
	3.	Nerozdělený zisk, neuhrazená ztráta minulých let	932	94	0	0
<b>B.</b>		<b>Cizí zdroje celkem</b>		<b>95</b>	<b>7 220</b>	<b>128 926</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>5 432</b>	<b>118 745</b>
	1.	Dodavatelé	321	107	2 100	14 883
	2.	Směnky k úhradě	322	108	0	0
	3.	Přijaté zálohy	324	109	793	485
	4.	Ostatní závazky	325	110	0	10
	5.	Zaměstnanci	331	111	97	37 518
	6.	Ostatní závazky vůči zaměstnancům	333	112	56	563
	7.	Závazky k institucím sociálního zabezpečení a VZP	336	113	4	22 262
	8.	Daň z příjmů	341	114	0	0
	9.	Ostatní přímé daně	342	115	0	7 747
	10.	Daň z přidané hodnoty	343	116	149	34 701
	11.	Ostatní daně a poplatky	345	117	38	4
	12.	Závazky ze vztahu k státnímu rozpočtu	347	118	2 343	0
	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	-448	475
	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	300	97
	23.	Ostatní krátkodobé finanční výpomoci	289	129	0	0
<b>IV.</b>		<b>Jiná pasiva celkem</b>	<b>38</b>	<b>130</b>	<b>1 788</b>	<b>10 181</b>
	1.	Výdaje příštích období	383	131	1 733	10 181
	2.	Výnosy příštích období	384	132	55	0
<b>A+B</b>		<b>Pasiva celkem</b>		<b>134</b>	<b>7 018 816</b>	<b>7 587 453</b>

Předmět činnosti: Vědecký výzkum v oblasti fyziky.

Rozvahový den: 31. 12. 2016

Ing. Eva Ševčíková



podpis a jméno  
sestavil

Datum sestavení: 3. 4. 2017

RNDr. Michael Prouza, Ph.D.

Fyzikální ústav AV ČR

veřejná výzkumná instituce

182 21, Praha 8, Na Slovance 2

podpis a jméno  
odpovědné osoby

- 1 - otisk razítka

**Zřizovatel: Akademie věd ČR**

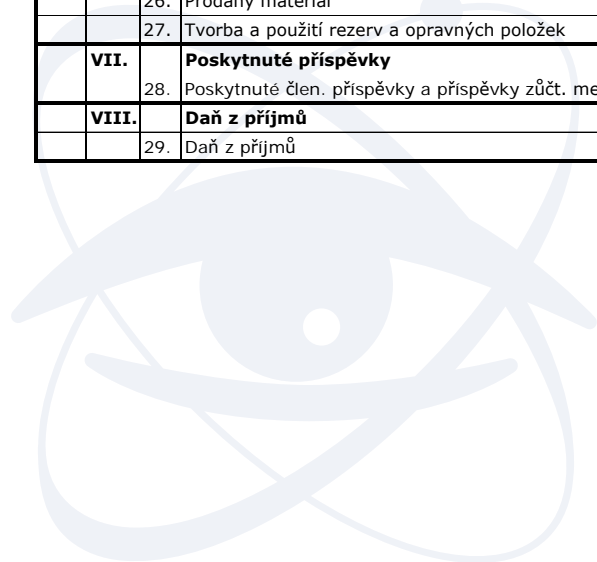
**Výkaz zisku a ztráty**

(v tis. Kč)  
sestavený dle vyhl. 504/2002 Sb., ve znění pozdějších předpisů  
**k 31. 12. 2016**

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. řad.	Činnost		
				hlavní 1	další 2	jiná 3
<b>A.</b>	<b>Náklady</b>		<b>1</b>	<b>1 339 441</b>	<b>0</b>	<b>5 922</b>
<b>I.</b>	<b>Spotřebované nákupy celkem</b>	<b>50+51</b>	<b>2</b>	<b>312 628</b>	<b>0</b>	<b>3 906</b>
	1. Spotřeba materiálu, energie a ostatních neskladovaných látek	501-503	3	111 611	0	3 735
	2. Prodané zboží	504	4	0	0	0
	3. Opravy a udržování	511	5	11 480	0	0
	4. Náklady na cestovné	512	6	48 696	0	101
	5. Náklady na reprezentaci	513	7	1 099	0	0
	6. Ostatní služby	518, 514	8	139 742	0	70
<b>II.</b>	<b>Změny stavu zásob vlastní činnosti a aktivace</b>	<b>56+57</b>	<b>9</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-378</b>
	7. Změna stavu zásob vlastní činnosti	56	10	0	0	-378
	8. Aktivace materiálu, zboží a vnitroorganizačních služeb	571, 572	11	0	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>723 202</b>	<b>0</b>	<b>1 821</b>
	10. Mzdové náklady	521,3	14	524 947	0	1 362
	11. Zákonné sociální pojištění	524	15	174 235	0	434
	12. Ostatní sociální pojištění	525	16	0	0	0
	13. Zákonné sociální náklady	527	17	24 020	0	25
	14. Ostatní sociální náklady	528	18	0	0	0
<b>IV.</b>	<b>Daně a poplatky</b>	<b>53</b>	<b>19</b>	<b>261</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
	15. Daně a poplatky	53	20	261	0	0
<b>V.</b>	<b>Ostatní náklady</b>	<b>54</b>	<b>21</b>	<b>32 023</b>	<b>0</b>	<b>121</b>
	16. Smluvní pokuty, úroky z prodlení, ostatní pokuty a penále	541, 542	22	57	0	0
	17. Odpis nedobytné pohledávky	543	23	0	0	0
	18. Nákladové úroky	544	24	23	0	0
	19. Kurzové ztráty	545	25	1 502	0	108
	20. Dary	546	26	0	0	0
	21. Manka a škody	548	27	1	0	0
	22. Jiné ostatní náklady	547, 549	28	30 440	0	13
<b>VI.</b>	<b>Odpisy, prodaný majetek, tvorba a použití rezerv a opr.položek</b>	<b>55</b>	<b>29</b>	<b>271 327</b>	<b>0</b>	<b>452</b>
	23. Odpisy dlouhodobého majetku	551	30	271 327	0	452
	24. Prodaný dlouhodobý majetek	552	31	0	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>1 340 631</b>	<b>0</b>	<b>7 660</b>
<b>I.</b>	<b>Provozní dotace</b>	<b>69</b>	<b>2</b>	<b>1 001 876</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
	1. Provozní dotace	691	3	1 001 876	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>892</b>	<b>0</b>	<b>7 660</b>
<b>IV.</b>	<b>Ostatní výnosy</b>	<b>64</b>	<b>16</b>	<b>337 863</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
	5. Smluvní pokuty, úroky z prodlení, ostatní pokuty a penále	641, 642	17	406	0	0
	6. Platby za odepsané pohledávky	643	18	0	0	0
	7. Výnosové úroky	644	19	712	0	0
	8. Kurzové zisky	645	20	950	0	0
	9. Zúčtování fondů	648	21	61 303	0	0
	10. Jiné ostatní výnosy	649	22	274 492	0	0
<b>V.</b>	<b>Tržby z prodeje majetku</b>	<b>65</b>	<b>24</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
	11. Tržby z prodeje DNM a DHM	651	25	0	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>1 190</b>	<b>0</b>	<b>1 738</b>
<b>D.</b>	<b>Výsledek hospodaření po zdanění</b>		<b>40</b>	<b>1 190</b>	<b>0</b>	<b>1 738</b>

Předmět činnosti: Vědecký výzkum v oblasti fyziky	Datum sestavení: 3. 4. 2017
Rozvahový den: 31. 12. 2016	
Ing. Eva Ševčíková	RNDr. Michael Prouza, Ph.D.
	
podpis a jméno sestavil	podpis a jméno odpovědné osoby
	otisk razítka

Fyzikální ústav AV ČR  
veřejná výzkumná instituce  
182 21 Praha 8, Na Slovance 2  
- 1 -



**Příloha k účetní závěrce v plném rozsahu k 31. 12. 2016**

**I.  
Obecné údaje**

- 1. Název účetní jednotky:** Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i.  
**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 Fyzikálního ústavu AV ČR dnem 1. ledna 2007 změnila ze státní příspěvkové organizace na veřejnou výzkumnou instituci.
- Zápis Fyzikálního ústavu AV ČR, v. v. i. 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:** 1.1.2007

**Rozvahový den:** 31.12.2016

**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 nanosystémů,
- 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". Spolupracuje s prestižní britskou výzkumnou institucí Science and Technology Facilities Council na vývoji špičkových laserových systémů pro high-tech průmysl. Superlaser Bivoj jako první na světě dosáhl v prosinci roku 2016 výkonu 1000 W. Zaměřením na laserové aplikace a využití v high-tech průmyslu centrum významně přispívá k rychlému růstu mezinárodní konkurenceschopnosti ČR.

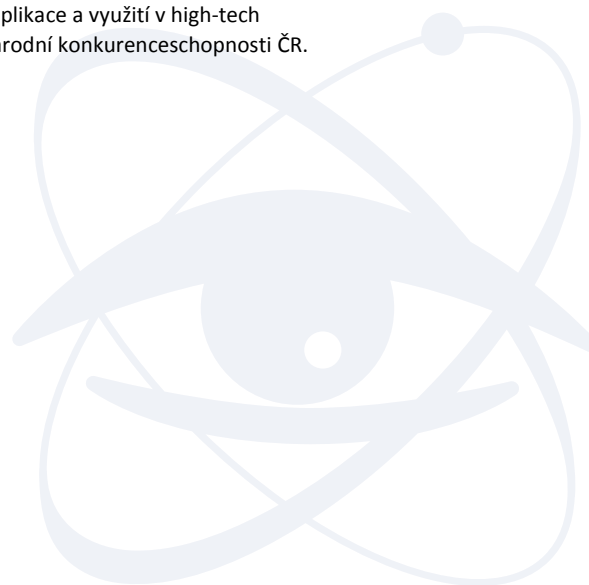
## 9. Sekce realizace projektu ELI Beamlines

Výzkumná oddělení:

- systémového inženýrství,
- laserových systémů,
- experimentálních programů Beamlines.

Podpůrná oddělení:

- konstrukční a projekční podpory,
- financování a monitoringu,
- akvizice a logistiky,
- řízení projektu,
- transferu technologií.





V prosinci 2015 bylo Evropskou komisí schváleno fázování projektu a navýšení rozpočtu o kompenzace kurzových rozdílů. Druhá fáze byla zahájena 1. 10. 2015 a bude ukončena 31. 12. 2017. Celkový rozpočet pro fázi II. Je stanoven na 1 859 487 765,99 Kč. V průběhu roku 2016 pokračoval vývoj laserových systémů a experimentálních stanic. Byly odstraněny vady a nedodělky vzniklé v rámci realizace stavby. Probíhají potřebné práce k zahájení instalací laserových systémů, distribuce a experimentálních stanic. Byly převzaty a vybaveny prostory v laboratorní budově včetně čistých prostor. V roce 2017 bude dodán a nainstalován systém L3, dále budou nainstalovány systémy L1 a L2, které jsou v současné době připraveny v prostorách FZÚ. Systém L4 bude dokončen a otestován u dodavatele.

**3. Jména a příjmení členů statutárních orgánů ke konci účetního období:**

jmeno a příjmení	funkce
prof. Jan Řídký, DrSc.	ředitel

Rada FZÚ, v. v. i.	funkce
Petr Reimer, CSc.	předseda
Ing. Martin Nikl, CSc.	místopředseda
RNDr. Antonín Fejfar, CSc.	interní člen
prom. fyz. Milada Glogarová, CSc.	interní člen
RNDr. Josef Krása, CSc.	interní člen
prof. Ing. Pavel Lejček, DrSc.	interní člen
RNDr. Jiří J. Mareš, CSc.	interní člen
prof. Jan Řídký, DrSc.	interní člen
RNDr. Petr Šittner, CSc.	interní člen
RNDr. Pavel Hedbávný, CSc.	externí člen
prof. Dr. Martin Hof, DSc.	externí člen
prof. RNDr. Jiří Hořejší, DrSc.	externí člen
prof. RNDr. Josef Humlíček, CSc.	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
prof. Ing. Jiří Čtyroký, DrSc.	člen
prof. Ing. Miloslav Havlíček, DrSc.	člen
RNDr. Petr Lukáš, CSc.	člen
Ing. Miroslav Hořejší (FZÚ)	tajemník

Vedení FZÚ AV ČR, v. v. i. 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 2016 obchodní smlouvy nebo jiné smluvní vztahy. Členům řídicích a kontrolních orgánů organizace nebyly poskytnuty v účetním období 2016 žádné zálohy, závdavky 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.

Účetním obdobím je kalendářní rok.

Při vedení účetnictví a sestavování účetní závěrky postupoval FZÚ v souladu se v plném rozsahu za použití informačního systému iFIS firmy BBM.

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 AV ČR, v. v. i. je vlastníkem podílu 34 % 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 zaříděn 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 uplatněný 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.

Od 1. 1. 2016 došlo ke změně postupů účtování, postupů odepisování, uspořádání jednotlivých položek účetní závěrky a obsahovému vymezení těchto položek oproti předcházejícímu účetnímu období. Do 31. 12. 2015 byly kurzové rozdíly pohledávek, závazků, úvěrů a finančních výpomocí účtovány na účty kurzové rozdíly aktivní či pasivní.

## 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 2016 byly dle platné metodiky využity vstupní údaje roku 2015.

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	2016			2015		
	Vstupní cena (022)	Oprávky (082)	Zůstatková cena	Vstupní cena (022)	Oprávky (082)	Zůstatková cena
<b>Celkem, v tom</b>	<b>2 313 000</b>	<b>1 076 894</b>	<b>1 236 106</b>	<b>2 215 998</b>	<b>895 365</b>	<b>1 320 633</b>
Dopravní prostředky	7 643	3 458	4 185	6 394	3 003	3 391
Inventář	6 368	2 025	4 343	6 381	1 732	4 649
Předměty z drahých kovů	14 407	12 447	1 960	13 956	12 275	1 681
Stroje, přístroje a zařízení	2 172 099	1 002 776	1 169 323	2 104 859	835 988	1 268 871
Výpočetní technika	112 483	56 188	56 295	84 408	42 367	42 041

2. **Dlouhodobý nehmotný majetek**

Skupina majetku	2016			2015		
	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>46 076</b>	<b>29 708</b>	<b>16 368</b>
Ocenitelná práva	2 439	2 072	367	2 439	1 861	578
Software	58 207	38 348	19 859	43 637	27 847	15 790

3. **Nedokončený dlouhodobý majetek**

Skupina majetku	2016			
	Stav k 1.1.	Pořízeno	Vyřazeno z nedokonč. majetku	Zůstatek k 31.12.
<b>Celkem, v tom:</b>	<b>2 681 495</b>	<b>675 971</b>	<b>162 078</b>	<b>3 195 388</b>
Nedok. dl. nehmotný maj. (041)	10 515	2 642	12 382	775
Nedok. dl. hmotný maj. (042)	2 670 980	673 329	149 696	3 194 613

4. **Přehled přírůstků a úbytků dlouhodobého majetku dle skupin**

Skupina majetku	2016			
	Stav k 1.1.	Pořízeno	Vyřazeno	Zůstatek k 31.12.
Software	43 637	15 641	1 071	58 207
Ocenitelná práva	2 439	0	0	2 439
Drobný dlouhodobý nehm. majetek	4 990		988	4 002
Nedok. dlouhodobý nehmotný maj.	10 515	2 642	12 382	775
Pozemky	276 508	0	0	276 508
Stavby	2 652 450	24 197	0	2 676 647
Dopravní prostředky	6 394	1 249	0	7 643
Inventář	6 381	75	88	6 368
Předměty z drahých kovů	13 956	451	0	14 407
Stroje, přístroje a zařízení	2 104 859	81 937	14 697	2 172 099
Výpočetní technika	84 408	38 528	10 453	112 483
Drobný dlouhodobý hm. majetek	71 947	0	5 638	66 309
Nedok. dlouhodobý hmotný maj.	2 670 980	673 329	149 696	3 194 613
Poskytnuté zálohy na dlouh. hm. maj.	8 726	17 749	18 075	8 400

5. **Souhrnná výše majetku neuvedeného v rozvaze**

Skupina majetku	Analytický účet	Zůstatek k 31.12.
Drobný dlouhodobý nehmotný majetek	9712	19 998
Drobný dlouhodobý hmotný majetek	9711	228 876

6. **Pohledávky**  
**Pohledávky po lhůtě splatnosti**

do 30 dnů	77
31 - 90 dnů	222
91 - 180 dnů	135
nad 180 dnů	172
celkem	606

**Pohledávky kryté podle zástavního práva**

FZÚ k datu účetní závěrky nevykazuje.

**Opravné položky**

FZÚ k datu účetní závěrky nevykazuje.

7. **Jmění**

Jmění celkem	7 455 598
z toho: vlastní jmění	7 303 578
: fondy	131 827
Oceňovací rozdíl fin.derivátů	20 193

8. **Rozdělení zisku za minulé účetní období**

Příděl do rezervního fondu	0
Příděl do fondu reprodukce majetku	0

9. **Závazky**

**Dlouhodobé závazky**

FZÚ k datu účetní závěrky nevykazuje.

**Krátkodobé závazky**

K dodavatelům	14 883
Přijaté zálohy	485
K zaměstnancům	38 081
K institucím soc. zabezp. a veř. zdrav. pojišť.	22 262
Daň z příjmů ze závislé č. za zaměstnance	7 747
DPH	34 701
Ostatní daně	4
Závazky ze vztahu k SR	475
Dohadné položky	97

·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 FZÚ k zaměstnancům, správě sociálního zabezpečení a zdravotním pojišťovnám k datu 1. 1. 2016 byly k 31. 12. 2015 uhrazeny z důvodu ukončení zahraničních projektů. Z tohoto důvodu byla jejich výše oproti stavu k 31. 12. 2016 nízká.

**Závazky po lhůtě splatnosti**

do 30 dnů	692
31 - 90 dnů	0
91 - 180 dnů	0
nad 180 dnů	0

Organizace neeviduje dluhy (vzniklé v daném účetním období), u kterých zbytková doba splatnosti k 31. 12. 2016 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**

K 31. 12. 2016 byl čerpán kontokorentní úvěr ve výši 4 686 tisíc Kč.

**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
Tržby za výrobky a poskytnuté služby	893	7 660
Aktivace vnitroorganiz. složek		0
Ostatní výnosy	276 560	0
Smluvní pokuty a penále	406	0
Úroky	712	0
Kurzové zisky	951	0
Zúčtování poměrné části odpisů	269 332	0
Nájemné, výnosy z konferencí, ostatní	5 159	0
Institucionální dotace na výzkum od zřizovatele - AV ČR celkem	342 644	0
Účelové dotace na výzkum od zřizovatele - AV ČR celkem	0	0
Účelové dotace na výzkum od poskytovatelů z ČR mimo zřizovatele	659 231	0
Dotace, granty a dary na výzkum ze zahraničí	41 783	0
Zúčtování ostatních fondů (FÚUP institucionální a účelové, sociální fond)	19 519	0

**14. Osobní náklady 2016**

Průměrný počet zaměstnanců:	973
- z toho řídících:	9
Výše osobních nákladů na zaměstnance: v tis. Kč	525 023
z toho: na řídící pracovníky:	10 915
z toho: hrubé mzdy pracovníků (bez OON)	508 973
: OON	16 600
: sociální a zdrav. pojištění	174 668
: příděl do sociálního fondu	10 191
: příspěvky ze sociálního fondu	13 854
Odměny Radě ústavu	144
Odměny Dozorčí radě	40

**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 389 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**

Novým ředitelem FZÚ AV ČR, v. v. i. byl od 1. 4. 2017 jmenován RNDr. Michael Prouza, Ph.D. Od 14. 2. 2017 došlo k částečné obměně Rady FZÚ AV ČR, v. v. i., která má nově 15 členů.

**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 závěrky činí 132 495 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	303 172
AV ČR - příspěvek na zajištění činnosti	39 473
GA ČR	107 702
projekty ostatních resortů	502 819
TA ČR	3 940
projekty - FZÚ je spolupříjemce	44 746
ostatní	24
<b>Celkem</b>	<b>1 001 876</b>

Přijaté prostředky na investice

Poskytovatel	částka v tis. Kč
AV ČR - podpora činnosti VO	18 909
AV ČR - příspěvek na zajištění činnosti	83 846
GA ČR	465
projekty ostatních resortů	598 146
dotace mimorozpočtové ostatní	0
<b>Celkem</b>	<b>701 366</b>

**25. Daňová povinnost**

Za rok 2016 činí daňová povinnost 0 Kč. Způsob zajištění základu daně je podle Zákona o dani z příjmů dle platného znění. Organizace použila daňové úlevy v předcházejícím zdaňovacím období v souladu se zněním Zákona o dani z příjmů.

**26. Vypořádání hospodářského výsledku za rok 2015**



Ztráta za rok 2015 ve výši 6 312 tis. Kč byla uhrazena z rezervního fondu.

**27. Výsledek hospodaření za rok 2016**

Celkový výsledek hospodaření je ve výši 2 928 tis. Kč. V souladu se zřizovací listinou je výsledek hospodaření členěn na: zisk 1 190 tis Kč v činnosti hlavní  
zisk 1 738 tis Kč v činnosti jiné (hospodářské)

**28. Návrh způsobu vypořádání výsledku hospodaření za rok 2016**

Vedení organizace navrhne převedení zisku za rok 2016 ve výši 2 928 tis. Kč do rezervního fondu.

Předmět činnosti: Vědecký výzkum v oblasti fyziky	Datum sestavení: 3. 4. 2017
Ing. Eva Ševčíková	RNDr. Michael Prouza, Ph.D.
	
podpis a jméno sestavil	podpis a jméno odpovědné osoby
	<p><b>Fyzikální ústav AV ČR</b> veřejná výzkumná instituce 182 21 Praha 8, Na Slovance 2 - 1 - otisk razítka</p>

## ■ 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.

## ■ Aktivity v oblasti pracovněprávních vztahů\*

V průběhu roku 2016 probíhaly přípravy Aplikace EvRiz, která má za úkol zejména hlídat lhůty pracovnělékařských prohlídek zaměstnanců Fyzikálního ústavu AV ČR, v. v. i. V aplikaci jsou uvedeny informace o zaměstnancích, historii jejich zařazení do kategorizace práce, rizikových faktorů

a uskutečněných i plánovaných prohlídkách. V budoucnosti bude aplikace evidovat i informace o školeních a další. Aplikace byla spuštěna 1. 1. 2017.

Personální a mzdové oddělení připravilo pro sekretářky a asistentky v jednotlivých vědeckých sekcích setkání, jehož cílem bylo usnadnit jim práci s přípravou interních dokumentů. Také byly informovány

o legislativních změnách v oblasti mezd a personalistiky.

Ve spolupráci s daňovým poradcem byl vytvořen manuál pro zahraniční zaměstnance i v anglickém jazyce. Tato příručka pomůže zahraničním zaměstnancům osvětlit jejich daňové povinnosti a také povinnosti ze strany zaměstnavatele, a to jak před nástupem do zaměstnání, tak i v průběhu pracovního poměru.

Od 1. 9. 2016 zaměstnanci Eli Beamlines využívají k záznamu docházky a nepřítomnosti na pracovišti elektronický docházkový systém OKBase.

## ■ 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 zářičů 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.

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.

## ■ Zpráva o poskytování informací za období od 1. 1. – 31. 12. 2016\*\*

1. Počet podaných žádostí o informace	1
2. Počet vydaných rozhodnutí o odmítnutí informace	0

\* Údaje požadované dle §21 zákona 563/1991 Sb., o účetnictví, ve znění pozdějších předpisů.

\*\* Údaje požadované dle § 18 odst. 1 zákona č. 106/1999 Sb., o svobodném přístupu k informacím, a ve znění pozdějších předpisů.

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





## 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 2016, výkazu zisku a ztráty, za rok končící 31. prosince 2016 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 2016 a nákladů a výnosů a výsledku jejího hospodaření za rok končící 31. prosince 2016 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 těmito 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 ředitel Organizace.

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 obdržení ostatních informacích žádné významné (materiální) věcné nesprávnosti nezjistili.

### **Odpovědnost ředitele Organizace za účetní závěrku**

Ředitel 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 ředitel Organizace povinen posoudit, zda je Společnost schopna nepřetržitě trvat, a pokud je to relevantní, popsal 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 dozorčí rada.

### **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 vzniknout v důsledku podvodů nebo chyb a považují se za významné (materiální), pokud lze reálně předpokládat, že by jednotlivé 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.

Naší povinností je informovat ředitele a dozorčí radu 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 2017

Auditorská společnost:



VGD - AUDIT, s.r.o.  
evidenční č. 271  
Bělehradská 18, 140 00 Praha 4

Auditor, který byl auditorskou společností určen jako odpovědný za provedení auditu jménem auditorské společnosti:



Ing. Monika Händelová  
evidenční č. 1565

