

IV НАЦИОНАЛЕН КОНГРЕС ПО ФИЗИЧЕСКИ НАУКИ

07-09.10.2024 г.

НАУЧНА ПРОГРАМА И РЕЗЮМЕТА НА ДОКЛАДИТЕ

СЪЮЗ НА ФИЗИЦИТЕ В БЪЛГАРИЯ

(от 25.11.1989г.)



София, 2024 г.

ОРГАНИЗИРАН ОТ



МИНИСТЕРСТВО
НА ОБРАЗОВАНИЕТО
И НАУКАТА



СЪОРГАНИЗИРАН ОТ



И С ПОДКРЕПАТА НА



МЕДИЙНИ ПАРТНЬОРИ:

БЪЛГАРСКА ТЕЛЕГРАФНА АГЕНЦИЯ



СПИСАНИЕ „СВЕТЪТ НА ФИЗИКАТА“



НАЦИОНАЛНО ИЗДАТЕЛСТВО АЗБУКИ



НАУКАOFFNEWS



MEDIABRICKS



IV НАЦИОНАЛЕН КОНГРЕС ПО ФИЗИЧЕСКИ НАУКИ

07-09.10.2024 г.

ИНТЕРЕКСПОЦЕНТЪР, СОФИЯ

МИСИЯ:

ЧЕТВЪРТИЯТ НАЦИОНАЛЕН КОНГРЕС ПО ФИЗИЧЕСКИ НАУКИ ИМА ЗА ЦЕЛ ДА НАПРАВИ АКТУАЛЕН ПРЕГЛЕД НА НАУЧНИТЕ ИЗСЛЕДВАНИЯ В ОБЛАСТТА НА ФИЗИЧЕСКИТЕ НАУКИ НА БЪЛГАРСКИТЕ ФИЗИЦИ, А СЪЩО И НА ИНОВАЦИИТЕ В ИНДУСТРИЯТА, ПРОИЗТИЧАЩИ ОТ НАУЧНИТЕ РЕЗУЛТАТИ ПО ФИЗИКА. КОНГРЕСЪТ ТРИБУНА ЗА РЕШАВАНЕ НА ПРОБЛЕМИТЕ, ИЗЯСНЯВАНЕ НА ПЕРСПЕКТИВИТЕ И ЗАДАЧИТЕ ПРЕД ФИЗИКАТА В СЕГАШНИЯ ПЕРИОД ОТ РАЗВИТИЕТО НА БЪЛГАРИЯ. ШЕ СЕ ОБСЪЖДАТ ПРОБЛЕМИ, СВЪРЗАНИ С ПРИНОСА НА БЪЛГАРСКАТА НАУКА В ИНОВАЦИОННИЯ ПРОЦЕС И НЕЙНОТО ПОПУЛЯРИЗИРАНЕ В БЪЛГАРИЯ.

ОСНОВНАТА ЦЕЛ НА КОНГРЕСА Е ДА НАСЪРЧИ КОНТАКТИТЕ МЕЖДУ УЧЕНИ, РАБОТЕЩИ В РАЗЛИЧНИ ОБЛАСТИ НА ФИЗИКАТА, ЗА ДА РАЗПРОСТРАНЯВАТ НАЙ-НОВАТА ИНФОРМАЦИЯ ЗА НАПРЕДЪКА В ТЕХНИТЕ СПЕЦИАЛНОСТИ, ДА ПОЛУЧАТ ВИДИМОСТ ЗА ТЕХНИТЕ ИЗСЛЕДВАНИЯ, ДА НАКАРАТ МЛАДИТЕ ИЗСЛЕДОВАТЕЛИ ДА СИ ВЗАИМОДЕЙСТВАТ СЪС СВОИТЕ ВРЪСТНИЦИ И С УТВЪРДЕНИ УЧЕНИ И ДА СЕ РАЗВИВАТ ПРОФЕСИОНАЛНО. КОНГРЕСЪТ ШЕ ОБЕДИНИ УТВЪРДЕНИ УЧЕНИ И МЛАДИ ИЗСЛЕДОВАТЕЛИ, КОИТО ТЪРСЯТ ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА ОБМЕН НА ЗНАНИЯ И ОПИТ, КОЙТО ПРЕСИЧА ГРАНИЦИТЕ НА ТРАДИЦИОННИТЕ ФИЗИЧЕСКИ ДИСЦИПЛИНИ И ИМ ПОЗВОЛЯВА ДА РАЗРЕШАВАТ МУЛТИДИСЦИПЛИНАРНИ ПРЕДИЗВИКАТЕЛНИ ПРОБЛЕМИ, КОИТО САМО ФОРУМ ОТ ТАКОВА ЕСТЕСТВО МОЖЕ ДА ПРЕДЛОЖИ.

ВТОРИЯТ КОНГРЕС ПО ФИЗИЧЕСКИ НАУКИ СЕ ПРОВЕДЕ ПРЕЗ 2013 Г. И ДАДЕ ШИРОК ПРЕГЛЕД НА НАУЧНИТЕ ИЗСЛЕДВАНИЯ, ОБРАЗОВАНИЕТО ПО ФИЗИКА И ПРИЛОЖЕНИЯТА НА ФИЗИКАТА В ИКОНОМИКАТА ЗА ЕДИН ДЪЛЪГ ПЕРИОД ОТ 30 ГОДИНИ.

ТРЕТИЯТ КОНГРЕС СЕ ПРОВЕДЕ ПРЕЗ 2016 Г. СЕГА НАМЕРЕНИЯТА НА УПРАВИТЕЛНИЯ СЪВЕТ НА СЪЮЗА НА ФИЗИЦИТЕ В БЪЛГАРИЯ (СФБ) СА СЛЕД 8 ГОДИНИ ОТНОВО ДА ПОСТАВИМ НА ОБЩЕСТВЕННОТО ВНИМАНИЕ ПОСТИЖЕНИЯТА, ПРОБЛЕМИТЕ И ПЕРСПЕКТИВИТЕ В БЪЛГАРИЯ НА НАШАТА ОСНОВНА ПРИРОДНА НАУКА – ФИЗИКАТА.

ЧЕТВЪРТИЯТ НАЦИОНАЛЕН КОНГРЕС ПО ФИЗИЧЕСКИ НАУКИ ШЕ БЪДЕ МАЩАБЕН НАУЧЕН ФОРУМ ПО ФИЗИКА. В 12 СЕКЦИИ, ПРЕДСТАВЛЯВАЩИ ОТДЕЛНИ СИМПОЗИУМИ, ШЕ БЪДАТ ДОКЛАДВАНИ И ОБОБЩЕНИ РЕЗУЛТАТИТЕ ОТ НАУЧНИТЕ ИЗСЛЕДВАНИЯ ПО ФИЗИКА У НАС, А СЪЩО ТАКА И ИЗСЛЕДВАНИЯ С УЧАСТИЕ НА БЪЛГАРСКИ УЧЕНИ, РАБОТЕЩИ В ЧУЖБИНА И/ИЛИ В СЪТРУДНИЧЕСТВО С ЧУЖДЕСТРАННИ УЧЕНИ.

КОНГРЕСЪТ ШЕ ОТКРОИ НАЙ-ВАЖНИТЕ НАСОКИ НА БЪДЕЩИТЕ ИЗСЛЕДВАНИЯ У НАС, В МЕЖДУНАРОДНИТЕ НАУЧНИ ОРГАНИЗАЦИИ И ПО МЕЖДУНАРОДНИ ПРОЕКТИ. ВЪВ ВРЪЗКА С ТОВА УС НА СФБ ВЗЕ РЕШЕНИЕ ДА РАЗШИРИ ТРАДИЦИОННИЯ ОБХВАТ НА КОНГРЕСА, КАТО ВКЛЮЧИ В ПРОГРАМАТА МУ И ЛЕКЦИИ ОТ СВЕТОВНОИЗВЕСТНИ БЪЛГАРСКИ УЧЕНИ, РАБОТЕЩИ ПО СВЕТА, ПО АКТУАЛНИТЕ ВЪПРОСИ НА СЪВРЕМЕННАТА НАУКА. КОНГРЕСЪТ ШЕ Е НАЙ-ГОЛЯМОТО СЪБИТИЕ ПРЕЗ 2024 Г., ОРГАНИЗИРАНО ОТ СЪЮЗА НА ФИЗИЦИТЕ В БЪЛГАРИЯ. ТО ШЕ БЪДЕ ПОСВЕТЕНО НА ПРОВЪЗГЛАСЕНОТО ОТ ОБЩОТО СЪБРАНИЕ НА ООН С РЕЗОЛЮЦИЯ А/77/L.100 МЕЖДУНАРОДНО ДЕСЕТИЛЕТИЕ НА НАУКИТЕ ЗА УСТОЙЧИВО РАЗВИТИЕ (2024Г. – 2033 Г.). ОБЯВЯВАНЕТО НА ТОВА ДЕСЕТИЛЕТИЕ ПОСЛЕДВА ПРОВЕДЕНАТА ПО ПРЕДЛОЖЕНИЕ НА МЕЖДУНАРОДНИЯ СЪЮЗ ПО ЧИСТА И ПРИЛОЖНА ФИЗИКА (INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED PHYSICS – IUPAP) И ОБЯВЕНА НА ПЛЕНАРНА СЕСИЯ НА ОБЩОТО СЪБРАНИЕ НА ООН, 2022 Г. ЗА МЕЖДУНАРОДНА ГОДИНА НА ФУНДАМЕНТАЛНИТЕ НАУКИ ЗА УСТОЙЧИВО РАЗВИТИЕ (THE INTERNATIONAL YEAR OF BASIC SCIENCES FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT – IYBSSD2022). СЪЮЗЪТ НА ФИЗИЦИТЕ В БЪЛГАРИЯ (СФБ) В КАЧЕСТВОТО СИ НА ПРЕДСТАВИТЕЛ НА РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ В IUPAP, ПРЕДСТАВЕН ОТ УПРАВИТЕЛНИЯ СЪВЕТ НА СФБ, СЧИТА, ЧЕ КАТО ОБЕДИНЯВАЩ СПЕЦИАЛИСТИ В ЕДНА ОТ ФУНДАМЕНТАЛНИТЕ НАУКИ, ТРЯБВА ДА ПОЕМЕ АНГАЖИМЕНТА ДА ПРОВЕДЕ ПОРЕДИЦА ОТ СЪБИТИЯ, ПОСВЕТЕНИ НА ДЕСЕТИЛЕТИЕТО НА НАУКИТЕ (2024Г. – 2033 Г.). ЕСТЕСТВЕНО, ТЕ ТРЯБВА ДА СА СВЪРЗАНИ С ПОВИШАВАНЕ НА НИВОТО НА НАУЧНИТЕ ИЗСЛЕДВАНИЯ В ОБЛАСТТА НА ФИЗИКАТА И ЯСНО ДА ОЧЕРТАВАТ ВАЖНОСТТА НА ФИЗИКАТА ЗА РАЗВИТИЕТО НА ОБЩЕСТВОТО.

ОРГАНИЗАЦИОНЕН КОМИТЕТ:

ПОЧЕТЕН ПРЕДСЕДАТЕЛ:	АКАД. АЛЕКСАНДЪР ПЕТРОВ – ПОЧЕТЕН ПРЕДСЕДАТЕЛ НА СФБ
ПРЕДСЕДАТЕЛ:	АКАД. АЛЕКСАНДЪР ДРАЙШУ – ПРЕДСЕДАТЕЛ НА СФБ
ЗАМ.-ПРЕДСЕДАТЕЛИ:	АКАД. АНГЕЛ ПОПОВ – ЗАМ.-ПРЕДСЕДАТЕЛ НА СФБ ПРОФ. ДФН ЕВГЕНИЯ ВЪЛЧЕВА – ЗАМ.-ПРЕДСЕДАТЕЛ НА СФБ ПРОФ. Д-Р ЖЕЛЯЗКА РАЙКОВА – ЗАМ.-ПРЕДСЕДАТЕЛ НА СФБ ПРОФ. ДФН ИВАН ЛАЛОВ
ГЛАВЕН КООРДИНАТОР:	ПРОФ. Д-Р МИТКО ГАЙДАРОВ
КООРДИНАТОРИ:	ПРОФ. Д-Р ЦВЕТАНКА БАБЕВА, ПРОФ. ДФН ХАССАН ШАМАТИ
ОРГАНИЗАЦИОНЕН СЕКРЕТАР:	ПРОФ.ДФН АНА ГЕОРГИЕВА, URV@PHYS.UNI-SOFIA.BG
ЧЛЕНОВЕ:	Д-Р МИЛЕНА ДАМЯНОВА – ПРЕДСТАВИТЕЛ НА МОН, ДИРЕКТОР НА ДИРЕКЦИЯ „НАУКА“ Г-ЖА СИЛВИЯ СТОЙЧЕВА – ГЛАВЕН ЕКСПЕРТ В ОТДЕЛ „МЕТОДИЧЕСКА ПОДКРЕПА“, ДИРЕКЦИЯ „СЪДЪРЖАНИЕ НА ПРЕДУЧИЛИЩНОТО И УЧИЛИЩНОТО ОБРАЗОВАНИЕ“, МОН ДОЦ. Д-Р МАРИЯ КОЛАРОВА (НИМХ) ДОЦ. Д-Р ВАСИЛКА ПЕНЧЕВА (ИЕ-БАН) ГЛ. АС. Д-Р ЛИЛИЯ АТАНАСОВА (МУ-СОФИЯ) ГЛ. АС. Д-Р МАЯ ЖЕКОВА (ФЗФ-СУ)
ВРЪЗКИ С ОБЩЕСТВЕННОСТТА:	Г-ЖА ПЕНКА ЛАЗАРОВА (СФБ) ДОЦ. Д-Р ВЛАДИМИР БОЖИЛОВ (ФЗФ-СУ) ДОЦ. Д-Р РАДОСТИНА КАМБУРОВА (ИФТТ-БАН)

СЕКЦИИ:

- | | |
|---|--|
| 1. АТОМНА ФИЗИКА, ЯДРЕНА
ФИЗИКА И ФИЗИКА НА
ЕЛЕМЕНТАРНИТЕ ЧАСТИЦИ | ПРЕДСЕДАТЕЛ: ПРОФ. ДФН НИКОЛАЙ МИНКОВ
(ИЯИЯЕ-БАН)

КООРДИНАТОР: ДОЦ. Д-Р ВЕНЕЛИН КОЖУХАРОВ,
(ФЗФ-СУ) |
| 2. ФИЗИКА НА
КОНДЕНЗИРАНОТО
СЪСТОЯНИЕ, НОВИ
МАТЕРИАЛИ, КРИОГЕННА
ФИЗИКА | ПРЕДСЕДАТЕЛ: ПРОФ. ДФН ЕВГЕНИЯ ВЪЛЧЕВА
(ФЗФ-СУ)

КООРДИНАТОР: ПРОФ. ДФН ЙОРДАН МАРИНОВ
(ИФТТ-БАН) |
| 3. РАДИОФИЗИКА,
ЕЛЕКТРОНИКА И ФИЗИКА
НА ПЛАЗМАТА | ПРЕДСЕДАТЕЛ: ДОЦ. Д-Р ЦВЕТЕЛИНА ПАУНСКА,
(ФЗФ-СУ)

КООРДИНАТОР: ДОЦ. Д-Р ТАТЯНА КУЦАРОВА,
(ИЕ-БАН) |
| 4. ФОТОНИКА | ПРЕДСЕДАТЕЛ: ЧЛ.-КОР. НИКОЛАЙ НЕДЯЛКОВ
(ИЕ-БАН)

КООРДИНАТОР: ПРОФ. ДФН АСЕН ПАШОВ
(ФЗФ-СУ) |
| 5. ФИЗИКА НА ЗЕМЯТА,
АТМОСФЕРАТА И ОКЕАНИТЕ | ПРЕДСЕДАТЕЛ: ЧЛ.-КОР. ЕКАТЕРИНА БЪЧВАРОВА
(БАН)

КООРДИНАТОРИ: ДОЦ. Д-Р ЕЛИСАВЕТА ПЕНЕВА,
(ФЗФ-СУ)

ДОЦ. Д-Р МАРИЯ КОЛАРОВА (НИМХ) |
| 6. АСТРОНОМИЯ И
АСТРОФИЗИКА | ПРЕДСЕДАТЕЛ: ПРОФ. ЕВГЕНИ СЕМКОВ (ИА-БАН)

КООРДИНАТОРИ: Г-ЖА СВЕЖИНА ДИМИТРОВА
(ОБСЕРВАТОРИЯ ВАРНА)

ДОЦ. Д-Р ТОДОР ВЕЛЧЕВ (ФЗФ-СУ) |
| 7. МЕДИЦИНСКА ФИЗИКА И
БИОФИЗИКА | ПРЕДСЕДАТЕЛ: ДОЦ. Д-Р ЛЮБОМИР ТРАЙКОВ (МУ-
СОФИЯ)

КООРДИНАТОР: ПРОФ. ДБ МИРОСЛАВ КАРАБАЛИЕВ
(ТРАКИЙСКИ УНИВЕРСИТЕТ, СТАРА ЗАГОРА) |

IV-ТИ НАЦИОНАЛЕН КОНГРЕС ПО ФИЗИЧЕСКИ НАУКИ

- | | |
|--|--|
| 8. ФИЗИКОХИМИЯ И ФИЗИКА
НА ЖИВАТА МАТЕРИЯ | ПРЕДСЕДАТЕЛ: ПРОФ. Д-Р ГАЛЯ СТАНЕВА
(ИББИ-БАН)

КООРДИНАТОР: ПРОФ. Д-Р ВИКТОРИЯ ВИТКОВА
(ИФТТ-БАН) |
| 9. ТЕОРЕТИЧНА И
МАТЕМАТИЧНА ФИЗИКА | ПРЕДСЕДАТЕЛ: АКАД. НИКОЛАЙ ВИТАНОВ
(ФЗФ-СУ)

КООРДИНАТОР: ПРОФ. ДФН НЕДЯЛКА СТОИЛОВА
(ИЯИЯЕ-БАН) |
| 10. ИСТОРИЯ НА ФИЗИКАТА | ПРЕДСЕДАТЕЛ: ПРОФ. ДФН ИВАН ЛАЛОВ
(ФЗФ- СУ, СФБ)

КООРДИНАТОР: Г-ЖА ПЕНКА ЛАЗАРОВА (СФБ) |
| 11. ФИЗИЧЕСКИТЕ НАУКИ,
ИНОВАЦИИТЕ И
ИНДУСТРИЯТА В БЪЛГАРИЯ | ПРЕДСЕДАТЕЛ: ПРОФ. Д-Р П. ВИТАНОВ (СФБ)

КООРДИНАТОР: ДОЦ. Д-Р СТЕФАН ВЪЛКОВ
(ИЕ-БАН) |
| 12. ОБРАЗОВАНИЕТО ПО
ФИЗИКА | ПРЕДСЕДАТЕЛ: ДОЦ. Д-Р МАЯ ГАЙДАРОВА
(ФЗФ-СУ)

КООРДИНАТОР: ДОЦ. Д-Р ИВАН БОДУРОВ (ПУ) |

7 ОКТОМВРИ 2024 Г. (ПОНЕДЕЛНИК)

8.30 - 9.30	РЕГИСТРАЦИЯ
ЗАЛА „МУСАЛА“ – ЕТАЖ II	
9.30 - 10.00	ОТКРИВАНЕ – А. ДРАЙШУ (ПРЕДСЕДАТЕЛ НА СФБ)
10.00 - 10.30	АЛ. ПЕТРОВ: „ПОСТИЖЕНИЯ НА БЪЛГАРСКАТА ФИЗИКА СЛЕД ТРЕТИЯ КОНГРЕС ПО ФИЗИЧЕСКИ НАУКИ“
10.30 - 11.00	<u>КАФЕ ПАУЗА</u>
11.00 - 11.30	Н. СЪБОТИНОВ: „50 ГОДИНИ ОТ СЪЗДАВАНЕТО НА ЛАЗЕРА CuBr“
11.30 - 12.00	И. ПЕТРОВ: „КОНТРОЛ НА СЪСТАВА, МИКРОСТРУКТУРАТА И СВОЙСТВАТА НА ДИБОРИДИ НА ПРЕХОДНИТЕ МЕТАЛИ, НАНЕСЕНИ С РАЗПРАШВАНЕ“
12.00 - 13.00	<u>ОБЕДНА ПОЧИВКА</u>
13.00 - 13.30	К. КОЗАРЕВ: „МОДЕРНИЗАЦИЯТА НА ТЕЛЕСКОПА LOFAR И СТАНЦИЯТА LOFAR-BG: ТЕКУЩО СЪСТОЯНИЕ И БЪДЕЩО РАЗВИТИЕ“
13.30 - 14.00	Е. ТАТАРОВА: „VERSATILE PLASMA-BASED MACHINE FOR A SYNTHESIS-BY-DESIGN OF GRAPHENE AND DERIVATIVES AT A GRAM-SCALE“
14.00 - 14.30	Р. ДИМОВА: „MEMBRANE REMODELING IN ARTIFICIAL CELLS: WHEN A MEMBRANE MEETS A DROP“
14.30 - 15.00	П. ВЛАХОВСКА: „АКТИВНИ СУСПЕНЗИИ ОТ ПОДВИЖНИ КОЛОИДИ“
15.00 - 15.30	<u>КАФЕ ПАУЗА</u>
	СЕКЦИЯ 3 РАДИОФИЗИКА, ЕЛЕКТРОНИКА И ФИЗИКА НА ПЛАЗМАТА
15.30 - 15.50	Е. ВЛАДКОВ: „6G-ПРЕДИЗВИКАТЕЛСТВАТА НА ТЕХНОЛОГИЯТА“
15.50 - 16.10	Ц. ПАУНСКА: „РАЗРЯДИ С ПЛЪЗГАЩА СЕ ДЪГА ПРИ АТМОСФЕРНО НАЛЯГАНЕ ЗА ПРЕОБРАЗУВАНЕ НА ВЪГЛЕРОДЕН ДИОКСИД“
16.10 - 16.30	К. КРЕЖОВ: „БАЗИРАНИ НА ОКСИДНИ КАТАЛИЗАТОРИ БЕЗВЪГЛЕРОДНИ МОНОЛИТНИ БИФУНКЦИОНАЛНИ ГАЗОВИ ДИФУЗИОННИ ЕЛЕКТРОДИ ЗА ЦИНКОВО-ВЪЗДУШНИ АКУМУЛАТОРНИ БАТЕРИИ“
16.30 - 16.50	Т. КУЦАРОВА: „ХЕКСАФЕРИТИ-МОНОФАЗНИ МАГНИТОЕЛЕКТРИЦИ“
	СЕКЦИЯ 10 ИСТОРИЯ НА ФИЗИКАТА
17.00 - 17.20	С. АЛЕКСАНДРОВА: „СПИСАНИЕ „СВЕТЪТ НА ФИЗИКАТА“ – ИСТОРИЯ, АВТОРИ, АУДИТОРИЯ“
17.20 - 17.40	П. ЛАЗАРОВА: „ПРОФ. ПЕТЪР ПЕНЧЕВ – ПИОНЕР В ИЗСЛЕДВАНИЯТА НА РАДИОАКТИВНОСТТА У НАС“
17.40 - 18.00	И. ПЕТРОВ: „БОЖЕСТВЕНАТА ЕМИЛИ – ЖЕНА, ОТДАДЕНА НА НАУКАТА И ФИЛОСОФИЯТА“

ЗАЛА „РУЕН“ – ЕТАЖ II	
	СЕКЦИЯ 2 ФИЗИКА НА КОНДЕНЗИРАНОТО СЪСТОЯНИЕ, НОВИ МАТЕРИАЛИ, КРИОГЕННА ФИЗИКА
12.00 - 13.00	<u>ОБЕДНА ПОЧИВКА</u>
13.00 - 13.20	И. ЛАЛОВ: „ФРЕНКЕЛОВИ ЕКСИТОНИ В СПИРАЛНИ ДВУВЕРИЖНИ РЕГУЛЯРНИ СТРУКТУРИ (ПО МОДЕЛ НА ДНК)“
13.20 - 13.40	И. АВРАМОВА: „ИЗСЛЕДВАНЕ НА МЕХАНИЗМА ЗА СЪХРАНЕНИЕ НА ЗАРЯДА НА СУПЕРКОНДЕНЗАТОРИ: IN SITU/OPERANDO XPS ПОДХОД“
13.40 - 14.00	Т. МИЛЕНОВ: „НЯКОИ НОВИ РЕЗУЛТАТИ, ПОЛУЧЕНИ В РАМКИТЕ НА ПРОЕКТ КП-06-КОСТ/10-07.08.2023“
14.00 - 14.20	В. ТОНЧЕВ: „КАКВО Е ОБЩОТО МЕЖДУ ГРУПИРАНЕТО НА СЪПЛАА ВЪРХУ ВИЦИНАЛНИ КРИСТАЛНИ ПОВЪРХНОСТИ И ТУРБУЛЕНТНОСТТА?“
14.20 - 14.40	Е. АНГЕЛОВА: „СПЕКТЪР НА ЕЛЕМЕНТАРНИ ВЪЗБУЖДЕНИЯ В МАГНИТНИ МАТЕРИАЛИ“
14.40 - 15.00	В. ДОНЧЕВ: „ИЗСЛЕДВАНЕ НА МИКРО-ОСТРОВЧЕТА ОТ GaSb, ОТЛОЖЕНИ ВЪРХУ Si ПОДЛОЖКИ“
15.00 - 15.30	<u>КАФЕ ПАУЗА</u>
15.30 - 15.50	Б. НАПОЛЕОНОВ: „ЕПИТАКСИАЛЕН РАСТЕЖ НА 2D MOS ₂ ЗА ОПТОЕЛЕКТРОННИ ПРИЛОЖЕНИЯ: МЕТОДИ И ХАРАКТЕРИСТИКИ“
15.50 - 16.10	Д. ДИМИТРОВ: „ПЕРСПЕКТИВИ НА ДВУИЗМЕРНИТЕ МАТЕРИАЛИ ЗА СМОС ПРИЛОЖЕНИЯ“
16.10 - 16.30	Р. ХАРИЗАНОВА: „ПОЛУЧАВАНЕ И ХАРАКТЕРИЗИРАНЕ НА НОВИ СЪКЛОКЕРАМИЧНИ ОКСИДНИ МАТЕРИАЛИ С КОНТРОЛИРУЕМИ ДИЕЛЕКТРИЧНИ И МАГНИТНИ СВОЙСТВА“
16.30 - 16.50	К. БУЧКОВ: „АС МАГНИТНА ВЪЗПРИЕМЧИВОСТ: УНИВЕРСАЛЕН МЕТОД ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА ВИХРОВАТА ДИНАМИКА НА СВРЪХПРОВОДНИЦИ“
16.50 - 17.10	Т. ВЛАХОВ: „ГЪВКАВИ ФИЛМИ ОТ НАНОКОМПОЗИТНИ ЕЛЕКТРОЛИТИ PEO-5CB-NaIO ₄ -SWCNTs: СТРУКТУРНИ И ЕЛЕКТРИЧЕСКИ ИЗСЛЕДВАНИЯ НА ЙОННАТА ПРОВОДИМОСТ“

ЗАЛА „ВИХРЕН“ – ЕТАЖ II	
17.00 – 18.30 ПОСТЕРНА СЕСИЯ №1	
	СЕКЦИЯ 2 ФИЗИКА НА КОНДЕНЗИРАНОТО СЪСТОЯНИЕ, НОВИ МАТЕРИАЛИ, КРИОГЕННА ФИЗИКА
1	Г. ХАДЖИХРИСТОВ: „НАНОКОМПЗИТНА КЕРАМИКА $ZnTiO_3/RGO$: ЕФЕКТЪТ ОТ РЕДУЦИРАНИЯ ГРАФЕНОВ ОКСИД (RGO)“
2	Й. МАРИНОВ: „ИЗСЛЕДВАНЕ НА ТЪНКИ ПЛАНАРНИ ФИЛМИ ОТ НЕМАТИЧЕН ТЕЧЕН КРИСТАЛ 5CB, ЛЕГИРАНИ СЪС ЗЛАТНИ НАНОСФЕРИ ПОСРЕДСТВОМ ФЛЕКСО-ДИЕЛЕКТРИЧНА СПЕКТРОСКОПИЯ“
3	Й. МАРИНОВ: „LANGMUIR-BLODGETT FILMS OF METAL-ORGANIC FRAMEWORK (MOF) MIL-101(CR) FOR SENSING VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS (VOCs) BY ELECTRICAL IMPEDANCE SPECTROSCOPY“
4	А. СТОЯНОВА-ИВАНОВА: „ELECTROCHEMICAL BEHAVIOR OF $B(Pb)SCCO$ 2212 DOPPED ZN ELECTRODE“
5	Х. ПОПОВА: „ФОРМИРАНЕ И ХАРАКТЕРИЗИРАНЕ НА МЕАНДРИРАНЕ НА СЪПЛАВА ВЪРХУ ВИЦИНАЛНИ ПОВЪРХНОСТИ: ИЗСЛЕДВАНЕ НА МОДЕЛ НА КЛЕТЪЧЕН АВТОМАТ“
6	Б. ГЕОРГИЕВА: „ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЧАСТИЧНОТО ЗАМЕЩВАНЕ НА Al^{3+} ВЪРХУ СВОЙСТВАТА НА Y-ТИП $Ba_{0.5}Sr_{1.5}MgNiFe_{12-x}Al_xO_{22}$ ХЕКСАФЕРИТИ“
7	Е. ЗАТАРЕВА: „ИЗСЛЕДВАНЕ НА МОРФОЛОГИЯТА И СЪСТАВА НА ТВЪРДО ПОКРИТИЕ $Ti/TiN/AlTiCrN$, НАНЕСЕНО ЧРЕЗ РАЗБАЛАНСИРАНО МАГНЕТРОННО РАЗПРАШВАНЕ В ЗАТВОРЕНО МАГНИТНО ПОЛЕ“
8	К. КИРИЛОВ: „МЕХАНИЗЪМ НА ЕЛЕКТРИЧЕСКИ ТРАНСПОРТ В ГРАФЕНОВИ КОМПАКТИ“
9	Б. ГЕОРГИЕВА: „ТЕМ ИЗСЛЕДВАНЕ НА ОБРАЗУВАНЕТО НА SiC ВЪРХУ Si ПОДЛОЖКА И ВЛИЯНИЕТО НА НАТИВНИЯ SiO_2 “
10	С. БОГОЕВА: „ФУНКЦИОНАЛИЗИРАНЕ НА НАНОСЛОЕВЕ ОТ ZNO ЛЕГИРАН С Al ЧРЕЗ ПОВЪРХНОСТНА МОДИФИКАЦИЯ“
11	И. ДИОНИСИЕВ: „ПРОМЯНА НА ЛАТЕРАЛНИЯТ РАЗМЕР НА 2D СЛОЕВЕ ОТ WSe_2 СЛЕД МЕЖДИННО ТРЕТИРАНЕ НА ТАС СИНТЕЗА“
12	К. БИКОВ: „РЕНТГЕНОВА АБСОРБЦИОННА СПЕКТРОСКОПИЯ НА МЕДНИ ЦЕНТРОВЕ В ЗЕОЛИТНИ СТРУКТУРИ И ТЯХНОТО ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С АЗОТЕН ОКСИД“
13	Т. КАРАДИМОВ: „МАГНИТНИ СВОЙСТВА НА НЕСТЕХИОМЕТРИЧНИ, НАНОКРИСТАЛНИ МАНГАНОВИ ФЕРИТИ“
14	Д. КАЛЧЕВСКИ: „ПРЕДВАРИТЕЛНИ РЕЗУЛТАТИ ОТ ИЗСЛЕДВАНЕ НА РАМАНОВИЯ СПЕКТЪР НА ТРИСЛОЕН ГРАФЕН“
15	Г. КОТЛАРСКИ: „ФОРМИРАНЕ НА ЗАВАРЪЧНИ ШЕВОВЕ ПО ВРЕМЕ НА ПРОЦЕСА НА ДЪГОВО АДИТИВНО ИЗГРАЖДАНЕ НА ДЕТАЙЛИ ОТ АЛУМИНИЙ ВЪРХУ МЕДНА ОСНОВА“

	СЕКЦИЯ 3 РАДИОФИЗИКА, ЕЛЕКТРОНИКА И ФИЗИКА НА ПЛАЗМАТА
16	С. МАРИНОВ: „МОДЕЛИРАНЕ НА ИЗТОЧНИК НА МИКРОВЪЛНОВ ПЛАЗМЕН ФАКЕЛ“
17	К. РАЙКОВ: „РАЗРАБОТКА НА ГАЗОРАЗРЯДНА ТРЪБА С ПОСТОЯННОТОКОВ РАЗРЯД В МАГНИТНО ПОЛЕ“
18	А. ТОСКОВА: „ВЛИЯНИЕ НА ПОТЕНЦИАЛА НА ПЛАЗМЕННИЯ ЕЛЕКТРОД ВЪРХУ АСИМЕТРИЯТА НА РАЗРЯДА В ОБЛАСТТА НА ИЗВЛИЧАНЕ НА ДВУКАМЕРЕН ВЧ ИЗТОЧНИК НА ОТРИЦАТЕЛНИ ВОДОРОДНИ ЙОНИ“
19	И. ИВАНОВ: „ИЗСЛЕДВАНЕ НА СВОЙСТВАТА НА КЕРАМИЧНИ МАТЕРИАЛИ С ГРАФЕН“
20	Т. МАЛАКОВА: „ДИФРАКЦИОННИ ИЗСЛЕДВАНИЯ НА ГАЗОДИФУЗИОННИ ЕЛЕКТРОДИ ЗА ЦИНКОВО-ВЪЗДУШНИ БАТЕРИИ“
	СЕКЦИЯ 4 ФОТОНИКА
21	А. ДИКОВСКА: „ПИКОСЕКУНДНО ЛАЗЕРНО ОТЛАГАНЕ НА ТЪНКИ СЛОЕВЕ И НАНОЧАСТИЦИ ОТ NiTi“
22	С. ШИШКОВ: „ОПРЕДЕЛЯНЕ НА СПЕКТРИТЕ НА СЕЧЕНИЯТА НА УВ-ЛЕГИРАНИ НЕПОДРЕДЕНИ КРИСТАЛИ ЗА МОДЕЛИРАНЕ НА СВРЪХБЪРЗИ РЕГЕНАТИВНИ УСИЛВАТЕЛИ“
23	М. ЖЕКОВА: ПРЕНАСТРОЙВАНЕ НА ФЕМТОСЕКУНДЕН ЛАЗЕРЕН ОСЦИЛАТОР ЧРЕЗ ПРОМЯНА НА ПАРАМЕТРИТЕ НА ВЪТРЕШНОРЕЗОНАТОРЕН ПРИЗМЕН КОМПРЕСОР
24	Н. ГОРУНСКИ: EXPERIMENTAL VERIFICATION OF THE GOUY PHASE FOR HIGHER-ORDER HERMITE-GAUSSIAN BEAMS
25	П. КОЛЕВ: СПЕКТРАЛНО МОДУЛИРАНА ПОЛЯРИМЕТРИЯ ЗА ИЗМЕРВАНЕ НА МАГНИТНОТО ПОЛЕ
	СЕКЦИЯ 8 ФИЗИКОХИМИЯ И ФИЗИКА НА ЖИВАТА МАТЕРИЯ
26	В. ВИТКОВА: „НОВИ АНАЛОЗИ НА ТЕМПОРИН: ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С БИОМИМЕТИЧНИ ЛИПИДНИ МЕМБРАНИ“
27	О. ПЕТКОВ: „ЛИПИДНИ МЕМБРАНИ В ПРИСЪСТВИЕ НА НИСКОМОЛЕКУЛНИ ЗАХАРИ“
28	В. ИВАНОВА: „ОЦЕНКА НА СВОБОДНАТА ЕНЕРГИЯ НА СВЪРЗВАНЕ НА ПЕПТИДНИ КОМПЛЕКСИ ЧРЕЗ МАШИННО ОБУЧЕНИЕ“
	СЕКЦИЯ 11 ФИЗИЧЕСКИТЕ НАУКИ, ИНОВАЦИИТЕ И ИНДУСТРИЯТА В БЪЛГАРИЯ
29	М. ГОРАНОВА: „ИЗСЛЕДВАНЕ НА ИСЛАНДСКИ ШПАТ ОТ БЪЛГАРИЯ ЗА ПРИЛОЖЕНИЕ ЗА ОПТИЧНИ ЕЛЕМЕНТИ“
30	С. ВЪЛКОВ: „ПОВЪРХНИННА МОДИФИКАЦИЯ НА ВИСОКО-ДЕМПФЕРИРАЩИ СПЛАВИ ЧРЕЗ СКАНИРАЩ ЕЛЕКТРОНЕН СНОП“
	СЕКЦИЯ 12 ОБРАЗОВАНИЕТО ПО ФИЗИКАТА
31	Р. ДРАГАНОВА-ХРИСТОВА: „ВЪЗМОЖНОСТИ НА ОБРАЗОВАТЕЛНИЯ ДИЗАЙН ЗА ПРОЕКТИРАНЕ НА STEAM БАЗИРАНО ОБУЧЕНИЕ ПО ФИЗИКА И АСТРОНОМИЯ VII КЛАС“
32	Е. ПИСАНОВА: „ДИЗАЙН НА КОНЦЕПТУАЛНА КАРТА ЗА ИДЕНТИФИЦИРАНЕ И КОРИГИРАНЕ НА МИСКОНЦЕПЦИИ НА УЧАЩИ ОТНОСНО КОРПУСКУЛЯРНО-ВЪЛНОВИЯ ДУАЛИЗЪМ НА СВЕТИНАТА“

8 ОКТОМВРИ 2024 Г. (ВТОРНИК)

ЗАЛА „МУСАЛА“ – ЕТАЖ II	
	СЕКЦИЯ 6 АСТРОНОМИЯ И АСТРОФИЗИКА
9.30 - 9.50	Р. МИТЕВА: „МАГНИТНАТА СТРУКТУРА НА СЛЪНЧЕВИ АКТИВНИ ОБЛАСТИ И НЕЙНОТО ВЛИЯНИЕ ВЪРХУ КОСМИЧЕСКОТО ВРЕМЕ“
9.50 - 10.10	В. ГЕОРГИЕВ: „ОБЯСНЕНИЕ НА ФЕНОМЕНИТЕ, ТЪМНАТА ЕНЕРГИЯ И ТЪМНАТА МАТЕРИЯ, С ПОМОЩТА НА ТЕОРИЯТА ЗА ИНВАРИАНТЕН ВАКУУМ“
10.10 - 10.30	А. ЕПИФАНОВ: „ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ПОПУЛАЦИЯТА НА СВРЪХТЕРМАЛНИ ЙОНИ ЗА МОДЕЛИРАНЕТО НА ГЛОБАЛНИЯ ТРАНСПОРТ НА ВИСОКОЕНЕРГИТИЧНИ ЧАСТИЦИ С ПОМОЩТА НА ИЗМЕРВАНИЯ НА PARKER SOLAR PROBE“
10.30 - 11.00	<u>КАФЕ ПАУЗА</u>
11.00 - 11.20	О. СТЕПАНЮК: „СЕКМЕНТИРАНЕ И ПРОСЛЕДЯВАНЕ НА ЕРУПТИВНИ СЛЪНЧЕВИ ЯВЛЕНИЯ С КОНВОЛЮЦИОННИ НЕВРОННИ МРЕЖИ“
11.20 - 11.40	Ц. ЦВЕТКОВ: „ТАЙНИТЕ НА ЗАТЪМНЕНОТО СЛЪНЦЕ“
11.40 - 12.00	Л. ИЛИЕВ: „КЛАСИЧЕСКАТА ВЕ-ЗВЕЗДА ПЛЕЙОНА В НЕЙНАТА ПОВТАРЯЩА СЕ АКТИВНА ФАЗА“
12.00 - 13.00	<u>ОБЕДНА ПОЧИВКА</u>
13.00 - 13.20	С. ДОНКОВ: „ЛОКАЛЕН И ГЛОБАЛЕН СКАЛИРАЩ ЗАКОН ЗА МАСОВАТА ПЛЪТНОСТ В МОЛЕКУЛЯРНИ ОБЛАЦИ“
13.20 - 13.40	Р. ЖЕЛЕВА: „СЕНКИ НА ВЪРТЯЩ СЕ ПРОСТРАНСТВЕНО-ВРЕМЕНОВ ТУНЕЛ С ТОПОЛОГИЧЕН ЗАРЯД“
13.40 - 14.00	Б. МИХОВ: „ФОТОМЕТРИЧЕН АНАЛИЗ НА СИЙФЪРТОВИТЕ ГАЛАКТИКИ IRAS F17141+3115 И IRAS F17389+0350“
14.00 - 14.20	Л. СЛАВЧЕВА-МИХОВА: „АКТИВНИ ГАЛАКТИЧНИ ЯДРА В РОДИТЕЛСКИ ГАЛАКТИКИ ОТ РАНЕН ТИП“
14.20 - 14.40	Д. КИРИЛОВА: „КОСМОЛОГИЧНИ ОГРАНИЧЕНИЯ ВЪРХУ НЕУТРИННАТА ФИЗИКА ОТВЪД СТАНДАРТНИЯ МОДЕЛ“
14.40 - 15.00	М. МАНУШЕВА: „КОСМОЛОГИЧНИ ОГРАНИЧЕНИЯ ВЪРХУ НЕУТРИННИТЕ ОСЦИЛАЦИИ“
15.00 - 15.30	<u>КАФЕ ПАУЗА</u>
15.30 - 15.50	Е. ЧИЖОВ: „КОСМОЛОГИЧНИ ОГРАНИЧЕНИЯ ВЪРХУ КИРАЛНИ ТЕНЗОРНИ ЧАСТИЦИ“
15.50 - 16.10	Н. ТАКУЧЕВ: „ГЛОБАЛНОТО ЗАТОПЛЯНЕ-АСТРОНОМИЧЕСКИ ФЕНОМЕН БЕЗ ВРЪЗКА С ПАРНИКОВИТЕ ГАЗОВЕ В ЗЕМНАТА АТМОСФЕРА?“

IV-ТИ НАЦИОНАЛЕН КОНГРЕС ПО ФИЗИЧЕСКИ НАУКИ

	СЕКЦИЯ 11 ФИЗИЧЕСКИТЕ НАУКИ, ИНОВАЦИИТЕ И ИНДУСТРИЯТА В БЪЛГАРИЯ
16.30 - 16.50	И. БЪЧВАРОВ: „ПРЕОДОЛЯВАНЕ НА ТЕХНОЛОГИЧНИТЕ БАРИЕРИ В УВ-ЛАЗЕРНИ УСИЛВАТЕЛИ НА СВРЪХ КЪСИ ИМПУЛСИ ЗА НАУЧНИ И ТЕХНОЛОГИЧНИ ПРИЛОЖЕНИЯ“
16.50 - 17.10	М. ГАНЧЕВ: „ДИЗАЙН И ИНЖЕНЕРИНГ НА ПЕРОВСКИТНИ ФОТОЕЛЕМЕНТИ“
17.10 - 17.30	Н. ВЕСЕЛИНОВ: „ИЗКУСТВЕН СПЪТНИК НА ЗЕМЯТА – КОСМИЧЕСКИ ХАБИТАТ“
17.30 - 17.50	С. СПАСОВА: „ОТЛАГАНЕ И ИЗСЛЕДВАНЕ НА ТЪНКΟΣΛΟΪНИ НЕОРΓΑΝΙΚΗΙ ΜΑΤΕΡΙΑΛΗΙ ΟΤΩ ΔΗΑ ΝΑ ΜΕΔΝΗΤΕ ΧΑΛΟΓΕΝΗΔΗ-ΒΡΟΜΗΔ, ΪΟΔΗΔ (CuBr, CuI) ΖΑ ΠΡΗΛΟЖΗΗ В ПЕРОВСКИТНΗΙ ΦΟΤОВОΛΤΑΗΚНΗΙ ΠΡΕΟΒΡΑΖУВАТЕΛΗΙ“
17.50 - 18.10	В. СТАВРОВ: „НОВА ТЕХНОΛΟΓΗΑ ΖΑ УСКΟΡΕНО ΠΡΟΗΖУОΔСТВО ΝΑ ΠΡΟΤΟΤΗΠΗ ΠΑ ΠΗΕΖΟРЕΖΗСТΗВНΗΙ ΜΗΚΡΟСЕНΖΟΡΗ“

ЗАЛА „РУЕН“ – ЕТАЖ II	
	СЕКЦИЯ 1 АТОМНА ФИЗИКА, ЯДРЕНА ФИЗИКА И ФИЗИКА НА ЕЛЕМЕНТАРНИТЕ ЧАСТИЦИ
9.00 - 9.10	ОТКРИВАНЕ –Н. МИНКОВ, В. КОЖУХАРОВ
9.10 - 9.30	В. ГЕОРГИЕВ: „BIG-BANG NUCLEOSYNTHESIS WITHIN THE SCALE INVARIANT VACUUM PARADIGM“
9.30 - 9.50	Й. КАЦАРОВ: „НОВ ПОДХОД ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА ИЗОСКАЛАРНИЯ ГИГАНТСКИ МОНОПОЛЕН РЕЗОНАНС“
9.50 - 10.10	К. ДРУМЕВ: „ОПИСАНИЕ НА НИСКОЛЕЖАЩА КОЛЕКТИВНА СТРУКТУРА В ЧЕТНО-ЧЕТНИ ЯДРА В РАМКИТЕ НА ОБОБЩЕН АЛГЕБРИЧЕН МИКРОСКОПИЧЕН ПОДХОД В СЛОЕСТИЯ МОДЕЛ“
10.10 - 10.30	Д. МИХАЙЛОВ: „ИЗУЧАВАНЕ НА ФЕМТОСКОПИЯ И КОАЛЕСЦЕНЦИЯ С ALICE @ LHC“
10.30 - 11.00	<u>КАФЕ ПАУЗА</u>
11.00 - 11.20	Р. ХАДЖИЙСКА: „МЮОННА СИСТЕМА НА ЕКСПЕРИМЕНТА CMS-РАБОТА ПРЕЗ ТЕКУЩИЯ НАБОР НА ДАННИ RUN 3 И МОДЕРНИЗАЦИЯ НА СИСТЕМАТА ЗА ПРЕДСТОЯЩАТА ФАЗА НА ВИСОКА СВЕТИМОСТ HL-LHC“
11.20 - 11.40	Р. СИМЕОНОВ: „THE NEW FORWARD CALORIMETER OF THE ALICE EXPERIMENT“
11.40 - 12.00	И. РУСИНОВ: „ПРОГРАМИРУЕМ МОДУЛ ЗА ИЗПИТВАНЕ НА ХАРАКТЕРИСТИКИТЕ НА АМПЛИТУДНИТЕ АНАЛИЗАТОРИ НА ИМПУЛСИ“
12.00 - 13.00	<u>ОБЕДНА ПОЧИВКА</u>
13.00 - 13.20	Т. ИВАНОВ: „ИЗСЛЕДВАНЕ НА ХАРАКТЕРИСТИКИТЕ НА РАЗПАДА $B^0_s \rightarrow M^+ M^-$ “
13.20 - 13.40	А. ПЕТРОВ: „RPC ПОДСИСТЕМАТА НА ЕКСПЕРИМЕНТА CMS“
13.40 - 14.00	М. ПЕХЛИВАНОВА: „АВТОМАТИЗИРАНЕ НА ПРОЦЕСА НА ОПРЕДЕЛЯНЕ НА РАБОТНОТО НАПРЕЖЕНИЕ НА КАМЕРИТЕ СЪС СЪПРОТИВИТЕЛНА ПЛОСКОСТ НА ЕКСПЕРИМЕНТА CMS“
14.00 - 14.20	К. ДИМИТРОВА: „РЕКОНСТРУКЦИЯ НА СИГНАЛИ В ЕЛЕКТРОМАГНИТНИЯ КАЛОРИМЕТЪР НА ЕКСПЕРИМЕНТА PADME ЧРЕЗ МАШИННО ОБУЧЕНИЕ“
14.20 - 14.40	С. ИВАНОВ: „SEARCHING FOR X17 WITH PADME“
15.00 - 15.30	<u>КАФЕ ПАУЗА</u>
	СЕКЦИЯ 7 МЕДИЦИНСКА ФИЗИКА И БИОФИЗИКА
15.30 - 15.50	М. КАРАБАЛИЕВ: „ЕЛЕКТРОХИМИЧНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА СТАБИЛНОСТТА НА ПОЛИФОСФОХОЛИН-КОНЮГРАНИ ЛИПОЗОМИ“
15.50 - 16.10	Т. ПОПОВ: „СТРУКТУРА И ЕЛЕКТРИЧНИ СВОЙСТВА НА ЗАЕШКИ И ЧОВЕШКИ ACE2“
16.10 - 16.30	А. ТРАЙКОВ: „БИОМЕХАНИЧЕН ОТГОВОР НА ЕНДОТЕЛНИТЕ КЛЕТКИ ПРИ МЕТАСТАБИЛНИ МИКРОФЛУИДНИ КРЪВНИ ПОТОЦИ В IN VIVO И IN VITRO УСЛОВИЯ“
16.30 - 16.50	Б. ПЪРВАНОВА: „СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧНИЯТ МЕТОД „REAL-TIME HEMOLYSIS ASSAY“ И НЕГОВИ ВЪЗМОЖНИ ПРИЛОЖЕНИЯ“

ЗАЛА „ПАНОРАМА“ – ЕТАЖ VII	
	СЕКЦИЯ 8 ФИЗИКОХИМИЯ И ФИЗИКА НА ЖИВАТА МАТЕРИЯ
9.30 - 9.50	А. ИВАНОВА: „ИЗБОР С МОЛЕКУЛНА ДИНАМИКА НА ЛИГАНДИ-ВЕКТОРИ ЗА НАСОЧЕНА ДОСТАВКА НА ДОКСОРУБИЦИН“
9.50 - 10.10	И. ЛЕСИГЯРСКА: „МОЛЕКУЛНО-ДИНАМИЧНИ СИМУЛАЦИИ НА КОМПЛЕКСИ НА ДНК-ГИРАЗА ОТ <i>Mycobacterium tuberculosis</i> ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА ПОТЕНЦИАЛНА ПРОТИВОТУБЕРКУЛОННА АКТИВНОСТ НА ПРИРОДНИ ПРОДУКТИ ОТ ВИДОВЕ <i>Rubia</i> “
10.10 - 10.30	П. ПЕТКОВ: „САМООРГАНИЗАЦИЯ НА АНТИМИКРОБНИ ПЕПТИДИ В РАЗТВОР“
10.30 - 11.00	<u>КАФЕ ПАУЗА</u>
11.00 - 11.20	Е. ЛИЛКОВА: „РАЦИОНАЛЕН ДИЗАЙН НА ИНХИБИТОРИ НА ПРОТЕИНИ НА ВИРУСА SARS-CoV-2“
11.20 - 11.40	П. СИРАКОВА: „IN SILICO ОТБОР НА МОЛЕКУЛНИ МАТРИЦИ ЗА ТРАНСПОРТ НА ПЕПТИДНИ АПТАМЕРИ“
11.40 - 12.00	А. МИЛЧЕВ: „ВЛИЯНИЕ НА ЛАМИНАРНИЯ ПОТОК ВЪРХУ НАЛИЧНИ ВЪЗЛИ В ПРОТЕИНИ И ПОЛИМЕРНИ МАКРОМОЛЕКУЛИ“
12.00 - 13.00	<u>ОБЕДНА ПОЧИВКА</u>
13.00 - 13.20	Б. РАНГЕЛОВ: „ПРЕМИНАВАНЕ НА ВЕЗИКУЛИ ПРЕЗ ТЕСЕН ПРОЦЕП ПОД ДЕЙСТВИЕ НА ФЛУИДЕН ПОТОК-СКЕЙЛИНГОВИ ОТНОШЕНИЯ“
13.20 - 13.40	В. ВИТКОВА: „РЕОЛОГИЧНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ НА КОНЦЕНТРИРАНИ ЕРИТРОЦИТНИ СУСПЕНЗИИ“
13.40 - 14.00	АЛ. ДИМИТРОВ: „КЛЮЧОВА РОЛЯ НА ЕЛЕКТРОГЕННИТЕ ТРАНСПОРТЕРИ В ПОДДРЪЖКАТА НА СЪСТОЯНИЕТО НА ПОКОЙ НА ЖИВАТА КЛЕТКА“
14.00 - 14.20	С. ХРИСТОВА: „МЕЖДУМОЛЕКУЛНИ ЕЛЕКТРОСТАТИЧНИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В МОНОСЛОЙ ОТ ЦИТОХРОМ C ВЪРХУ МОНТОРИЛОНИТОВА АЛУМОСИЛИКАТНА ПОВЪРХНОСТ: ПОЛОЖИТЕЛЕН КООПЕРАТИВЕН ЕФЕКТ“
14.20 - 14.40	А. ЙОРДАНОВА: „ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ НА ДЕНДРИМЕРИ С ДОКАЗАНИ БАКТЕРИЦИДНИ СВОЙСТВА С МОДЕЛНИ ЛИПИДНИ МЕМБРАННИ СИСТЕМИ“
14.40 - 15.00	Д. БЕНКОВА: „ХИТОЗАН-БАЗИРАНИ ХИБРИДНИ НАНОМАТЕРИАЛИ: ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С БИОМИМЕТИЧНИ МЕМБРАНИ“
15.00 - 15.30	<u>КАФЕ ПАУЗА</u>
15.30 - 15.50	Р. АНГЕЛОВА: „БИОГЕННИ ЖЕЛЕЗНИ ОКСИДИ И КАЛЪФНИ СТРУКТУРИ ОТ LERTOTHRIX SP. ЗА ПРИЛОЖЕНИЕ В НАНОТЕХНОЛОГИИТЕ, БИОТЕХНОЛОГИИТЕ И БИОМЕДИЦИНАТА“
15.50 - 16.10	Р. ХАЗАРОСОВА: „РЕЗВЕРАТРОЛЪТ ПОВЛИЯВА ДИФЕРЕНЦИРАНО ЛИПИДНАТА ПОДРЕДЕНОСТ И ОРГАНИЗАЦИЯ В МОНОЕНАСИТЕНИ И ПОЛИЕНАСИТЕНИ ФОСФАТИДАХОЛИН-СЪДЪРЖАЩИ БИОМИМЕТИЧНИ МЕМБРАНИ“
16.10 - 16.30	В. ЙОРДАНОВА: „ВЛИЯНИЕ НА БИОЛОГИЧНО АКТИВНИ ОКИСЛЕНИ ЛИПИДИ ВЪРХУ СТРУКТУРНАТА ОРГАНИЗАЦИЯ И АКТИВНОСТТА НА ФОСФОЛИПАЗА A2 ВЪВ ФОСФАТИДАХОЛИНОВИ МОДЕЛНИ МЕМБРАНИ“
16.30 - 16.50	А. НЕШЕВА: „ВЛИЯНИЕ НА КОНВЕНЦИОНАЛНИ ЦИТОСТАТИЦИ И РАСТИТЕЛНИ ЕКСТРАКТИ ВЪРХУ КЛЕТЪЧНАТА МЕМБРАНА В МОДЕЛ НА РАК НА ГЪРДАТА“

IV-ТИ НАЦИОНАЛЕН КОНГРЕС ПО ФИЗИЧЕСКИ НАУКИ

16.50 – 17.10	Г. СТАНЕВА: „БИОФИЗИЧНИ ПОДХОДИ ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА ВЗАИМОДЕЙСТВИЕТО НА АМИЛОИД-БЕТА ОЛИГОМЕРИ С ЧОВЕШКИ ЕРИТРОЦИТИ“
17.10 – 17.30	П. ДОЛАШКА: „ЗЕЛЕН СИНТЕЗ НА АНТИМИКРОБНИ CUONPs ОТ СЛУЗ ОТ ГРАДИНСКИ ОХЛЮВ CORNU ASPERSUM И АСКОРБИНОВА КИСЕЛИНА“
ЗАЛА „ВИХРЕН“ – ЕТАЖ II	
17.00 – 18.30 ПОСТЕРНА СЕСИЯ №2	
	СЕКЦИЯ 1 АТОМНА ФИЗИКА, ЯДРЕНА ФИЗИКА И ФИЗИКА НА ЕЛЕМЕНТАРНИТЕ ЧАСТИЦИ
1	Г. МИТЕВ: „СИСТЕМА ЗА РАДИАЦИОННО НАБЛЮДЕНИЕ НА GEM КАМЕРИТЕ НА CMS“
2	Р. ГЕНЧЕВА: „СИМУЛАЦИЯ НА ХИПОТЕТИЧНА НАДПРОЕКТНА АВАРИЯ В ММР С КОМПЮТЪРЕН КОД ASTEC“
	СЕКЦИЯ 5 ФИЗИКА НА ЗЕМЯТА, АТМОСФЕРАТА И ОКЕАНИТЕ
3	Х. КИРОВА: „ПРЕНОС НА ПУСТИНЕН ПРАХ – АНАЛИЗ НА ПРОЛЕТЕН ЕПИЗОД“
4	Н. НЕЙКОВА: „ВРЪЗКА НА КОНЦЕНТРАЦИИТЕ НА НЯКОИ АТМОСФЕРНИ ЗАМЪРСИТЕЛИ И МЕТЕОРОЛОГИЧНИТЕ УСЛОВИЯ В СОФИЯ“
5	Г. ЦЕКОВ: „ИЗМЕРВАНЕ НА КОНЦЕНТРАЦИЯТА НА ЧЕРЕН ВЪГЛЕРОД В АТМОСФЕРЕН ГРАНИЧЕН СЛОЙ“
6	С. ГЕШЕВ: „СРАВНЕНИЕ НА МЕТЕОРОЛОГИЧНИ ПРЕПРОЦЕСОРИ ЗА ДИСПЕРСИОННИ МОДЕЛИ“
7	В. МАНЕВА-ПЕТРОВА: „ВАЛИДАЦИЯ НА МЕТОДИ ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ НА КОМПОНЕНТИТЕ НА СЛЪНЧЕВА РАДИАЦИЯ ПО МОДЕЛНИ ДАННИ ОТ МОДЕЛ WRF И СПЪТНИКОВИ ДАННИ“
8	Ц. ДИМИТРОВ: „АНАЛИЗ НА СИНОПТИЧНИТЕ И МЕТЕОРОЛОГИЧНИТЕ УСЛОВИЯ И СИМУЛАЦИЯ НА ПОЛЕТО НА ВЯТЪРА ПО ВРЕМЕ НА ДВЕ СИЛНИ БУРИ В НАЙ-ВИСОКИТЕ РАЙОНИ НА ЦЕНТРАЛЕН БАЛКАН“
9	Ц. ДИМИТРОВ: „МИКРОКЛИМАТ НА АРХИВОХРАНИЛИЩЕТО В НАЦИОНАЛНИЯ ИНСТИТУТ ПО МЕТЕОРОЛОГИЯ И ХИДРОЛОГИЯ ПРЕЗ ТОПЛОТО ПОЛУГОДИЕ“
10	В. ГЕОРГИЕВА: „ВАРИАЦИИ В ТЕМПЕРАТУРАТА НА МОРСКАТА ВОДА КРАЙ ШАБЛА“
11	Д. КОЛЕВА: „ГОДИШЕН И СЕЗОНЕН ХОД НА ЧЕСТОТАТА НА МЪЛНИИТЕ НАД БЪЛГАРСКОТО ЧЕРНОМОРСКО КРАЙБРЕЖИЕ“
12	С. ПЕНЧЕВ: „ЛИДАР НА ДИФЕРЕНЦИАЛНА АБСОРБЦИЯ ЗА СОНДИРАНЕ НА ПАРНИКОВИ ГАЗОВЕ С ШИРОКОСПЕКТЪРНИ ЛАЗЕРНИ ДИОДИ И МЕТОД НА КОРЕЛАЦИОННА СПЕКТРОСКОПИЯ“
13	Ц. ЕВГЕНИЕВА: „ИНДИКАЦИИ ЗА ПРЕМИНАВАНЕ НА ПРАХ ОТ САХАРА НАД ГРАД СОФИЯ ВЪЗ ОСНОВА НА АНАЛИЗ НА ПРИЗЕМНИТЕ МАСОВИ КОНЦЕНТРАЦИИ НА ФИНИ ПРАХОВИ ЧАСТИЦИ“
14	Е. ТОНЧЕВА: „ФОТОМЕТРИЧНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА АЕРОЗОЛНАТА КЛИМАТОЛОГИЯ И ТИПОЛОГИЯ НАД ГРАД СОФИЯ В ПЕРИОДА 2020-2024 Г.“
15	А. ВЪЛКОВА: „КОМПЛЕКСНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА АТМОСФЕРНИТЕ АЕРОЗОЛИ НАД ГРАД СОФИЯ ПО ВРЕМЕ НА ЗИМЕН ПРЕНОС НА ПУСТИНЕН ПРАХ ОТ САХАРА“
16	С. ДОСЕВ: „ДИСТАНЦИОННО СОНДИРАНЕ НА ДИМ ОТ КАНАДСКИ ГОРСКИ ПОЖАРИ В АТМОСФЕРАТА НАД ГРАД СОФИЯ“
17	Е. ПАНДУРСКА: „ТЕКУЩО СЪСТОЯНИЕ НА СЕИЗМИЧНАТА МРЕЖА НА СОФИЙСКИ УНИВЕРСИТЕТ“

	СЕКЦИЯ 6 АСТРОНОМИЯ И АСТРОФИЗИКА
18	Р. ЗАМАНОВ: „ПОВТОРНИТЕ НОВИ RS ORN И T CRB, И ТЕХНИЯ МИНИМУМ ПРЕДИ ИЗБУХВАНЕ“
19	М. ТОМОВА: „ИЗСЛЕДВАНЕ НА BF CYGNI ПО ВРЕМЕ НА ИЗБУХВАНЕТО Й ПРЕЗ 2017 Г.“
20	М. ДЕЧЕВ: „СЪВМЕСТЕН НАУЧНО-ИЗСЛЕДОВАТЕЛСКИ ПРОЕКТ "ACTIVE EVENTS ON THE SUN. CATALOGS OF PROTON EVENTS AND ELECTRON SIGNATURES IN X-RAY, UV AND RADIO DIAPASON. INFLUENCE OF COLLISIONS ON OPTICAL PROPERTIES OF DENSE HYDROGEN PLASMA“
	СЕКЦИЯ 7 МЕДИЦИНСКА ФИЗИКА И БИОФИЗИКА
21	Ц. ШАЛАМАНОВА: „АКУТНИ ЕФЕКТИ ПРИ ЦЕЛОТЕЛЕСНО ОБЛЪЧВАНЕ С ВИСОКО-ЧЕСТОТНИ И НИСКО-ИНТЕНЗИВНИ ЕЛЕКТРОМАГНИТНИ ПОЛЕТА ПРИ ХОРА“
22	С. ФЕДЕРЧЕВ: „АНТИОКСИДАНТЕН ПОТЕНЦИАЛ НА ПОЛИДОПАМИНОВИ НАНОЧАСТИЦИ: ЕФЕКТ В СИСТЕМИ С АКТИВНИ ФОРМИ НА КИСЛОРОДА“
23	В. МАЛАР РАДЖЕШ: „МОЛЕКУЛНИ МЕХАНИЗМИ НА ЗАРАЗНОСТТА НА ИНДИЙСКИЯ ВАРИАНТ НА SARS-COV-2“
24	М. КОНСТАНТИНОВА: „ЛУМИНЕСЦЕНТНИ МЕТОДИ КАТО СРЕДСТВО ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА ВЪЗДЕЙСТВИЕТО НА РЕГУЛАТОРНИТЕ ФОТОЗАЩИТНИ МЕХАНИЗМИ В ХЕТЕРОФИЛНО РАСТЕНИЕ: NEDERA HELIX L. (БРЪШЛЯН)“
25	А. ВЕЛКОВА: „БИОАКТИВНИ КОМПОНЕНТИ ОТ ОХЛЮВИ ИЛИ НОВО ПОКОЛЕНИЕ АНТИМИКРОБНИ ТЕРАПЕВТИЦИ“
26	М. КАЛАЯНОВ: „НЕВРОБИОФИЗИЧЕН ПОДХОД ПРИ ИЗСЛЕДВАНЕ НА СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛНИТЕ ПРОМЕНИ В ОБЛАСТТА НА CAUDATE PUTAMEN НА МОЗЪКА НА ПЛЪХ – В УСЛОВИЯТА НА ЛОКАЛНО ИНХИБИРАНЕ НА ДОПАМИНЕРГИЧНИТЕ РЕЦЕПТОРИ“
27	А. КАМЕНСКА: „НЕВРОБИОФИЗИЧЕН ПОДХОД ПРИ ИЗСЛЕДВАНЕ НА СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛНИ ПРОМЕНИ В ПАРИЕТАЛНИЯ ЛОБ НА МОЗЪКА НА ПЛЪХ ПРИ ЛОКАЛНО ИНХИБИРАНИ GLUT РЕЦЕПТОРИ“
28	Б. АНТОНОВА: „ТЕРМОДИНАМИЧНИ ПРОМЕНИ В ЛИКВОРНИЯ ПРОТЕОМ В ХОДА НА МЕНИНГЕАЛЕН РЕЦИДИВ НА ОСТРА ЛИМФОБЛАСТНА ЛЕВКЕМИЯ“
29	М. ИВАНОВА: „ПРОМЕНИ В ТЕРМОДИНАМИЧНИТЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ПРОТЕОМА ПРИ ПАЦИЕНТ С МИАСТЕНЕН СИНДРОМ СЛЕД ПРИЕМ НА ПЕМБРОЛИЗУМАБ“
30	А. ИСААКИДИС: „СРАВНИТЕЛЕН АНАЛИЗ НА ПРОМЕНЕТЕ В СПЕКТРАЛНИТЕ И ТЕРМОДИНАМИЧНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ГЛИКИРАН И НЕГЛИКИРАН ЧОВЕШКИ СЕРУМЕН АЛБУМИН“
31	М. СТЕФАНОВА: „АНТИБАКТЕРИАЛНА АКТИВНОСТ НА НАНОПОКРИТИЯ ОТ AZO И ZNO“
32	Д. НЕНЧЕВА-ТОНИНИ: „ЯМР С МНОГО НИСКО МАГНИТНО ПОЛЕ ЗА НЕДОНОСЕНИ БЕБЕТА“
	СЕКЦИЯ 10 ИСТОРИЯ НА ФИЗИКАТА
33	Г. КАМИШЕВА: „ДАТИРАНЕ ДРЕВНАТА ИСТОРИЯ НА БЪЛГАРИТЕ“

9 ОКТОМВРИ 2024 Г. (СРЯДА)

ЗАЛА „МУСАЛА“ – ЕТАЖ II	
	СЕКЦИЯ 4 ФОТОНИКА
9.30 - 9.50	К. ГЕОРГИЕВ: „ТЕРМИЧНИ СВОЙСТВА НА НЕПОДРЕДЕНИ ЛАЗЕРНИ КРИСТАЛИ, ЛЕГИРАНИ С УВ ЗА ПРИЛОЖЕНИЯ С ВИСОКА ПИКОВА И СРЕДНА МОЩНОСТ“
9.50 - 10.10	Л. НЕДЕЛЧЕВ: „АЗОПОЛИМЕРНИ И АЗОПОЛИМЕР-БАЗИРАНИ НАНОКОМПОЗИТНИ МАТЕРИАЛИ ЗА ПРИЛОЖЕНИЯ В ПОЛЯРИЗАЦИОННАТА ХОЛОГРАФИЯ И ФОТОНИКАТА“
10.10 - 10.30	Т. ДРАЙШУ: НАЦИОНАЛЕН КОМПЛЕКС ASTRIS В ИНСТИТУТ ПО ЕЛЕКТРОНИКА-БАН: 50 ГОДИНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ НА АТМОСФЕРНИТЕ АЕРОЗОЛИ В ЛАБОРАТОРИЯ „ЛАЗЕРНА ЛОКАЦИЯ“
10.30 - 11.00	<u>КАФЕ ПАУЗА</u>
11.00 - 11.20	К. ТЕМЕЛКОВ: „МОЩНИ ЛАЗЕРНИ СИСТЕМИ С МЕТАЛНИ ПАРИ ГЕНЕРИРАЩИ ЛАЗЕРНО ЛЪЧЕНИЕ С ВИСОКО КАЧЕСТВО В СРЕДНАТА ИНФРАЧЕРВЕНА, ВИДИМАТА И УЛТРАВИОЛЕТОВАТА СПЕКТРАЛНИ ОБЛАСТИ“
11.20 - 11.40	Т. ТЕНЕВ: „ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ОПТИЧНИ КОНСТАНТИ НА ТЪНКИ ОПТИЧНИ СЛОЕВЕ С ЦЕЛ ПРОЕКТИРАНЕ НА МНОГОСЛОЙНИ ОПТИЧНИ ПОКРИТИЯ“
11.40 - 12.00	В. МАРИНОВА: „ФУНКЦИОНАЛНИ НАНОМАТЕРИАЛИ ЗА ПРИЛОЖЕНИЯ ВЪВ ФОТОНИКАТА И ОПТОЕЛЕКТРОНИКАТА“
12.00 - 13.00	<u>ОБЕДНА ПОЧИВКА</u>
13.00 - 13.20	А. ДРАЙШУ: „ФОРМИРАНЕ НА ЛАЗЕРНИ СНОПОВЕ ЧРЕЗ ПОДХОДИ ОТ СИНГУЛЯРНАТА ОПТИКА“
13.20 - 13.40	Л. АЛЕКСАНДРОВ: „ВЛИЯНИЕ НА WO ₃ ВЪРХУ СТРУКТУРАТА И ЛУМИНЕСЦЕНТНИТЕ СВОЙСТВА НА ЦИНК-БОРАТНИ СЪГЛА“
13.40 - 14.00	К. ГЕОРГИЕВ: „СИЛИЦИЕВИ МЕТАПОВЪРХНОСТИ ЗА НАПЪЛНО ОПТИЧЕН КОНТРОЛ НА СВЕТИЛНИ СИГНАЛИ“
14.00 - 14.20	Л. СТОЯНОВ: „ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ДЕМОНИСТРИРАНЕ НА КОНТРОЛИРАНО РАЗЦЕПВАНЕ НА ФЕМТОСЕКУНДЕН ЛАЗЕРЕН СНОП, СПЕКТРАЛНО РАЗШИРЕНИЕ НА ИМПУЛСИТЕ И КОХЕРЕНТНО РЕКОМБИНИРАНЕ НА СНОПА“
14.20 - 14.40	Н. ДИМИТРОВ: „ПОЛУЧАВАНЕ НА КВАЗИ-НЕДИФРАГИРАЩ СНОП ЧРЕЗ НЕЛИНЕЙНО ПРЕОБРАЗУВАНЕ НА ОПТИЧНИ ВИХРИ В КОРЕЛАТОР С ИНВЕРТИРАНО ПОЛЕ“
15.00 - 15.20	<u>КАФЕ ПАУЗА</u>
	СЕКЦИЯ 12 ОБРАЗОВАНИЕТО ПО ФИЗИКА
15.20 - 15.40	М. ФИЛИПОВА: „КВАНТОВИТЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИЗКУСТВЕНИЯТ ИНТЕЛЕКТ. ПРЕОБРАЗУВАНЕ НА STEM ОБУЧЕНИЕТО И ЗНАЧЕНИЕТО НА КВАЛИФИКАЦИЯТА НА УЧИТЕЛИТЕ“
15.40 - 16.00	М. ГАЙДАРОВА: „КОМПЕТЕНТНОСТНИЯТ ПОДХОД В ОБУЧЕНИЕТО ПО ФИЗИКА“

16.00 – 16.20	С. КОСТАДИНОВА: „ИНТЕРДИСЦИПЛИНАРНИ УРОЦИ ПО ФИЗИКА И МАТЕМАТИКА: ОСНОВНИ ДЕФИНИЦИИ, МЕТОДИ И ПОДХОДИ“
16.20 – 16.40	Н. СТАМЕНОВ: „НАУКА В РУЛО ТОАЛЕТНА ХАРТИЯ“
16.40 – 17.00	Ф. КУНИС: „УСЪВЪРШЕНСТВАНЕ НА ОБУЧЕНИЕТО ПО ФИЗИКА ЧРЕЗ ИЗКУСТВЕН ИНТЕЛЕКТ: НАСТОЯЩИ ПРИЛОЖЕНИЯ И БЪДЕЩИ ХОРИЗОНТИ“
ЗАЛА „РУЕН“ – ЕТАЖ II	
СЕКЦИЯ 5	
ФИЗИКА НА ЗЕМЯТА, АТМОСФЕРАТА И ОКЕАНИТЕ	
9.30 - 9.50	Е. БЪЧВАРОВА: „МЕТЕОРОЛОГИЧНИ УСЛОВИЯ И КЛИМАТ В ГРАДСКИ, КРАЙБРЕЖНИ И АРКТИЧЕСКИ РАЙОНИ“
9.50 - 10.10	Е. ПЕНЕВА: „ПРОМЕНИ В РЕЖИМА НА ВАЛЕЖИТЕ НАД БАЛКАНСКИЯ ПОЛУОСТРОВ ЗА ПЕРИОДА 1901-2021“
10.10 - 10.30	Л. БОЧЕВА: „КЛИМАТИЧНИ ВАРИАЦИИ И ОЦЕНКИ НА ЕКСТРЕМНИ МЕТЕОРОЛОГИЧНИ ЯВЛЕНИЯ: ГОРЕЩИ ВЪЛНИ И ПОРОЙНИ ВАЛЕЖИ“
10.30 - 11.00	<u>КАФЕ ПАУЗА</u>
11.00 - 11.20	Х. ЧЕРВЕНКОВ: „ОЦЕНКА НА ТЕЖЕСТТА НА ГОРЕЩИТЕ ВЪЛНИ В ЮГОИЗТОЧНА ЕВРОПА ЧРЕЗ ФАКТОРА НА ИЗЛИШНАТА ТОПЛИНА“
11.20 - 11.40	Н. НЕЙКОВ: „КВАНТИЛНИ И АДИТИВНИ МОДЕЛИ НА ДНЕВНАТА МИНИМАЛНА И МАКСИМАЛНА ТЕМПЕРАТУРА В БЪЛГАРИЯ С АТМОСФЕРНАТА ЦИРКУЛАЦИЯ“
11.40 - 12.00	А. СТОЙЧЕВА: „ПРОГНОЗАТА ЗА ВРЕМЕТО В НИМХ – СЪВРЕМЕННО СЪСТОЯНИЕ И ПРЕДИЗВИКАТЕЛСТВА“
12.00 - 13.00	<u>ОБЕДНА ПОЧИВКА</u>
13.00 - 13.20	Х. ЧЕРВЕНКОВ: „ПРОЕКТНО БЪДЕЩО ЗАТОПЛЯНЕ НАД ЮГОИЗТОЧНА ЕВРОПА В КОНТЕКСТА НА ПАРИЖКОТО СПОРАЗУМЕНИЕ НА UNFCCC“
13.20 - 13.40	А. СТОЙЧЕВА: „ПУСТИНЕН ПРАХ – ПРОГНОЗИ ЗА СТРАНАТА И МЕТОДИКА ЗА ОЦЕНКА НА ВЛИЯНИЕТО МУ ВЪРХУ АТМОСФЕРНИЯ ВЪЗДУХ“
13.40 - 14.00	Е. ХРИСТОВА: „ИЗСЛЕДВАНЕ СЪДЪРЖАНИЕТО НА ВЪГЛЕРОД И НЯКОИ ЗНАЧИМИ ВЪГЛЕВОДОРОДИ ВЪВ ФПЧ2.5 В ГРАДСКА СРЕДА“
14.00 - 14.20	Л. ВЪЛЧЕВА: „ХИМИЧЕСКИ СЪСТАВ НА ВАЛЕЖИТЕ В РАЙОНА НА ЮЖНОТО ЧЕРНОМОРИЕ НА БЪЛГАРИЯ – НЯКОИ РЕЗУЛТАТИ ЗА ПЕРИОДА 2011-2020“
14.20 - 14.40	Т. ИЛИЕВА: „ПРОУЧВАНЕ НА ПРОМЕНЕТЕ В СЕЗОННИЯ ЦИКЪЛ НА ПОВЪРХНОСТНАТА ТЕМПЕРАТУРА В ЮГОИЗТОЧНА ЕВРОПА“
14.40 - 15.00	ПРЕДСТАВЯНЕ НА ПОСТЕРИТЕ В СЕКЦИЯ 5
15.00 - 15.20	<u>КАФЕ ПАУЗА</u>

ЗАЛА „ПАНОРАМА“ – ЕТАЖ VII	
	СЕКЦИЯ 9 ТЕОРЕТИЧНА И МАТЕМАТИЧНА ФИЗИКА
9.30 - 9.50	В. ДОБРЕВ: „КАНОНИЧНА КОНСТРУКЦИЯ НА ИНВАРИАНТНИ ДИФЕРЕНЦИАЛНИ ОПЕРАТОРИ“
9.50 - 10.10	Ц. ВЕЦОВ: „ТЕРМОГЕОМЕТРИЧНА ОПТИМИЗАЦИЯ НА ADS ЧЕРНИ ДУПКИ“
10.10 - 10.30	Д. СТАЙКОВА: „ПРОУЧВАНЕ ЗА НАРУШАВАНЕ НА ИНВАРИАНТНОСТТА НА ЛОРЕНЦ В ДОМИНИРАНАТА ОТ PANTHEON PLUS КОСМОЛОГИЯ“
10.30 - 11.00	<u>КАФЕ ПАУЗА</u>
11.00 - 11.20	Х. ШАМАТИ: „МЕТОД НА ТОЧНА ДИАГНОАЛИЗАЦИЯ ЗА МАГНИТНИ МОЛЕКУЛИ“
11.20 - 11.40	Б. ОБРЕШКОВ: „ГЕНЕРИРАНЕ НА ВИСОКИ ХАРМОНИЧНИ В ТВЪРДИ ТЕЛА“
11.40 - 12.00	Л. ГИГОВ: „СФЕРИ НА ХАЛДЕЙН“
12.00 - 13.00	<u>ОБЕДНА ПОЧИВКА</u>
13.00 - 13.20	П. ДАНЕВ: „ЧИСЛЕНО МОДЕЛИРАНЕ НА ПРЕХОД НА МЮОНИ ОТ ВОДОРОД КЪМ КИСЛОРОД“
13.20 - 13.40	Я. БОРАДЖИЕВ: „ВЛИЯНИЕ НА ВИБРАЦИИТЕ И РОТАЦИИТЕ НА КИСЛОРОДНИТЕ МОЛЕКУЛИ ВЪРХУ СКОРОСТТА НА ПРЕДАВАНЕ НА МЮОНИ ОТ МЮОНЕН ВОДОРОД КЪМ КИСЛОРОД“
13.40 - 14.00	В. ПАВЛОВ: „КВАНТОВА МЕТРОЛОГИЯ В ДИСИПАТИВНА КОЛЕКТИВНА СПИНОВА СИСТЕМА“
14.00 - 14.20	Й. ЧОРБАДЖИЙСКА: „КВАНТОВА ИНФОРМАЦИЯ НА ФИШЕР В ЕРГОДНИ КВАНТОВИ СИСТЕМИ-ПОДХОД СЪС СЛУЧАЙНИ МАТРИЦИ“
14.20 - 14.40	Х. ТОНЧЕВ: „СРАВНЕНИЕ НА СТАБИЛНОСТТА НА АЛГОРИТМИТЕ ЗА ТЪРСЕНЕ НА ГРОВЕР И КТСР ПРИ ПОЛЗВАНЕ НА МНОГО-ФАЗОВО СЪГЛАСУВАНЕ“
14.40 - 15.00	Х. ТОНЧЕВ: „БЪРЗИ И ВИСОКОКАЧЕСТВЕНИ КОМПОЗИТНИ ГЕЙТОВЕ В СВРЪХПРО-ВОДЯЩИ КЮБИТИ“
15.00 - 15.20	<u>КАФЕ ПАУЗА</u>

ЗАЛА “МУСАЛА” – ЕТАЖ II
17.00 ЗАКРИВАНЕ НА КОНГРЕСА

IV НАЦИОНАЛЕН КОНГРЕС ПО ФИЗИЧЕСКИ НАУКИ

07-09.10.2024 г.

Секция 1

Атомна физика, ядрена физика и
физика на елементарните частици

Председател: проф. дфн Николай Минков (ИЯИЯЕ-БАН)

Координатор: доц. д-р Венелин Кожухаров, (ФзФ-СУ)

Устни доклади

1. **В. Георгиев:** „Big-Bang nucleosynthesis within the scale invariant vacuum paradigm“
2. **Й. Кацаров:** „Нов подход за изследване на изоскаларния гигантски монополен резонанс“
3. **К. Друмев:** „Описание на нисколежаща колективна структура в четно-четни ядра в рамките на обобщен алгебричен микроскопичен подход в слоестия модел“
4. **Д. Михайлов:** „Изучаване на фемтоскопия и коалесценция с ALICE @ LHC“
5. **Р. Хаджийска:** „Мюонна система на експеримента CMS-работа през текущия набор на данни Run 3 и модернизация на системата за предстоящата фаза на висока светимост HL-LHC“
6. **Р. Симеонов:** „The new forward calorimeter of the ALICE experiment“
7. **И. Русинов:** „Програмируем модул за изпитване на характеристиките на амплитудните анализатори на импулси“
8. **Т. Иванов:** „Изследване на характеристиките на разпада $B_s^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$ “
9. **А. Петров:** „RPC подсистемата на експеримента CMS“
10. **М. Пехливанова:** „Автоматизиране на процеса на определяне на работното напрежение на камерите със съпротивителна плоскост на експеримента CMS“
11. **К. Димитрова:** „Реконструкция на сигнали в електромагнитния калориметър на експеримента PADME чрез машинно обучение“
12. **С. Иванов:** „Searching for X17 with PADME“

Постерни доклади

1. **Г. Митев:** „Система за радиационно наблюдение на GEM камерите на CMS“
2. **Р. Генчева:** „Симулация на хипотетична надпроектна авария в MMP с компютърен код ASTEC“

Big-Bang Nucleosynthesis within the Scale Invariant Vacuum Paradigm

Vesselin G. Gueorguiev^{1,2}, Andre Maeder³

¹*Institute for Advanced Physical Studies, Sofia, Bulgaria*

²*Ronin Institute for Independent Scholarship, Montclair, NJ, USA*

³*Geneva Observatory - chemin des Maillettes 51, CH-1290 Sauverny, Switzerland*

The Scale Invariant Vacuum (SIV) paradigm [1,2] is applied to the Big-Bang Nucleosynthesis using the known analytic expressions for the expansion factor «a» and the plasma temperature T as functions of the SIV time τ since the Big-Bang when $a(\tau = 0) = 0$ [3]. The results are compared to the known standard BBNS model as calculated with the PRIMAT code [4]. Overall, we find that smaller than usual baryon and non-zero dark matter content, by a factor of three to five times reduction, result in compatible to the standard reproduction of the light elements abundances [5].

Теорията за инвариантния вакуум (SIV) [1,2] е приложена към нуклеосинтезиса след Големия взрив, използвайки известните аналитични изрази за фактора на разширение «a» и температурата на плазмата T като функции на SIV времето τ от Големия взрив, когато $a(\tau = 0) = 0$ [3]. Резултатите са сравни със стандартен модел на нуклеосинтезиса изчислени с кода PRIMAT [4]. Като цяло резултатите показват по-малко от обичайното количество бариони и съдържание на тъмна материя, с фактор на намаление от три до пет пъти, води до съвместимо със стандартния модел за възпроизвеждане на количествата от леките елементи [5].

- [1] Maeder, A., Gueorguiev, V. G., Action Principle for Scale Invariance and Applications (Part I), *Symmetry* Vol 15, Issue 11, p. 1966 (2024).
- [2] Gueorguiev, V. G., Maeder, A., The Scale-Invariant Vacuum Paradigm: Main Results and Current Progress Review (Part II). *Symmetry* Vol 16, Issue 6, p. 657 (2024).
- [3] A. Maeder, Evolution of the early Universe in the scale invariant theory, *arXiv e-Print*: 1902.10115 (2019).
- [4] Pitrou, C., Coc, A., Uzan, J.-P., Vangioni, E. Precision big bang nucleosynthesis with improved Helium-4 predictions, *Physics Reports* Vol 754, pp. 1–66 (2018).
- [5] Gueorguiev, V. G., Maeder, A., Big-Bang Nucleosynthesis within the Scale Invariant Vacuum Paradigm, *arXiv e-print* 2307.04269 (2023).

A new approach for studying the isoscalar giant monopole resonance

Mitko Gaidarov^{1,2}, Martin Ivanov¹, Yordan Katsarov¹, Anton Antonov¹

¹*Institute for Nuclear Research and Nuclear Energy,
Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria*

²*South-West University "Neofit Rilski", Blagoevgrad, Bulgaria*

A systematic study of the isoscalar giant monopole resonance (ISGMR) in spherical and deformed nuclei from various isotopic chains is performed within the microscopic self-consistent Skyrme HF+BCS method and coherent density fluctuation model. The calculations for the incompressibility in finite nuclei are based on the Brueckner energy density functional for nuclear matter. The good agreement achieved between the calculated centroid energies of the ISGMR and their recent experimental values for various nuclei demonstrate the relevance of the proposed theoretical approach. The latter can be applied to analyses of neutron stars properties, such as incompressibility, symmetry energy, slope parameter, and other astrophysical quantities.

Нов подход за изследване на изоскаларния гигантски монополен резонанс

Митко Гайдаров^{1,2}, Мартин Иванов¹, Йордан Кацаров¹, Антон Антонов¹

¹*Институт за Ядрени Изследвания и Ядрена Енергетика,
Българска Академия на Науките, София, България*

²*Югозападен университет "Неофит Рилски", Благоевград, България*

В рамките на микроскопичния самосъгласуван метод на Хартри-Фок с отчитане на корелации на сдвояване и ефективни сили на Скирм и модела на кохерентни флуктуации на плътността е проведено систематично изследване на изоскаларния гигантски монополен резонанс в сферични и деформирани ядра от различни изотопични вериги. Пресмятанията на асиметричната несвиваемост в тези ядра се основават на енергетичния функционал на плътността на Брукнер за ядрена материя. Доброто съгласие, постигнато между получените енергии на възбуждане на гигантския монополен резонанс и техните наскоро измерени експериментални стойности за различните ядра, показва правилния избор на предложени теоретичен подход. Получените резултати могат да се приложат за анализи на свойствата на неутронните звезди, такива като несвиваемост, енергия на симетрия, параметър на наклона и други астрофизични величини.

Description of Low-Lying Collective Structure in Even-Even Nuclei within a Generalized Algebraic Microscopic Shell Model Approach*Kalin P. Drumev¹**¹Institute of Nuclear Research and Nuclear Energy, Bulgarian Academy of Sciences, 1784 Sofia, Bulgaria*

We present results for the low-lying collective structure, and more specifically, for the excitation spectra and the energy eigenstates in even-even nuclei obtained in a mixed-mode basis set of the pairing and the rotational eigenstates treated as symmetry-related modes of possibly equal importance for the system. The Hamiltonian consists of the harmonic oscillator as a simple mean field and the (isoscalar and isovector) pairing plus the quadrupole-quadrupole terms as the most important short- and long-range part of the residual interaction. The possibility that the existing symmetries of the nucleus imply a more universal truncation scheme for the successful description of the low-lying structure will be revealed and explained. We also discuss the possibility for and the degree of success in the use of the two modes for the microscopic description of various important collective modes of excitation as their simple combination.

Описание на Нисколежаща Колективна Структура в Четно-Четни Ядра в Рамките на Обобщен Алгебричен Микроскопичен Подход в Слоестия Модел*Калин П. Друмев¹**¹Институт за Ядрени Изследвания и Ядрена Енергетика, Българска Академия на Науките, 1784 София, България*

Представени са резултати за ниско разположената колективна структура и по-специално за спектрите на възбуждане и енергийните собствени състояния в четно-четни ядра, получени в базис на смесените моди на собствените състояния на сдвояването и ротационните собствени състояния, третиран като свързани със симетрията моди с възможно еднакво значение за системата. Хамилтонианът се състои от хармоничния осцилатор като просто средно поле и сдвояването (изоскаларно и изовекторно) плюс квадруполно-квадруполните членове като най-важната част от остатъчното взаимодействие на къси и далечни разстояния. Ще бъде разкрита и обяснена възможността съществуващите симетрии на ядрото да предполагат една по-универсална схема на орязване за успешно описание на ниско разположената структура. Също така ще бъде обсъдена възможността за и степента на успех при използването на двете моди за микроскопично описание на различни важни колективни моди на възбуждане като тяхна проста комбинация.

Femtoscopy and coalescence studies in pp collisions using the ALICE detector*Dimitar Mihaylov^{1,2}*¹*SU St. Kliment Ohridski, Bulgaria*²*TU Munich, Germany*

Understanding the formation and stability of matter in our Universe is a central goal of modern physics. This broad topic interconnects multiple fields of physics, including nuclear, particle, and astrophysics. For example, indirect searches for dark matter rely on measurements of anti-nuclei fluxes in low Earth orbit or the upper atmosphere. These searches require a comprehensive understanding of the existing background related to cosmic ray collisions with the interstellar medium. Estimating the amount of antideuteron produced in the interstellar medium is an active research area, achievable through coalescence models. This necessitates a realistic antideuteron wave function and the coalescence probability based on the relative distances and momenta of the constituents. Femtoscopy, a method relating particle correlations to the strong force and the hadron emission source, can provide these ingredients. Moreover, a detailed understanding of the hadron source is crucial for precision studies of the strong force, particularly relevant for the nuclear equation of state (EoS) and modelling of neutron stars.

This presentation will introduce the femtoscopy and coalescence methods, and show the latest experimental measurements from the ALICE collaboration. The impact of these results and future measurements will be discussed.

Фемтоскопия и коалесценция в pp сблъсъци използвайки детектора ALICE*Димитър Михайлов^{1,2}*¹*СУ Климент Охридски, България*²*ТУ Мюнхен, Германия*

Разбирането на формирането и стабилността на материята в нашата Вселена заема централна роля в модерната физика. Тази широка тематика свързва множество сфери, като ядрена физика, физика на елементарните частици и астрофизика. Например, непрякото търсене на тъмна материя разчита на измерването на потока на леки антиядра в ниска Земя орбита или в горната част на атмосферата. Тези изследвания изискват дълбоко разбиране на съществуващия фон, свързан със сблъсъци между космични лъчи с междувездната среда. Моделирането на количеството антидеутерони, образувани в междувездната среда, може да бъде постигнато чрез коалесценция. Това изисква реалистична вълнова функция на антидеутерона, както и вероятността за коалесценция, изчислена като функция на относителните разстояние и импулс на съставните частици. Тези величини могат да бъдат изчислени, използвайки фемтоскопия. Това е техника, която може да изрази корелациите между частици чрез т. нар. адронен източник и силното взаимодействие. Освен това, адронният източник е важен елемент за постигането на прецизни изследвания свързани със силното взаимодействие. От своя страна, това е важно за определянето на ядреното уравнение на състоянието и моделирането на неутронни звезди.

Тази презентация ще предостави въведение във фемтоскопията и коалесценцията и ще покаже последните данни от колаборацията ALICE. Ще бъде дискутирана значимостта на тези резултати, както и плановете за бъдещи измервания.

Muon system at the CMS experiment – performance during the ongoing Run 3 data taking and system upgrade for the future HL-LHC phase

*Roumyana Hadjiiska¹, for the CMS Collaboration
¹Institute for Nuclear Research and Nuclear Energy,
 Bulgarian Academy of Sciences,
 Sofia, Bulgaria*

The Muon system of the CMS experiment is composed by four redundant detector subsystems, providing robustness of the system performance and high quality of the muon reconstruction and triggering. During the ongoing Run 3, CMS is collecting data from proton-proton collisions at center-mass energy of 13.6 TeV and instantaneous luminosity of above $2 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$, delivered by LHC. In parallel, the CMS experiment, and in particular the Muon system, are preparing for the next High Luminosity phase of LHC – also called HL-LHC. The upgrade project is already ongoing and will continue during the next Long Shutdown – LS3. Its successful completion will guarantee the CMS operations at challenging instantaneous luminosity of $5 - 7 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ and collection of data in an amount of 3500 – 4000 fb⁻¹. In this report, a brief summary of the CMS Muon system performance during Run 3 will be given. Details related to the muon upgrade projects will be presented, with a focus on the Bulgarian participation.

Мюонна система на експеримента CMS – работа през текущия набор на данни Run 3 и модернизация на системата за предстоящата фаза на висока светимост HL-LHC

*Румяна Хаджийска¹, за колаборацията CMS
¹Институт за ядрени изследвания и ядрена енергетика,
 Българска академия на науките,
 София, България*

Мюонната система на експеримента CMS е съставена от четири взаимно допълващи се под-системи, като по този начин осигурява стабилност на работата на системата и високо качество на подбора на събития и реконструкция на мюонните трекове. През текущия набор на данни Run 3, CMS регистрира и записва данни от протон-протонни взаимодействия, предоставени от LHC, с енергия в системата на центъра на масите от 13.6 TeV и моментна светимост от около $2 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$. Паралелно с това, експериментът CMS, и в частност мюонната му система, се подготвя за следващата фаза на висока светимост на LHC, т.н. HL-LHC. Планираните дейности по обновяването на експеримента вече са започнали, като ще продължат и през следващия дълъг период за модернизация, т.н. LS3. Успешното завършване на обновяването на CMS ще гарантира неговата работа при моментна светимост от $5 - 7 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$, както и записването на данни в обем от 3500 – 4000 fb⁻¹. В този доклад ще бъде представено кратко обобщение на работата на Мюонната система на CMS по време на текущия Run 3. Ще бъдат представени и детайлите, свързани с модернизацията на системата, с фокус на българското участие в този проект.

The New Forward Calorimeter of the ALICE experiment

*Radoslav Simeonov
Sofia University „St. Kliment Ohridski“*

A new forward calorimeter (FoCal) is planned to be installed for the upgrade of the ALICE detector system during the LHC Long Shutdown 3. FoCal consists of a high-granularity Si+W electromagnetic calorimeter and conventional copper–scintillating fiber hadronic calorimeter. This new detector will cover the pseudorapidity region of $3.2 < \eta < 5.8$ and will provide unique capabilities to probe the gluon distribution in protons and nuclei at small- x . FoCal is in development phase and performance studies are ongoing by exposing detector prototypes to charged particle beams at CERN..

The New Forward Calorimeter of the ALICE experiment

*Радослав Симеонов
Софийски университет „Св. Климент Охридски“*

Нов калориметър за малки ъгли (FoCal) е част от планираното подобрене на детекторната система на ALICE по време на третото спиране на LHC. FoCal се състои от чувствително сегментиран Si+W електромагнитен калориметър и конвенционален адронен калориметър направен от мед и сцинтилационни влакна. Този нов детектор ще покрива зоната на псевдобързина в интервала $3.2 < \eta < 5.8$ предоставяйки уникални възможности за изследване на глюонното разпределение в протони и ядра при малки стойности на Бьоркен- x . FoCal е в процес на разработка, като в момента се извършват тестове с прототипи изложени на йонизиращо лъчение в комплекса CERN.

**Програмируем модул за изпитване на характеристиките на
амплитудните анализатори на импулси**

*Илко Русинов
Софийски университет „Св. Климент Охридски“*

В спектрометричната апаратура на ядрено-физични и други експерименти се използват амплитудни анализатори на импулсите от детекторите, съдържащи аналогово-цифрови преобразуватели. Разглежданият модул дава възможност за оценка на линейността на предавателната характеристика на тези устройства и за извършване на някои необходими настройки. Модулът се състои от аналогова и цифрова част, работеща в различни режими. В аналоговата част е реализиран генератор на периодично линейно изменящо се напрежение. Цифровата част се основава на програмируема схема с висока степен на интеграция от тип FPGA. За описание и симулиране на изгражданата логика се използва езикът VHDL. В един от режимите на работа се използва конфигурираният в програмируемата схема генератор на псевдослучайна последователност от логически състояния. В съчетание с аналоговата част той реализира генератор на импулси с равновероятно разпределение на амплитудата им в определен диапазон от стойности. От спектъра на тези импулси, получен от амплитуден анализатор с голяма статистика, могат да се оценят интегралната и диференциалната нелинейност, характеризиращи преобразуването амплитуда-код, както и да се изследват локални дефекти в предавателната характеристика на анализатора. В работата се коментира принципът на генериране на псевдослучайна логическа последователност чрез използване на преместващи регистри с подходяща обратна връзка. Измерени са експериментални спектри на импулси с фиксирана амплитуда и равномерни спектри. Направено е сравнение с такива получени чрез компютърно моделиране.

Изследване на характеристиките на разпада $B_s^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$

*Тодор Иванов¹ от името на колаборацията CMS
¹Софийски Университет „Св. Климент Охридски“*

Редките B-мезонни разпади предоставят важна информация за изучаването на аномалиите при преходи от типа $b \rightarrow s l^+ l^-$. Разпада $B_s^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$, в частност, е изключително добър пример за процес с прецизни теоретични предсказания и с чиста експериментална сигнатура, което го прави идеален кандидат, като процес за изследвания в областта на Физиката Извън Стандартния Модел. С текущата презентация ние представяме измерване на парциалната вероятност разпад на $B_s^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$ и ефективното време на живот, като B_s^0 са получени при сблъсъци на протон-протонни снопове с енергия в център на масите $\sqrt{s} = 13$ TeV. За измерването са използвани данни събрани с детектора CMS на Големия Адронен Колайдер (LHC) през втория цикъл на набор на данни в периода 2016-2018 година. Данните съответстват на интегрирана светимост от 140 fb⁻¹. Резултатите от измерването показват съвместимост с предсказанията от Стандартния модел стойности.

Measurement of $B_s^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$ decay properties

*Todor Ivanov¹ on behalf of the CMS collaboration
¹Univeristy of Sofia „St. Kliment Ohridski“*

Rare B meson decays provide important input for studies of anomalies in $b b \rightarrow s l^+ l^-$ transitions. The $B_s^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$ is an example of a process with theoretically clean predictions and a clear experimental signature making it a perfect match for BSM physics searches. Here we present a measurement of $B_s^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$ branching fraction and effective lifetime in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV using data collected with the CMS detector through years 2016-2018, corresponding to an integrated luminosity of 140 fb⁻¹. The measurement results are found to be consistent with the SM predictions.

CMS RPS System

Anton Petrov¹, Anton Dimitrov¹, Leandar Litov¹, Borislav Pavlov¹, Peicho Petkov¹, Mihaela Pehlivanova¹, Elton Shumka¹

¹Univeristy of Sofia „St. Kliment Ohridski“

The CMS experiment, located at the Large Hadron Collider (LHC) in CERN collects data at record energies of 13.6 TeV and high instantaneous luminosities (above $2 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$). Identifying and measuring muons as well as triggering on them is crucial for variety of physical analysis and is performed with different detector technologies.

The Resistive Plate Chambers (RPC) system covers both the barrel and endcap parts of the CMS experiment and provides measurements with an excellent timing, covering pseudorapidity $|\eta| < 1.8$.

The CMS RPC system provided complementary information for robust muon triggering, reconstruction, and identification. To ensure stable data taking RPC system is maintained regularly during technical stops. During data taking dedicated calibration and performance studies are performed. In this presentation, the overall performance of the CMS RPC system during the Run-3 period is summarized.

RPC подсистемата на експеримента CMS

Антон Петров¹, Антон Димитров¹, Леандър Литов¹, Борислав Павлов¹, Пейчо Петков¹, Михаела Пехливанова¹, Елтон Шумка¹

¹Софийски Университет „Св. Климент Охридски“, Физически Факултет

Експериментът CMS събира данни на ускорителя LHC в ЦЕРН при рекордни енергии от 13.6 TeV и високи моментни светимости (над $2 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$).

Идентифицирането и измерването на мюони, както и тригерирането на мюони е от решаващо значение за разнообразни физически анализи и се извършва с различни детекторни технологии.

Системата от Камери със съпротивителна плоскост (RPC) обхваща както цилиндричната, така и крайната част на експеримента CMS и осигурява измервания с отлична времева разделителна способност, покривайки районът от псевдобързини до $|\eta| < 1.8$. RPC системата на CMS предоставя допълнителна информация за надеждно тригериране, реконструкция и идентификация на мюони.

Стабилната работа и безпроблемния набор на данни се постига с редовни профилактики на RPC системата по време на техническите спираня на ускорителя. По време на набора на данни се провеждат специализирани калибровки, а също така и анализ на данни за параметрите на системата. Ще бъдат представени резултати за основните параметри на RPC системата през последния период на набор на данни (така наречения Run-3).

Автоматизиране на процеса на определяне на работното напрежение на камерите със съпротивителна плоскост на експеримента CMS

*Антон Димитров, Борислав Павлов, Елтон Шумка, Леандър Литов,
Михаела Пехливанова, Пейчо Петков
Софийски университет „Св. Климент Охридски“*

За да се определят оптималните работни точки на камерите със съпротивителна плоскост (RPC) в експеримента Компактен мюонен соленоид (CMS) на ЦЕРН, в началото на годините за събиране на данни се провежда серия от тестове, които измерват ефективността и размера на клъстерите в зависимост от работното напрежение на камерите в диапазона от [8600, 9800]V. Тази процедура гарантира надеждната работа на RPC детекторите. Част от стандартния анализ на данните все още се извършват ръчно, което значително удължава времето за обработка. Настоящото изследване цели да автоматизира анализа на данни за определяне на работните точки на RPC чрез интегриране на алгоритми от машинното обучение (ML).

Чрез използването на ML техники, това изследване се стреми да оптимизира работата на RPC детекторите, осигурявайки по-бързо вземане на решения и своевременни корекции на настройките с цел оптимално събиране на данни по време на работа на Големия адронен колайдер (LHC). Нашата методология се фокусира върху параметризирането на кривите на ефективността, за да се даде възможност за оценка на ефективността на двойните процепи на RPC при различни стойности на напрежението. За да постигнем това, използваме невронна мрежа (ANN), която може да отстранява отклонения от сигмоидалната крива и да предсказва поведението на ефективността дори при липса на данни в платото на ефективността.

Разработихме специален автоенкодер ANN, който работи в пространството на Фурие, за да апроксимира зависимостта между ефективността и напрежението за всеки процеп. Този автоенкодер анализира измерената ефективност при различни стойности на подаваното напрежение и оценява ефективността на детектора в интервала от 8.0 до 10.5 kV. След това предсказаните данни сеапроксимират с логистична функция, а получените параметри се използват за определяне на работните точки. След като работното напрежение за всеки двоен процеп е установено, се прилага специализирана оптимизационна процедура за оценка на работните точки на всеки високоволтов канал. Тъй като няколко двойни процепа споделят един и същ високоволтов канал, напрежението се коригира така, че да отговаря на изискванията за ефективност и размер на клъстерите, като осигурява необходимите резултати за анализа.

Благодарение на новите технологии и приложената методология, времето, необходимо за анализ на калибрационните данни за определяне на оптималната работна точка на RPC в CMS, може да бъде намалено от над 3 месеца на по-малко от седмица.

Machine Learning approach to CMS RPC data analysis

*Anton Dimitrov¹, Borislav Pavlov¹, Elton Shumka¹, Leandar Litov¹,
Mihaela Pehlivanova¹, Peicho Petkov¹
¹Sofia university „St. Kliment Ohridski“*

The HV scan is a crucial sequence of calibration runs typically conducted at the onset of each data-taking year with the initial collisions of the CERN Large Hadron Collider (LHC) at nominal luminosity. This procedure ensures the proper functioning of the Resistive Plate Chamber (RPC) detectors at the Compact Muon Solenoid (CMS) experiment at CERN by establishing correct working points. In the past, aspects of the HV scan analysis were performed manually, leading to timeconsuming procedures. This study endeavors to revolutionize the analysis of RPC HV scan data by integrating machine learning (ML) algorithms. The primary objective is to automate and expedite manual steps in the analysis process, thereby enhancing the efficiency and speed of task deliverables.

Through the application of ML techniques, this research seeks to optimize RPC detector performance analysis, facilitating quicker decision-making processes and ensuring timely adjustments to detector settings for optimal data collection during LHC operations. The HV scan measures efficiency and cluster size as functions of operating voltage for each RPC double gap, within the effective voltage range of [8600, 9800]V. Our methodology prioritizes parametrizing efficiency curves to enable the evaluation of RPC double gap efficiency at arbitrary voltage values. To achieve this, we employ an artificial neural network (ANN) capable of discarding outliers and approximating efficiency behavior, even in cases when data is missing within the efficiency plateau.

We developed a dedicated autoencoder ANN that operates in Fourier space to approximate efficiency vs. HV curves per double gap. This autoencoder takes measured efficiency at various supply voltage values and estimates detector efficiency within the voltage interval of 8.0 to 10.5 kV. Subsequently, the refined curve undergoes sigmoidal function fitting, and resulting parameters are utilized in the working point definition procedure. Once the working HV point per double gap is established, a specialized optimization procedure is employed to evaluate working points per HV channel. Multiple double gaps share a single HV supply line, and voltage adjustments are made to fulfill efficiency and cluster size requirements, providing the necessary output for analysis.

Thanks to novel technologies and the applied methodology, the time required to analyze the calibration data of the CMS RPC HV scan can be reduced from over 3 months to less than a week

**Machine learning reconstruction of signals in the PADME
Electromagnetic calorimeter**

*Kalina Dimitrova on behalf of the PADME Collaboration
Sofia University „St. Kliment Ohridski“*

Machine learning methods have a long-standing history in data analysis in high energy physics experiments and recently, they also face increased exploitation for data reconstruction. A modified version of a convolutional neural network with autoencoder architecture was developed, successfully reconstructing the pulse arrival time and amplitude in the PADME experiment detectors. A 2D version of the method is under development, aimed at reconstructing cluster energies and coordinates and attributing them to particles entering the detector. The network architectures and training are discussed, as well as the performance on real and synthetic data.

**Реконструкция на сигнали в електромагнитния калориметър на
експеримента PADME чрез машинно обучение**

*Калина Димитрова от името на колаборацията PADME
Софийски Университет „Св. Климент Охридски“*

Методите, основани на машинно обучение, имат дълга история при анализа на данни във физиката на високите енергии, а отскоро се наблюдава все по-честото им използване при реконструкцията на данни. Разработена е модифицирана версия на конволюционна невронна мрежа с архитектура на автоенкодер, която успешно реконструира времето на настъпване и амплитудата на сигналите в детекторите на експеримента PADME. 2D версия на метода е в процес на разработка, като целта ѝ е да реконструира енергиите и координатите на клъстери, от което да извлича информация за частиците, попаднали в детектора. Разгледани са архитектурите на мрежите и тяхното трениране, както и резултатите от прилагането им върху реални и синтетични данни.

Radiation monitoring system for the GEM chambers at CMS

Georgi Mitev¹, Roumyana Hadjiiska¹, Milena Misheva¹, Plamen Iaydjiev¹, Lubomir Dimitrov¹, Ludmil Ratchev¹

¹ Institute for Nuclear Research and Nuclear Energy,
Bulgarian Academy of Sciences,
Sofia, Bulgaria

Abstract

The Compact Muon Solenoid (CMS) is one of the two general purpose detectors at the Large Hadron Collider (LHC). In order to evaluate the radiation environment inside its tightly packed volume the CMS collaboration relies heavily on detailed simulations of the interactions of the produced particles with the materials of the detector. Some Total Ionizing Dose (TID) detectors have also been placed in available spaces before the LHC runs and measured afterwards. Unfortunately the first method provides an indirect estimation and the latter an offline snapshot of the radiation dose absorbed in different parts of the detector.

Our group from the Institute for Nuclear Research and Nuclear Energy (INRNE) developed an online Radiation Monitoring (RadMon) system compact enough and capable of working inside the challenging environment inside the detector. It has been integrated inside some of the Gas Electron Multiplier (GEM) chambers of the muon system of CMS in 2019-2020. It relies on sensors based on Radiation-sensitive Field Effect Transistors (RadFETs) for measurement of the total absorbed dose and p-i-n diodes for 1MeV neutron equivalent (neq) non-ionizing energy losses (NIEL).

We present the radiation readout system structure and some data obtained since the start of LHC Run3 in 2021. We discuss some of the challenges we faced running and supporting remotely the RadMon system. We also present some planned future upgrades.

Система за радиационно наблюдение на GEM камерите на CMS

Георги Митев¹, Румяна Хаджийска¹, Милена Мишева¹, Пламен Яйджиев¹, Любомир Димитров¹, Людмил Рачев¹

¹ Институт за Ядрени Изследвания и Ядрена Енергетика,
Българска Академия на Науките,
София, България

Резюме

Компактният мюонен соленоид (CMS) е един от двата детектора с общо предназначение на големия адронен ускорител (LHC). За да оцени радиационната среда в неговия плътно запълнен обем, CMS колаборацията разчита силно на подробни симулации на взаимодействията на произвежданите частици с материалите на детектора. Преди да се включи ускорителят, в наличните свободни пространства също така са поставяни пасивни дозиметри, чиято стойност се отчита впоследствие. За съжаление първият метод предоставя индиректна оценка, а вторият - единична крайна стойност на дозата, отдадена в различните части на детектора.

Нашата група, от Института за Ядрени Изследвания и Ядрена Енергетика (ИЯИЯЕ), разработи активна система за радиационно наблюдение (RadMon), достатъчно компактна и устойчива на влиянията на работната среда в детектора. През 2019-2020г. тя бе интегрирана в част от камерите с газово умножение на заряда (GEM) на мюонната система на CMS. Системата за радиационно наблюдение използва сензори с радиационно чувствителни полеве транзистори (RadFET), за оценка на погълнатата доза, и p-i-n диоди, за оценка на енергията, отдадена от нейонизиращи частици приведена към евивалент на неутрони с енергия 1MeV.

Представена е структурата на RadMon системата и част от данните, събрани от началото на Run3 на LHC през 2021г. Обсъждат се някои от проблемите при дистанционната работа и поддръжка на системата. Показани са планове за бъдещото и надграждане.

Симулация на хипотетична надпроектна авария в MMP с компютърен код ASTEC

Росица Генчева¹, Павлин Грудев¹, Петя Вряшкова¹

¹Институт за ядрени изследвания и ядрена енергетика – Българска академия на науките

В днешно време развитието на новите ядрени технологии обръща специално внимание на разработването на интегрални малки модулни реактори (MMP). Те са по-евтини, по-лесно се монтират и като чисти енергийни източници могат да бъдат допълнение към енергийния микс на всяка страна. Ето защо е много важно безопасността на MMP да бъде проучена и потвърдена и да бъдат изпълнени всички изисквания за безопасност за тяхното приложение.

В проектите на много MMP са предвидени различни и независими пасивни системи за безопасност, които значително повишават безопасността на тяхната експлоатация, намалявайки зависимостта от задействане на активните системи за безопасност, които изискват реакция на оперативния персонал на ЯЦ. Независимо от това, в някои ситуации част от тези пасивни системи за безопасност или всички те могат да се повредят, което да доведе до надпроектна авария или дори до тежка авария (ТА).

Тази статия изследва надпроектна авария в MMP. Разглежданият MMP е интегрален реактор с вода под налягане и електрическа мощност 300 MW (топлинна мощност 1000 MW). Настоящото изследване е направено с компютърен код ASTECv3.1.1 в рамките на проекта SASPAM-SA (Анализ на безопасността на MMP с пасивни стратегии за смекчаване на последствията от аварии - Тежки аварии). Изследването показва реакцията на MMP, в случай на авария със загуба на топлоносител (LOCA) в линията за директно подпитаване на реактора (DVI) и повреда на почти всички пасивни системи за безопасност. Без системи за безопасност аварията ескалира в ТА с разтопяване и преместване на активната зона в долната част на корпуса на реактора, последвано от разкъсване на корпуса на реактора. Вероятността от такава критична ситуация при този дизайн е хипотетична, но преди да се приложи какъвто и да е проект на MMP, поведението му при проектни, надпроектни и ТА трябва да бъде аналитично изследвано и анализирано.

Целта на този анализ е също така да демонстрира възможностите на компютърния код ASTEC да симулира всички процеси и явления в MMP от иниципирането на първоначалното събитие до разрушаването на корпуса на реактора.

Simulation of a hypothetical BDBA in SMR with ASTEC computer code

Rositsa Gencheva¹, Pavlin Groudev¹, Petya Vryashkova¹

¹Institute for Nuclear Research and Nuclear Energy – Bulgarian Academy of Sciences

Nowadays the development of new nuclear technologies pays special attention to the development of integral small modular reactors (SMRs). They are cheaper, easily established, and as clean energy sources could serve as a supplement in each country's energy mix. That's why it is very important the safety of the SMRs to be studied and confirmed and that all safety requirements for their use are met.

Many SMR designs are supplied by different and independent passive safety systems, which increase significantly the safety of their exploitation reducing the dependence of actuation the active safety systems that require the reaction of the operational staff of the NPP. Nevertheless, in some situations part of these passive safety systems or all of them could fail leading to beyond design based accident (BDBA) or even to a severe accident (SA).

This paper investigates a BDBA in a generic design of SMR. This design is an Integral Pressurized Water Reactor (iPWR) with dry containment and electrical power 300 MW (thermal power 1000 MW). The investigation has been done with ASTECv3.1.1 computer code in the frame of SASPAM-SA project (Safety Analysis of SMR with PAssive Mitigation strategies - Severe Accident). It concerns the response of the SMR in case of an LOCA at the Direct Vessel Injection line (DVI) and failure of all passive safety systems. Without safety systems the accident escalates in SA with melting and relocation of the core into the lower head of the vessel followed by reactor vessel rupture. The probability of such a critical situation is hypothetical, but before applying any SMR design, its behavior under extremely critical conditions should be analytically investigated and analyzed.

The purpose of this analysis is also to demonstrate the capabilities of the ASTEC computer code to simulate all processes and phenomena in the generic SMR design from the beginning of accident to the failure of the reactor vessel.

IV НАЦИОНАЛЕН КОНГРЕС ПО ФИЗИЧЕСКИ НАУКИ

07-09.10.2024 г.

Секция 2

**Физика на кондензираното състояние,
нови материали, криогенна физика**

Председател: проф. дфн Евгения Вълчева (ФзФ-СУ)

Координатор: проф. дфн Йордан Маринов (ИФТТ-БАН)

Поканени доклади

1. **И. Петров:** „Контрол на състава, микроструктурата и свойствата на дибориди на преходните метали, нанесени с разпрашване“

Устни доклади

1. **И. Лалов:** „Френкелови екситони в спирални двуверижни регулярни структури (по модел на ДНК)“
2. **И. Аврамова:** „Изследване на механизма за съхранение на заряда на суперкондензатори: in situ/operando XPS подход“
3. **Т. Миленов:** „Някои нови резултати, получени в рамките на проект КП-06-КОСТ/10-07.08.2023“
4. **В. Тончев:** „Какво е общото между групирането на стъпала върху вицинални кристални повърхности и турбулентността?“
5. **Е. Ангелова:** „Спектър на елементарни възбуждания в магнитни материали“
6. **В. Дончев:** „Изследване на микро-островчета от GaSb, отложени върху Si подложки“
7. **Б. Наполеонов:** „Епитаксиален растеж на 2D MoS₂ за оптоелектронни приложения: методи и характеристики“
8. **Д. Димитров:** „Перспективи на двуизмерните материали за CMOS приложения“
9. **Р. Харизанова:** „Получаване и характеризиране на нови стъклокерамични оксидни материали с контролируеми диелектрични и магнитни свойства“
10. **К. Бучков:** „АС магнитна възприемчивост: универсален метод за изследване на вихровата динамика на свръхпроводници“
11. **Т. Влахов:** „Гъвкави филми от нанокompозитни електролити PEO-5CB-NaIO₄-SWCNTs: структурни и електрически изследвания на йонната проводимост“

Постерни доклади

1. **Г. Хаджихристов:** „Нанокompозитна керамика ZnTiO₃/rGO: ефектът от редуцирания графенов оксид (rGO)“
2. **И. Маринов:** „Изследване на тънки планарни филми от нематичен течен кристал 5CB, легирани със златни наносфери посредством флексо-диелектрична спектроскопия“
3. **Й. Маринов:** „Langmuir-Blodgett films of metal-organic framework (MOF) MIL-101(Cr) for sensing volatile organic compounds (VOCs) by electrical impedance spectroscopy“
4. **А. Стоянова-Иванова:** „Electrochemical behavior of B(Pb)SCCO 2212 doped Zn electrode“
5. **Х. Попова:** „Формиране и характеризиране на меандриране на стъпала върху вицинални повърхности: изследване на модел на клетъчен автомат“
6. **Б. Георгиева:** „Изследване на частичното заместване на Al³⁺ върху свойствата на Y-тип Ba_{0.5}Sr_{1.5}MgNiFe_{12-x}Al_xO₂₂ хексаферити“
7. **Е. Златарева:** „Изследване на морфологията и състава на твърдо покритие Ti/TiN/AlTiCrN, нанесено чрез разбалансирано магнетронно разпрашване в затворено магнитно поле“
8. **К. Кирилов:** „Механизъм на електрически транспорт в графенови компакти“
9. **Б. Георгиева:** „ТЕМ изследване на образуването на SiC върху Si подложка и влиянието на нативния SiO₂“
10. **С. Богоева:** „Функционализиране на нанослоеви от ZnO легиран с Al чрез повърхностна модификация“
11. **И. Дионисиев:** „Промяна на латералният размер на 2D слоеви от WSe₂ след междинно третиране на ТАС синтеза“
12. **К. Биков:** „Рентгенова абсорбционна спектроскопия на медни центрове в зеолитни структури и тяхното взаимодействие с азотен оксид“
13. **Т. Карадимов:** „Магнитни свойства на нестехиометрични, нанокристални манганови ферити“
14. **Д. Калчевски:** „Предварителни резултати от изследване на рамановия спектър на трислоен графен“
15. **Г. Котларски:** „Формиране на заваръчни шевове по време на процеса на дъгово адитивно изграждане на детайли от алуминий върху медна основа“

**КОНТРОЛ НА СЪСТАВА, МИКРОСТРУКТУРАТА И
СВОЙСТВАТА НА ДИБОРИДИ НА ПРЕХОДНИТЕ МЕТАЛИ,
НАНЕСЕНИ С РАЗПРАШВАНЕ**

Иван Петров

*Materials Research Laboratory and Materials Science Department, University of Illinois at
Urbana Champaign, Illinois 61801, USA*

*Department of Physics (IFM), Linköping University, SE-581 83 Linköping, Sweden
petrov@illinois.edu*

Диборидите на преходните метали (TMB_2) кристализират в хексагонална структура от типа AlB_2 (P6/mmm, SG-191), където атомите на бора образуват графеноподобни листове между плътноопакованите слоеве от металните атоми. TMB_2 притежават уникална комбинация от свойства, като висока точка на топене, отлична твърдост, добра устойчивост на корозия и износване, висока термична и химическа стабилност и добра електропроводимост. Тези свойства ги правят подходящи за много приложения в екстремни високотемпературни и корозиращи среди, като космически двигатели, ядрени реактори, различни защитни покрития и други.

TMB_x слоеве, нанесени с магнетронно разпрашване, обикновено съдържат повече бор с $x = \text{B}/\text{TM}$ в интервала 2.4-3.5. Излишното количество B сегрегира по границите на зърната и образува наноколонна структура, която води до висока твърдост на покритията (превишаваща 40 GPa), така наречената супертвърдост. Надстехиометричните дибориди се оксидират лесно, тъй като кислородът и водата атакуват B фазата. Следователно, способността да бъде контролирано отношението B/TM по време на израстването на слоевете чрез разпрашване е от особена важност като първа стъпка към синтез на епитаксиални покрития и определяне на техните свойства. Ние използваме титанов диборид, TiB_2 , като моделна система с цел изследване на влиянието на налягането на разряда и плътността на плазмата, променяни в широки граници, върху отношението B/Ti по време на постоянно-токово магнетронно разпрашване на мишена от TiB_2 , като по този начин демонстрираме възможността да бъдат ситнезирани епитаксиални стехиометрични дибориди. При HiPIMS (*High-Power Impulse Magnetron Sputtering*) разпрашване, ние демонстрираме възможността да бъде контролирано отношението B/Ti в TiB_x слоеве и да бъде постигнат стехиометричен състав чрез подбиране на плътността на металните йони в плазмата по пътя на промяна на пиковия ток на мишената. По този начин ние синтезираме стехиометрични и субстехиометрични слоеве и регистрираме атомните структури, образувани в резултата на недостига на бор – борните ваканции образуват призматични $[11\bar{0}0]$ дефекти на опаковката, които са обогатени с метални атоми. Тези наноструктури повишават твърдостта на субстехиометричните диборидни слоеве, които същевременно притежават повишена устойчивост към оксидиране в сравнение с надстехиометричните покрития.

Синтезирани са редица метастабилни наноструктури, включително $\text{Zr}_{1-x}\text{Ta}_x\text{B}_2$, $\text{Zr}_{1-x}\text{Cr}_x\text{B}_2$, $\text{Ti}_{1-x}\text{Al}_x\text{B}_2$, and $\text{Ti}_{1-x}\text{Hf}_x\text{B}_2$, които притежават подобрени свойства като защитни покрития, потенциално водещи до спестяване на материални и енергийни ресурси при промишлени приложения.

Френкелови екситони в спирални двуверижни регулярни структури (по модел на ДНК)*Проф. Иван Лалов**Физически факултет, Софийски университет, 1164 София*

Електронните възбуждания в два модела на спирални регулярни структури с две вериги са изучавани в статията. Като основа на моделите ние използваме В форма на ДНК с две антипаралелни вериги от перфектно подредени двойки от бази от един тип (например, АТ).

А. Третирането на първия модел е очевидно, като се използват резултатите от проявите на френкелови екситони (FEs) в едноверижни α -хеликси в линейно поглъщане и в кръговия дихроизъм (CD). В модела едната верига съдържа само база А, а другата – само база Т. Два типа от FEs възникват: а) с транзитен диполен момент успореден на молекулната ос, подобно на $n \rightarrow \pi^*$ в база А или Т; б) с транзитни диполи в равнината на базите и перпендикулярни на оста ($\pi \rightarrow \pi^*$ преходи). Тези резултати съвпадат със заключенията за α -хеликс с ъгъл на ротация $\phi=36^\circ$ и интервал на повторение по оста $a=3,4$ nm.

Б. Във втория модел всяка верига се предполага, че съдържа алтернативно подредени бази А-Т-А... (и всяко стъпало на двойната спирала съдържа двойка АТ). Така ъгълът на ротация и интервалът на повтаряне се удвояват, а трансферите на FEs се реализират, както между същия тип базис в съответната верига, така и между бази от различни вериги. Спектърът на FEs се разцепва и възникват два клона, но от тях само единият е активен в линейното поглъщане и в CD. Пресметнати са трансферните параметри на двата типа FEs (виж А). Компонентите на линейната оптична възприемчивост и на тензора на жирацията са получени, като се използва адекватен хамилтониан и метода на Гриновите функции при $T=0$ (Т- температура). Резултатите могат да бъдат приложени за десни и леви двойни спирали, а също – за паралелни вериги. Те могат да бъдат полезни (поне частично) при интерпретацията на спектрите на линейно поглъщане и CD на реални двойно спирални структури.

Frenkel excitons in helical two-chain (DNA-like) regular structures*I.J. Lalov**Faculty of Physics, Sofia university, 1164 Sofia*

The electronic excitations in two models of helical two-chain regular structures are studied in the paper. As a basis we use B-form of DNA with two antiparallel chains of regularly ordered pairs of bases of one type only (e.g. AT).

A. The treating of first model is obvious using the results of manifestations of Frenkel Excitons (FEs) in one-chain α -helices both in linear absorption and in Circular Dichroism (CD) spectra. In the model one chain contains A basis only and the other chain – T basis. Two types of FEs appear: a) with transition dipole moment parallel to the molecular axis, like $n \rightarrow \pi^*$ transitions in the basis A or T; b) with transition dipoles in the basis planes and perpendicular to the axis ($\pi \rightarrow \pi^*$ excitations). These results coincide with conclusions of α -helix with angle of rotation $\phi=36^\circ$ and interval of repetition along the axis $a=3,4$ nm.

B. In the second model each chain is supposed to contain alternatively ordered A-T-A ... (and each step of double helix contains the pair AT). So the angle of rotation and the interval of repetition are doubled and transfers of FEs are produced both between the same basis of the chain and between the bases of different chains. FEs spectra split and two branches appear but only one is active in linear absorption and CD. The transfer parameters of both types of FEs (see A) are calculated. The components of linear optical susceptibility and of gyration tensor are obtained using adequate Hamiltonian and Green functions method at $T=0$ (T-temperature). The results can be applied both for right and left double helical structures and for parallel chains also. They can be useful (at least partly) in interpretation of linear absorption and CD spectra of real double helical structures.

Investigation the charge storage mechanism of supercapacitors: in situ/operando X-ray photoelectron spectroscopy approach*Ivalina Avramova¹, Dimitar Dimov², Teodor Milenov², Sefik Suzer³**1Institute of General and Inorganic Chemistry, BAS, Akad. G. Bontchev, str. Bl. 11,1113
София, iva@svr.igic.bas.bg**2Institute of Electronics, BAS, 72, Tzarigradsko chaussee blvd, 1784 Sofia**3Department Chemistry, Bilkent University, Ankara, Turkey*

The rapid development of Super capacitors (SCs) has attracted increasing interest from the scientific community, and numerous high performance novel electroactive materials and architectures have been proposed. A detailed understanding and/or study of the correlation between the electrode material and electrolyte and the charge storage mechanism of SCs during electrochemical processes are required. Among the various X-ray-based operando techniques, XRD, XAX and XPS are getting significant attention due to their indispensable qualitative data analysis and data acquisition. X-ray photoelectron spectroscopy (XPS) is an elemental analysis technique that can be used to quantitatively study atom/ion concentrations, chemical composition, and bonding conditions of various materials by exciting the sample with X-rays and measuring the kinetic energy of the emitted photoelectrons. XPS provides surface-sensitive detection, with the photoelectron escape depth typically ranging from a few to tens of nanometers. XPS, also should be well-suited for explaining the EDL structures, whose thickness falls into the same scale allowing the observation of different ionic species and providing a better understanding of the EDL structure at the molecular level. The increase in Electrical Double Layer capacitance with applied potential due to the desorption of the positively charged ion-species and ion reorganization are dominated by the double-layer charging during positive and negative polarizations. Certain properties of this process can be elucidated within appropriate time windows with XPS by recording shifts in core level binding energies upon application of DC and/or AC biases, specifically using a Square Wave (SQW) with varying frequencies on a model symmetric capacitor device. For the measurements we constructed the symmetric capacitor device -a separator (paper) is used to allow the IL(PF6) to pass but prevent shorting of the both GO-like electrodes. Analyses were conducted in-operando, allowing simultaneous XPS and current measurements. A broad spectrum of frequencies was employed to study the effects of rapid polarization and slow migratory currents, with 10 kHz and 0.1 Hz representing the upper and lower frequency limits. Local electrical potential variations were determined at different locations on the device. The newly observed results have the potential to significantly advance our fundamental understanding of various electrochemical concepts, thereby enhancing the utilization of electrode/electrolyte systems for energy harvesting and storage purposes.

Acknowledgments: This study is funded by TUBITAK, BIDEB, 2221-Fellowship program for visiting scientists and scientists on sabbatical leave (2023/6)

Изследване на механизма за съхранение на заряда на суперкондензатори: in situ/operando XPS подход*Ивалина Аврамова¹, Димитър Димов², Теодор Миленов², Шефик Сюзер³**¹ Институт по обща и неорганична химия, БАН, бл. 11, ул. „Акод. Г. Бончев“, 1113
София, iva@svr.igic.bas.bg**² Институт по електроника, БАН, "АКАДЕМИК ЕМИЛ ДЖАКОВ" бул. "Цариградско шосе" 72, 1784-София**³ Катедра по химия, Билкент Университет, Анкара, Турция*

Бързото развитие на супер кондензаторите (SCs) привлича все по-голям интерес от страна на научната общност. За целта се изисква подробно разбиране и/или изследване на корелацията между електродния материал и електролита и механизма за съхранение на заряда на SCs. Сред различните операндо техники, базирани на рентгенови лъчи, XRD, XAX и XPS получават значително внимание поради техния незаменен качествен анализ и събиране на данни. Рентгеновата фотоелектронна спектроскопия (XPS) е техника, която може да се използва за количествено изследване на концентрациите на атоми/йони, химичния състав и условията на свързване на различни материали чрез възбуждане на пробата с рентгенови лъчи и измерване на кинетичната енергия на излъчваните фотоелектрони. XPS е повърхностно-чувствителен метод. XPS също би бил подходящ метод за обяснение на двойният електричен слой (EDL), чиято дебелина попада в същата скала, позволявайки наблюдение на различните видове йони и по-добро разбиране на EDL структурата на молекулярно ниво. Увеличаването на капацитета на EDL при потенциал поради десорбцията на положително заредените йони и реорганизацията на йони са доминирани от двуслойното зареждане по време на положителните и отрицателните поляризации. Процесите могат да бъдат изяснени в рамките на подходящи времеви прозорци с XPS, посредством промените на енергиите на свързване на фотоелектроните при прилагане на DC и/или AC потенциали, с квадратна вълна (SQW) с различни честоти на моделният кондензатор. За целите на изследването бе конструиран модел на симетричен кондензатор - с хартиен диелектрик, който да позволи на йонният електролит IL(PF6) да преминава, и да предотврати късо съединение на двата GO-подобни електрода. Анализите бяха проведени чрез operando XPS, за едновременно XPS и токови измервания. Използван бе широк спектър от честоти за изследване на ефектите от бързата поляризация и бавните миграционни токове, в интервала 10kHz и 0,1Hz. Локалните вариации на електрическия потенциал бяха определени на различни места в моделното устройство. Резултатите значително подобряват нашето фундаментално разбиране на електрохимичните концепции, за усъвършенстване на електродни/електролитни системи за събиране и съхранение на енергия.

Благодарности: Изследванията са финансирани от TUBITAK, BIDEB, 2221-Fellowship program for visiting scientists and scientists on sabbatical leave (2023/6)

Some New Results Obtained within the Framework of Project KP- 06-COST/10 - 07.08.2023

D. A. Kalchevski¹, D. V. Trifonov¹, S. K. Kolev¹, V. N. Popov², H. A. Aleksandrov³ and T. I. Milenov¹

¹“Acad. E. Djakov” Institute of Electronics, Bulgarian Academy of Science, 72 Tzarigradsko Chaussee Blvd., Bulgaria

² Faculty of Physics, Sofia University, 5 J. Bourchier Blvd., Sofia 1164, Bulgaria

³ Faculty of Chemistry and Pharmacy; University of Sofia; 1, J. Bourchier Blvd., 1126 Sofia, Bulgaria

E-mail: tmilenov@ie.bas.bg

Our research within this project is focused on theoretical studies of the reactions of primary carbon clusters with each other as well as with other small molecules in space and so far include:

- our first objective was to study assembling carbon clusters and nanophases from carbon aggregations in space. Geometry optimizations and density-functional-based tight-binding (SCC-DFTB) dynamics methods were employed to predict carbon clusters, their time evolution, and their stability. Aggregates with sufficiently low initial density yielded clusters with an approximately equal prevalence of sp and sp² hybridized states and almost missing sp³ ones. The increase in the initial density resulted in sp²-dominant molecules that resemble the carbon skeleton of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs). Larger initial aggregations with tetrahedral interatomic orientation resulted in sp²-dominant multi-dimensional polymers. Such materials are highly porous and resemble axially bound nanotubes. Some resultant clusters resemble fullerene building blocks. Spheroid nanoparticles resembling improper fullerenes were predicted by metadynamics, aimed at inter-fragment coupling reactions. One such structure was found to have the lowest binding energy per atom among the studied molecules. The theoretical IR spectrum of the clusters closely resembles that of fullerene C₇₀. Therefore, such imperfect structures may be mistaken for known fullerenes in experimental infrared (IR) telescope studies.

- chemical interaction of primary carbon cluster and ammonia in space: we studied a model of the reactivity between a primal carbon cluster and ammonia in space. The initial processes are simulated with tight-binding dynamics while metadynamics is used for the final calculations. The characterization of the reactions includes barriers, topology and changes in the electronic structure. The transition state structures have been described. The chemical changes yield both quaternary ammonium groups and primary amino groups. The final product is C₂₅H₂(NH₃)₂(NH₂)₂.

Acknowledgments: The authors gratefully acknowledge the Scientific Research Fund for the financial support of the project "Ab initio simulations of the interaction of single carbon atoms and small hydrocarbon molecules in space", KP-06-KOST/10 from 07.08.2023

Някои нови резултати, получени в рамките на проект КП- 06-КОСТ/10 - 07.08.2023

Д. А. Калчевски¹, Д.В. Трифонов¹, С. К. Колев¹, В. Н. Попов², Х.А. Александров³, и Т. И. Миленов¹

¹„Акад. Е. Джаков“ Институт по електроника, Българска академия на науките, бул. Цариградско шосе 72, България

²Физически факултет, Софийски университет, бул. Дж. Баучър 5, София 1164, България

³Факултет по химия и фармация, Софийски университет, бул. Дж. Баучър 1, София 1126, България

ел. поща: tmilenov@ie.bas.bg

Нашите изследвания в рамките на този проект са фокусирани върху теоретични симулации на реакциите между първичните въглеродни клъстери, както и с други малки молекули в космоса и досега включват:

- изследване на реакциите на първични въглеродни клъстери в космоса. Използват се геометрична оптимизация и density-functional-based tight-binding методи (SCC-DFTB) за прогнозиране на въглеродни агрегати, тяхната еволюция във времето и стабилността им. Въглеродни агрегати с достатъчно ниска начална плътност дават клъстери с приблизително еднакво разпределение на sp и sp² хибрилизирани състояния и почти липсващи sp³ хибрилизирани състояния. Увеличаването на първоначалната плътност води до sp²-доминиращи молекули, които приличат на въглеродния скелет на полицикличните ароматни въглеводороди (ПАН). По-големите първоначални агрегати с тетраедрична междуатомна ориентация водят до sp²-доминирани многоизмерни полимери. Такива материали са силно порести и приличат на аксиално-свързани нанотръби. Някои от получени клъстери приличат на фулеренови частици, като формирането им се предсказва от метадинамиката, насочена към реакции между основните фрагменти. Теоретичният инфрачервен (ИЧ) спектър на фулерено-подобните наночастици много наподобява този на фулерен C₇₀ и следователно могат да бъдат объркани с известни фулерени в експериментални изследвания с ИЧ телескопи.

- химично взаимодействие на първичен въглероден клъстер и амониак в космоса: проучихме модел на реактивността между първичен въглероден клъстер и амониак в космоса. Първоначалните процеси се симулират с density-functional-based tight-binding метод, докато метадинамиката се използва за крайните изчисления. Характеризирането на реакциите включва бариери, топология и промени в електронната структура. Описани са структурите на преходните състояния. Химичните промени дават както кватернерни амониевы групи, така и първични аминокислотни групи. Крайният продукт е C₂₅H₂(NH₃)₂(NH₂)₂.

Благодарности: Авторите благодарят на ФНИ за финансовата подкрепа на проект „Аб иницио симулации на взаимодействието на единични въглеродни атоми и малки въглеводородни молекули в космоса“, КП-06-КОСТ/10 от 07.08.2023.

Analogies between the step bunching on vicinal crystal surfaces and turbulence

Vesselin Tonchev¹, Hristina Popova², Vassil Ivanov¹

¹*Faculty of Physics, Sofia University, 5, blvd. J. Bourchier, BG-1164, Sofia, Bulgaria*

²*Institute of Physical Chemistry, Bulgarian Academy of Sciences*

The first part of the talk “meets the step bunching (SB) on vicinal crystal surfaces and the turbulence on the ground of the Dimensional Analysis (DA). Here, we present first an expression for the minimal distance in the bunch as function of the number of steps N in the bunch as obtained numerically by Stoyanov and Tonchev [1] and then we show how from it to obtain an yet unidentified length scale l_Q – a composite parameter reflecting the balance between two opposite tendencies – the step-step repulsions and emerging attractions. It is also the $l_{\min}$ when $N = 2$. Same lengthscale appears in the DA of a continuum equation for the time evolution of the crystal surface [1] as a “quantum” for a length along the horizontal direction. At the end of this part we draw the analogies with the Kolmogorov scales [2] resulting in a Reynolds number of 1. In the vicinal case there is another complication coming from a competing length scale – the initial vicinal distance l_0 and it is impossible to have $l_{\min} > l_0$ thus one can define an onset of the scaling mentioned above.

In the second part the analogies between SB and turbulence go deeper with using the monitoring protocol used in the numerical modelling of SB, see for example [3], in the re-analysis of the equations used in the description of the so called puff jamming [4].

References

- [1] S. Stoyanov and V. Tonchev, Properties and dynamic interaction of step density waves at a crystal surface during electromigration affected sublimation, *Physical Review B - Condensed Matter and Materials Physics* **58**, 1590 (1998).
- [2] A. N. Kolmogorov, A refinement of previous hypotheses concerning the local structure of turbulence in a viscous incompressible fluid at high Reynolds number, *Journal of Fluid Mechanics* **13**, 82 (1962).
- [3] F. Krzyżewski, M. Załuska-Kotur, A. Krasteva, H. Popova, and V. Tonchev, Scaling and Dynamic Stability of Model Vicinal Surfaces, *Crystal Growth & Design* **19**, 821 (2019).
- [4] G. Lemoult, V. Mukund, H.-Y. Shih, G. Linga, J. Mathiesen, N. Goldenfeld, and B. Hof, Directed percolation and puff jamming near the transition to pipe turbulence, *Nature Physics* **1** (2024)

Какво е общото между групирането на стъпала върху вицинални кристални повърхности и турбулентността?

Веселин Тончев¹, Христина Попова², Васил Иванов¹

¹*Физически факултет на Софийския Университет Климент Охридски,*

²*Институт по Физикохимия - БАН*

Първата част „среща“ групирането на стъпала (ГС) върху вицинални кристални повърхности и турбулентността в полето на анализа на размерностите (АР). Тук е представен израз за минималното разстояние в групата стъпала $l_{\min}$ като функция от броя стъпала в групата, получен числено от Стоянов и Тончев (1998) [1] и е показано как от него може да бъде получена една неидентифицирана до момента скала за дължина l_Q – съставен параметър, отразяващ баланса между параметрите, описващи отблъскването и ефективното привличане между стъпалата. Той, от друга страна, е минималното разстояние в групата стъпала, когато и броят им е минималният – 2. Показно е как l_Q се появява в АР на у-нието в частни производни за времевата еволюция на кристалната повърхност, получено в същото изследване [1] от системата ОДУ, по едно у-ние за скоростта на всяко стъпало от вициналата – като „квант“ за дължина по хоризонталната ос. Обсъдени са и две нови форми на скейлинга за $l_{\min}$ като по-иллюстративни в обработката на данни от текущи експерименти по ГС в различни материални системи. В края на тази част са разгледани скалите на Колмогоров [2] в описанието на турбулентността, получени с АР и как те водят до число на Рейнолдс 1. Във вициналния случай картината е дори по-сложна, защото вициналността внася допълнителна скала за дължина l_0 – началното вицинално разстояние и няма как $l_{\min} > l_0$, което налага ограничение върху режима на скейлинг споменат в началото.

Във втората част аналозиите между ГС и турбулентността са задълбочени с използване на схемите за наблюдение, използвани при числено моделиране на ГС, вж. например [3], при ре-анализ на у-ния, предложени за описанието на т.нар. puff jamming [4]

Литература

- [1] S. Stoyanov and V. Tonchev, Properties and dynamic interaction of step density waves at a crystal surface during electromigration affected sublimation, *Physical Review B - Condensed Matter and Materials Physics* **58**, 1590 (1998).
- [2] A. N. Kolmogorov, A refinement of previous hypotheses concerning the local structure of turbulence in a viscous incompressible fluid at high Reynolds number, *Journal of Fluid Mechanics* **13**, 82 (1962).
- [3] F. Krzyżewski, M. Załuska-Kotur, A. Krasteva, H. Popova, and V. Tonchev, Scaling and Dynamic Stability of Model Vicinal Surfaces, *Crystal Growth & Design* **19**, 821 (2019).
- [4] G. Lemoult, V. Mukund, H.-Y. Shih, G. Linga, J. Mathiesen, N. Goldenfeld, and B. Hof, Directed percolation and puff jamming near the transition to pipe turbulence, *Nature Physics* **1** (2024).

Spectrum of elementary excitations in magnetic materials

Elena Angelova¹, Hassan Chamati¹
¹Georgi Nadjakov Institute of Solid State Physics
 Bulgarian Academy of Sciences
 72 Tsarigradsko Shose Blvd.
 1784 Sofia, Bulgaria

In the framework of the project, we had planned to calculate and to analyze spectra of elementary excitations known as phonons and magnons in a magnetic solid. The methods used to reach these goals are molecular dynamics and Monte Carlo algorithms, comparative analysis, numerical and statistical techniques of data processing. As the object of our research, we choose atomic Fe because of its well – defined magnetic properties under the Curie point.

Initially, we had computed both the trajectories of the iron atoms and their spin behavior with the aid of LAMMPS software for molecular dynamics. Every 100 fs, we write the coordinates and the projections of the velocities and the spins for all 8192 iron atoms entered the iterations into a dump file. The length of the whole trajectory was chosen to be 0.5 fs. The time step we used is as small as 1 fs to preserve the full energy and the magnetic moment of Fe atoms during the calculations.

Then, with the use of the special software, we had calculated the static structure factor, the intermediate scattering function and the dynamical structure factor of iron atoms in bcc lattice at room temperature on the basis of the data from the dump file. Also, we had computed the spectrum of the elementary excitations as phonons and magnons in Fe within the first Brillouin zone [1,2] with the aid of Chamati potential [3].

The new low-energy spin waves are discovered. Their use in modern spintronics and phonontronics looks very promising because of both their origin from longitudinal elastic waves and magnon – phonon interaction.

References

- [1] Elena L. Angelova, Hassan Chamati, Dynamic simulation of the energy spectrum of phonons in the magnetic bcc iron, *Comptes rendus de l'Academie bulgare des Sciences*, Vol. 75, Issue 2, pp. 197 – 206 (2022).
- [2] E. Angelova, H. Chamati, Dynamic simulation of the quasiparticle excitations spectra in the magnetic bcc iron, *Journal of Physics: Conference Series*, Vol. 2436, p. 012011 (2023).
- [3] H. Chamati, N.I. Papanicolaou, Y. Mishin, D.A. Papaconstantopoulos, Embedded-atom potential for Fe and its application to self-diffusion on Fe(100), *Surface Science*, Vol. 600, Issue 9, pp. 1793 – 1803 (2006).

Acknowledgments: The authors gratefully acknowledge the financial support of the Bulgarian Ministry of Education and Science in the framework of the Grant No KP-06-N78/2 of 2023 (05.12.2023).

Спектър на елементарни възбуждания в магнитни материали

Елена Ангелова¹, Хассан Шамати¹
¹Институт по физика на твърдото тяло „Академик Георги Наджакков“
 Българска Академия на Науките
 бул. Цариградско шосе 72, 1784 София

Поставените изследователски цели в рамките на проекта са изчисление и анализ на спектри на елементарни възбуждания като фонони и магнони в магнитни материали. Използваните методи са молекулна динамика и Монте Карло алгоритми, сравнителен анализ, числени и статистически методи за обработка на данни. Като обект на изследването е избрано атомно желязо, което притежава силно изразени магнитни свойства при температура под точката на Кюри.

Първоначално траекториите на атомите на желязо и поведението на техния спин бяха изчислени с използването на софтуер за молекулярна динамика LAMMPS. Всеки 100 fs в dump файл се записват координатите, проекциите на скоростите и магнитния момент на всички 8192 атома на желязо, участващите в итерациите, при дължината на траекториите 0.5 ns. Избраната времева стъпка е 1 fs, която позволи да запазим пълната енергия и магнитния момент на Fe атомите в процеса на изчислението.

Разработен е софтуер и извършени са пресмятания на статичния структурен фактор, междинна разсейваща функция и динамичния структурен фактор на атомите на желязо, групирани в обемноцентрирана решетка, при стайна температура, оперирайки с данните от dump файла. Изчислен е спектърът на елементарни възбуждания като фонони и магнони в желязо в рамките на първа зона на Брилюен [1,2] с използването на потенциал Шамати [3].

Открити са нови нискоенергетични спиновни вълни, чието използване в спинтроника и фононтроника е многообещаващо заради техния произход от надлъжни фононни моди и взаимодействието с тях.

Литература

- [1] Elena L. Angelova, Hassan Chamati, Dynamic simulation of the energy spectrum of phonons in the magnetic bcc iron, *Comptes rendus de l'Academie bulgare des Sciences*, Vol. 75, Issue 2, pp. 197 – 206 (2022).
- [2] E. Angelova, H. Chamati, Dynamic simulation of the quasiparticle excitations spectra in the magnetic bcc iron, *Journal of Physics: Conference Series*, Vol. 2436, p. 012011 (2023).
- [3] H. Chamati, N.I. Papanicolaou, Y. Mishin, D.A. Papaconstantopoulos, Embedded-atom potential for Fe and its application to self-diffusion on Fe(100), *Surface Science*, Vol. 600, Issue 9, pp. 1793 – 1803 (2006).

Благодарности: Изследванията са финансирани от проект КП-06-N78/2 от 05.12.2023 г. към Министерството на образованието и науката в България.

Study of GaSb micro-islands deposited on Si substrates

Vesselin Donchev¹, Kiril Kirilov¹, Malina Milanova², Petko Vitanov³,
Hristosko Dikov³, Pavlina Ralova², Alexandre Jaffré⁴

¹Faculty of Physics, Sofia University, 5, blvd. J.Bourchier, BG-1164, Sofia, Bulgaria

²Central Laboratory of Applied Physics, Bulgarian Academy of Sciences,
61 Sanct Petersburg Blvd, 4000, Plovdiv, Bulgaria

³Central Laboratory of Solar Energy and New Energy Sources, Bulgarian Academy of
Sciences, 72 Tzarigradsko Chaussee Blvd, 1784 Sofia, Bulgaria

⁴GeePs, Group of Electrical Engineering Paris, CNRS, CentraleSupélec, Université Paris-
Saclay, Sorbonne Université, 11 rue Joliot-Curie, Plateau de Moulon, 91192 Gif-sur-Yvette,
France

We report our investigations of the properties of GaSb islands grown on Si substrates by the thermal evaporation method using Ag nanoparticles as catalysts. The size and shape of the grown structures have been determined by atomic force microscopy and scanning electron microscopy measurements. GaSb islands varying in size from 0.5 to 2.0 μm are formed at an evaporation temperature of 800°C. The X-ray diffraction curves reveal that the islands are single crystals with (111) crystallographic orientation. The Raman spectra show sharp GaSb-like TO and LO peaks confirming the crystalline nature of the GaSb islands. The photoluminescence peak is blue-shifted relative to the bandgap of GaSb because of the compressive strain of the islands. Surface photovoltage spectroscopy combined with Kelvin probe force microscopy provides information about the energy band alignment at the interface between Si and GaSb.

Изследване на микро-островчета от GaSb, отложени върху Si подложки

Веселин Дончев¹, Кирил Кирилов¹, Малина Миланова², Петко Витанов³,
Христоско Диков³, Павлина Ралова², Александър Жафре⁴

¹Физически факултет, СУ „Св. Климент Охридски“, бул. J.Bourchier 5,
1164 София, България

²Централна лаборатория по приложна физика, Българска академия на
науките, бул. Санкт Петербург 61, 4000, Пловдив, България

³Централна лаборатория по слънчева енергия и нови енергийни източници, Българска
академия на науките, бул. Цариградско шосе 72,
1784 София, България

⁴Група по електроинженерство на Париж, НЦНИ, Центалсупелек,
Университет Париж-Сакле, Университет Сорбона, ул. „Жолио Кюри“ 11,
Плато Мулон, 91192 Жиф-сур-Ивет, Франция.

Докладвани са изследвания на свойствата на GaSb острови, израстнати върху Si подложки чрез метода на термично изпаряване, използвайки Ag наночастици като катализатори. Размерът и формата на израсналите структури са определени чрез атомно-силова микроскопия и сканираща електронна микроскопия. GaSb острови с размери от 0.5 до 2.0 μm се образуват при температура на изпарение от 800°C. Рентгеновите дифракционни криви показват, че островите са монокристали с (111) кристалографска ориентация. Рамановите спектри показват остри TO и LO пикове, характерни за GaSb, потвърждаващи кристалната природа на GaSb островите. Пикът на фотолуминесценция е изместен към по-големите енергии спрямо ширината на забранената зона на GaSb поради напрежението на свиване на островите. Повърхностната фотоволтаична спектроскопия, комбинирана със силова микроскопия със сонда на Келвин, предоставя информация за огъването на енергетичните зони на интерфейса между Si и GaSb.

Epitaxial growth of 2D MoS₂ for optoelectronic applications: methods and characteristics

Blagovest Napoleonov¹, Nikolay Minev¹, Dimitrina Petrova^{1,2}, Daniela Karashanova¹, Peter Rafailov³, Vladimira Videva^{1,4}, Velichka Strijkova¹, Dimitre Dimitrov^{1,3}, Vera Marinova¹

¹Institute of Optical Materials and Technologies, Bulgarian Academy of Sciences

²Faculty of Engineering, South-West University "Neofit Rilski", Blagoevgrad

³Institute of Solid State Physics, Bulgarian Academy of Sciences

⁴Faculty of Chemistry and Pharmacy, Sofia University

Molybdenum disulfide (MoS₂), a two-dimensional transition metal dichalcogenide (TMDC), has emerged as a highly promising material for optoelectronic applications due to its distinct electronic and optical properties [1]. This study focuses on the epitaxial growth of MoS₂ layers and their comprehensive characterization. The MoS₂ layers were synthesized using the chemical vapor deposition (CVD) method on sapphire substrates. To enhance the quality and uniformity of the synthesized layers, various optimizations of the synthesis process were explored, including pre-annealing of the sapphire substrate and the use of sodium sulfide (Na₂S). Furthermore, experiments involving the re-evaporation and deposition of MoS₂ monolayers were conducted. The characterization of the synthesized layers was carried out using atomic force microscopy (AFM), Raman spectroscopy, and transmission electron microscopy (TEM), which confirmed the successful synthesis of MoS₂ monolayers with high crystallinity and uniform coverage. The resultant MoS₂ layers demonstrate significant potential for optoelectronic applications. These findings contribute to the scalable synthesis of high-quality MoS₂ layers, paving the way for the integration of this material into next-generation optoelectronic devices.

Acknowledgements: This work is supported by the Bulgarian Science Fund under the grant number KII-06-COST/15 under the COST CA 20116 Action "European Network for Innovative and Advanced Epitaxy" (OPERA). Research equipment of Distributed Research Infrastructure INFRAMAT, part of Bulgarian National Roadmap for Research Infrastructures, supported by Bulgarian Ministry of Education and Science was used in this investigation. The European Regional Development Fund within the Operational Programme "Science and Education for Smart Growth 2014–2020" under the Project CoE "National Centre of Mechatronics and Clean Technologies" BG05M2OP001-1.001-0008-C01.

References

- [1] Z. Ye, C. Tan, X. Huang, Y. Ouyang, L. Yang, Z. Wang, M. Dong, Emerging MoS₂ wafer-scale technique for integrated circuits, Nano-micro letters, Vol. 15, Issue 1, p. 38 (2023).

Епитаксиален растеж на 2D MoS₂ за оптоелектронни приложения: Методи и характеристики

Благовест Наполеонов¹, Николай Минев¹, Димитрина Петрова^{1,2}, Даниела Карашанова¹, Петър Рафаилов³, Владимир Видева^{1,4}, Величка Стрижкова¹, Димитър Димитров^{1,3}, Вера Маринова¹

¹Институт по оптически материали и технологии, БАН

²Технически факултет, Югозападен университет, Благоевград

³Институт по физика на твърдото тяло, БАН

⁴Факултет по химия и фармация, Софийски университет „Св. Кл. Охридски“

Молибденовият дисулфид (MoS₂), като двуизмерен дихалкогенид на преходните метали (TMDC), се утвърждава като обещаващ материал за оптоелектронни приложения благодарение на своите уникални електронни и оптични свойства [1]. Настоящото изследване се концентрира върху епитаксиалния растеж на слоеве MoS₂ и тяхното подробно характеризирание. За синтеза на слоевете MoS₂ е използван методът на химическо отлагане от газова фаза (CVD), върху сапфирени подложки. За подобряване на качеството и еднородността на получените слоеве са изследвани различни възможности за оптимизация на процеса на синтез, включително предварително отгряване на сапфирената подложка и използване на натриева сол на сероводорода (Na₂S). Освен това са проведени експерименти с повторно изпарение и отлагане на монослоеви MoS₂. Характеризацията на получените слоеве е извършена чрез атомно-силова микроскопия (AFM), Раманова спектроскопия и трансмисионна електронна микроскопия (ТЕМ), които потвърждават успешния синтез на монослоеви MoS₂ с висока кристалност и равномерно покритие. Така получените слоеве MoS₂ демонстрират значителен потенциал за приложение в оптоелектрониката. Тези изследвания допринасят за напредъка в мащабируемия синтез на висококачествени MoS₂ слоеве, като отварят нови перспективи за интегрирането на този материал в оптоелектронни устройства от следващо поколение.

[1] Z. Ye, C. Tan, X. Huang, Y. Ouyang, L. Yang, Z. Wang, M. Dong, Emerging MoS₂ wafer-scale technique for integrated circuits, Nano-micro letters, Vol. 15, Issue 1, p. 38 (2023).

Благодарности: Тази работа е извършена с финансовата подкрепа на Фонд „Научни изследвания“ договор КИ-06-COST/15 по действие на COST CA 20116 „Европейска мрежа за иновативна и усъвършенствана епитаксия“ (OPERA). В тези изследвания е използвано оборудване на Разпределената научна инфраструктура ИНФРАМАТ, част от Националната пътна карта на България за научна инфраструктура, подкрепена финансово от Министерство на образованието и науката. Авторите благодарят за финансовата подкрепа от Европейския фонд за регионално развитие в рамките на Оперативна програма „Наука и образование за интелигентен растеж 2014–2020 г.“ по проект на СЕ „Национален център по мекатроника и чисти технологии“ BG05M2OP001-1.001-0008-C01.

Prospects of two-dimensional materials for CMOS applications

Dimitre Dimitrov^{1,2}, Vera Marinova²,¹ISSP-BAS, 1784 Sofia, BG²IOMT-BAS, 1113 Sofia, BG

Since the advent of integrated circuits (ICs) in 1958, their technological advancements have been driven by the relentless progression of Moore's Law [1]. The development of silicon-based complementary metal-oxide-semiconductor (CMOS) technology, from the inception of the first CPU, Intel 4004 to the advent of FinFET-based circuits, has played a pivotal role in driving the advancement of the semiconductor industry and information technology. However, as transistor dimensions have reached the nanoscale, various physical phenomena, such as thickness-fluctuation-induced scattering [2], quantum tunneling, and other short-channel effects (SCEs) [3], have emerged in silicon-based devices, causing severe performance degradation and posing challenges to the continuous advancement of Moore's law. The conventional CMOS technology, which relies on size reduction for enhanced integration density, is now facing significant obstacles, but the demand for more powerful computing systems remains driven by rapid advances in applications like high-performance computing, Internet of Things (IoT), and artificial intelligence. To surmount the limitations of silicon materials and advance the development of post-Moore era, there is a need to explore novel semiconductor materials that can sustain stable and exceptional electrical properties even at reduced dimensions. 2D materials, characterized by their atomic-scale thickness, have garnered significant attention. Two-dimensional (2D) materials have emerged as highly promising candidates for the post-Moore era, offering significant potential in domains such as integrated circuits and next-generation computing.

Acknowledgement: This work was supported in part by BNSF under the project КП-06-H 58/12.

References:

- [1] J.S. Kilby, Invention of integrated-circuit. IEEE Tran. Electron. Devices **23**(7), 648–654 (1976).
- [2] K. Uchida, et al., Experimental study on carrier transport mechanism in ultrathin-body SOI n- and p-MOSFETs with SOI thickness less than 5 nm. in 2002 IEEE International Electron Devices Meeting (IEDM), San Francisco, CA, USA, 47–50 (2002).
- [3] D.J. Frank, et al., Device scaling limits of Si MOSFETs and their application dependencies. Proc. IEEE **89**(3), 259–288 (2001).

Перспективи на двуизмерните материали за CMOS приложения

Димитър Димитров^{1,2}, Вера Маринова²¹ИФТТ-БАН, 1784 София, BG²ИОМТ-БАН, 1113 София, BG

От появата на интегралните схеми (IC) през 1958 г., техният технологичен напредък се движи от непрестанното развитие на закона на Мур [1]. Развитието на базирана на силиций комплементарна технология метал-оксид-полупроводник (CMOS) от създаването на първия CPU, Intel 4004 до появата на базирани на FinFET вериги, изигра ключова роля в стимулирането на напредъка на полупроводниковата индустрия и информационните технологии. Въпреки това, тъй като размерите на транзисторите достигнаха наномасштаби, различни физически явления, като разсейване, предизвикано от флуктуация на дебелината [2], квантово тунелиране и други късо-канални ефекти (SCE) [3], се появиха в базираните на силиций устройства, причинявайки сериозно влошаване на производителността и поставяйки предизвикателства пред непрекъснатия напредък на закона на Мур. Конвенционалната CMOS технология, която разчита на намаляване на размера за подобрена плътност на интеграция, сега е изправена пред значителни пречки, но търсенето на по-мощни изчислителни системи остава водено от бързия напредък в приложения като високопроизводителни изчисления, Интернет на нещата (IoT), и изкуствен интелект. За да се преодолеят ограниченията на силициевите материали и да се ускори развитието на ерата след Мур, има нужда да се изследват нови полупроводникови материали, които могат да поддържат стабилни и изключителни електрически свойства дори при намалени размери. 2D материалите, характеризиращи се с тяхната дебелина в атомен мащаб, привлякоха значително внимание. Двуизмерните (2D) материали се очертаха като обещаващи кандидати за ерата след Мур, предлагайки значителен потенциал в области като интегрални схеми и компютри от следващо поколение.

Благодарност

Изследването е подпомогнато финансово от Фонд "Научни изследвания" проект № КП-06-H-58/12

Литература

- [1] J.S. Kilby, Invention of integrated-circuit. IEEE Tran. Electron. Devices **23**(7), 648–654 (1976).
- [2] K. Uchida, et al., Experimental study on carrier transport mechanism in ultrathin-body SOI n- and p-MOSFETs with SOI thickness less than 5 nm. in 2002 IEEE International Electron Devices Meeting (IEDM), San Francisco, CA, USA, 47–50 (2002).
- [3] D.J. Frank, et al., Device scaling limits of Si MOSFETs and their application dependencies. Proc. IEEE **89**(3), 259–288 (2001).

Synthesis and characterization of new glass-ceramic oxide materials with controllable dielectric and magnetic properties

Ruzha Harizanova¹, Irena Mihailova¹, Georgi Avdeev², Dimitar Tzankov³, Milena Georgieva³, Ivalina Avramova⁴, Daniela Paneva⁵, Zara Cherkezova-Zheleva⁵

¹ *University of Chemical Technology and Metallurgy, 8 Kl. Ohridski Blvd., 1756 Sofia, rharizanova@uctm.edu*

² *Institute of Physical Chemistry, BAS, Bl. 11, Acad. G. Bonchev Str, 1113 Sofia*

³ *University of Sofia, Faculty of Physics, 5 James Baughier Blvd., 1164 Sofia*

⁴ *Institute of General and Inorganic Chemistry, BAS, Bl. 11, Acad. G. Bonchev Str, 1113 Sofia*

⁵ *Institute of Catalysis, BAS, Bl. 11, Acad. G. Bonchev Str, 1113 Sofia*

The synthesis of new dielectric and magnetic materials with controllable properties and potential for application in electronics, sensor technologies and biomedicine is an important task nowadays. Its successful implementation requires the coherent selection of appropriate initial compositions and strict control over the synthesis conditions as well as a thorough investigation of the structure, phase composition, physico-chemical, electrical and magnetic properties of the obtained materials.

The present work reports on the synthesis of bulk glasses and glass-crystalline materials in the systems $\text{Na}_2\text{O}/\text{CaO}/\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$ and $\text{Na}_2\text{O}/\text{BaO}/\text{TiO}_2/\text{B}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$ by applying the melt-quenching technique aiming to prepare from them glass-ceramics with controllable dielectric and magnetic properties.

The thermal properties of the obtained glasses are investigated by differential scanning calorimetry. The phase composition of the glass-ceramics, obtained from the glasses by applying the method of controlled crystallization, is studied by X-ray diffraction. Information on the structure of the glasses and the glass-ceramics, as well as on the valence and coordination of the iron ions is gathered by utilizing the methods of Infrared, X-ray Photoelectron and Mössbauer spectroscopies.

The magnetic properties of the prepared materials, as well as the occurring phase transitions are investigated by using a vibration magnetometer and SQUID magnetometer. From electrical impedance measurements data is gathered on the dielectric properties, the conductivities and the phase transitions observed in the glass-ceramics.

Acknowledgements: The authors acknowledge the financial support of the Bulgarian National Science Fund, contract KP-06-N48/4 and the funding by the European Union-Next Generation EU, through the National Recovery and Resilience Plan of the Republic of Bulgaria, project № BG-RRP-2.004-0002, "BiOrgaMCT".

Получаване и характеризиране на нови стъклокерамични оксидни материали с контролируеми диелектрични и магнитни свойства

Ружа Харизанова¹, Ирена Михайлова¹, Георги Авдеев², Димитър Цанков³, Милена Георгиева³, Ивалина Аврамова⁴, Даниела Панева⁵, Зара Черкезова-Желева⁵

¹ *Химикотехнологичен и металургичен университет, бул. „Кл. Охридски“ № 8, 1756 София, rharizanova@uctm.edu*

² *Институт по Физикохимия, БАН, бл. 11, ул. „Акод. Г. Бончев“, 1113 София*

³ *Физически Факултет, СУ „Св. Климент Охридски“, бул. „Дж. Баучър“ № 5, 1164 София*

⁴ *Институт по обща и неорганична химия, БАН, бл. 11, ул. „Акод. Г. Бончев“, 1113 София*

⁵ *Институт по катализ, БАН, бл. 11, ул. „Акод. Г. Бончев“, 1113 София*

Получаването на нови диелектрични и магнитни материали с контролируеми свойства и потенциал за приложение в електрониката, сензорните технологии и биомедицината е важна задача за съвременната наука. Нейното успешно изпълнение изисква както подбор на подходящи изходни състави и контрол върху условията на синтез, така и задълбочено изучаване на структурата, фазовия състав, физикохимичните, електричните и магнитни свойства на получени материали.

Настоящата работа докладва синтезирането с използване на високотемпературен синтез и последващо закаляване на стопилка на обемни оксидни стъкла и стъклокристални материали в системите $\text{Na}_2\text{O}/\text{CaO}/\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$ и $\text{Na}_2\text{O}/\text{BaO}/\text{TiO}_2/\text{B}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$ с оглед получаването от тях на стъклокерамики с контролируеми диелектрични и магнитни свойства.

Проведено е изследване на термичните свойства на получените стъкла с диференциална сканираща калориметрия. Фазовият състав на стъклокерамиките, получени от стъклата чрез прилагане на контролирана кристализация, е установен с рентгенова дифракция. Информация за структурата на стъклата и стъклокерамиките, координатата на желязните йони и валентността им е получена с използване на Инфрачервена, Рентгеновата фотоелектронна и Мьосбауерова спектроскопия.

Магнитните свойства на получените материали, а също настъпващите в тях фазови преходи, са изследвани чрез използване на вибрационен и SQUID магнитометър. От измерванията на електричния импеданс е събрана информация за диелектричните свойства, проводимостите и настъпващите фазови преходи в стъклокерамиките.

Благодарности: Авторите благодарят за финансовата подкрепа на Фонд „Научни изследвания“, проект КП-06-N48/4 и на Европейския съюз - NextGenerationEU, Национален план за възстановяване и устойчивост на Република България, проект №BG-RRP-2.004-0002, "BiOrgaMCT".

AC magnetic susceptibility: universal method for investigation of the vortex dynamics of superconductors

Krastyo Buchkov¹, Lubomir Karlov¹, Armando Galluzzi^{2,3},
Elena Nazarova¹, Massimiliano Polichetti^{2,3}

¹Institute of Solid State Physics, Bulgarian Academy of Sciences 72, Tzarigradsko Chaussee Blvd, 1784 Sofia, Bulgaria

²Department of Physics 'E.R. Caianiello', University of Salerno, Via Giovanni Paolo II, 132, I-84084 Fisciano, Italy

³CNR-SPIN Salerno, Via Giovanni Paolo II, 132, I-84084 Fisciano, Italy

The AC magnetic susceptibility is a universal magnetometric method for investigation of complex electrodynamic processes in superconducting materials. The strong accuracy and sensitivity of the fundamental and higher harmonic (odd and even [1]) components of the AC magnetic susceptibility depending on a broad set experimental degrees of freedom as: temperature, AC magnetic field amplitude and frequency and, imposed DC magnetic field reveal a detailed information for the mixed state and vortex matter in unconventional superconductors. In this report, we present the experimental and phenomenological basics, recent results and investigations of main superconducting parameters (critical current and pinning force) and the influence of the non-linear processes on the vortex dynamics.

References

- [1] K. Buchkov, A. Galluzzi, E. Nazarova, M. Polichetti, Complex AC Magnetic Susceptibility as a Tool for Exploring Nonlinear Magnetic Phenomena and Pinning Properties in Superconductors, *Materials*, Vol. 16, Issue 14, pp. 4896 (2023)

АС магнитна възприемчивост: универсален метод за изследване на вихровата динамика на свръхпроводници

Кръстьо Бучков¹, Любомир Карлов¹, Армандо Галуци^{2,3}, Елена Назърова¹,
Масимилиано Поличети^{2,3}

¹Институт по физика на твърдото тяло, Българска Академия на Науките, бул. Цариградско шосе 72, София, България

²Department of Physics 'E.R. Caianiello', University of Salerno, Via Giovanni Paolo II, 132, I-84084 Fisciano, Italy

³CNR-SPIN Salerno, Via Giovanni Paolo II, 132, I-84084 Fisciano, Italy

Променливотоковата (АС) магнитна възприемчивост е универсален магнитометричен метод за изследване на комплексните електродинамични процеси в свръхпроводими материали. Високата точност и чувствителност на фундаменталните и хармонични (четни и нечетни [1]) компоненти на АС магнитна възприемчивост в зависимост от широк набор от експериментални степени на свобода: температура, амплитуда и честота на променливото магнитно поле, интензитет на приложено постоянно магнитно поле, разкриват детайлна информация за природата на смесеното състояние и вихровата материя в неконвенционални свръхпроводници. В настоящата презентация, представяме експерименталните и феноменологични основи и последни резултати и изследвания на основни свръхпроводящи параметри (критичен ток и сила на пининг) и влиянието на нелинейни процеси върху вихровата динамика.

Литература

- [1] K. Buchkov, A. Galluzzi, E. Nazarova, M. Polichetti, Complex AC Magnetic Susceptibility as a Tool for Exploring Nonlinear Magnetic Phenomena and Pinning Properties in Superconductors, *Materials*, Vol. 16, Issue 14, pp. 4896 (2023)

Flexible films of PEO-5CB-NaIO₄-SWCNTs nanocomposite electrolytes: structural and electrical ion-conducting studies

*Todor E. Vlahov, Georgi B. Hadjichristov, Yordan G. Marinov, Alexander G. Petrov
Georgi Nadjakov Institute of Solid State Physics, Bulgarian Academy of Sciences, 72
Tzarigradsko Chaussee Blvd., BG-1784 Sofia, Bulgaria*

The subject of the presented study is the ion-conducting polymer electrolyte PEO-5CB-NaIO₄-SWCNT synthesized from polymer polyethylene oxide (PEO), liquid crystal pentyl-cyanobiphenyl (5CB), sodium methaperiodat (NaIO₄), and single-walled carbon nanotubes (SWCNTs). Flexible films with a thickness of 50 μm this of nanocomposite were synthesized by solution casting. The weight (wt.%) ratio of the soft components in this ionic material was PEO:5CB = 70:30%, the concentration of the salt NaIO₄ was 5 wt.%, and that of the SWCNTs was 0.025; 0.12, and 0.24 wt.%. The main goal is to determine the effect of the addition of SWCNTs on both the structural properties and ionic conductivity of the produced PEO-5CB-NaIO₄-SWCNT films, and to find the optimal concentration of the SWCNTs for the ion-conductive performance and other characteristics of the studied materials. The structural modification of the PEO-5CB-NaIO₄-SWCNT films due to the incorporation of SWCNTs at various concentrations was investigated by polarizing microscopy, SEM microscopy and X-ray diffraction. Electrical study was performed by means of complex electrical impedance spectroscopy in the frequency range from 0.1 Hz to 1 MHz of the applied electric field. The ion conductivity of PEO-5CB-NaIO₄-SWCNT nanocomposites and its relationship with the structural properties of the films was determined. The obtained results will be presented at the conference.

Acknowledgements: This work was supported by the Ministry of Education and Science of Bulgaria, through the National Research Fund of Bulgaria (research projects „Liquid crystal nanocomposites for applications in photonics, sensors and biomedicine“, No. KP-06-N58/6/2021 and „Explanation and development of our discovered novel effects in nano-thin ordered organic films for the development of nanocomposite chemical sensors for rapid, real-time, in-field measurements of gases and monitoring of emerging organic contaminants in drinking water“ (Acronym – NanoSense), No. KP-06-N68/3 from 03.07.2023. T. Vlahov gratefully acknowledges the support by Bulgarian Ministry of Education and Science under the National Research Programme „Young scientists and postdoctoral researchers-2“ approved by DCM 206/07.04.2022 (for the year 2024).

Гъвкави филми от нанокомпозитни електролити PEO-5CB-NaIO₄-SWCNTs: структурни и електрически изследвания на йонната проводимост

*Тодор Е. Влахов, Георги Б. Хаджихристов, Йордан Г. Маринов, Александър Г. Петров
Институт по физика на твърдото тяло „Георги Наджаков“, БАН
бул. Цариградско шосе 72, 1784 София, България*

Предмет на настоящото изследване е йон-проводимият полимерен електролит PEO-5CB-NaIO₄-SWCNT, получен от смесане на полимера полиетилен оксид (PEO), течен кристал пентил-цианобифенил (5CB), натриев метапериодат (NaIO₄) и едностенни въглеродни нанотръбички (SWCNTs). Гъвкави филми с дебелина 50 μm от този нанокомпозит бяха получени чрез техниката на отливане от разтвор. Съотношението в тегловни % на меките съставки в този йонен материал е PEO:5CB = 70:30 %, концентрацията на солта NaIO₄ е 5 тегл.%, а тази на SWCNTs е 0.025; 0,12 и 0,24 тегл.%. Основната цел е да се определи ефектът от добавянето на едностенни въглеродни нанотръбички, както върху структурните свойства, така и върху йонната проводимост на филми PEO-5CB-NaIO₄-SWCNT и да се намери оптималната им концентрация за постигане на йоннапроводимост и други характеристики на изследваните материали. Структурната модификация на филмите PEO-5CB-NaIO₄-SWCNT, дължаща се на включването на SWCNTs в различни концентрации, беше изследвана чрез поляризационна микроскопия, сканираща електронна микроскопия и рентгеноструктурен анализ. Проведено е изследване на електрическите характеристики чрез комплексна електрическа импедансна спектроскопия в честотния диапазон от 0,1 Hz до 1 MHz на приложеното електрично поле. Беше определена йонната проводимост на нанокомпозитите PEO-5CB-NaIO₄-SWCNT и нейната връзка със структурните свойства на филмите. Получените резултати ще бъдат представени на конференцията.

Благодарности: Тази работа е подкрепена от Министерството на образованието и науката (МОН), чрез ФОНД НАУЧНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ (изследователски проекти „Структурни и функционални изследвания на течнокристални нанокомпозити за приложения във фотониката, сензориката и биомедицината“, № КП-06-N58/6 и „Обяснение и развитие на откритите от нас нови ефекти в нано тънки подредени органични филми за разработване на нанокомпозитни химически сензори за бързи, в реално време, в полеви условия измервания на газове и мониторинг на нововъзникващи органични замърсители в питейната вода (Акроним – NanoSense)“, № КП-06-N68/3 от 03.07.2023г.) Т. Влахов благодари за подкрепата на МОН, Националната програма „Млади учени и постдокторанти-2“, DCM 206 /07.04.2022 г. (за 2024 г.).

ZnTiO₃/rGO nanocomposite ceramics: the effect of the reduced graphene oxide (rGO)

Georgi B. Hadjichristov, Yordan G. Marinov, Todor E. Vlahov

Georgi Nadjakov Institute of Solid State Physics, Bulgarian Academy of Sciences, 72 Tzarigradsko Chaussee Blvd., BG-1784 Sofia, Bulgaria

We present an experimental study on electrical conductivity and dielectric properties of a series of samples of nanocomposite ceramics ZnTiO₃/rGO. This material was produced from zinc titanate ZnTiO₃ with incorporation of nanoparticles (NPs) of reduced graphene oxide (rGO). The rGO NPs were in the form of nanosheets (mean thickness ~ 2 nm). Their concentration of the ZnTiO₃/rGO ceramics was 2; 4; 5; 6; 8 and 10 wt.%. The measurements were conducted by complex electrical impedance and dielectric spectroscopy in the frequency range 0.1 Hz – 3 MHz. The effect from the inclusion of rGO NPs was established. It was found that the values of the electrical conductivity and dielectric permittivity of ZnTiO₃/rGO can be considerably increased upon the addition of the rGO NPs we have used. The observed effect shows that the prepared ZnTiO₃/rGO nanocomposites are promising materials for electrical, electronic and dielectric applications, e.g., in the field of energy storage devices. The obtained results will be presented at the conference.

Acknowledgements: T. Vlahov gratefully acknowledges the support by Bulgarian Ministry of Education and Science under the National Research Programme „Young scientists and postdoctoral researchers-2“ approved by DCM 206/07.04.2022 (for the year 2024).

Нанокompозитна керамика ZnTiO₃/rGO: ефектът от редуцирания графенов оксид (rGO)

*Георги Б. Хаджихристов, Йордан Г. Маринов, Тодор Е. Влахов
Институт по физика на твърдото тяло „Георги Наджаков“, БАН
бул. Цариградско шосе 72, 1784 София, България*

Ние представяме експериментално изследване на електрическата проводимост и диелектричните свойства на серия от образци от нанокompозитна керамика ZnTiO₃/rGO. Този материал е произведен от цинков титанат ZnTiO₃ с включване на наночастици (НЧ) от редуциран графенов оксид (rGO). НЧ-те rGO бяха под формата на нанолюспи (средна дебелина ~ 2 nm). Тяхната концентрация в ZnTiO₃/rGO керамиката е 2; 4; 5; 6; 8 и 10 тегловни %. Измерванията са проведени чрез комплексна електрическа импедансна и диелектрична спектроскопия в честотния диапазон 0.1 Hz – 3 MHz. Установен е ефектът от включването на rGO наночастици. Установено е, че стойностите на електрическата проводимост и диелектричната проникваемост на ZnTiO₃/rGO могат да бъдат значително увеличени при добавяне на НЧ-и rGO. Наблюдаваният ефект показва, че получените нанокompозити ZnTiO₃/rGO са обещаващи материали за електрически, електронни и диелектрични приложения, например в областта на устройствата за съхранение на енергия. Получените резултати ще бъдат представени на конференцията.

Благодарности: Т. Влахов благодари за подкрепата на Министерство на образованието и науката, Националната програма „Млади учени и постдокторанти-2“, DCM 206/07.04.2022 (за 2024 г.).

Flexo-dielectric spectroscopy studies of thin planar films of 5CB nematic liquid crystals doped with gold nanospheres

*Yordan G. Marinov, Alexander G. Petrov, Georgi B. Hadjichristov
Georgi Nadjakov Institute of Solid State Physics, Bulgarian Academy of Sciences, 72
Tzarigradsko Chaussee Blvd., BG-1784 Sofia, Bulgaria*

We have studied the flexoelectrical behaviour of planar thin films of nematic liquid crystals pentylcyanobiphenyl (5CB) doped with gold nanoparticles (AuNPs). Polymer-coated nanospheres of AuNPs with a mean diameter of 20 nm were homogeneously dispersed in 5CB at a concentration of 0.5 wt%. AuNPs/5CB nanocomposite films with a thickness of 25 μm were investigated mainly by flexo-dielectro-optical spectroscopy, and additionally with complex electrical impedance spectroscopy, both in the frequency range from 0.1 Hz to 1 MHz at the applied electric field. The flexoelectrical response and the electro-optical modulation in AuNPs/5CB nanocomposite nematic system were correlated. To study the effect from AuNPs, our research interest was focussed on the first harmonic electro-optical flexo-dielectric spectra of the inspected AuNPs/5CB films. The effect from the AuNPs was elucidated. The flexoelectric properties of the AuNPs/5CB nanocomposites have a potential for uses in mechatronics.

Acknowledgements: This work was supported by the Ministry of Education and Science of Bulgaria, through the National Research Fund of Bulgaria (research projects „Liquid crystal nanocomposites for applications in photonics, sensors and biomedicine“, No. KP-06-N58/6/2021).

Изследване на тънки планарни филми от нематичен течен кристал 5CB, легирани със златни наносфери посредством флексо-диелектрична спектроскопия

*Йордан Г. Маринов, Александър Г. Петров, Георги Б. Хаджихристов
Институт по физика на твърдото тяло „Георги Наджаков“, БАН
бул. Цариградско шосе 72, 1784 София, България*

Изследвано е флексоелектричното поведение на планарни тънки филми от нематичен течен кристал пентилцианобифенил (5CB), легиран със златни наночастици (AuNP). Наносфери от AuNPs, покрити с полимер, със среден диаметър от 20 nm бяха хомогенно диспергирани в 5CB при концентрация от 0,5 тегл.%. Нанокompозитните филми AuNPs/5CB с дебелина 25 μm бяха изследвани основно чрез флексо-диелектро-оптична спектроскопия, както и допълнително с комплексна електрическа импедансна спектроскопия. Двете изследвания са проведени в честотния диапазон от 0,1 Hz до 1 MHz на приложеното променливо електрично поле. Флексоелектричният отговор и електрооптичната модулация в нанокompозитната нематична система AuNPs/5CB бяха корелирани. За да проучим ефекта от AuNPs, изследователският ни интерес беше фокусиран върху първата хармонична на електро-оптичните флексо-диелектрични спектри на изготвените AuNPs/5CB филми. Изяснен беше ефектът от наночастиците AuNPs. Флексо-електричните свойства на получените нанокompозити AuNPs/5CB имат потенциал за използване в мехатрониката.

Благодарности:

Тази работа е подкрепена от Министерството на образованието и науката на България, чрез Националния фонд за научни изследвания на България (изследователски проект „Течнокристални нанокompозити за приложения във фотониката, сензорите и биомедицината“, № КП-06-N58/6/ 2021 г.

Langmuir-Blodgett films of metal-organic framework (MOF) MIL-101(Cr) for sensing volatile organic compounds (VOCs) by electrical impedance spectroscopy

Yordan G. Marinov¹, Georgi R. Ivanov², Georgi B. Hadjichristov¹, Todor E. Vlahov¹,
Alexander G. Petrov¹

¹Georgi Nadjakov Institute of Solid State Physics, Bulgarian Academy of Sciences, 72
Tzarigradsko Chaussee Blvd., BG-1784 Sofia, Bulgaria

²University Laboratory "Nanoscience and Nanotechnology", University of Architecture, Civil
Engineering and Geodesy, blvd. Hr. Smirnenki, 1, 1064 Sofia, Bulgaria

Langmuir-Blodgett (LB) films of Metal-Organic Framework (MOF), Cr₃F(H₂O)₂O[benzenedicarbox-113 ylate]3.nH₂O (MIL-101(Cr)) (Figure 1), were tested for detection of vapors of volatile organic compounds (VOCs). The MOF LB sensing monolayers were deposited on Surface Acoustic Wave Resonators (SAWRs) that have interdigitated electrodes [1]. The frequency-dependent electrical response of the films was studied by complex electrical impedance spectroscopy (EIS) in the frequency range from 0.1 Hz to 1 MHz of the applied electric field. The electrical conductivity of the produced MOF LB films significantly increases when the films were in contact with vapors of VOCs, such as acetone, methanol, hexane, chloroform, ethanol, toluene, and petroleum ether, at concentrations up to 0.3 g/dm³. The dependence of the complex electrical impedance of the films on the concentration of the VOC gas was measured and analyzed. EIS demonstrates that the impedimetric response of the studied MOF LB monolayers to vapors of VOCs can be efficiently used for their detection.

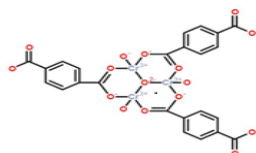


Figure 1: Structure of MIL-101(Cr) metal-organic framework

Acknowledgements: Work supported by National Research Fund of Bulgaria (research project „Explanation and extension of the discovered by us new effects in nano-thin organized organic films for the development of nano-composite chemical sensors for fast, real-time, in-field gas sensing and monitoring of emerging organic contaminants in drinking water (Acronym–NanoSense)“, No. KP-06-N68/3/2023. T. Vlahov gratefully acknowledges the financial support by the MESB under the National Research Programme „Young scientists and postdoctoral researchers–2“ approved by DCM 206/07.04.2022, for the year 2024.

References

[1]. G.R. Ivanov, T. Venelinov, Y.G. Marinov et al., *Chemosensors* 12, 116 (2024)

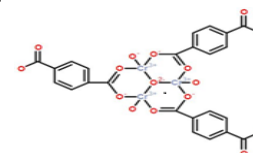
Ленгмюир-Блоджетови филми от металоорганична структура (MOF) MIL-101(Cr) за регистриране на летливи органични съединения (VOC) чрез електрическа импедансна спектроскопия

Йордан Г. Маринов¹, Георги Р. Иванов², Георги Б. Хаджихристов¹, Тодор Е. Влахов¹,
Александър Г. Петров¹

¹ Институт по физика на твърдото тяло „Георги Наджаков“, БАН
бул. Цариградско шосе 72, 1784 София, България

² Университетска лаборатория „Нанонауки и нанотехнологии“, Университет по
архитектура, строителство и геодезия, бул. Хр. Смирненски, 1, 1064 София, България

Ленгмюир-Блоджетовите филми от металоорганичната структура (MOF), Cr₃F(H₂O)₂O[benzenedicarbox-113 ylate]3.nH₂O (MIL-101(Cr)) (Фигура 1), бяха тествани за откриване на пари от летливи органични съединения (ЛОС). ЛБ сензорни монослоеви от MOF бяха отложени върху резонатори за повърхностни акустични вълни (SAWR) с интердигитални електроди [1]. Честотно зависимият електрически отклик на филмите беше изследван чрез комплексна електрическа импедансна спектроскопия (EIS) в честотния диапазон от 0.1 Hz до 1 MHz на приложеното променливо електрично поле. Електрическата проводимост на получените MOF ЛБ филми значително се увеличава, когато филмите са в контакт с изпарения на ЛОС, като ацетон, метанол, хексан, хлороформ, етанол, толуен и петролев етер, при концентрации до 0,3 g / dm³. Зависимостта на комплексния електрически импеданс на филмите от концентрацията на ЛОС газовете беше измерена и анализирана. EIS демонстрира, че импедиметричният отклик на изследваните MOF ЛБ монослоеви към изпарения от ЛОС може да се използва ефективно за тяхното откриване.



Фигура 1: Металоорганична структура на съединението MIL-101(Cr).

Благодарности: Работата е финансирана от ФНИ, проект „Обяснение и разширяване на откритите от нас нови ефекти в нанотънки структурирани органични филми за разработване на нанокompозитни химически... (Акроним–NanoSense)“, № KP-06-N68/3/2023. Т. Влахов благодари за финансовата подкрепа от МОН по Националната програма за научни изследвания „Млади учени и докторанти–2“, одобрена с ПМС 206/07.04.2022 г., за 2024 г.

[1]. G.R. Ivanov, T. Venelinov, Y.G. Marinov et al., *Chemosensors* 12, 116 (2024)

Electrochemical behavior of B(Pb)SCCO 2212 doped Zn electrode

Angelina K. Stoyanova-Ivanova, Peter A. Lilov, Ognyan K. Petkov, Yordan G. Marinov
Georgi Nadjakov Institute of Solid State Physics, Bulgarian Academy of Sciences, 72
Tzarigradsko Chaussee Blvd., BG-1784 Sofia, Bulgaria

This study is focused on the electrochemical behavior of Zn electrode active mass, used in Ni-Zn batteries, produced from composites of nano-sized ZnO and conductive cuprate ceramics $\text{Bi}_{1.7}\text{Pb}_{0.3}\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_x$ (B(Pb)SCCO 2212) during the electrochemical treatment [1-3]. Pure zinc electrodes (without additive) and electrodes containing additive conductive ceramics were compared. The ceramics were added at concentrations of 5%. Electrochemical cells assembled with anode prepared using active mass made by the addition of these composites were examined by Cyclic Voltammetry (CV) starting in the positive direction from the open circuit potential at a rate of 2 mVs^{-1} or 5 mVs^{-1} in electrolyte (7M KOH) and range 1.2 – 1.8 V. It has been found that ceramic content in the electrodes is reduced during the charging process. The reduction products are different oxides and hydroxides. Their presence probably improves the overall conductivity of the electrode and the contact between the particles of the negative active mass. On the other hand, the Ca- and Sr- products decrease the solubility of ZnO in the electrolyte, reducing shape change, dendrite growth, and suppressing hydrogen evolution of the electrode.

References:

- [1] Angelina Stoyanova-Ivanova, Peter Lilov, Alexander Vasev, Antonia Stoyanova, Galia Ivanova, Daniela Karashanova, Valdek Mikli. Studies of structural and morphological properties of cuprate conductive ceramics after electrochemical treatment in alkaline electrolyte. *Materials Chemistry and Physics* 239 121934 (2020)
- [2] Petrova V., A. Stoyanova-Ivanova, P. Lilov, O. Petkov, G. Ivanova et al. Ultraso-und Assisted Mixing of Zinc Active Mass with Conductive Ceramic Additives for Ni-Zn Battery, *ECS Transactions*, 95(1), 227–234, (2019)
- [3] Angelina K. Stoyanova-Ivanova, Elefteria D. Lefterova, Galia D. Ivanova, Yordan G. Marinov, Georgi B. Hadjichristov, Antonia E. Stoyanova, Impedance spectroscopy study of Ni-Zn electrochemical alkaline systems with anode of nano-sized ZnO doped with conducting ceramics B(Pb)SCCO 2212. *Comptes rendus de l'Academie bulgare des Sciences*. Tome 75, No 3, (2022)

Електрохимично поведение на Zn-електроди легирани с B(Pb)SCCO 2212

Ангелина К. Стоянова-Иванова, Петър А. Лилов, Огнян К. Петков, Йордан Г. Маринов
Институт по физика на твърдото тяло „Георги Наджаков“, БАН
бул. Цариградско шосе 72, 1784 София, България

Това изследване е фокусирано върху електрохимичното поведение на активната маса на Zn електрод, използван в Ni-Zn батерии, получени като композити от наноразмерен ZnO и проводима купратна керамика $\text{Bi}_{1.7}\text{Pb}_{0.3}\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_x$ (B(Pb)SCCO 2212) по време на електрохимично третиране [1-3]. Сравнявани са електроди от чист цинк (без добавка) и електроди, съдържащи добавка от проводяща керамика. Керамиката е добавена в концентрация от 5%. Електрохимичните клетки, както са сглобени с анод, приготвен с помощта на активна маса, получена чрез добавяне на тези композити, бяха изследвани в електролит (7M KOH) чрез циклична волтаметрия (CV), започвайки в положителна посока от потенциала на отворена верига при скорост от 2 mVs^{-1} или 5 mVs^{-1} , в диапазона 1,2 – 1,8V. Установено е, че съдържанието на керамика в електродите намалява по време на процеса на зареждане. Продуктите на редукция са различни оксиди и хидроксиди. Тяхното присъствие вероятно подобрява общата проводимост на електрода и контакта между частиците на отрицателната активна маса. От друга страна, Ca- и Sr- продуктите намаляват разтворимостта на ZnO в електролита, намалявайки промяната на формата, растежа на дендритите и потискайки отделянето на водород от електрода.

Литература:

- [1] Angelina Stoyanova-Ivanova, Peter Lilov, Alexander Vasev, Antonia Stoyanova, Galia Ivanova, Daniela Karashanova, Valdek Mikli. Studies of structural and morphological properties of cuprate conductive ceramics after electrochemical treatment in alkaline electrolyte. *Materials Chemistry and Physics* 239 121934 (2020)
- [2] Petrova V., A. Stoyanova-Ivanova, P. Lilov, O. Petkov, G. Ivanova et al. Ultraso-und Assisted Mixing of Zinc Active Mass with Conductive Ceramic Additives for Ni-Zn Battery, *ECS Transactions*, 95(1), 227–234, (2019)
- [3] Angelina K. Stoyanova-Ivanova, Elefteria D. Lefterova, Galia D. Ivanova, Yordan G. Marinov, Georgi B. Hadjichristov, Antonia E. Stoyanova, Impedance spectroscopy study of Ni-Zn electrochemical alkaline systems with anode of nano-sized ZnO doped with conducting ceramics B(Pb)SCCO 2212. *Comptes rendus de l'Academie bulgare des Sciences*. Tome 75, No 3, (2022)

Formation and characterization of step meandering on vicinal surfaces: A cellular automaton model study

Hristina Popova¹, Marta Chabowska², Magdalena Zahuska-Kotur², Vesselin Tonchev³

¹Institute of Physical Chemistry, Bulgarian Academy of Sciences

²Institute of Physics, Polish Academy of Sciences

³Faculty of Physics, Sofia University

Self-organized surface morphologies resulting from various kinds of crystal growth processes remain a subject of large scientific interest through the years. Pattern formation of well-defined and ordered crystal structures is essential for technological evolution. Vicinal crystal surfaces can exhibit a number of different morphological instabilities, including the most widespread step bunching and step meandering, which appear as suitable templates for the growth of various nanostructures playing an important role in device manufacturing. The present study is focused on the step meandering instability obtained in the presence or absence of Ehrlich-Schwoebel barrier acting as an additional diffusion barrier at the step edges. Using a two-dimensional atomistic scale model of vicinal surface growth based on cellular automata and combined with Monte Carlo diffusion, the surface evolution during the crystal growth process is explored and its dependence on various parameters such as height of Ehrlich-Schwoebel barrier, depth of the potential well in front of steps, adatom diffusion rate, initial adatom concentration and initial vicinal distance. The resulting surface morphologies show the emergence of step meandering which further evolves into regular finger-like structure of meanders. The presented analysis of the height-height correlation function allows for quantitative description of the surface morphology by extracting the proper characteristic length scales such as wavelength of meanders and amplitude of fingers. It is demonstrated that for a regular, well-ordered structure the correlation function calculated in direction along steps has an oscillating behavior which repeats regularly at a distance equal to the meander wavelength. Therefore, the oscillation period can be properly related to the meander wavelength (or finger width), whereas the oscillation amplitude corresponds to the finger height. Using these quantities, the evolution of step meandering process is traced, the time scaling analysis of meander characteristics is performed and their scaling dependences on various parameters are also presented. In addition, diagrams of meander wavelength as a function of different parameters are built. This study allows establishing the proper growth conditions to obtain surface patterns with regular step meandered structure that may serve as appropriate templates for nanotechnology.

Acknowledgments: This study was supported by the project for bilateral collaboration between Bulgarian and Polish Academies of Sciences (grant number IC-PL/07/2024-2025). H.P. acknowledges the financial support of the Bulgarian National Science Fund (grant number КП-06-ДО02/2/18.05.2023) within the program “EIG CONCERT-Japan”.

Формиране и характеризиране на меандриране на стъпала върху вицинални повърхности: Изследване на модел на клетъчен автомат

Х. Попова¹, М. Хабовска², М. Залуска-Котур², В. Тончев³

¹Институт по физикохимия, Българска Академия на Науките

²Институт по физика, Полска Академия на Науките

³Физически факултет, Софийски университет

Самоорганизираните повърхностни морфологии, произтичащи от различни видове процеси на кристален растеж, са обект на голям научен интерес през годините. Образуването на модели на добре дефинирани и подредени кристални структури е от съществено значение за еволюцията в технологиите. Вициналните кристални повърхности могат да развият различни морфологични нестабилности, включително групиране и меандриране на стъпала, които се явяват подходящи шаблони за растеж на различни наноструктури. Настоящото изследване е фокусирано върху меандрирането на стъпала, получено в присъствие или отсъствие на Ерлих-Швьобелов барьер, действащ като допълнителен дифузионен барьер при стъпалата. С помощта на двумерен атомистичен модел на растеж на вицинална повърхност, базиран на клетъчни автомати и съчетан с дифузия от Монте Карло тип, е изследвана еволюцията на повърхността по време на процеса на кристален растеж и зависимостта ѝ от различни параметри като височина на Ерлих-Швьобеловия барьер, дълбочина на потенциалната яма пред стъпалата, скорост на дифузия на адатомите, начална концентрация на адатомите и начално вицинално разстояние. Получените повърхностни морфологии показват появата на меандриране на стъпала, което по-нататък се развива в „пръстовидна“ структура от меандри. Представеният анализ на корелационната функция, описваща разликата във височините на повърхността, позволява количествено описание на морфологията на повърхността чрез извличане на подходящи характеристични дължини, като дължина на вълната на меандрите и амплитуда на формираните „пръсти“. Показано е, че за правилна и добре подредена структура корелационната функция, пресмятана в направление успоредно на стъпалата, има осцилиращо поведение, което се повтаря на разстояние равно на дължината на вълната на меандрите. Следователно периодът на осцилациите може да бъде свързан с дължината на вълната на меандрите, а амплитудата на осцилациите съответства на височината на пръстите. С помощта на тези величини е проследена еволюцията на процеса на меандриране на стъпала, проведен е скейлингов анализ с времето на характеристиките на меандрите и са представени техните скейлингови зависимости от различни параметри.

Благодарности: Изследването е подкрепено от проект за двустранно сътрудничество между Българска и Полска Академии на Науките (проект IC-PL/07/2024-2025). Х.П. благодари за финансовата подкрепа на ФНИ (проект КП-06-ДО02/2/18.05.2023 г.) в рамките на програма „EIG CONCERT-Japan”.

Study on the Partial Al³⁺ Substitution Effect on the Structural and Microwave Properties of Y-type

Ba_{0.5}Sr_{1.5}MgNiFe_{12-x}Al_xO₂₂ Hexaferrites

Borislava Georgieva¹, Svetoslav Kolev^{1,2}, Kiril Krezhov¹, Chavdar Ghelev¹, Daniela Kovacheva³, Peter Tzvetkov³, Lan-Maria Tran⁴, Michal Babij⁴,
Tatyana Koutzarova¹

¹Institute of Electronics, Bulgarian Academy of Sciences, 72 Tsarigradsko Chaussee, 1784 Sofia, Bulgaria

²Neofit Rilski South-Western University, 66 Ivan Mihailov Str.,
2700 Blagoevgrad, Bulgaria

³Institute of General and Inorganic Chemistry, Bulgarian Academy of Sciences, Acad. Georgi Bonchev Str., bld. 11, 1113 Sofia, Bulgaria

⁴Institute of Low Temperature and Structure Research, Polish Academy of Sciences, ul. Okólna 2, 50-422 Wrocław, Poland

This study concerns the influence of partial Al³⁺ substitution of the magnetic Fe³⁺ cations on the magnetic properties of Y-type hexagonal ferrites with the general formula Ba_{0.5}Sr_{1.5}Me₂Fe₁₂O₂₂, where the Me²⁺ site is occupied by non-magnetic Mg²⁺ and magnetic Ni²⁺ cations. The Ba_{0.5}Sr_{1.5}MgNiFe_{12-x}Al_xO₂₂ (x = 0.08, 1) powder materials were synthesized using a citric acid sol-gel auto-combustion method followed by thermal annealing at 1180 °C in air, thus ensuring phase purity as confirmed by X-ray diffraction (XRD) analysis. To clarify the magnetic phase transitions, we performed zero-field-cooled (ZFC) and field-cooled (FC) magnetization measurements under applied magnetic fields of 50 Oe, 100 Oe, and 500 Oe over the temperature range of 4.2 K to 300 K. These measurements were complemented by hysteresis loop analysis at selected temperatures. Additionally, *ac* magnetization studies were conducted in an alternating magnetic field with an amplitude of 10 Oe and a frequency of 1000 Hz, providing further insight into the dynamic magnetic behavior. Our results reveal a complex magnetic phase transition from a spiral magnetic order to a conical spin arrangement at low temperatures, accompanied by multiple metamagnetic transitions within the 4.2 K to 300 K temperature range, particularly pronounced in the x = 0.08 composition. The reflection losses in the 1–20 GHz frequency range of Ba_{0.5}Sr_{1.5}MgNiFe_{12-x}Al_xO₂₂ (x = 0.08, 1) powder materials, uniformly dispersed in a silicon rubber polymer matrix, were systematically examined in both the absence and presence of an external magnetic field. The microwave properties of the composite material demonstrated a pronounced sensitivity to the applied magnetic field, as evidenced by the appearance of new maxima in the reflection loss spectrum, thereby highlighting the material's responsiveness to magnetic influences.

Acknowledgements: Borislava Georgieva was supported by the Bulgarian Ministry of Education and Science under the National Research Programme “Young scientists and postdoctoral students-2” approved by DCM 206/07.04.2022. This work was supported by the Bulgarian National Science Fund under contract KP-06-N48/5, and by a joint research project between the BAS and the Institute of Low Temperature and Structure Research, Polish Academy of Sciences.

Изследване на частичното заместване на Al³⁺ върху структурните и микровълнови свойства на Y-тип Ba_{0.5}Sr_{1.5}MgNiFe_{12-x}Al_xO₂₂ хексаферити

Борислава Георгиева¹, Светослав Колев^{1,2}, Кирил Крежов¹, Чавдар Гелев¹,
Даниела Ковачева³, Петър Цветков³, Лан-Мария Тран⁴, Михал Бабий⁴,
Татяна Куцарова¹

¹Институт по електроника, БАН, бул. Цариградско шосе №72, 1784 София, България

²Югозападен университет „Неофит Рилски“, ул. „Иван Михайлов“ №66, 2700
Благоевград, България

³Институт по обща и неорганична химия, БАН, ул. Акад. Георги Бончев, бл. 11, 1113
София, България

⁴Институт за ниски температури и структурни изследвания, Полска академия на
науките, ул. Околна 2, 50-422 Вроцлав, Полша

Настоящото изследване разглежда влиянието на частичното заместване на магнитните (Fe³⁺) катиони с Al³⁺ върху магнитните свойства на Y-тип хексаферити с обща формула Ba_{0.5}Sr_{1.5}Me₂Fe₁₂O₂₂, където позицията Me²⁺ е заета от немагнитни Mg²⁺ и магнитни Ni²⁺ катиони. Праховите образци от Ba_{0.5}Sr_{1.5}MgNiFe_{12-x}Al_xO₂₂ (x = 0.08, 1) са получени чрез сол-гел самоизгаряне и синтезирани при 1180 °C. Рентгеноструктурният анализ показва присъствието на характерните пикове, съответстващи на структурата на Y-тип хексаферитите. За определяне на температурите на магнитно-фазови преходи, които обуславят наблюдаването на магнито-електричен ефект, беше измерено изменението на намагнитеността с повишаване на температурата в интервала 4.2 – 300 K в присъствие на магнитно поле от 50 Oe, 100 Oe и 500 Oe (ZFC и FC – протокол). Измерена е температурната зависимост на магнитната възприемчивост от температурата (4.2 – 300 K) при прилагане на магнитно поле с амплитуда 1 Oe и 10 Oe и честота 1 kHz. Наблюдаван е магнитен фазов преход от спираловидно към конично подреждане на спиновете при по-ниски температури. При пробата със състав x = 0.08 се наблюдават и няколко метамагнитни фазови прехода. Загубите от отражение в честотния диапазон 1–20 GHz на прахообразните материали Ba_{0.5}Sr_{1.5}MgNiFe_{12-x}Al_xO₂₂ (x = 0.08, 1), равномерно диспергирани в полимерна матрица, бяха систематично изследвани както при отсъствие, така и при наличие на външно магнитно поле. Микровълновите свойства на композитния материал демонстрираха изразена чувствителност към приложеното магнитно поле, което се доказва с появата на нови максимуми в спектъра на загубите от отражение.

Благодарности: Б. Георгиева е получила подкрепа от Министерството на образованието и науката на Р. България по Националната програма „Млади учени и постдокторанти-2“, одобрена с РМС 206/07.04.2022 г. Изследването е извършено с финансовата подкрепа на Фонд „Научни изследвания“ по договор КП-06-N48/5 и от съвместен изследователски проект между БАН и Института за ниски температури и структурни изследвания към ПАН.

Research of Morphology and Composition of a Ti/TiN/AlTiCrN hard coating, deposited by Unbalanced Magnetron Sputtering in Closed Magnetic Field

Ekaterina Zlatareva¹, Vasilij Chitanov¹, Stefan Kolchev¹, Tetyana Cholakova¹, Chavdar Pashinski^{1,2}, Tine Hribar³, Miha Čekada⁴, Roumen Kakanakov¹, Lilyana Kolaklieva¹

¹Central Laboratory of Applied Physics, Bulgarian Academy of Sciences, Bulgaria

²Department of Mechanics, Technical University - Sofia, Br. Plovdiv, Bulgaria

³Faculty of Natural Sciences and Engineering, University of Ljubljana, Slovenia

⁴Department of Thin Films and Surfaces, Jožef Stefan Institute, Slovenia

Ti/TiN/AlTiCrN coating was deposited by Unbalanced Magnetron Sputtering in a Closed Magnetic Field (UBMSCF) in UDP 850 equipment (Tear Coatings, England). The coating morphology was studied by a Scanning Electron Microscope (SEM) SU5000 (Hitachi, Japan). The surface observations using a secondary electron detector at an accelerating voltage of 5 KV and magnitude of x6K indicate a homogeneous surface with single uniform oval-shaped defects. The measured diameter of the defects was between 760 and 937 nm. A detailed examination of the surface at an accelerating voltage of 15 KV and magnitude of 30K identified a granular structure with predominantly oval densely packed grains of similar size and shape. However, individual grains with different geometries were also visible on the surface. The ratio of the elements of the coating was confirmed by energy-dispersive X-ray analysis (EDS, Thermofisher Scientific, USA). The following coating composition was determined: Al - 27.6 at. %, Ti - 24.6 at. %, Cr - 6.5at. %, and N - 41.4 at.%. The results showed that the ranges of change of individual elements do not change their ratio. The Al/Ti ratio was close to 1, with the content of Al being the leading one. The Cr content was significantly lower. The range of variation of the nitrogen content was close to the optimal content for this type of hard coating (45-50 %). The uniform element distribution was confirmed by the composition analysis in seven separate points on the surface. A standard deviation of Al - 0.45 at. %, Ti - 0.61 at. %, Cr - 0.16 at. %, and N - 1.14 at. % was calculated.

The obtained composition and morphology of the coating surface led to a roughness of the coating $S_a = 99.3$ nm, measured by an optical confocal microscope Axio CSM 700 (Carl Zeiss, Germany).

The presented results show that the hard coating Ti/TiN/AlTiCrN with a predominant content of Al and Ti and an optimal amount of N is characterised with a smooth and dense surface with an evenly distributed granular structure and a homogeneous composition - a prerequisite for achieving the necessary mechanical and tribological properties for improved performance of the tools.

Изследване на морфологията и състава на твърдо покритие Ti/TiN/AlTiCrN, нанесено чрез Разбалансирано магнетронно разпрашване в затворено магнитно поле

Екатерина Златарева¹, Василий Читанов¹, Стефан Колчев¹, Тетяна Чолакова¹, Чавдар Пашиински^{1,2}, Тине Хрибар³, Миха Чекада⁴, Румен Каканак¹, Лиляна Колакчиева¹

¹ Централна Лаборатория по Приложна Физика-Пловдив, Българска Академия на Науките, България

²Технически Университет-София, филиал Пловдив, България

³Университет Люблина, Словения

⁴Йозеф Стефан Институт, Люблина, Словения

Нанесено е покритие Ti/TiN/AlTiCrN чрез разбалансирано магнетронно разпрашване в затворено магнитно поле на установка УДП 850 (Тиър Коутингс, Англия). Морфологията на покритието е изследвана със Сканиращ Електронен Микроскоп (СЕМ) SU5000 (Хитачи, Япония). Наблюденията на повърхността чрез детектор за вторични електрони при ускоряващо напрежение 5 KV и увеличение x 6K показват хомогенна повърхност с единични еднотипни дефекти с овална форма. Измереният диаметър на дефектите е между 760 и 937 nm. Детайлното изследване на повърхността при ускоряващо напрежение 15 KV и увеличение x 30K идентифицира зърниста структура с преобладаващо овални, близки по размер и форма, плътно подредени зърна. Отделни зърна с различна геометрия също са видими на повърхността.

Съотношението на елементите на покритието е потвърдено чрез енергийно дисперсионен рентгенов анализ (ЕДС, Термофисер Саентифик, САЩ). Определен е следният състав на покритието: Al-27.6 at. %, Ti-24.6 at. %, Cr-6.5at. % и N-41.4 at.%. Чрез линейно сканиране на повърхността на покритието са определени граници на изменение на съдържанието на елементите Al-25-29.8 at. %, Ti-22.1-27.3 at. %, Cr-5.2-7.8 at. % и N -35.1-45.8 at. %. Резултатите показват, че диапазоните на изменението на отделните елементи не променят тяхното съотношение. Съотношението на Al и Ti е близко до 1, като съдържанието на Al е водещо. Съдържането на Cr е значително по-ниско. Диапазонът на изменение на количеството N е близък до оптималното съдържание за този вид твърди покрития (45-50 at. %). Равномерното разпределение на елементите е потвърдено чрез анализ на състава в седем отделни точки по повърхността. Изчислено е стандартно отклонение от: Al - 0.45 at. %, Ti - 0.61 at. %, Cr - 0.16 at. % и N - 1.14 at. %.

Получените състав и морфология на повърхността на покритието водят до грапавост на покритието $S_a = 99.3$ nm, измерена с оптичен конфокален микроскоп Axio CSM 700 (ЦАЙС, Германия).

Представените резултати показват, че твърдото покритие Ti/TiN/ AlTiCrN с преобладаващо съдържание на Al и Ti и оптимално количество N притежава гладка и плътна повърхност с равномерно разпределена зърниста структура и еднороден състав. Това е предпоставка за постигането на необходимите механични и трибологични свойства.

Electrical transport mechanism in graphene compactsK. Kirilov¹, E. Valcheva¹, E. Tatarova²¹Faculty of Physics, University of Sofia, 5 James Bourchier Blvd., 1164 Sofia, Bulgaria²Instituto de Plasmas e Fusão Nuclear, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa

Carbon-based 2D materials, graphene being the most outstanding of them, attract a vast research interest, both fundamental and application oriented, and produce an impressive number of scientific reports, e.g. [1, 2]. This is provoked by their extraordinary overall characteristics, including electrical transport properties such as high conductivity and charge mobility. Many applications (e.g.: supercapacitors, batteries, nanocomposites) require production of free-standing graphene sheets consisting of a few atomic monolayers. Usually graphene powders used as fillers in composite matrices and compacts produced by compression are investigated. Published research shows that the bulk conductivity depends not only on the intrinsic material properties but also is strongly affected by the number of particle contacts, the packing density and matrix composition. The transport mechanisms in such inhomogeneous media are not examined in detail and conclusive explanation is missing.

In this work we address, the current flow mechanism of compressed free-standing graphene compacts. Temperature dependence of resistivity/conductivity studied at low temperatures (10–300 K) reveals unusual insulating behaviour. The results are explained by modeling the influence of the quasi-two dimensionality of the compacted graphene and presence of disorder on their transport properties leading to localization effects and electron-electron interactions [3]. The charge transport exhibits a transition between thermally activated near-neighbour hopping at relatively higher temperatures and variable range hopping (VRH) at lower temperatures via 2D localization. The observed charge transport mechanism is typical for partially disordered systems like nanocrystal arrays.

References

- [1] A. K. Geim, and K. S. Novoselov, The rise of graphene, *Nature Materials* 6, 183–91(2007)
- [2] Y. H. Wu, T. Yu, and Z. X. Shen, Two-dimensional carbon nanostructures: Fundamental properties, synthesis, characterization, and potential applications, *J. Appl. Phys.* 108, 071301(2010)
- [3] E. Valcheva, K. Kirilov, N. Bundaleska, A. Dias, E. Felizardo, M. Abrashev, N. Bundaleski, OMNDTeodoro, Th. Strunskus, Zh. Kiss'ovski, L. L. Alves and E. Tatarova, Low temperature electrical transport in microwave plasma fabricated free-standing graphene and N-graphene sheets, *Mater. Res. Express* 10, 02560, (2023)

Механизъм на електрически транспорт в графенови компактиK. Кирилов¹, Е. Вълчева¹, Е. Татарова²¹Физически факултет, Софийски Университет „Св. Климент Охридски“,²Instituto de Plasmas e Fusão Nuclear, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa

Базираните на въглерод 2D материали, между които най-забележителен е графенът, привличат огромен изследователски интерес, както фундаментален, така и ориентиран към приложения, и водят до впечатляващ брой научни доклади, напр. [1, 2]. Това като цяло е провокирано от техните изключителни характеристики, включително електрически транспортни свойства, като висока проводимост и подвижност на зарядите. Много приложения (напр.: суперкондензатори, батерии, нанокompозити) изискват производство на свободно стоящи графенови листове, състоящи се от няколко атомни монослоя. Обикновено се изследват графенови прахове, използвани като пълнители в композитни матрици и компакти, произведени чрез компресия. Публикуваните изследвания показват, че обемната проводимост зависи не само от собствените свойства на материала, но също така е силно повлияна от броя на контакти между частиците, от които се състои материала, плътността и състава на матрицата. Транспортните механизми в такива нехомогенни среди не са изследвани подробно и липсва окончателно обяснение.

В тази работа ние разглеждаме механизма на протичане на ток в графенови компакти изградени от компресирани свободно стоящи графенови листове. Температурната зависимост на съпротивлението/проводимостта, изследвана при ниски температури (10–300 K), разкрива необичайно поведение, характерно за изолатор. Резултатите са обяснени чрез моделиране на влиянието на квази-двумерността на графеновите компакти и наличието на безпорядък върху техните транспортни свойства, което води до ефекти на локализация и електрон-електронни взаимодействия [3]. Транспорта на заряд проявява преход между термично активирано прескачане между близки съседи, при относително високи температури и прескачане на променливо разстояние (variable range hopping, VRH) при по-ниски температури чрез 2D локализация. Наблюдаваният механизъм на транспорт на заряди е типичен за частично неподредени системи като нанокристални масиви.

Литература

- [1] A. K. Geim, and K. S. Novoselov, The rise of graphene, *Nature Materials* 6, 183–91(2007)
- [2] Y. H. Wu, T. Yu, and Z. X. Shen, Two-dimensional carbon nanostructures: Fundamental properties, synthesis, characterization, and potential applications, *J. Appl. Phys.* 108, 071301(2010)
- [3] E. Valcheva, K. Kirilov, N. Bundaleska et al., Low temperature electrical transport in microwave plasma fabricated free-standing graphene and N-graphene sheets, *Mater. Res. Express* 10, 02560, (2023)

TEM investigation on formation of SiC on Si substrates and the effect of native SiO₂

*Biliana Georgieva¹, Daniela Karashanova¹, Ivalina Avramova², Vladimir Mehandziev³, Peter Rafailov³, Rosica Titorenkova⁴, Dimitar Dimov⁵ and Teodor Milenov^{*5}*

¹ Institute of Optical Materials and Technologies, "Akad. J. Malinowski", Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria

² Institute of General and Inorganic Chemistry, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria

³ "G. Nadjakov" Institute of Solid State Physics, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria

⁴ "Akad. Ivan Kostov" Institute of Mineralogy and Crystallography, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria

⁵ "Akad. E. Djakov" Institute of Electronics, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria, *tmilenov@ie.bas.bg

The current work aims to shed light on the influence of native SiO₂ on the formation of SiC by direct carbonization of (111) Si substrates. Here we present initial results on the formation of different phases, products of reactions occurring on the surface of Si- substrates during thermally stimulated chemical vapor deposition (CVD) processes associated with the decomposition of a hydrocarbon precursor CH₄ at about 1150°C and the remaining small amounts from natural SiO₂.

The CVD processes were carried out by decomposition of methane (CH₄) at pressure of 300 mTorr in a gas mixture of H₂ (500 sccm) and CH₄ (20 sccm or 10 sccm) for 3 min or 20 min, respectively, at temperatures about (1130-1140)°C. In order to determine the microstructure and phase we used Transmission Electron Microscopy (TEM) with the Conventional TEM and Selected Area Electron Diffraction (SAED) modes. The in-depth elemental analysis of the films was determined by X-ray Photoelectron Spectroscopy (XPS), and the material of the films was successively removed by sputtering. IR spectroscopy was also used in order to study the phase composition of the deposited thin films.

The results for ~15 nm thick films obtained by TEM and SAED demonstrate a polycrystalline structure of the films and the presence of SiC, SiO₂ and mixed oxide Si-O-C phases. The XPS data reveal the formation of two consecutive layers on the Si surface: a 5-7 nm thick film of practically pure SiC, and a 5-7 nm region containing a mix Si-O-C glass and SiC. The synthesis of different phases in the CVD processes is definitely associated with the influence of native SiO₂ on the reactions during the synthesis.

Acknowledgments: The authors acknowledge financial support from the National Science Fund of Bulgaria under Grant No. KP-06-N58/2-16.11.2021. Research equipment of Distributed Research Infrastructure INFRAMAT, part of Bulgarian National Roadmap for Research Infrastructures, supported by Bulgarian Ministry of Education and Science was used in this investigation.

Изследване с трансмисионна електронна микроскопия на образуването на SiC върху Si подложка и влиянието на нативния SiO₂

Биляна Георгиева¹, Даниела Карашианова¹, Ивалина Аврамова², Владимир Механджиев³, Петър Рафаилов³, Росица Титоренкова⁴, Димитър Димов⁵, Теодор Миленов⁵

¹Институт по оптически материали и технологии „Акад. Йордан Малиновски“, БАН, София, България

² Институт по обща и неорганична химия, БАН, София, България

³ Институт по физика на твърдото тяло „Георги Наджаков“, БАН, София, България

⁴ Институт по минералогия и кристалография „Акад. Иван Костов“, БАН, София, България

⁵ Институт по електроника „Акад. Емил Джаков“, БАН, София, България

Настоящата работа има за цел да хвърли светлина върху влиянието на нативния SiO₂ при образуването на SiC чрез директна карбонизация на (111) Si подложка. Представени са първоначални резултати за формирането на различни фази, продукти от реакции, протичащи на повърхността на Si-подложка по време на процеси на термично стимулирано химическо отлагане на пари (CVD), свързани с разлагането на въглеродороден прекурсор - метан (CH₄) при около 1150°C и останалите малки количества от нативен SiO₂.

CVD процесите се провеждат чрез разлагането на CH₄ при налягане от 300 mTorr в газова смес от H₂ (500 sccm) и CH₄ (20 sccm или 10 sccm) съответно за 3 min или 20 min при температури около (1130-1140)°C. За да бъде определена микроструктурата и фазата, е използвана трансмисионна електронна микроскопия (ТЕМ) с конвенционалните режими светлополева ТЕМ (BF ТЕМ) и електронна дифракция от избрана област (SAED). Задълбоченият елементен анализ на филмите е проведен с рентгенова фотоелектронна спектроскопия (XPS) като материалът на филмите последователно е отстраняван чрез разпръскване. Беше използвана и инфрачервена спектроскопия за изследване на фазовия състав на отложените тънки филми.

Резултатите за филми с дебелина ~15 nm, получени чрез ТЕМ и SAED, демонстрират поликристална структура на филмите и наличието на SiC, SiO₂ и смесени оксидни Si-O-C фази. XPS данните разкриват образуването на два последователни слоя върху повърхността на Si: филм с дебелина 5-7 nm от практически чист SiC и 5-7 nm област, съдържаща смес от Si-O-C стъкло и SiC. Синтезът на различни фази в CVD процесите определено е свързан с влиянието на нативния SiO₂ върху реакциите по време на синтеза.

Благодарности: Авторите изказват благодарност за финансовата подкрепа на ФНИ по проект № КП-06-N58/2-16.11.2021 г. В това изследване е използвано изследователско оборудване на изследователска инфраструктура INFRAMAT, част от българската Национална пътна карта за изследователски инфраструктури, подкрепена от българското Министерство на образованието и науката.

Functionalization of Al-doped ZnO nanolayers by surface modification

Stefani Bogoeva¹, Blagovest Napoleonov¹, Dimitrina Petrova^{1, 2}, Maria Stefanova¹, Blagoy Blagoev³, Vladimira Videva^{1, 4}, Velichka Strijkova¹, Vera Marinova¹, Dimitre Dimitrov^{1, 3}

¹Institute of Optical Materials and Technologies, BAS, 1113 Sofia, BG

²Faculty of Engineering, South-West University, 2700 Blagoevgrad, BG

³Institute of Solid State Physics, BAS, 1784 Sofia, BG

⁴Faculty of Chemistry and Pharmacy, Sofia University, 1164 Sofia, BG

The integration of highly transparent and conductive thin films into functional structures and devices plays an important role in the advancement of next-generation technologies. Aluminum doped ZnO (AZO) thin films synthesized on sapphire (AZO/sapphire) using the atomic layer deposition (ALD) method were investigated. The effect of post-deposition UV-ozone treatment on the properties of the films was also investigated.

X-ray diffraction (XRD) analysis revealed a polycrystalline wurtzite structure with a preferred (100) orientation. AFM analysis of AZO/Sapphire thin films before and after UV-ozone treatment provides information on the effect of treatment on film morphology. Photoluminescence spectra were obtained under excitation wavelengths ranging from 300 nm to 530 nm. UV-ozone treatment was found to significantly increase the fluorescence emission intensity, causing a shift of about 48 nm to the high-energy part of the spectrum when excited at a wavelength of 359 nm.

The effect of UV-ozone treatment on the electrical parameters of AZO/Sapphire was determined using the Hall effect by applying a magnetic field with an induction of 0.67 T. UV-ozone treatment was found to improve the electrical and optical properties, without causing significant changes in the polycrystalline structure and surface morphology of AZO films, which provides prospects for various practical applications.

Acknowledgments

The research was supported by the Scientific Research Fund project No. KP-06-H-68/1, as well as the distributed scientific infrastructure INFRAMAT, part of the National Roadmap of Bulgaria for scientific infrastructure, financially supported by the Ministry of Education and Science.

Функционализиране на нанослое от ZnO легиран с Al чрез повърхностна модификация

Стефани Богоева¹, Благовест Наполеонов¹, Димитрина Петрова^{1, 2}, Мария Стефанова¹, Благой Благовев³, Владимир Видева^{1, 4}, Величка Стрижкова¹, Вера Маринова¹, Димитър Димитров^{1, 3}

¹Институт по оптически материали и технологии, БАН, 1113 София

²Технически Факултет, Югозападен Университет, 2700 Благоевград

³Институт по физика на твърдото тяло, БАН, 1784 София, България

⁴Факултет по химия и фармация, Софийски университет, 1164 София

Интегрирането на високо прозрачни и проводими тънки филми във функционални структури и устройства играе важна роля за напредъка на технологиите от следващо поколение. Изследвани са тънки филми от цинков оксид ZnO, легиран с алуминий (AZO) синтезирани върху сапфир (AZO/sapphire) чрез използване на метода на атомно послойно отлагане (ALD). Изследвано е и влиянието на обработката с UV-озон след отлагане върху свойствата на филмите.

Анализът с метода на рентгенова дифракция (XRD) разкрива поликристална вюрцитна структура с предпочитана (100) ориентация. AFM анализа на тънките филми AZO/Sapphire преди и след обработка с UV-озон дава информация за влиянието на третирането върху морфологията на филма. Спектрите на фотолуминесценция са получени при възбуждане с дължина на вълната в диапазона от 300 nm до 530 nm. Установено е, че обработката с UV-озон значително увеличава интензитета на флуоресцентна емисия, предизвиквайки отместване от около 48 nm към високоенергийната част на спектъра, когато се възбужда с дължина на вълната от 359 nm.

Влиянието на обработката с UV-озон върху електрическите параметри на AZO/Sapphire е определена с помощта на ефекта на Хол чрез прилагане на магнитно поле с индукция от 0,67 T. Установено е, че обработката с UV-озон подобрява електрическите и оптичните свойства, като не предизвиква значителни промени в поликристалната структура и морфологията на повърхността на AZO филмите, което предоставя перспективи за различни практически приложения.

Благодарности

Изследването е подпомогнато от Фонд "Научни изследвания" проект № КП-06-Н-68/1, както и на разпределената научна инфраструктура ИНФРАМАТ, част от Националната пътна карта на България за научна инфраструктура, подкрепена финансово от Министерство на образованието и науката.

Optimization of 2D WSe₂ clusters' lateral size via intermediate treatment in TAC synthesis

Ирник Дионисиев¹, Владимир Видева^{1,2}, Величка Стрижкова¹, Даниела Карашанова¹, Ивалина Аврамова³, Петър Рафаилов⁴, Димитър Димитров^{1,4}, Вера Маринова¹

¹ *Institute of Optical Materials and Technologies, BAS*

² *Faculty of Chemistry and Pharmacy, SU „st. Kliment Ohridski“*

³ *Institute of General and Inorganic Chemistry, BAS*

⁴ *Institute of Solid State Physics, BAS*

Two-dimensional (2D) materials have been the subject of intense research in recent years, motivated by their enormous potential to revolutionize various technological fields. Among them, transition metal dichalcogenides, particularly tungsten diselenide, stand out with unique electronic and optical properties, promising applications in flexible electronics, optoelectronics, photovoltaics, and more. Despite its potential, the widespread application of WSe₂ is hindered by the difficulties in synthesizing high-quality 2D layers required for mass production.

This study focuses on optimizing the Thermal Assisted Conversion method for the synthesis of WSe₂ with large lateral dimensions. The effect of intermediate treatment of the tungsten layer on the morphology and properties of the synthesized layers is investigated. The synthesis process involves three main stages: deposition of a tungsten (W) layer by magnetron sputtering, ozonation of the W layer to oxidize it to WO_x, and selenization of the WO_x layer under controlled conditions. The morphology of the synthesized WSe₂ layers is analyzed by atomic force microscopy, and their crystal structure and chemical composition are confirmed by X-ray photoelectron spectroscopy and Raman spectroscopy. Comparative analysis of ozonized and non-ozonized samples reveals the key role of ozonation to WO_x in obtaining WSe₂ clusters with large lateral dimensions, leading to the formation of a more uniform and denser WSe₂ layer.

Acknowledgements:

This work is supported by the Bulgarian Science Fund under the grant number КП-06- COST/15 under the COST CA 20116 Action OPERA. Research equipment of Distributed Research Infrastructure INFRAMAT, part of Bulgarian National Roadmap for Research Infrastructures, supported by Bulgarian Ministry of Education and Science was used in this investigation. V. M. & P. R. acknowledge the financial support by the European Regional Development Fund within the Operational Programme ‘Science and Education for Smart Growth 2014–2020’ under the Project CoE ‘National Center of Mechatronics and Clean Technologies’ BG05M2OP001-1.001-0008-C01.

Оптимизиране на латералният размер на 2D клъстери от WSe₂ чрез междинно третиране при ТАС синтеза

Ирник Дионисиев¹, Владимир Видева^{1,2}, Величка Стрижкова¹, Даниела Карашанова¹, Ивалина Аврамова³, Петър Рафаилов⁴, Димитър Димитров^{1,4}, Вера Маринова¹

¹ *Институт по Оптически Материали и Технологии, БАН*

² *Факултет по Химия и Фармация, СУ „св. Климент Охридски“*

³ *Институт по Обща и Неорганична химия, БАН*

⁴ *Институт по Физика на Твърдото тяло, БАН*

Двумерните (2D) материали са обект на интензивни изследвания през последните години, мотивирани от техния огромен потенциал за революционизиране на различни технологични области. Сред тях, дихалкогенидите на преходните метали, и по-специално волфрамовият диселенид (WSe₂), се открояват с уникални електронни и оптични свойства, обещаващи приложения в гъвкава електроника, оптоелектроника, фотоволтаика и други. Въпреки потенциала си, широкото приложение на WSe₂ е възпрепятствано от трудностите при синтеза на висококачествени 2D слоеве, необходими за масово производство.

Настоящото изследване е фокусирано върху оптимизиране на Thermal Assisted Conversion (TAC) метод за синтез на WSe₂ с големи латерални размери. Изследван е ефектът от междинна обработка на волфрамовия слой върху морфологията и свойствата на синтезираните слоеве. Процесът включва три основни етапа: отлагане на волфрамов (W) слой с магнетронно разпръскване, озониране на слоя с цел оксидиране до WO_x и селенизация на озонирания WO_x слой при контролирани условия. Морфологията на синтезираните WSe₂ слоеве е анализирана с атомно-силова микроскопия, а кристалната им структура и химичен състав са потвърдени чрез рентгенова фотоелектронна спектроскопия и Раманова спектроскопия. Сравнителният анализ на озонирани и неозонирани образци разкрива ключовата роля на озонирането за получаване на WSe₂ клъстери с големи латерални размери, водещо до образуването на по-равномерен и по-плътен WSe₂ слой.

Благодарности: Тази работа е извършена с финансовата подкрепа на Фонд „Научни изследвания“ договор КП-06-COST/15 по действие на COST CA 20116 „Европейска мрежа за иновативна и усъвършенствана епитаксия“ (OPERA), на изследователското оборудване по изследователската инфраструктура INFRAMAT (част от българската Национална пътна карта за изследователски инфраструктури), подкрепена от българското Министерство на образованието и науката. В. М., Н. М. и П. Р. благодарят за финансовата подкрепа от Европейския фонд за регионално развитие в рамките на Оперативна програма „Наука и образование за интелигентен растеж 2014–2020 г.“ по проект на СЕ „Национален център по мехатроника и чисти технологии“ BG05M2OP001-1.001-0008-C01.

XAS studies on the Cu-ion sitting in ZSM-5 zeolites and its interactions with nitric oxideKonstantin Bikov¹, Götz Schuck², Peter A. Georgiev¹¹Department of Condensed Matter Physics and Microelectronics, Faculty of Physics, University of Sofia, Sofia, Bulgaria²Helmholtz-Center Berlin for Materials and Energy, Berlin, Germany

Copper ion species in high silica zeolites, e.g. ZSM-5, can be stabilized in different oxidation states as well as in polynuclear forms. It has been known for long that some of these species are capable of catalyzing nitric oxides decomposition, selective reduction of NO, selective binding of small molecules like H₂, N₂, CO, NO and others, with a varying affinity to the guest molecule largely affected by the oxidation state as well as the particular coordination environment of the active species. It has been for long accepted that nitric oxide binds preferably to divalent isolated copper species, in contrast to carbon monoxide which binds most strongly to the monovalent forms [1, 2], for instance. While this opinion has an important impact on various application-oriented research like catalysis, nanomedicine and purification of gases, breathing mixtures, etc., it is also interesting from a fundamental point of view regarding the modelling of interactions between open/closed shell atomic/ionic species, in different coordination environments on one side, and paramagnetic molecular species like NO, on the other. Our present studies are focused on elucidating the preferential zeolite framework site sitting of isolated Cu-ion species, mono- and divalent, and their reactivity towards nitric oxide(NO). To limit the number of possible configurations inside the zeolite host framework, we work on relatively low level of Cuexchanged ZSM-5 materials, with two different Si/Al ratios, namely 12 and 25. The analyses of our EXAFS/XANES in situ experimental data show clear preference of the copper species to 5- membered -SiO₄- rings where it undergoes facile autoreduction under mild conditions, and consequent re-oxidation upon NO adsorption, characterized by moderate binding strength at the onset of the chemisorption regime.

References

- [1] Y. Fu, Y. Tian, P. Lin, *J. Catal.* 132, 85 (1991)
- [2] K. I. Hadjiivanov, *Catalysis Reviews: Science and Engineering*, 42, 71 (2000)
- [3] P.A. Georgiev et al., *Int. J. hyd. En.* 46, 26897 (2021)

Рентгенова абсорбционна спектроскопия на медни центрове в зеолитна структура (ZSM-5) и тяхното взаимодействие с азотен оксидКонстантин Биков¹, Гьотц Шук², Петър А. Георгиев¹¹Катедра: „Физика на кондензираната материя и микроелектроника“, Физически Факултет, Софийски Университет „Св. Климент Охридски“²Helmholtz-Center Berlin for Materials and Energy, Berlin, Germany

Медните йони в зеолити с високо съдържание на силиций, като ZSM-5, могат да бъдат открити в различни степени на окисление при различни положения на централния меден йон в зеолитната структура. Известно е, че медните центрове в зеолита са отговорни за катализирането на процеси като разлагането на NO, селективното свързване на малки молекули като H₂, N₂, CO, NO и други, като взаимодействието между медния център и молекулата-гост до голяма степен зависи от степента на окисление на Cu и неговото координационно обкръжение. Прието е, че азотният оксид се свързва силно преимуществено с изолирани медни центрове от втора валентност, докато въглеродният монооксид осъществява силна връзка с едновалентни медни центрове [1,2]. Докато тази научна хипотеза има значително влияние върху различни приложно-насочени изследвания като катализата, наномедицината, пречистването на газове и други, тя е интересна и от фундаментална гледна точка, тъй като засяга моделирането на взаимодействия между медни атоми в различни координационни обкръжения със запълнени и незапълнени валентни слоеве и парамагнитни молекули като NO. Настоящото изследване има за цел да намери онези положения в зеолитната структура, които преимуществено се заемат от медните йони (едновалентни и двувалентни) и да се установи как те взаимодействат с азотен оксид. С цел да ограничим възможните положения на медните йони в алуминосиликатната матрица ние работим със зеолити с Si/Al съотношения съответно 12 и 25, в които концентрацията на мед е сравнително ниска. Анализът на експерименталните рентгеноабсорбционни данни посредством EXAFS/XANES спектроскопия показва, че медните йони преимуществено са локализирани в петчленни -SiO₄- пръстени, където те претърпяват лека авторедукция при умерени условия с последващо повторно окисление при адсорбцията на NO, която се характеризира със средна сила на свързване, типична за началния енергиен диапазон на хемисорбцията.

Литература

- [1] Y. Fu, Y. Tian, P. Lin, *J. Catal.* 132, 85 (1991)
- [2] K. I. Hadjiivanov, *Catalysis Reviews: Science and Engineering*, 42, 71 (2000)
- [3] P.A. Georgiev et al., *Int. J. hyd. En.* 46, 26897 (2021)

Magnetic Properties of Non-stoichiometric Nanocrystalline Manganese Ferrites

*Todor Karadimov, Milena Georgieva, Peter Georgiev, Dimitar Tzankov,
Sofia University "St. Kliment Ohridski," Faculty of Physics*

This study investigates the magnetic properties of laboratory-synthesized single-domain nanoparticles of non-stoichiometric manganese ferrite, obtained with varying ratios of manganese and iron. This material was selected due to its good biocompatibility, relatively simple synthesis process, and the ability to control magnetic properties and structural parameters depending on the synthesis conditions. The aim is to achieve control over the microstructure and magnetic properties of these nanoparticles, with potential applications in biomedicine, such as magnetic hyperthermia, drug delivery, and more.

The examined samples differ in the amount of iron used during synthesis. The synthesis method used is sol-gel. The microstructure of the samples was determined by powder X-ray diffraction (XRD) and Transmission Electron Microscopy (TEM). All investigated samples were proven to be nanocrystalline, with crystallite sizes between 10 and 15 nm. The magnetic properties were measured using a vibrating sample magnetometer. The magnetization dependence on the applied magnetic field was measured at room temperature. The values of the maximum magnetization (in a maximum magnetic field) and the coercive force were determined, which are key magnetic parameters defining the material's magnetic properties. The observed dependence of the maximum magnetization on the amount of iron in each sample is approximately linear, with magnetization increasing as the amount of iron rises.

Due to the small size of the nanoparticles, practically all samples are in a superparamagnetic state at room temperature. This is experimentally confirmed by the magnetization curves, which show a negligibly small coercive force and approximately zero remanent magnetization. Such nanocrystalline superparamagnetic particles with zero coercive force but significant magnetization (49 emu/g) are very suitable candidates for biomedical applications.

Магнитни свойства на нестехиометрични нанокристални манганови ферити

*Тодор Карадимов, Милена Георгиева, Петър Георгиев, Димитър Цанков,
Софийски университет "Св. Климент Охридски", Физически факултет*

В настоящата работа се изследват магнитните свойства на лабораторно синтезирани еднодомени наночастици от нестехиометричен манганов ферит, получени в различни съотношения на мангана и желязото. Този материал е избран заради добрата му биосъвместимост, сравнително простия начин за синтез и възможността за контролирано въздействие върху магнитните свойства и структурните параметри в зависимост от условията на синтез. Целта е да се постигне контрол върху микроструктурата и магнитните свойства на тези наночастици, които да намерят потенциални приложения в биомедицината- магнитна хипертермия, пренос на лекарствени субстанции и др.

Изследваните образци се различават по заложеното количество желязо в тях при синтеза им. Метода на синтез е сол-гел. Микроструктурата на изследваните проби е определена чрез прахова рентгенова дифракция (XRD) и Трансмисионен Електронен Микроскоп (ТЕМ). Всички изследвани образци са доказано нанокристални с размери на кристалитите между 10 и 15 nm. Магнитните свойства са определени с помощта на вибрационен магнитометър. Измерена е зависимостта на намагнитеността от приложеното магнитно поле при стайни температури. Определени са стойностите на максималната намагнитеност (в максимално магнитно поле) и на коерцитивната сила, които са основни магнитни параметри, определящи магнитните свойства на материалите. Получената зависимост на максималната намагнитеност от заложеното количество желязо във всяка от пробите е приблизително линейна, като намагнитеността нараства с повишаването на количеството желязо.

Поради малкия размер на наночастиците, на практика всички изследвани проби са в суперпарамагнитно състояние при стайна температура. Това се потвърждава опитно от кривите на намагнитване, при които се наблюдава пренебрежимо малка коерцитивна сила и приблизително нулева остатъчна намагнитеност. Такива нанокристални суперпарамагнитни частици с нулева коерцитивна сила, но значителна намагнитеност (49 emu/g) са изключително подходящи кандидати за приложения в биомедицината.

Initial Results of a DFT Study of the Raman Spectrum of Three-layered Graphene

D. A. Kalchevski¹, D. V. Trifonov¹, S. K. Kolev¹, V. N. Popov², H. A. Aleksandrov³ and T. I. Milenov¹

¹“Acad. E. Djakov” Institute of Electronics, Bulgarian Academy of Science, 72 Tzarigradsko Chaussee Blvd., Bulgaria

² Faculty of Physics, Sofia University, 5 J. Bourchier blvd., Sofia 1164, Bulgaria

³ Faculty of Chemistry and Pharmacy; University of Sofia; 1, James Bourchier Blvd, 1126 Sofia, Bulgaria
e-mail: tmilenov@ie.bas.bg

We present some initial results of the simulation of the Raman spectrum of three-layer graphene using density-functional-based tight-binding (DFTB) molecular dynamics calculations. Two structures of three-layer graphene were modelled and studied: the first is without defects, while the second has sp^2 defects in the form of vacancies in some atomic positions. Both of them were modelled using periodic boundary conditions. The most characteristic Raman modes were determined using displacements of the atoms from equilibrium. The changes in the Raman activity were ascribed to the defects in the second structure. The fundamental vibrational modes were determined.

Acknowledgements:

The authors gratefully acknowledge the financial support of the Bulgarian Scientific Research Fund by grant KP 06-H58/2 from 11/16/2021.

Предварителни резултати от изследване на рамановия спектър на трислоен графен

Д. А. Калчевски¹, Д. В. Трифонов¹, С. К. Колев¹, В. Н. Попов², Х. А. Александров³ и Т. И. Миленов¹

¹ „Акад. Е. Джаков“ Институт по електроника, Българска академия на науките, бул. Цариградско шосе 72, България

² Физически факултет, Софийски университет, бул. Дж. Баучър 5, София 1164, България

³ Факултет по химия и фармация, Софийски университет, бул. Дж. Баучър 1, София 1126, България
ел. поща: tmilenov@ie.bas.bg

Представяме някои предварителни резултати от симулацията на рамановия спектър на трислоен графен с метода на молекулната динамика, използващ модела на силната връзка, основан на теорията на функционала на плътността. Изследвани са две структури на трислоен графен: първата от тях е бездефектна, докато втората има sp^2 дефекти под формата на вакансии в някои атомни позиции. И двете са моделирани с налагане на периодични гранични условия. Най-характерните раманови модове са определени чрез отмествания на атомите от равновесните им положения. Промените в пресметнатата раманова активност са приписани на дефектите във втората структура. Определени са основните вибрационни модове.

Благодарности:

Авторите благодарят на ФНИ за финансовата подкрепа по договор № КП 06-H58/2 от 16.11.2021 год.

Weld bead formation during WAAM of aluminum on a copper substrate

Georgi Kotlarski¹, Maria Ormanova¹, Stefan Valkov^{1, 2}

¹ *Institute of Electronics, Bulgarian Academy of Sciences, 72 Tsarigradsko Chaussee, 1784 Sofia*

² *Faculty of Mathematics, Informatics, and Natural Sciences, Technical University of Gabrovo, 4 H Dimitar Str., 5300 Gabrovo, Bulgaria*

In the present work the formation of aluminum layers using WAAM on top of copper substrates was investigated. The layers were deposited using a MIG method in the cold arc mode with and without pulses. Additionally, the wire feeding rate was also varied in order to gain as much data as possible on the correlation between the technological conditions and the structure and mechanical properties of the layers. The shape and size of the last were studied. The structure was investigated using optical microscopy and X-ray diffraction (XRD) and the mechanical properties, particularly the microhardness was also studied. The necessity of production of bimetallic copper and aluminum components, the challenges during the welding process, and also potential improvement of the process were discussed.

Формиране на заваръчни шевове по време на процеса на дъгово адитивно изграждане на детайли от алуминий върху медна основа

Георги Котларски¹, Мария Орманова¹, Стефан Вълков^{1, 2}

¹ *Институт по електроника, Българска академия на науките, бул. „Цариградско шосе“ 72, 1784, София, България*

² *Факултет по математика, информатика и природни науки, Технически университет – Габрово, ул. „Хаджи Димитър“ 4, 5300, Габрово, България*

В настоящата работа беше изследвано формирането на алуминиеви слоеве чрез дъгови адитивни технологии върху медни подложки. Слоевете бяха нанесени с помощта на МИГ (метал инертен газ) метод в режима „cold arc“ с и без пулсации. Допълнително, скоростта на телоподаване също беше варирана, за да се съберат възможно най-много данни, чрез които да се установи корелацията между технологичните условия и структурата и механичните свойства на слоевете. Изучени бяха формата и размерът на последните. Структурата беше изследвана с помощта на оптична микроскопия и рентгенова дифракция (XRD), а механичните свойства, по-специално микротвърдостта, също бяха проучени. Беше обсъдена необходимостта от производство на биметални медни и алуминиеви компоненти, предизвикателствата по време на заваръчния процес, както и потенциалните подобрения на процеса.

IV НАЦИОНАЛЕН КОНГРЕС ПО ФИЗИЧЕСКИ НАУКИ

07-09.10.2024 г.

Секция 3

Радиофизика, електроника и физика на плазмата

Председател: доц. д-р Цветелина Паунска, (ФзФ-СУ)

Координатор: доц. д-р Татяна Куцарова, (ИЕ-БАН)

Поканени доклади

1. **Е. Татарова:** „Versatile plasma-based machine for a synthesis-by-design of graphene and derivatives at a gram-scale“

Устни доклади

1. **Е. Владков:** „6G-предизвикателствата на технологията“
2. **Ц. Паунска:** „Разряди с плъзгаща се дъга при атмосферно налягане за преобразуване на въглероден диоксид“
3. **К. Крежов:** „Базиран на оксидни катализатори безвъглеродни монолитни бифункционални газови дифузионни електроди за цинково-въздушни акумулаторни батерии“
4. **Т. Куцарова:** „Хексаферити-монофазни магнитоелектрици“

Постерни доклади

1. **С. Маринов:** „Моделиране на източник на микровълнов плазмен факел“
2. **К. Райков:** „Разработка на газоразрядна тръба с постояннотоков разряд в магнитно поле“
3. **А. Тоскова:** „Влияние на потенциала на плазмения електрод върху асиметрията на разряда в областта на извличане на двукамерен ВЧ източник на отрицателни водородни йони“
4. **И. Иванов:** „Изследване на свойствата на керамични материали с графен“
5. **Т. Малакова:** „Дифракционни изследвания на газодифузионни електроди за цинково-въздушни батерии“

Versatile plasma-based machine for a synthesis-by-design of graphene and derivatives at a gram-scale

Elena Tatarova

*Instituto de Plasmas e Fusão Nuclear, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa,
Lisboa, 1049, Portugal*

As graphene and derivatives penetrate the industry, it becomes crucial to develop the means to mass produce high quality across all related product segments. Even considering the recent developments in the graphene market, with about 250 companies offering graphene and derivatives in different forms, applications that rely on large-scale production have not experienced a take-off due to the very low quality of the commercially available graphene and derivatives. The development of a novel method providing high quality graphene and derivatives products, customized for specific applications and at a gram-scale, while ensuring repeatability, constant quality of the end-product in an environmentally friendly manner and competitive cost is a big challenge and it is crucial to boost large-scale applications.

In this report we demonstrate a disruptive plasma technology and corresponding laboratory prototype of a versatile microwave plasma-based machine for a gram-scale fabrication of high-quality graphene and derivatives (N-graphene, Graphene/N-graphene-metal oxides). Plasma based machine of a versatile, simple to use, provides high level of customization. It enables conversion of cheap carbon-based precursors (ethanol, CH₄, CO₂, biomass slurry, etc.) into high-valued, high-quality graphene derivatives with tailored properties. Using the same machine different structures, can be fabricated, such as pure graphene sheets, N-graphene, hybrid nano-materials using graphene as a highly conductive matrix to incorporate metal oxides nanoparticles. Controllable, continuous fabrication of graphene/N-graphene at a gram scale ensuring high-level single layer selectivity (~50 %), high production rate (~30 mg/min) and repeatability while using ethanol, methane, acetonitrile as starting materials has been achieved. The fabricated graphene/N-graphene sheets possess high quality as evidenced by comprehensive physicochemical analyses made (for pure graphene C/O ratio: > 50; sp²% ~ 70%; for N-graphene C/O ratio: > 40; sp²% >60%).

The main advantage of the used approach is the achievement of a very high and extremely controllable energy density in the plasma reactor, which allows effective control over the energy and material fluxes towards growing nanostructures at the atomic scale via proper reactor design and tailoring of the plasma environment in a synergistic way. The method allows synthesis-by-design and represents a significant leap from the state-of-the-art methods that rely on cumbersome batch procedures involving harsh chemistry and energy intensive processes. It is cost-effective because the free-standing N-graphene sheets and derivatives are assembled through a single-step process in readily dispersive form, without the need for cleaning or any other post processing. The end-result is a high-quality product, obtained in a reproducible manner, with the desired morphological, structural, and functional properties.

Acknowledgments

This work was performed under the framework of the PEGASUS (Plasma Enabled and Graphene Allowed Synthesis of Unique nano-Structures) project, funded by the European Union's Horizon research and innovation program under grant agreement No 766894. Work partially funded by the Portuguese FCT-Fundação para a Ciência e a Tecnologia, under projects UIDB/50010/2020, UIDP/50010/2020 and EAGER project (PTDC/NAN-MAT/30565/2017).

6G – challenges of the technology*Emil Vladkov¹**¹Faculty of Physics, Sofia University, 5 James Bourchier Blvd., 1164 Sofia, Bulgaria*

Unlike previous developments in the field of communication technology, the sixth generation of communication networks also known as 6G, makes a request to penetrate all spheres of life, transforming them radically [1]. Unprecedented data rates reaching 1Tbps, extremely low latency in the order of 1 microsecond and high reliability as well as global scalability and massive machine type communications deployment opportunities, even precise localization, sensing and THz-imaging will definitely lead to a completely new type of services [2]. This will facilitate the mass adoption of virtual and mixed reality, digital twins, telemedicine, as well as the realization of autonomous vehicles and new industrial applications, all relying on IoT sensor networks and Zero Energy Devices (ZED). However, for all this to happen and to make the Ubiquitous Wireless Intelligence Paradigm possible, it is necessary to address many essential problems concerning the THz-frequency range used, the availability of adequate device-technology and modulation techniques, the energy efficiency and the security of 6G communication channels [3]. It is these topics that are addressed in this scientific report-presentation.

Rosie Bradbury, “6G will hit the market around 2030 amid the expansion of the ‘industrial metaverse’, NOKIA CEO says”, Business Insider, 24 May 2022.

MTC Megatrends Towards 2030., “White Paper on Critical and Massive Type Communication Towards 6G.”, 6G Research Visions, No. 11, June 2020, pp. 9-12.

6G Spectrum and KPI Targets., “Key Drivers and Research Challenges for 6G Ubiquitous Wireless Intelligence”, 6G Research Visions, No. 1, September 2019, pp. 14-17.

6G – предизвикателствата на технологията*Емил Владков**Физически факултет, Софийски Университет, бул. Джеймс Баучер 5, София-1164, България“*

За разлика от предишните разработки в областта на комуникационните технологии, шестото поколение комуникационни мрежи, познато и като 6G, дава заявка да проникне във всички сфери на живота, като ги трансформира радикално [1]. Безпрецедентните скорости на обмен на данни, достигащи 1Tbps, изключително ниската латентност от порядъка на 1 микросекунда и високата надеждност, както и глобална мащабируемост с възможности за масово прилагане на устройства на база интерфейс машина-машина, дори точното определяне на местоположението, детектирането на присъствие и получаването на THz-изображения определено ще доведат до напълно нов тип услуги [2]. Това ще улесни масовото навлизане на виртуалната и смесената реалност, цифровите близнаци, телемедицината, както и реализирането на автономни превозни средства и нови индустриални приложения, всички те разчитащи на IoT-сензорни мрежи и Zero Energy Devices (ZED). За да се случи обаче всичко това и да стане възможна концепцията за повсеместния безжичен интелект е необходимо да се решат много съществени проблеми, засягащи използвания THz-честотен обхват, наличието на адекватна технология за 6G устройствата и на подходящи модулационни техники, енергийната ефективност и сигурността на 6G комуникационните канали [3]. Именно тези теми са разгледани в настоящия научен доклад-презентация.

Rosie Bradbury, “6G will hit the market around 2030 amid the expansion of the ‘industrial metaverse’, NOKIA CEO says”, Business Insider, 24 May 2022.

MTC Megatrends Towards 2030., “White Paper on Critical and Massive Type Communication Towards 6G.”, 6G Research Visions, No. 11, June 2020, pp. 9-12.

6G Spectrum and KPI Targets., “Key Drivers and Research Challenges for 6G Ubiquitous Wireless Intelligence”, 6G Research Visions, No. 1, September 2019, pp. 14-17.

Gliding Arc Discharges at Atmospheric Pressure for CO₂ Conversion

Tsvetelina Paunsk¹, Svetlana Lazarova¹, Veselin Vasilev¹, Khrito Tarnev², Snejana Iordanova¹, Stanimir Kolev¹

¹Faculty of Physics, Sofia University, 5 James Bourchier Blvd., 1164 Sofia, Bulgaria

²Department of Applied Physics, Technical University of Sofia, 8 Kliment Ohridski Blvd., 1000 Sofia, Bulgaria

The control and utilization of polluting greenhouse gases, mostly with carbon dioxide (CO₂) is one of the most significant problems of humanity. Plasma technologies are promising in the search for its solution [1,2]. Therefore, one of the topics of the Plasma and Gas discharges Physics Group at the University of Sofia "St. Kliment Ohridski" is the investigation of different modifications of a low current gliding arc discharge (GAD) for CO₂ conversion to CO at atmospheric pressure.

This work presents our latest experimental results. The aim of the research is to improve two quantities: the conversion rate of CO₂ to CO and energy efficiency of the process. The influence of the different parameters like discharge current (50 – 210 mA), CO₂ gas flow rate (2 – 12 L/min) and electrode material (Cu, Al, Stainless Steel) on the discharge operation is explored.

Three constructive modifications of GAD are studied: classic GAD, magnetically accelerated GAD (MAGAD) and magnetically retarded GAD (MRGAD). In the latter two, permanent magnets sustain a magnetic field that either accelerates or retards the discharge downstream. In contrast with [3], an active cooling system is used to improve the cooling rate of the discharge and the gas in the afterglow. The gas flow is confined between two dielectric quartz plates (sidewalls) and the electrodes. The cooling rate is varied either by changing the distance between the quartz walls (channel thickness $d=1-4$ mm) or by changing the material of the electrodes.

- [1] A. Fridman, *Plasma chemistry*. Cambridge University press, Cambridge. (2008)
- [2] R. Snoeckx, A. Bogaerts, Plasma Technology – a novel solution for CO₂ conversion, *Chem. Soc. Rev. Royal*, Vol. 46, pp. 5805-5863 (2017)
- [3] V. Ivanov, Ts. Paunsk, S. Lazarova, A. Bogaerts, St. Kolev, Gliding/glow arc discharge: Comparing the performance of different discharge configurations, *J. of CO₂ Util.*, Vol. 67, pp. 102300-0 (2023)

Разряди с Плъзгаща се Дъга при атмосферно налягане за преобразуване на въглероден диоксид

Цветелина Паунска¹, Светлана Лазарова¹, Веселин Василев¹, Христо Търнев², Снежана Йорданова¹, Станимир Колев¹

¹Физически факултет, Софийски Университет, бул. Джеймс Баучер 5, София-1164, България

²Департамент по Приложна Физика, Технически Университет-София, бул. Климент Охридски 8, София-1000, България

Контролът и оползотворяването на замърсяващите парникови газове, най-вече с въглеродния диоксид (CO₂), е един от най-важните проблеми на човечеството. Плазмените технологии са обещаващи в търсенето на негово решение [1,2]. В тази област е и една от темите на Групата по Физика на Плазмените и Газовите Разряди към СУ "Св. Климент Охридски". Изследват се различни модификации на нискотоков разряд с плъзгаща се дъга (РПД) за превръщане на CO₂ в СО при атмосферно налягане.

Тази работа представя най-новите ни експериментални резултати. Целта на изследването е да се подобрят степента на преобразуване на CO₂ в СО и енергийната ефективност на процеса. Изучено е влиянието на различни параметри, като разряден ток (50 – 210 mA), поток на газа CO₂ (2 – 12 L/min) и материал на електрода (Cu, Al, неръждаема стомана) върху работата на разряда.

Изследвани са три конструктивни модификации на РПД: класически разряд, с ускорена и със забавена дъга вследствие на Лоренцова сила създавана от постоянен магнит. За разлика от [3], в конструкцията на разрядите, е добавена система за активно охлаждане, чиято цел е да подобри, както скоростта на охлаждане на разряда, така и охлаждането на газа след него. Потокът на газа е ограничен между две диелектрични кварцови плочи (странични стени) и електродите. Скоростта на охлаждане се променя или чрез промяна на разстоянието между кварцовите стени (дебелина на канала $d=1-4$ mm), или чрез промяна на материала на електродите.

- [1] A. Fridman, *Plasma chemistry*. Cambridge University press, Cambridge. (2008)
- [2] R. Snoeckx, A. Bogaerts, Plasma Technology – a novel solution for CO₂ conversion, *Chem. Soc. Rev. Royal*, Vol. 46, pp. 5805-5863 (2017)
- [3] V. Ivanov, Ts. Paunsk, S. Lazarova, A. Bogaerts, St. Kolev, Gliding/glow arc discharge: Comparing the performance of different discharge configurations, *J. of CO₂ Util.*, Vol. 67, pp. 102300-0 (2023)

Oxide catalyst-based carbon-free monolithic bifunctional gas diffusion electrodes for zinc-air storage batteries

Kiril Krezhov¹, Gergana Raikova², Elena Mihaylova-Dimitrova², Tanya Malakova¹, Peter Tzvetkov³, Tatyana Koutzarova¹

¹Institute of Electronics, Bulgarian Academy of Sciences

²Institute of Electrochemistry and Energy Systems, Bulgarian Academy of Sciences

³Institute of General and Inorganic Chemistry, Bulgarian Academy of Sciences

In this review, we highlight the progress in implementing the recently developed novel design of a "monolithic" gas diffusion electrode (GDE) with improved mechanical stability in which both the gas diffusion layer (GDL) and the catalytic layer (CL) are fabricated from one and the same material, applying hot pressing technology. The approach of replacing the noble metal catalyst (e.g., Ag) with bifunctional transition metal oxide catalysts and protecting against corrosion by removing the carbon component in GDE was successfully exemplified. Of the various catalysts attracting attention to date for high battery performance through enhanced both oxygen reduction reaction (ORR) and oxygen evolution reaction (OER), transition metal oxides (TMO) with spinel and perovskite-like structure were selected owing to their intrinsic catalytic activity and structural flexibility for acceptance of a wide range of cation substitutions. The oxidation states of the constituent cations and their distribution over the two kinds of metal sites in the structure strongly affects the TMO properties. By using polytetrafluoroethylene (PTFE) as a hydrophobic binder and spinel (Co_3O_4 , NiCo_2O_4) or perovskite ($\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{MnO}_{3-\delta}$, (LSM) and $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{CoO}_{3-\delta}$ (LSC)) as catalysts, hot pressed onto a stainless steel mesh, which works as a current collector, we produce the so-called "monolithic" carbon-free GDEs, where the traditional GDL made of carbon-based material is avoided and thus the corrosion rate is reduced. The electrochemical characterization involving volt-ampere characteristics, charge/discharge tests and electrochemical impedance measurements at room temperature was carried out. Sensitive techniques such as neutron and X-ray diffraction combined with scanning electron microscopy (SEM) and EDX-analysis were also applied to improve the understanding of structural stability and recharge-related properties as an important step in the development of an innovative design of rechargeable zinc-air cells with high performance carbon-free reversible GDEs. Acceptable coulombic and energy efficiencies were obtained. Comparison with state-of-the-art carbon-based GDE (teflonized carbon blacks, Ag/ Co_3O_4 catalyst, PTFE) confirmed that the implemented catalysts can successfully replace the classic catalysts containing precious metal and carbon support.

Acknowledgments. The study was partially supported by the Bulgarian National Science Fund under contract KP-06-N48/5. E. M.-D. thanks the Ministry of Education and Science for financial support under the National Program "Young Scientists and Post-Doctoral Students-2".

Базиран на оксидни катализатори безвъглеродни монолитни бифункционални газови дифузионни електроди за цинково-въздушни акумулаторни батерии

Кирил Крежов¹, Гергана Райкова², Елена Михайлова-Димитрова², Таня Малакова¹, Петър Цветков³, Татяна Куцарова¹

¹Институт по Електроника, Българска Академия на Науките

²Институт по Електрохимия и Енергийни системи, Българска Академия на Науките

³Институт по Обща и Неорганична Химия, Българска Академия на Науките

Представяме напредъка в прилагането на наскоро разработения нов дизайн на „монолитен“ газо-дифузионен електрод (GDE) с подобрена механична стабилност, в който както газо-дифузионният слой (GDL), така и каталитичният слой (CL) са изработени от един и същ материал по технология на горещо пресоване. Подходът за замяна на катализатора от благороден метал (напр. Ag) с бифункционални катализатори от преходен метален оксид и защита срещу корозия чрез премахване на въглеродния компонент в GDE беше успешно илюстриран. От различните катализатори, привличащи вниманието към днешна дата за висока производителност на батерията чрез подобрена както реакция на редукция на кислород (ORR), така и реакция на отделяне на кислород (OER), бяха избрани оксиди на преходни метали със шпинелна и перовскитоподобна структура, благодарение на присъщата им каталитична активност и структурна гъвкавост за приемане на широк диапазон от катионни замествания. Чрез използване на политетрафлуоретилен (PTFE) като хидрофобно свързващо вещество и шпинел (Co_3O_4 , NiCo_2O_4) или перовскит ($\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{MnO}_{3-\delta}$, (LSM) и $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{CoO}_{3-\delta}$ (LSC)) като катализатори, с горещо пресоване върху мрежа от неръждаема стомана, която работи като колектор на ток, ние произвеждаме така наречените "монолитни" GDE без въглерод, където традиционните GDL, направени от материал на основата на въглерод, се избягват и по този начин се намалява степента на корозия. Беше извършено електрохимично характеризиране, включващо волт-амперни характеристики, тестове за зареждане/разреждане и измервания на електрохимичния импеданс при стайна температура. Чувствителни техники като дифракция на неутрони и рентгенови лъчи, комбинирани със сканираща електронна микроскопия (SEM) и EDX-анализ, също бяха приложени за подобряване на разбирането на структурната стабилност и свойствата, свързани с презареждането, като важна стъпка в разработването на иновативен дизайн на акумулаторни цинково-въздушни клетки с високоефективни безвъглеродни обратими GDE. Сравнението с най-съвременния GDE на основата на въглерод (тефлонизирани сажди, Ag/ Co_3O_4 катализатор, PTFE) потвърди, че новите катализатори могат успешно да заменят класическите катализатори, съдържащи благороден метал и въглеродна подложка.

Благодарности. Изследването е частично подкрепено от ФНИ по договор КП-06-N48/5. Е. М.-Д. благодари на МОН за финансовата подкрепа по Национална програма „Млади учени и докторанти-2“.

Hexaferrites – single-phase magnetoelectric materials

Tatyana Koutzarova¹, Kiril Krezhov¹, Borislava Georgieva¹, Svetoslav Kolev^{1,2}, Chavdar Ghelev¹, Daniela Kovacheva³, Peter Tzvetkov³, Benedicte Vertruyen⁴, Raphael Closset⁴, Lan Maria Tran⁵, Michal Babij⁵, Andrzej J. Zaleski⁵

¹*Institute of Electronics, Bulgarian Academy of Sciences, 72 Tsarigradsko Chaussee, 1784 Sofia, Bulgaria*

²*Neofit Rilski South-Western University, 66 Ivan Mihailov Str., 2700 Blagoevgrad, Bulgaria*

³*Institute of General and Inorganic Chemistry, Bulgarian Academy of Sciences, Acad. Georgi Bonchev Str., bld. 11, 1113 Sofia, Bulgaria*

⁴*Greenmat, Chemistry Department, University of Liege, 11 Allée du 6 Août, 4000 Liège, Belgium*

⁵*Institute of Low Temperature and Structure Research, Polish Academy of Sciences, Ul. Okólna 2, 50-422 Wrocław, Poland*

The modern technologies require miniaturization and efficient functioning of magnetic materials when used in various devices that are compatible with semiconductor technologies. There is a need to create new materials with qualitatively new properties, such as multiferroics, where a magnetoelectric effect is observed. In recent years, there has been an increased interest in research on M-, Y- and Z-type hexaferrites, as some of them possess a large magnetoelectric effect at room temperature, which is related to the presence of conical and helical magnetic structures. The magnetic structure in the hexaferrites and, especially, the particular magnetic spin ordering are key factors in observing magneto-electric phases in hexaferrites. Some of the magnetoelectric phases are metastable, making it difficult to transfer them to applications. But a large variety of non-collinear stable magnetic phases can be realized by chemical substitution of the magnetic and non-magnetic cations in the systems. As the magnetoelectric effect is related to the magnetic spin ordering, it is very important to investigate the influence of cation substitutions on the magnetic phase transition temperature. Here we present the results from the study of magnetic phase transitions in M-, Y- and Z-type hexaferrites.

Acknowledgements: The work was supported by the Bulgarian National Science Fund under contract KP-06-N48/5. Borislava Georgieva was supported by the Bulgarian Ministry of Education and Science under the National Research Programme “Young scientists and postdoctoral students-2” approved by DCM 206/07.04.2022. Part of the research were done under a joint research project between the Bulgarian Academy of Sciences and the Institute of Low Temperature and Structure Research, Polish Academy of Sciences and in scientific cooperation between IE-BAS and the Greenmat, Chemistry Department, University of Liege, Belgium.

Хексаферити - монофазни магнитоелектрици

Татяна Куцарова¹, Кирил Крезхов¹, Борислава Георгиева¹, Светослав Колев^{1,2}, Чавдар Гелев¹, Даниела Ковачева³, Петър Цветков³, Benedicte Vertruyen⁴, Raphael Closset⁴, Lan Maria Tran⁵, Michal Babij⁵, Andrzej J. Zaleski⁵

¹*Институт по електроника, Българска академия на науките, бул. Цариградско шосе №72, София, България*

²*Факултет по математика и природни науки, Югозападен университет Св. Неофит Рилски, ул. Иван Михайлов №66, Благоевград, България*

³*Институт по обща и неорганична химия, Българска академия на науките, ул. Акад. Георги Бончев бл.11, София, България*

⁴*Greenmat, Chemistry Department, University of Liege, 11 Allée du 6 Août, 4000 Liège, Belgium*

⁵*Institute of Low Temperature and Structure Research, Polish Academy of Sciences, Ul. Okólna 2, 50-422 Wrocław, Poland*

Модерните технологии изискват миниатюризация и ефективно действие на магнитните материали при използването им в различни устройства, които да са съвместими с полупроводниковите технологии. Появява се необходимост от създаването на нови материали с качествено нови свойства, каквито са мултифероиците, при които се наблюдава магнитоелектричен ефект. През последните години има засилен интерес към изследванията върху M-, Y- и Z-тип хексаферити, тъй като някои от тях притежават голям магнито-електричен ефект при стайна температура, който е свързан с присъствието на конични и спирални магнитни спинови структури. Магнитната структура в хексаферитите и особено магнитното спиново подреждане са ключови фактори за наблюдението на магнитоелектрични фази в хексаферитите. Някои от магнитоелектричните фази са метастабилни, което би затруднило приложението на тези материали, но голямо разнообразие от неколинеарни стабилни магнитни фази може да се реализира чрез химическо заместване на магнитните и немагнитни катиони в системите. Тъй като магнитоелектричният ефект е свързан с подреждането на магнитния спин, е много важно да се изследва влиянието на катионните замествания върху температурата на магнитните фазов преход. Тук ние представяме нашите резултати от изследването на магнитните фазови преходи в M-, Y- и Z-тип хексаферити.

Благодарности: Това изследване е извършено с финансовата подкрепа на Фонд „Научни изследвания“ по договор КП-06-N48/5. Борислава Георгиева е получила подкрепа от Министерството на образованието и науката на Република България по Националната програма „Млади учени и постдокторанти-2“, одобрена с РМС 206/07.04.2022 г. Част от проведените изследвания са по проект между Българската академия на науките и Института за ниски температури и структурни изследвания към Полската академия на науките и в сътрудничество между ИЕ-БАН и департамента по химия на Лиежкия университет, Белгия.

Modeling of a microwave plasma torch source*Simeon Marinov¹, Ivan Ivanov¹, Stanimir Kolev¹ and Zhivko Kiss'ovski¹**¹Faculty of Physics, Sofia University, 5 James Bourchier Blvd., 1164 Sofia, Bulgaria*

2D axially symmetric simulations of a cylindrical microwave plasma torch source in an argon (Ar) medium at atmospheric pressure were performed using specialized software. The processes in the plasma, the heat transfer to the neutral gas, the gas flow and the electromagnetic fields of the surface wave supporting the discharge were modeled. Results were obtained for the distribution of electron density n_e , gas temperature T_g and electron temperature T_e . The obtained results show a good agreement with the values of the plasma parameters measured in the plasma source during experiments.

Моделиране на източник на микровълнов плазмен факел*Симеон Маринов¹, Иван Иванов¹, Станимир Колев¹ и Живко Кисьовски¹**¹Софийски Университет „Св. Климент Охридски“*

Използвайки специализиран софтуер бяха направени 2D аксиално симетрични симулации на цилиндричен микровълнов източник на плазмен факел в аргонова (Ar) среда при атмосферно налягане. Моделирани са процесите в плазмата, топлопредаването към неутралния газ, газовия поток и електромагнитните полета на повърхнинната вълна поддържаща разряда. Получени са резултати за разпределението на електронна плътност n_e , газовата температура T_g и електронна температура T_e . Получените резултати показват добро съгласие със стойностите на измерените в експеримента параметри на плазмата от източника.

Development of DC gas discharge tube with magnetic field

Kiril Raykov¹, Pavlina Ivanova¹, Embie Hasan¹, Mladen Mitov², Miglena Dimitrova^{1,3}, Ana Bankova¹, Elmira Vasileva¹

¹*Emil Djakov Institute of Electronics, Bulgarian Academy of Sciences,
72 Tsarigradsko Chaussee, 1784 Sofia, Bulgaria*

²*Faculty of Physics, St. Kl. Ohridski University of Sofia,
5, J. Bourchier Blvd., 1164 Sofia, Bulgaria*

³*Institute of Plasma Physics, Czech Academy of Sciences,
Za Slovankou 3, 182 00 Prague 8, Czech Republic*

The research in this project is focused on the application of the probe methodology for measurements in plasma with a magnetic field. The goal is to use it for diagnostics in various experimental devices - from high-tech magnetron discharges for material processing to plasma for thermonuclear fusion reactors. A DC gas discharge tube with a Helmholtz coil was designed for this purpose. The coil will allow the achievement of a homogeneous magnetic field with an intensity up to 1000 Gauss. The presented gas discharge tube consists of seven cathodes and a grid shaped anode. The setup allows studying the plasma in the presence of magnetic field with different intensities, gas pressures and discharge current values, using a single probe (parallel and perpendicular to the magnetic field lines) as well as a retarding field analyzer (RFA). All measurements will be performed with continuous gas flow through the tube, in order to avoid gas discharge contaminations. The use of different working gases is envisaged.

Acknowledgments

This work is financed by contract № KP-06-N68/2 between the Bulgarian National Science Fund and the Institute of Electronics, Bulgarian Academy of Sciences.

Разработка на газоразрядна тръба с постояннотоков разряд в магнитно поле

Кирил Райков¹, Павлина Иванова¹, Ембие Хасан¹, Младен Митов², Миглена Димитрова^{1,3}, Ана Банкова¹, Елмира Василева¹

¹*Институт по електроника на БАН "Академик Емил Джаков,
бул. "Цариградско шосе" 72, 1784 София, България*

²*Физически факултет към СУ "Св. Климент Охридски",
бул. "Джеймс Баучър" 5, 1164 София, България*

³*Институт по физика на плазмата, Чешка академия на науките,
За Слованку 3, 182 00 Прага 8, Чешка република*

Изследванията в този проект са фокусирани върху прилагането на сондовата методология за измервания в плазма с магнитно поле. Целта е тя да бъде използвана за диагностика в различни експериментални устройства - от високотехнологични магнетронно разрядни инсталации за обработка на материали, до плазмени реактори за контролиран термоядрен синтез. За целта е проектирана постояннотокова газоразрядна тръба с намотка на Хелмхолц. Намотката ще позволява постигането на хомогенно магнитно поле с интензитет до 1000 Гауса. Представената газоразрядна тръба се състои от седем катода и общ анод оформен като решетка. Установката позволява изучаване на плазмата в присъствието на магнитно поле с различен интензитет, налягания на работния газ и стойности на разрядния ток, с помощта на единична сонда (паралелна и перпендикулярна на магнитните силови линии), както и анализатор на забавящото поле (АЗП). За да бъдат избегнати замърсяванията на газовия разряд, всички измервания ще бъдат провеждани при непрекъснат газов проток през тръбата. Предвидено е използването на различни работни газове.

Благодарности

Тази работа е финансирана по договор № КП-06-N68/2 между Фонд „Научни изследвания“ и Института по електроника към Българска академия на науките.

Influence of the plasma electrode potential on the discharge asymmetry in the extraction region of a two-chamber RF negative hydrogen ion source

Ani Toskova¹, Stiliyan Lishev¹

¹Faculty of Physics, Sofia University, 5 J. Bourchier Blvd., BG-1164 Sofia, Bulgaria

The research is related to the optimization of the sources of negative hydrogen ions (H^-) with a discharge configuration similar to the base prototype for the injector systems of ITER [1]. In them, the regions of inductive radio-frequency (RF) power deposition and extraction are separated by a transverse magnetic field – magnetic filter (MF). The potential of the first electrode of the extraction system – plasma electrode (PE) – determines the extracted current, while the MF provides conditions for minimal H^- losses [2], but leads to a spatial asymmetry of the plasma [3], for which systematized data are missing. In this work, probe diagnostics technique was applied to study the influence of the PE potential on the degree of asymmetry in the plasma parameters profiles (plasma potential, electron temperature and density), in the extraction region of H^- source, scaling the base prototype in ratio 1:5. The measurements were carried out with movable Langmuir probe, located at 2 cm from the PE in parallel, at pressure 0.3 Pa and absorbed RF power 200 W. The MF had maximum induction 8.4 mT, at the position of the probe. The PE potentials cover the main areas of its ampere-volt characteristic. The obtained results show that without MF, as the PE potential increases, the profiles of the plasma potential and density shift to higher values, while those of the electron temperature remain unaffected. In the presence of MF, all profiles have a pronounced asymmetry, with values lower than those without MF. PE potentials below float do not affect the plasma. At a potential in the region and above saturation, all profiles shift to higher values, accompanied by a change in the slopes of their asymmetry. Moreover, all three parameters change the slopes of asymmetry, in a narrow region of about 5 V, around the PE saturation potential.

- [1] R. Hemsworth et al, Status of the ITER heating neutral beam system, *Nuclear Fusion*, Vol. 49, Number 4 (2009)
- [2] U. Fantz et al, Physical performance analysis and progress of the development of the negative ion RF source for the ITER NBI system, *Nuclear Fusion*, Vol. 49, Number 12 (2009)
- [3] L. Schiesko et al, Magnetic field dependence of the plasma properties in a negative hydrogen ion source for fusion, *Plasma Physics and Controlled Fusion*, Vol. 54, Number 10 (2012)

Влияние на потенциала на плазмения електрод върху асиметрията на разряда в областта на извличане на двукамерен ВЧ източник на отрицателни водородни йони

Ани Тоскова¹, Стилиян Лишев¹

¹Физически факултет, Софийски Университет, бул. Джеймс Баучер 5, София-1164, България

Изследването е свързано с оптимизиране на източниците на отрицателни водородни йони (H^-) с конфигурация на разряда, подобна на базовия прототип за инжекторните системи на ИТЕР [1]. При тях областите на индуктивно внасяне на високочестотната (ВЧ) мощност и на извличане са разделни от напречно магнитно поле – магнитен филтър (МФ). Потенциалът на първия електрод на извличащата система – плазмен електрод (ПЕ) – определя извлечения ток, докато МФ осигурява условия за минимални загуби на H^- в областта на извличане [2], но води до пространствена асиметрия на плазмата [3], за която липсват систематизирани данни. В настоящето изследване е приложен метода на сондова диагностика на плазмата, за изследване влиянието на потенциала на ПЕ върху степенна асиметрия в профилите на плазмените параметри (плазмен потенциал, електронна температура и концентрация), в областта на извличане на двукамерен източник на H^- , скалиращ стандартния базов прототип в отношение 1:5. Измерванията са с подвижна единична Ленгмюрова сонда, разположена паралелно на 2 cm от ПЕ и са проведени при налягане 0.3 Pa и приложена ВЧ мощност 200 W. МФ е с максимум на индукция 8.4 mT, при позицията на сондата. Потенциалите на плазмения електрод покриват основните области на ампер-волтната му характеристика. Получените резултати показват, че без МФ, с нарастване на потенциала на ПЕ, профилите на плазмения потенциал и плътността се отместват към по-високи стойности, а тези на електронната температура остава непроменени. При наличието на МФ, всички плазмени параметри има изразена асиметрия в профилите, като стойностите им са по-ниски от тези без МФ. Потенциали на ПЕ под плаващия не влияят на плазмените параметри. При потенциал в областта и над насищане, всички профили се отместват към по-високи стойности, като това е съпроводено с промяна на наклоните на тяхната асиметрия. При това и трите параметъра сменят наклоните си на асиметрия, в тясна област от около 5 V, около потенциала на насищане на ПЕ.

- [1] R. Hemsworth et al, Status of the ITER heating neutral beam system, *Nuclear Fusion*, Vol. 49, Number 4 (2009)
- [2] U. Fantz et al, Physical performance analysis and progress of the development of the negative ion RF source for the ITER NBI system, *Nuclear Fusion*, Vol. 49, Number 12 (2009)
- [3] L. Schiesko et al, Magnetic field dependence of the plasma properties in a negative hydrogen ion source for fusion, *Plasma Physics and Controlled Fusion*, Vol. 54, Number 10 (2012)

Investigation of the properties of graphene containing ceramic materials*I. Ivanov, S. Marinov, J. Kiss 'ovski**Faculty of Physics, Sofia University, 5 J. Bourchier Blvd., BG-1164 Sofia, Bulgaria*

Using a low-pressure microwave discharge, graphene nanostructures on ceramic materials were produced by plasma-enhanced chemical vapor deposition (PECVD). The deposition process takes place at substrate temperatures of the order of 600–700°C.

A thin amorphous carbon layer is deposited at the base of the structures. The homogeneity of the applied structures is influenced by the diffusion processes on the surface of the substrate. SEM (scanning electron microscope) results show the presence of graphene layers and nanotubes, with a Raman spectrum characteristic of graphene. Additionally, the obtained layers were enriched with nitrogen in order to increase the conductivity. Subsequently, the conductivity of the obtained *N*-graphene (nitrogen-doped graphene) ceramic composites was measured. A change of the total dielectric permittivity was found, as a consequence of the increased conductivity. The obtained composites correspond to modern models for metamaterials with negative permittivity ($\epsilon < 0$).

Изследване на свойствата на керамични материали с графен*Иван Иванов, Симеон Маринов, Живко Кисъовски**Физически факултет, Софийски Университет, бул. Джеймс Баучер 5, София-1164, България*

С помощта на микровълнов разряд при ниско налягане, бяха получени чрез плазмено усилено химично отлагане от газова фаза (PECVD), графенови наноструктури върху керамични материали. Процесът на отлагане протича при температури на субстрата от порядъка на 600–700°C.

В основата на структурите е отложен тънък аморфен въглероден слой. Хомогенността на нанесените структури е повлияна от дифузионните процеси върху повърхността на субстрата. Резултатите от SEM (сканиращ електронен микроскоп) показват наличието на графенови слоеве и нанотръби, с раманов спектър характерен за графена. Допълнително получените слоеве бяха обогатени с азот с цел увеличаване на проводимостта. В следствие бе измерена проводимостта на получените *N*-графен (обогатен с азот графен) керамични композити. Бе установена промяна на общата диелектрична проникваемост, в следствие на увеличената проводимост. Получените композити отговарят на съвременните модели за метаматериали с отрицателна диелектрична проникваемост ($\epsilon < 0$).

Diffraction studies of gas-diffusion electrodes for zinc-air batteries

Tanya Malakova¹, Kiril Krezhov¹, Svetoslav Kolev^{1,2}, Tatyana Koutzarova¹, Gergana Raikova³

¹*Institute of Electronics, Bulgarian Academy of Sciences, 72 Tsarigradsko Chaussee, 1784 Sofia, Bulgaria*

²*Neofit Rilski South-Western University, 66 Ivan Mihailov Str., 2700 Blagoevgrad, Bulgaria*

³*Institute of Electrochemistry and Energy Systems, "Acad. Evgeni Budevski", Bulgarian Academy of Sciences, Acad. Georgi Bonchev, Block 10, 1113 Sofia, Bulgaria*

Zinc air batteries are reputedly known as a reliable option for sustainable energy storage due to their high energy density, low cost, high efficiency and environmental friendliness. Indeed, some problems are encountered in practice and need to be overcome with the eventually slow oxygen evolution reaction (OER) and oxygen reduction reaction (ORR). The integration with an oxygen electrocatalyst was identified as the most critical component inevitably determining the operation of a rechargeable Zn-air battery, as its performance depends on the cathode material. Spinel-structured base metal oxides have attracted attention for long time due to their satisfactory electrochemical performance and stability for OER in alkaline solution. Herein, we report the performance of the recently developed carbon-free gas-diffusion electrode (GDE) - a mixture of catalyst (Co_3O_4 , NiCo_2O_4) and polytetrafluoroethylene (PTFE) hot-pressed onto a stainless-steel mesh that works as a current collector. X-ray and neutron diffraction combined with scanning electron microscopy were applied to improve the understanding of structural stability and recharge-related properties as an important step in the development of an innovative design of rechargeable zinc-air batteries with high performance carbon-free reversible gas diffusion electrodes.

Дифракционни изследвания на газодифузионни електроди за цинково-въздушни батерии

Таня Малакова¹, Кирил Крежов¹, Светослав Колев^{1,2}, Гергана Райкова³

¹*Институт по електроника, Българска академия на науките, бул. Цариградско шосе №72, София, България*

²*Факултет по математика и природни науки, Югозападен университет Св. Неофит Рилски, ул. Иван михайлов №66, Благоевград, България*

³*Институт по електрохимия и енергийни системи, "Акад. Евгени Бudevски", Българска академия на науките, ул. „Акад. Георги Бончев“, бл.10, 1113 София, България*

Цинково-въздушните батерии са известни като надежден вариант за устойчиво съхранение на енергия поради тяхната висока енергийна плътност, ниска цена, висока ефективност и екологичност. Наистина някои проблеми се срещат на практика и трябва да бъдат преодоляни с евентуално бавната реакция на отделяне на кислород (OER) и реакцията на редукция на кислорода (ORR). Интегрирането с кислороден електрокатализатор беше идентифицирано като най-критичният компонент, неизбежно определящ работата на акумулаторна Zn-въздушна батерия, тъй като нейната производителност зависи от материала на катода. Шпинелно структурираните оксиди на благородни метали привличат вниманието от дълго време поради техните задоволителни електрохимични характеристики и стабилност за OER в алкален разтвор. Тук докладваме ефективността на наскоро разработения газдифузионен електрод без въглерод (GDE) - смес от катализатор (Co_3O_4 , NiCo_2O_4) и политетрафлуороетилен (PTFE), горещо пресован върху мрежа от неръждаема стомана, която работи като токоприемник. Рентгенова и неутронна дифракция, комбинирана със сканираща електронна микроскопия, бяха приложени за подобряване на разбирането на структурната стабилност и свойствата, свързани с презареждането, като важна стъпка в разработването на иновативен дизайн на акумулаторни цинково-въздушни батерии с високоефективен безвъглероден обратим газ дифузионни електроди.

IV НАЦИОНАЛЕН КОНГРЕС ПО ФИЗИЧЕСКИ НАУКИ

07-09.10.2024 г.

Секция 4 Фотоника

Председател: чл.-кор. Николай Недялков (ИЕ-БАН)

Координатор: проф. дфн Асен Пашов (ФзФ-СУ)

Поканени доклади

1. **Н. Съботинов:** „50 години от създаването на лазера CuBr“

Устни доклади

1. **К. Георгиев:** „Термични свойства на неподредени лазерни кристали, легирани с Yb за приложения с висока пикова и средна мощност“
2. **Л. Неделчев:** „Азополимерни и азополимер-базирани нанокомпозитни материали за приложения в поляризационната холография и фотониката“
3. **Т. Драйшу:** Национален комплекс ASTRIS в Институт по електроника-БАН: 50 години изследвания на атмосферните аерозоли в Лаборатория „Лазерна локация“
4. **К. Темелков:** „Мощни лазерни системи с метални пари генериращи лазерно лъчение с високо качество в средната инфрачервена, видимата и ултравиолетовата спектрални области“
5. **Т. Тенев:** „Определяне на оптични константи на тънки оптични слоеве с цел проектиране на многослойни оптични покрития“
6. **В. Маринова:** „Функционални наноматериали за приложения във фотониката и оптоелектрониката“
7. **А. Драйшу:** „Формиране на лазерни снопове чрез подходи от сингулярната оптика“
8. **Л. Александров:** „Влияние на WO₃ върху структурата и луминесцентните свойства на цинк-боратни стъкла“
9. **К. Георгиев:** „Силициеви метаповърхности за напълно оптичен контрол на светлинни сигнали“
10. **Л. Стоянов:** „Експериментално демонстриране на контролирано разцепване на фемтосекунден лазерен сноп, спектрално разширение на импулсите и кохерентно рекомбиниране на снопа“
11. **Н. Димитров:** „Получаване на квази-недифрагиращ сноп чрез нелинейно преобразуване на оптични вихри в корелатор с инвертирано поле“

Постерни доклади

1. **А. Диковска:** „Пикосекундно лазерно отлагане на тънки слоеве и наночастици от NiTi“
2. **С. Шишков:** „Определяне на спектрите на сеченията на Yb-легирани неподредени кристали за моделиране на свръхбързи регенативни усилватели“
3. **М. Жекова:** Пренастройване на фемтосекунден лазерен осцилатор чрез промяна на параметрите на вътрешнорезонаторен призмен компресор
4. **Н. Горунски:** Experimental verification of the Gouy phase for higher-order Hermite–Gaussian beams
5. **П. Колев:** Спектрално модулирана поляриметрия за измерване на магнитното поле

Thermal properties of Disordered Yb:doped Laser Crystals for High Peak and Average Power Applications

Kaloyan Georgiev*^{1,5}, Lyuben Petrov^{1,5}, Stephan Shishkov¹, Nina Danchova², Dimitar Velkov¹, Anton Trifonov^{3,5}, Xiaodong Xu⁴, Ivan Buchvarov^{1,5}

¹Faculty of Physics, Sofia University, 5 James Bourchier Blvd., 1164 Sofia, Bulgaria

²Faculty of Chemistry and Pharmacy, Sofia University, 1 James Bourchier Blvd., 1164 Sofia, Bulgaria

³IBPhotonics Ltd., Plovdivsko pole 19A, Sofia, Bulgaria

⁴Jiangsu Normal University, Xuzhou 221116, China

⁵John Atanasoff Center for Bio and Nano Photonics (JAC BNP), 1164 Sofia, Bulgaria

*kalojanecg@uni-sofia.bg

The introduction of ytterbium as a laser material has enabled a substantial progress in the high peak power, high-energy, low-cost laser technology in the near infrared range of the electromagnetic spectrum. Compared to other ultrafast laser materials, such as Ti-Sapphire, the main limitation for Yb-materials is the difficulty in simultaneously achieving high-energy pulses with short durations of sub-100 fs using chirped pulse amplification (CPA). The amplified pulse durations for single Yb-crystal CPA systems have, until recently, been limited to 200–300 fs [1]. To overcome this limit many broadband ytterbium host crystals have been developed. Among them the newly rediscovered CaGdAlO₄ (CALGO or CGA) and CaYAlO₄ (CALYO or CYA) are the most promising ones with a very broad emission spectrum of 60 – 70 nm. Unfortunately, these laser media are still in the process of being fully characterized and the literature lacks reliable data on their thermal properties [2]. Which is important as the thermal lens plays a crucial role in construction of laser resonators, their power scaling and stability. To correctly determine the thermal lens, however, it is necessary to know the coefficient of thermal conductivity of the laser crystal. Here, we report measurements of thermal conductivity of Yb: CALYO and Yb:CALGO laser crystals via Long-wave infrared (LWIR) thermography. To estimate the thermal conductivity, we use a thermal camera following the approach introduced by Didierjean, J., et al. [3]. The method consists in imaging the temperature distribution on one of the faces of the investigated crystal, using a thermal camera with the required resolution. The obtained data are numerically approximated by finite element analysis (FEA), from which the required thermal conductivity coefficients can be extracted, as well as quantitative and qualitative evaluations of the effectiveness of the cooling system of the active medium, the thermally induced lens, the mechanical deformations due to temperature, etc. To the best of our knowledge this is the first study where this approach has been used to estimate the thermal conductivity for Yb³⁺ doped CALYO and CALGO disordered crystals.

1. L. S. Petrov, et al., Optics Express 31, 18765-18772 (2023).

2. Li, D., et al., JOSA B, 2011. 28(7): p. 1650-1654.

3. Didierjean, J., et al., Optics Express 16, 8995-9010 (2008).

Термични свойства на неподредени лазерни кристали, легирани с Yb за приложения с висока пикова и средна мощност

Калоян Георгиев*^{1,5}, Любен Петров^{1,5}, Стефан Шишков¹, Нина Данчова², Димитър Велков¹, Антон Трифонов^{3,5}, Шиядонг Шу⁴, Иван Бъчваров^{1,5}

¹Физически факултет, Софийски университет, България

²Факултет по химия и фармация, Софийски университет, България

³ИБФотоника ООД, Пловдивско поле 19А, София, България

⁴Университет в Дзянсу, Хужжоу 221116, Китай

⁵Джон Атанасов център по нано и био фотоника (JAC BNP), България

*kalojanecg@uni-sofia.bg

Въвеждането на итербия (Yb), като активна среда даде възможност за значителен напредък в лазерните технологии с голяма импулсна мощност и енергия на достъпна цена в близкия инфрачервен диапазон. В сравнение с други среди, използвани за генериране на свръхкъси импулси, като Ti-Сапфир, основното ограничение за Yb-средите е трудността при едновременното постигане на високоенергийни импулси с кратки продължителности под 100 fs, използвайки техниката за усилване на чирповани импулси (CPA). Продължителностите на усилените импулси за Yb-CPA системи с единичен кристал, доскоро бяха ограничени до 200–300 fs [1]. За да се преодолее това ограничение, са разработени много широколентови кристални матрици, подходящи за легиране с итербий. Сред тях новооткритите CaGdAlO₄ (CALGO) и CaYAlO₄ (CALYO) са най-обещаващи с много широк емисионен спектър от 60–70 nm. За съжаление, тези среди все още са в процес на характеризиране и в литературата липсват надеждни данни за техните термични свойства [2]. Кое е важно, тъй като термичната леща играе решаваща роля в конструирането на лазерни резонатори, мащабирането им по мощност и тяхната стабилност. За правилното ѝ определяне обаче е необходимо да се знае коефициентът на топлопроводимост на лазерния кристал. Тук докладваме измервания на топлопроводимостта на лазерните кристали Yb: CALYO и Yb: CALGO чрез дълговълнова инфрачервена (LWIR) термография, използвайки подхода, въведен от Didierjean, J., et al. [3]. Методът се състои в заснемане на картината на температурното разпределение върху едно от челата на изследвания кристал с помощта на термокамера с нужната разделителна способност. Получените данни се апроксимират числено чрез анализ на крайните елементи (FEA) от който може да се извлекат търсените коефициенти на топлопроводимост, както и да се направят количествени и качествени оценки на ефективността на системата за охлаждане на активната среда, термично индуцираната леща, механичните деформации в следствие на температурата и др. Доколкото ни е известно, това е първото проучване, при което този подход е използван за оценка на топлопроводимостта за неподредени кристали CALYO и CALGO, легирани с Yb³⁺.

1. L. S. Petrov, et al., Optics Express 31, 18765-18772 (2023).

2. Li, D., et al., JOSA B, 2011. 28(7): p. 1650-1654.

3. Didierjean, J., et al., Optics Express 16, 8995-9010 (2008)

Azopolymers and azopolymer-based nanocomposite materials for applications in polarization holography and photonics

Lian Nedelchev^{1,2}, Georgi Mateev^{1,2}, Blaga Blagoeva¹, Nataliya Berberova-Buhova^{1,2},
Ludmila Nikolova¹, Dimana Nazarova^{1,2}

¹Institute of Optical Materials and Technologies, Bulgarian Academy of Sciences, Acad. G. Bonchev Str, Bl. 109, 1113 Sofia, Bulgaria

²University of Chemical Technology and Metallurgy, Kliment Ohridski 8 Blvd, 1756 Sofia, Bulgaria

Photoanisotropic materials, most commonly azopolymers, have numerous applications in the field of conventional and digital polarization holography: for inscription of tunable and custom-made polarization-selective diffractive optical elements, complex surface relief structures, supramolecular chiral structures, etc. [1,2].

Their anisotropic response can be enhanced even further by doping with nanoparticles with various size, chemical structure and morphology. We present the results from our extensive studies on azopolymer-based nanocomposites and in particular on the influence of the concentration, composition, shape and size of the embedded nanoparticles on their photoanisotropic characteristics – birefringence as well as diffraction efficiency and surface relief amplitude in case of polarization holographic recording. Potential applications of these advanced materials will also be outlined as well as the mechanism of enhancement due to the incorporation of nanoparticles [3].

Acknowledgments. The authors gratefully acknowledge the funding provided by the European Union-NextGenerationEU, through the National Recovery and Resilience Plan of the Republic of Bulgaria, project № BG-RRP-2.004-0002, "BiOrgaMCT". Research equipment of Distributed Research Infrastructure INFRAMAT, part of Bulgarian National Roadmap for Research Infrastructures, supported by Bulgarian Ministry of Education and Science was used in this investigation.

REFERENCES

- [1] L. Nikolova, P.S. Ramanujam, *Polarization Holography*, Cambridge University Press (2009)
- [2] L. De Sio, D. Roberts, Z. Liao et al., Digital polarization holography advancing geometrical phase optics, *Optics Express*, Vol. 24, pp. 18297-18306 (2016)
- [3] D. Nazarova, L. Nedelchev, N. Berberova-Buhova, G. Mateev, Nanocomposite Photoanisotropic Materials for Applications in Polarization Holography and Photonics, *Nanomaterials*, Vol. 13, Art. No. 2946 (2023)

Азополимерни и азополимер-базирани нанокомпозитни материали за приложения в поляризационната холография и фотониката

Лиан Неделчев^{1,2}, Георги Матеев^{1,2}, Блага Благоева¹, Наталия Берберова-Бухова^{1,2}, Людмила Николова¹, Димана Назърова^{1,2}

¹Институт по оптически материали и технологии, Българска академия на науките, ул. акад. Г. Бончев, бл. 109, София 1113, България

²Химикотехнологичен и металургичен университет, бул. Климент Охридски №8, София 1756, България

Фотоанизотропните материали, най-често азополимери, имат многобройни приложения в областта на конвенционалната и цифрова поляризационна холография: за запис на специфични и пренастройваеми поляризационно-селективни дифракционни оптични елементи, сложни повърхностни релефни структури, супрамолекулни хирални структури и др. [1,2].

Техният анизотропен отклик може да бъде подобрен още повече чрез дотиране с наночастици с различен размер, химична структура и морфология. Тук ще представим резултатите от нашите задълбочени проучвания върху нанокомпозити на базата на азополимер и по-специално върху влиянието на концентрацията, състава, формата и размера на внедрените наночастици върху техните фотоанизотропни характеристики – двулъчепречупване, а също така и дифракционна ефективност и амплитуда на повърхностния релеф в случай на поляризационен холографски запис. Разгледани са и потенциалните приложения на тези съвременни материали, както и механизмът за подобряване чрез включването на наночастици [3].

Благодарности: Авторите са благодарни за финансирането, получено от Европейския съюз – NextGenerationEU, чрез Националния план за възстановяване и устойчивост на Република България, проект №BG-RRP-2.004-0002, „BiOrgaMCT“. В тези изследвания е използвано оборудване на Разпределената научна инфраструктура ИНФРАМАТ, част от Националната пътна карта на България за научна инфраструктура, подкрепена финансово от Министерство на образованието и науката.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] L. Nikolova, P.S. Ramanujam, *Polarization Holography*, Cambridge University Press (2009)
- [2] L. De Sio, D. Roberts, Z. Liao et al., Digital polarization holography advancing geometrical phase optics, *Optics Express*, Vol. 24, pp. 18297-18306 (2016)
- [3] D. Nazarova, L. Nedelchev, N. Berberova-Buhova, G. Mateev, Nanocomposite Photoanisotropic Materials for Applications in Polarization Holography and Photonics, *Nanomaterials*, Vol. 13, Art. No. 2946 (2023)

ACTRIS National Facility at the Institute of Electronics, Bulgarian Academy of Sciences (IE-BAS): 50 Years of Atmospheric Aerosols Studies by the Laser Radars Laboratory

Tanja Dreischuh, Zahari Peshev, Tsvetina Evgenieva, Ljuan Gurdev, Ivan Grigorov, Liliya Vulkova, Eleonora Toncheva, Orlin Vankov, Stefan Dosev, Lyubomir Popov, Vasilka Pencheva, Stoyan Penchev, Nikolay Kolev, Krum Shumanov, Atanaska Deleva, Georgi Kolarov, Dimitar Stoyanov
Institute of Electronics, Bulgarian Academy of Sciences

The Laser Radars Laboratory of IE-BAS was established in 1974 with the main aim of developing the scientific basis of techniques and systems for remote lidar sensing of the atmosphere by measuring its major optical and meteorological characteristics, together with lidar methods of remote monitoring of atmospheric pollution. At the time, the Laboratory was the only one of this kind on the Balkan Peninsula. In 2002, the Laboratory was included in the European Aerosol Research Lidar Network (EARLINET), which initiated systematic remote atmospheric monitoring by means of lidar equipment designed and built at IE-BAS and certified by EARLINET. A significant step in the Lidar Station development was the IE-BAS becoming a partner in the pan-European research infrastructure ACTRIS (Aerosol, Clouds and Trace gases Research InfraStructure) as early as the latter's inception in 2011.

In 2018, as ACTRIS-BG had become a part of the National Roadmap for Research Infrastructure, a substantial modernization of the Laboratory was initiated in order for it to comply with the ACTRIS standard operation procedures.

This report presents the Sofia Aerosol Remote Sensing Station of the Laser Radars Laboratory of IE-BAS by delineating its configuration, the equipment used (a Raymetrics LR332-D300 multi-channel aerosol lidar, a Lufft CHM-15k automatic lidar ceilometer, a Cimel CE318-TS9 sun/sky/moon photometer, to mention the main ones only), together with the techniques employed. Through the years, various events were objects of analysis, e.g., transboundary transported Saharan dust and volcanic ash plume, forest-fire particles originating in Bulgaria, Europe, North America, etc. All remote sensing measurements are being carried out in compliance with the ACTRIS requirements, as well as with those of the major ground observation networks of which the Sofia (IE-BAS) Station is part (EARLINET, AERONET, E-profile), in view of building a long-term harmonized and statistically relevant database of climatologic research measurements. Detailed results will also be presented of complex studies on and characterization of the atmospheric aerosols over the city of Sofia.

The present research is supported by the Ministry of Education and Science of Bulgaria (support for ACTRIS BG, part of the National Roadmap for Research Infrastructure) and by the European Commission under the Horizon 2020 – Research and Innovation Framework Program, Grant Agreement No. 871115 (ACTRIS IMP).

Национален комплекс ACTRIS в Институт по електроника-БАН: 50 години изследвания на атмосферните аерозоли в Лаборатория „Лазерна локация“

Таня Драйшу, Захари Пешев, Цветина Евгениева, Люан Гърдев, Иван Григоров, Лилия Вълкова, Елеонора Тончева, Орлин Ванков, Стефан Досев, Любомир Попов, Василка Пенчева, Стоян Пенчев, Николай Колев, Крум Шуманов, Атанаска Делева, Георги Коларов, Димитър Стоянов
Институт по електроника, Българска академия на науките

Лаборатория „Лазерна локация“ на ИЕ-БАН е основана през 1974 г. с основна цел разработване на научните основи за създаване на методи и системи за лазерно дистанционно изследване на атмосферата чрез измерване на нейните основни оптични и метеорологични характеристики, както и на лидарни методи за дистанционен мониторинг на атмосферните замърсявания. По това време тя е единствена по рода си на Балканския полуостров. През 2002 г. лабораторията се включва в Европейската аерозолна лидарна мрежа (EARLINET) и се стартира провеждането на систематичен дистанционен атмосферен мониторинг с разработени в ИЕ-БАН и сертифицирани в EARLINET лидарни системи. Важна стъпка в развитието на лидарната станция е включването на ИЕ-БАН като партньор в пан-Европейската научноизследователска инфраструктура ACTRIS (Aerosol, Clouds and Trace gases Research InfraStructure), и то от самото ѝ създаване през 2011 г. През 2018 г., след включването на ACTRIS-BG като обект в Националната пътна карта на научните инфраструктури, стартира значителна модернизация на изследователската апаратура на лабораторията, отговаряща на стандартните оперативни процедури на ACTRIS.

Този доклад представя станцията за дистанционно изследване на атмосферата в лаборатория „Лазерна локация“ на ИЕ-БАН - Sofia (IE-BAS), като очертава нейната конфигурация, използваната апаратура (многоканален аерозолен лидар Raymetrics LR332-D300, автоматичен лидарен сейлометър Lufft CHM-15k, слънчев/небесен/лунен фотометър Cimel CE318-TS9 и др.) и методите за изследване. През годините обект на анализите са били разнообразни - напр. трансграничен пренос на прах от Сахара и на вулканичен прах, на пренос на частици в резултат на горски пожари в България, Европа, Северна Америка и др. Всички провеждани дистанционни изследвания са в съответствие с изискванията на ACTRIS и на основните наземни мрежи за наблюдение, в които станцията участва (EARLINET, AERONET, E-profile) с цел създаване на дългосрочна, хармонизирана и статистически значима база данни от измервания за климатологични изследвания. По-детайлно ще бъдат представени резултати от комплексни изследвания и характеризирани на атмосферни аерозоли над град София.

Настоящото изследване е финансирано от МОН (подкрепа за ACTRIS BG, част от НПКНИ) и от Европейската комисия, Програма Хоризонт 2020, договор No. 871115 (ACTRIS IMP).

High-Power High-Beam-Quality Metal Vapour Laser Systems Oscillating in Middle Infrared, Visible and Ultraviolet Spectral ranges

*Krassimir Temelkov, Ivan Kostadinov, Stefka Slaveeva, Georgi Yankov
Metal Vapour Lasers Laboratory, Georgi Nadjakov Institute of Solid State Physics, Bulgarian
Academy of Sciences*

Record-high average laser power of 29 W and laser pulse energy of 2.9 mJ are achieved by a Strontium (Sr) vapor laser at a multiline operation at several Sr atomic (2.60, 2.69, 2.92, 3.01, 3.07 and 6.45 μm) and two Sr ionic (1.03 and 1.09 μm) lines. Diffraction-limited laser radiation with a total average output power of 14 W is obtained through a master oscillator – power amplifier (MO–PA) Sr vapor system. Precise microprocessing of optical grade fused quartz, sapphire, stainless steel, hard biological tissues and polymers is accomplished. Using a parabolic mirror for the laser beam focusing, spherical aberrations are overcome and a crater diameter and a channel width of around 5 μm are achieved.

A record-high average laser power of 151 W is achieved via a copper bromide (CuBr) vapor laser at the two atomic Cu lines of 510.6 nm and 578.2 nm. A MO–PA CuBr vapor system, delivering diffraction-limited laser radiation with a maximal average output power of 50 W, is developed and applied in precise micromachining of silicon, optical grade fused quartz, stainless steel and various ceramics. Using an aspheric 2-cm lens for the laser beam focusing, spherical aberrations are overcome and a crater diameter and a trench width of around 1 μm are achieved. An average laser power of 0.975 W is obtained by a Cu vapor laser with an active volume of 0.377 cm^3 , i.e. a record specific average power of 2.6 $\text{W}\cdot\text{cm}^{-3}$ is achieved for lasers oscillating at the two atomic Cu lines.

Comparative investigation on ultraviolet (UV) laser radiation produced by a gold (Au) vapor laser, oscillating at the atomic Au 312.2-nm line, and by nonlinear frequency conversion of the laser emission of a MO–PA CuBr vapor system is carried out.

By means of an innovative bipolar high-power high-voltage excitation scheme, an all-solid-state power supply is developed and used for the development of compact mobile 10-W Sr vapor and 20-W CuBr vapor lasers. A compact mobile Cu and Au vapor laser, operating at three laser lines, namely the two atomic Cu lines of 510.6 nm and 578.2 nm and the second atomic Au line of 627.8 nm, is also created. The Cu and Au vapor laser is utilized in an applied study on the microplastic pollution in the aquatic environment.

Acknowledgements

This work was supported by the Project KP-06-H77/8 of Bulgarian National Science Fund.

Мощни Лазерни Системи с Метални Пари Генериращи Лазерно Лъчение с Високо Качество в Средната Инфрачервена, Видимата и Ултравиолетовата Спектрални Области

*Красимир Темелков, Иван Костадинов, Стефка Славеева, Георги Янков
Лаборатория „Лазери с Метални Пари“, Институт по Физика на Твърдото Тяло
„Академик Георги Наджаков“, Българска Академия на Науките*

Достигнати са рекордно високи средна лазерна мощност 29 W и енергия на лазерния импулс 2.9 mJ с лазер с пари на стронций (Sr) при едновременна генерация на няколко Sr атомни (2.60, 2.69, 2.92, 3.01, 3.07 и 6.45 μm) и две Sr йонни (1.03 и 1.09 μm) линии. Получено е дифракционно ограничено лазерно лъчение със средна изходна мощност 14 W със система генератор – усилвател (MO–PA, съкратено от master oscillator – power amplifier) със Sr пари. Осъществена е прецизна микрообработка на оптичен топен кварц, сапфир, неръждаема стомана, твърди биологични тъкани и полимери. Използвайки параболично огледало за фокусиране на лазерния сноп, са преодолен сферичните аберации и са достигнати диаметър на кратера и ширина на канала от около 5 μm .

Достигната е рекордно висока средна лазерна мощност 151 W с лазер с пари на меден бромид (CuBr) на двете атомни Cu линии на 510.6 nm и 578.2 nm. Разработена е MO–PA система с CuBr пари, излъчваща дифракционно ограничено лазерно лъчение с максимална средна изходна мощност от 50 W, която е приложена за прецизна микрообработка на силиций, оптичен топен кварц, неръждаема стомана и редица керамики. Използвайки асферична леща с фокусно разстояние 2 cm за фокусиране на лазерния сноп, са преодолен сферичните аберации и са достигнати диаметър на кратера и ширина на канала от около 1 μm . Получена е средна лазерна мощност 0.975 W с лазер с Cu пари с обем на активната среда 0.377 cm^3 , т. е. достигната е рекордна специфична средна мощност от 2.6 $\text{W}\cdot\text{cm}^{-3}$ за лазерите, генериращи на двете атомни Cu линии.

Проведено е сравнително изследване на ултравиолетово (УВ) лазерно лъчение, генерирано от лазер с пари на злато (Au), излъчващ на атомната Au линия 312.2 nm, и при нелинейно преобразуване на честота на лазерното излъчване на MO–PA система с CuBr пари.

Чрез иновативна биполарна мощна високоволтова схема за възбуждане е създадено изцяло твърдотелно хранване, което е използвано за разработване на компактни мобилни лазери с Sr и CuBr пари със средна изходна мощност съответно 10 W и 20 W. Създаден е също така компактен и мобилен лазер с Cu и Au пари, генерираща на три лазерни линии, а именно двете атомни Cu линии на 510.6 nm и 578.2 nm и втората атомна Au линия на 627.8 nm. Лазерът с Cu и Au пари е използван за приложно изучаване на замърсяването с микропластмаси на водната среда.

Благодарности

Изследванията са проведени с финансовата подкрепа на проект KP-06-H77/8 на Фонд „Научни изследвания“.

Determination of optical constants of thin optical layers for the purpose of designing multilayer optical coatings

*T. Tenev, I. Miloushev, K. Antonova, E. Stoyanova, A. Tenev
Institute of Solid State Physics, Bulgarian Academy of Sciences,
72 Tzarigradsko chaussee, Sofia 1784, Bulgaria*

Modern optical systems consist of many elements with different functional purposes (magnification, deflecting and scanning, filtering, separating and combining different channels, matching, etc.) and almost all of them need multilayer interference coatings. Coating structures can contain from 1-2 to over 50-100 layers of different materials. Most often in practice these structures are made of 2 or 3 materials with a low, high and sometimes medium refractive index. In addition to the value of the refractive index, many other requirements are placed on the properties of the layer, such as adhesion, strength, compatibility, hardness, etc. With the development of laser technology, the need for materials for layers resistant to high-intensity radiation is increasing.

Technologies and systems for the deposition of layers and multilayer structures are very heterogeneous (vacuum electron beam vaporization - PVD, vacuum electron beam vaporization with ion assistance - IAD PVD, magnetron sputtering, various methods using a chemical reaction in a vacuum chamber - CVD and others). With all this variety of technologies, systems, manufacturers, sizes and construction of cameras, the characteristics of the obtained layers of a given material are different (vary sometimes by more than 10%). And in order to design and manufacture a multi-layer optical coating with specified properties and parameters, it is necessary to determine in advance (in each specific case) the optical constants of the deposited layer.

Here we present a study, on the example of the deposition of single layers in a vacuum technological system Syphony 9 (Tecport Optics), in which, by means of spectrophotometric measurements, the optical constants of some materials in specific deposition conditions were determined. These constants have been used in the design and realization of described multilayer optical structures. This sequence of actions can also be used in the operation of other materials and other technological installations.

Acknowledgments: The research was supported by the National Fund of Investigation, grant No. KP-06-H57/5 (2021).

Определяне на оптични константи на тънки оптични слоеве с цел проектиране на многослойни оптични покрития

*Тихомир Тенев, Илко Милушев, Красимира Антонова, Елена Стоянова, Александър Тенев
Институт по физика на твърдото тяло, Българска академия на науките
Цариградско шосе 72, София 1784, България*

Съвременните оптични системи се състоят от множество елементи с различно функционално предназначение (силови – определящи увеличението, отклоняващи и сканиращи, филтриращи, разделящи и обединяващи различни канали, съгласуващи и т.н.) и почти на всички тях е нужно да се нанасят многослойни интерферентни покрития. Структурите на покритията могат да съдържат от 1-2 до над 50-100 слоя от различни материали. Най-често в практиката се правят структури от 2 или 3 материала с нисък, висок и понякога среден показател на пречупване. Освен към стойността на показателя на пречупване към свойствата на слоя се поставят и множество други изисквания, като адхезия, здравина, съвместимост, твърдост и др. С развитието на лазерната техника нуждата от материали за слоеве, устойчиви към високоинтензивни лъчения нараства.

Технологиите и системите за отлагане на слоеве и многослойни структури са много разнородни (вакуумно електроннолъчево изпарение - PVD, вакуумно електроннолъчево изпарение с йонно асистиране - IAD PVD, магнетронно разпръскване, различни методи с използване на химическа реакция във вакуумна камера - CVD и други). При всичкото това разнообразие на технологии, системи, производители, размери и конструкция на камерите, характеристиките на получаваните слоеве от даден материал са различни (варира понякога с повече от 10%). А за да бъде проектирано и произведено многослойно оптично покритие със зададени свойства и параметри е необходимо предварително да бъдат определени (във всеки конкретен случай) оптичните константи на нанасяния слой.

Тук представяме изследване, с което на примера на отлагане на единични слоеве във вакуумна технологична система Syphony 9 (Tecport Optics) сме предложили последователност от действия, с които посредством спектро-фотометрични измервания бяха определени оптичните константи на някои материали в конкретни условия на отлагане. Тези константи са използвани при проектиране и реализиране на някои представени многослойни оптични структури. Тази последователност от действия може да бъде използвана и при усвояването на други материали и на други технологични установки.

Благодарности: Изследването е подкрепено от Национален фонд „Научни изследвания“, грант № КП-06-H57/5 (2021).

Functional nanomaterials for photonics and optoelectronics*Vera Marinova**Institute of Optical Materials and Technologies Acad. Georgi Bonchev. Str. Bl. 109, Sofia 1113, Bulgaria*

Here, we report the controlled synthesis and characterization of nanolayers (in form of two-dimensional (2D) materials and transparent conductive oxides (TCO)) and their intergation in optoelectronic and photonic devices. 2D materials have attracted intense potential for miniaturized (atomically thin) optoelectronic devices due to their layer number-dependent properties (strong intralayer covalent bonding and weak interlayer van der Waals interactions). In addition, they demonstrate extremely high optical anisotropy which gains an enormous interest for integration in ultrathin optics that allow light control at the subwavelength scale.

Another type of materials of interest are TCO layers, that prove superior performance indicating a growing demand for the next generation indium tin oxide (ITO)-free technology, including advanced display devices and dynamic flat-panel functionalities. For example, they can play multifunctional role in Liquid Crystal Spatial Light Modulators (SLM) configurations as transparent conductive layer and as alignment layer allowing vertical alignment in LC molecules. Besides excellent phase modulation repeatability over the large-scale area, TCO's exhibits great potential for future integrated photonic devices including flexible structures and bio-oriented technologies.

Acknowledgements:

This work was carried out with the financial support of the Scientific Research Fund, contract KP-06-H-68/1, research equipment of Distributed Research Infrastructure INFRAMAT, part of Bulgarian National Roadmap for Research Infrastructures, supported by Bulgarian Ministry of Education and Science was used in this investigation. V. M. acknowledges the financial support by the European Regional Development Fund within the Operational Programme 'Science and Education for Smart Growth 2014–2020' under the Project CoE 'National Center of Mechatronics and Clean Technologies' BG05M2OP001-1.001-0008-C01.

Функционални наноматериали за приложения във фотониката и оптоелектрониката*Вера Маринова**Институт по Оптически Материали и Технологии, ул. „Акад. Георги Бончев. бл. 109, София 1113, България*

Представените изследвания са насочени към контролиран синтез и характеризиране на нанослое (под формата на двуизмерни (2D) материали и прозрачни проводими оксиди (TCO)) и тяхното приложение в оптоелектронни и фотонни устройства. 2D материалите поради уникалните им свойства, зависещи от броя на слоевете (характеризирани се със силно вътрешнослойно ковалентно свързване и слаби междуслойни ван дер Ваалсови взаимодействия) предлагат интензивен потенциал за миниатюризирани (атомно тънки) оптоелектронни устройства. В допълнение, те демонстрират изключително висока оптична анизотропия, която предизвиква огромен интерес за интегрирането им в ултратънната оптика, позволяваща контрол на светлината в скалата на дължина на вълната.

Друг тип материали от интерес са прозрачните проводими оксидни слоеве, които показват превъзходна функционалност и нарастващо търсене за технологиите от следващо поколение без използване на индий-калаен оксид (ITO) материали, включително усъвършенствани устройства за динамични функционалности на плоско панелни дисплеи. Например, те могат да играят многофункционална роля в конфигурации от типа модулатори на пространствена светлина на основата на течни кристали (SLM) като прозрачен проводим слой и като слой за подравняване, позволяващ вертикално подравняване в течни кристалните LC молекули. Освен отличната повторяемост на фазовата модулация в широка по площ област, TCO показва голям потенциал за бъдещи интегрирани фотонни устройства, включително гъвкави структури и био-ориентирани технологии.

Благодарности:

Тази работа е извършена с финансовата подкрепа на ФНИ договор КП-06-Н 68/1, както и на разпределената научна инфраструктура ИНФРАМАТ, част от Националната пътна карта на България за научна инфраструктура, подкрепена финансово от Министерство на образованието и науката. В.М. благодари на проект BG05M2OP001-1.001-0008 Национален център по мехатроника и чисти технологии финансиран от Оперативна програма „Наука и образование за интелигентен растеж“ 2014-2020 съфинансирана от Европейския съюз чрез Европейския фонд за регионално развитие.

Laser beam sculpting using approaches from singular optics*Alexander A. Dreischuh¹, Lyubomir I. Stoyanov¹, Nikolay R. Dimitrov¹,**Maya I. Zhekova¹, Ivan L. Stefanov¹, Aleksander A. Stefanov², Gerhard G. Paulus³**¹Department of Quantum Electronics, Faculty of Physics,**Sofia University "St. Kliment Ohridski", Sofia, Bulgaria**²Department of Mechatronics, Robotics and Mechanics, Faculty of Mathematics and Informatics, Sofia University "St. Kliment Ohridski", Sofia, Bulgaria**³Institute of Optics and Quantum Electronics,**Friedrich Schiller University, Jena, and Helmholtz Institute Jena, Jena, Germany*

Optical vortices (OVs) are singularities in a laser beam where the phase of the light wave spirals around a central point, creating a doughnut-shaped intensity profile with a dark core [1]. The topological charge of an optical vortex, an integer representing the number of 2π phase windings around the vortex core, determines the amount of orbital angular momentum carried by the beam [1]. These vortices can be generated using devices such as spatial light modulators and spiral phase plates, which imprint the required phase structure onto the beam. The unique properties of the OVs make them valuable in applications such as optical tweezers, quantum information processing, high-resolution microscopy, mode-division multiplexing of information, just to mention a few.

In the first part of this talk we will discuss the possible ways of creating hundreds of OVs into stable arrays of OVs. We will show two characteristic shapes of such OV lattices – square-shaped and hexagonal. Moreover, we will demonstrate the beauty of the Fourier optics by analyzing the reshaping of these lattices in the focal plane of a focusing lens. Results showing the rich possibilities for controllable generation of ordered focal structures of bright peaks and the possible additional structuring of each peak with other singular beams [2] will be discussed as well.

Further, we will describe a method based on singular optics for the generation of high-quality quasi-non-diffracting long-range Bessel-Gaussian beams (BGBs) [3]. We will extend this approach and go even further showing the generation of BGBs in a few-cycle laser field with a large spectral bandwidth [4], and even the creation of ordered structures of BGBs.

This work was partially supported by the Bulgarian National Science Fund (project КП-06-H78/6) and by the Ministry of Education and Science (ELI-ERIC-BG, National Roadmap for Scientific Infrastructure).

REFERENCES

- [1] L. Stoyanov, S. Topuzoski, G. G. Paulus, and A. Dreischuh, *European Physical Journal Plus*, vol. 138, 702 (2023).
- [2] L. Stoyanov, G. Maleshkov, M. Zhekova, I. Stefanov, G. G. Paulus and A. Dreischuh, *Scientific Reports*, vol. 9, Art. No. 9:2128 (2019).
- [3] L. Stoyanov, M. Zhekova, A. Stefanov, I. Stefanov, G. G. Paulus, and A. Dreischuh, *Scientific Reports*, vol. 10, 21981 (2020).
- [4] L. Stoyanov, Y. Zhang, A. Dreischuh, and G. G. Paulus, *Optics Express*, vol. 29, 10997-11008 (2021).

Формиране на лазерни снопове чрез подходи от сингулярната оптика*Александър А. Драйшу¹, Любомир И. Стоянов¹, Николай Р. Димитров¹, Мая И.**Жекова¹, Иван Л. Стефанов¹, Александър А. Стефанов², Герхард Г. Паулус³**¹Катедра Квантова електроника, Физически факултет,**Софийски университет „Св. Климент Охридски“, София, България**²Катедра по мехатроника, роботика и механика, Факултет по математика и информатика, Софийски университет „Св. Кл. Охридски“, София, България**³Институт по оптика и квантова електроника,**Университет „Фридрих Шилер“ и Институт „Хелмхолц“, Йена, Германия*

Оптичните вихри (ОВ) са сингулярности в лазерните снопове, при които фазата на светлинната вълна се променя спираловидно около централна точка, създавайки профил на интензитета с формата на пръстен и с тъмно ядро [1]. Топологичният заряд на ОВ е цяло число, представляващо броя на фазовите цикли от 2π около оста на вихъра и определя орбиталния ъглов момент на снопа [1]. ОВ могат да бъдат генерирани с помощта на устройства, които отпечатват необходимата фазова структура върху снопа, като пространствени модулатори на светлина и спирални фазови пластини. Уникалните свойства на вихрите ги правят ценни в приложения като оптични пинцети, обработка на квантова информация, микроскопия с висока разделителна способност, мултиплексиране на информация с разделяне по модове и др.

В първата част доклада ще обсъдим възможните начини за създаване на стабилни масиви от стотици ОВ. Ще покажем две характерни форми на такива матрици от ОВ - квадратна и хексагонална. Ще демонстрираме красотата на Фурие-оптиката, като анализираме преоформянето на тези матрици във фокалната равнина на леща. Ще бъдат обсъдени и резултати, показващи богатите възможности за контролирано генериране на различни подредени фокални структури от светли пикове и възможното допълнително структуриране на всеки такъв пик с други сингулярни снопове [2].

Освен това ще опишем метод, основан на сингулярната оптика, за генериране на висококачествени дългофокусни, квази-недифрагиращи Бесел-Гаусови снопове (БГС) [3]. Ще разширим този подход, показвайки генерирането на БГС в свръхкъси лазерни импулси с едва няколко цикъла на носещата вълна под обвивката си [4], и създаването на фокални структури от БГС.

Тази работа е частично подкрепена от Националния фонд за научни изследвания на Република България (проект КП-06-H78/6) и от МОН (ELI-ERIC-BG, Национална пътна карта за научна инфраструктура).

REFERENCES

- [1] L. Stoyanov, S. Topuzoski, G. G. Paulus, and A. Dreischuh, *European Physical Journal Plus* 138, 702 (2023).
- [2] L. Stoyanov, G. Maleshkov и др., *Scientific Reports* 9, Art. No. 9:2128 (2019).
- [3] L. Stoyanov, M. Zhekova и др., *Scientific Reports* 10, 21981 (2020).
- [4] L. Stoyanov, Y. Zhang и др., *Optics Express* 29, 10997-11008 (2021).

Influence of WO₃ on the structure and luminescent properties of zinc borate glasses

Lyubomir Aleksandrov¹, Aneliya Yordanova¹, Margarita Milanova¹, Reni Iordanova¹

¹Institute of General and Inorganic Chemistry, Bulgarian Academy of Sciences, G. Bonchev, Str., bld. 11, 1113 Sofia, Bulgaria

ZnO-B₂O₃ glasses have been attracting a continuous scientific interest as a host for luminescence applications because of their good chemical and thermal stability, high mechanical strength, low dispersion and relatively low melting temperature. They possess high transparency (up to 90%) from the visible to near infrared region of the spectrum. However, homogeneous binary zinc-borate glasses are formed in a very narrow range of compositions because of the existence of a very large region of immiscibility of two liquids in ZnO-B₂O₃ system. The addition of WO₃ to zinc borate glasses leads to an expansion of the glass formation region, without appreciable influence on the physicochemical parameters of the base glass compositions. A main characteristic of rare earth ion (Re) doped crystalline tungstates is the non-radiative energy transfer from the tungstate groups to the active Re³⁺ ions, which leads to an improvement in the emission properties of the active ions. This provoked us to check whether the same effect could be observed in glasses containing WO₃.

Glasses with the compositions in mol % of 50ZnO:(50 - x)B₂O₃:0.5Eu₂O₃:xWO₃, x = 0, 1, 3, 5 and 10 were obtained by applying the melt-quenching method and investigated by infrared and Raman spectroscopies, thermal analysis, and photoluminescence (PL) spectroscopy. The spectral data revealed that tungstate ions incorporate into the base zinc borate glass as tetrahedral [WO₄]²⁻ groups, and octahedral [W₂O₇]²⁻ species with four bridging and two non-bridging oxygen atoms. There are also metaborate, [BO₂O]⁻ and pyroborate units, [B₂O₅]⁴⁻, in the glass networks. The glasses are characterized by good transmission in the visible region, at about 80%. PL spectra show that WO₃ is a suitable modifier of zinc borate glass structure and improves the luminescent properties of Eu³⁺ doped glasses. The obtained results indicate that the investigated glasses can be used as active elements for the construction of red LEDs.

Влияние на WO₃ върху структурата и луминесцентните свойства на цинк-боратни стъкла

Любомир Александров¹, Аделия Йорданова¹, Маргарита Миланова¹, Рени Йорданова¹

¹Институт по обща и неорганична химия, Българска академия на науките, ул. Акад. Г. Бончев, бл. 11, 1113, София, България

Двукомпонентни цинково-боратни стъкла са обект на постоянен научен интерес като матрици за луминесцентни приложения поради тяхната добра химическа и термична стабилност, висока механична якост, ниска дисперсия и сравнително ниска температура на топене. Тези стъкла притежават висока пропускливост (до 90%) във видимата и близка инфрачервена област на спектъра. Трябва да се отбележи, че хомогенни бинарни цинково-боратни стъкла се получават в много тесен концентрационен интервал от състави, поради съществуването на голяма област на течно-фазово разслояване в системата ZnO-B₂O₃. Добавянето на WO₃ към цинково-боратните стъкла води до разширяване на областта на стъклообразуване, без забележимо влияние върху физикохимичните параметри на базовите състави стъкла. Основна характеристика на дотираните с редкоземни йони (Re) кристални волфраматни е протичането на безизлъчвателен пренос на енергия от волфраматните групи към активните Re³⁺ йони, което води до подобряване на емисионните свойства на активните йони. Това ни провокира да проверим дали същият ефект може да се наблюдава и в стъкла, съдържащи WO₃.

Стъкла със състави 50ZnO:(50 - x)B₂O₃:0.5Eu₂O₃:xWO₃, x = 0, 1, 3, 5 и 10 мол% бяха получени по метода на преохладената стопилка и бяха изследвани чрез инфрачервена и Раманова спектроскопии, термичен анализ и фотолуминесцентна (PL) спектроскопия. Спектралните данни показаха, че волфраматните йони се вграждат в основното цинково боратно стъкло като тетраедрични [WO₄]²⁻ групи и октаедрични [W₂O₇]²⁻ групи с четири мостови и два немостови кислородни атома. В аморфната мрежа присъстват също метаборатни, [BO₂O]⁻ и пироборатни единици, [B₂O₅]⁴⁻. Получените стъкла се характеризират с добра пропускливост във видимата област, около 80%. Фотолуминесцентните спектри доказват, че WO₃ е подходящ модификатор на структурата на цинково - боратното стъкло и подобрява луминесцентните свойства на Eu³⁺ дотираните стъкла. Получените резултати показват, че изследваните стъкла могат да бъдат използвани като активни елементи за конструиране на светодиоди с червен цвят.

Silicon metasurfaces for all-optical control of light signals

Kaloyan Georgiev^{1,2}, Anton Trifonov^{1,2}, Kohsro Kamali³, Dragomir Neshev^{1,3}, Giulia Crotti⁴, Giuseppe Della Valle⁴, Lyuben .Petrov¹, Ivan Ch. Buchvarov^{1,2}*
¹ John Atanasov Center for Bio and Nano Photonics (JAC BNP) 1164 Sofia, Bulgaria
² Physics Department, Sofia University, 5 James Bourchier Blvd., Sofia, Bulgaria
³ ARC Centre of Excellence for Transformative Meta-Optical Systems (TMOS), Australian National University, Australia
⁴ Department of Physics - Politecnico di Milano, 20133 Milano, Italy

Nanostructuring of a thin layer of semiconductor material is a powerful modern method for obtaining specific new properties that are not characteristic of the material itself in macrodimensions. When the dimensions of the nanostructures are smaller than the wavelength of light, they can effectively interact with the electromagnetic field in a predetermined way, according to how we design the structure's topology. On the one hand, we can create a periodic nanostructure with specific resonances of the electromagnetic field, which inevitably interacts strongly with the external fields when they are in the resonance frequencies. In this way, we developed a surface with new properties regarding the interaction with light, called an optical "meta"-surface. Novel optical switching and wavelength conversion based on optical-metasurfaces have shown a lot of promise for ultra-fast modulation of light. However, the total transmission modulation in such all-optical processes has remained low so far, ranging from a few to several percentages [1]. High-quality factor metasurfaces made of robust materials are necessary to boost the modulation contrast to the levels (70–95%) necessary in practical use for efficient all-optical control of light signals. Here, we show an incredibly high-contrast and quick-responding transmission modulation of the silicon optical metasurface. In our metasurface design, the interference of a radiative electric dipole and a non-radiative, asymmetric bound state in the continuous (BIC) channel results in a stepwise transmission/reflection shape in spectral space [2]. We will present an all-optical control of light based on crystalline silicon metasurfaces. We will discuss how carrier injection in the crystalline silicon metasurface results in an efficient transmission modulation with a temporal response of less than 100 ps. Acknowledgements: This work is part of the METAFast project (no. 899673) funded by the European Union's Horizon 2020

REFERENCES

- [1] Neshev, D., Aharonovich, I. Optical metasurfaces: new generation building blocks for multi-functional optics. *Light Sci Appl* 7, (2018)58
 [2] K. Georgiev, K. Z. Kamali, L. Xu, M. Rahmani, A. Miroshnichenko, D. Neshev, and I. Buchvarov, "Metasurface Dichroic Mirrors: Application to Low Quantum Defect Lasers," in *Optica Advanced Photonics Congress 2022, Technical Digest Series* (Optica Publishing Group, 2022).

Силициеви метаповърхности за напълно оптичен контрол на светлинни сигнали

Kaloyan Georgiev^{1,2}, Anton Trifonov^{1,2}, Kohsro Kamali³, Dragomir Neshev^{1,3}, Giulia Crotti⁴, Giuseppe Della Valle⁴, Lyuben .Petrov¹, Ivan Ch. Buchvarov^{1,2}*
¹ John Atanasov Center for Bio and Nano Photonics (JAC BNP) 1164 Sofia, Bulgaria
² Physics Department, Sofia University, 5 James Bourchier Blvd., Sofia, Bulgaria
³ ARC Centre of Excellence for Transformative Meta-Optical Systems (TMOS), Australian National University, Australia
⁴ Department of Physics - Politecnico di Milano, 20133 Milano, Italy

Наноструктурирането на тънък слой полупроводников материал е мощен съвременен метод за получаване на специфични нови свойства, които не са характерни за самия материал в макро размери. Когато размерите на наноструктурите са по-малки от дължината на вълната на светлината, те могат ефективно да взаимодействат с електромагнитното поле по предварително определен начин според това как сме проектирали топологията на структурата. От една страна периодичната наноструктура може да се създаде със специфични резонанси на електромагнитното поле и по този начин тя неизбежно взаимодейства силно с външните полета, когато те са в обхвата на резонансните честоти. По този начин създаваме повърхност с нови свойства по отношение на взаимодействието със светлината, наречена оптична "мета" повърхност. Напоследък оптично превключване и преобразуване на дължина на вълната, базирано на оптични метаповърхности, показват много добри резултати за ултрабърза модулация на светлината. Въпреки това, общата дълбочина на модулация остава ниска досега, варираща от няколко до няколко процента [1]. Необходими са висококачествени факторни метаповърхности, изработени от прозрачни материали, за да се увеличи модулационният контраст до нивата (70–95%), необходими при практическа употреба за ефективен изцяло оптичен контрол на светлинни сигнали. Тук ние показваме невероятно висок контраст и способност за ултра-бърза модулация на светлина чрез силициевата оптична метаповърхност. В нашия дизайн на метаповърхност, намесата на радиационен електрически дипол и нерадиационно, асиметрично свързано състояние в непрекъснатия (BIC) канал води до стъпаловидна форма на предаване/отражение в спектралното пространство [2]. По този начин ние демонстрираме изцяло оптичен контрол на светлината, базиран на силициеви метаповърхности. В доклада се обсъжда как инжектирането на електронни носители в оптична метаповърхност може да доведе до ефективна модулация на светлинния сигнал с времева реакция от по-малко от 100 ps. Acknowledgements: This work is part of the METAFast project (no. 899673) funded by the European Union's Horizon 2020

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Neshev, D., Aharonovich, I. Optical metasurfaces: new generation building blocks for multi-functional optics. *Light Sci Appl* 7, (2018)58
 [2] K. Georgiev, K. Z. Kamali, L. Xu, M. Rahmani, A. Miroshnichenko, D. Neshev, and I. Buchvarov, "Metasurface Dichroic Mirrors: Application to Low Quantum Defect Lasers," in *Optica Advanced Photonics Congress 2022, Technical Digest Series* (Optica Publishing Group, 2022).

Demonstration of experimental coherent beam recombination after controllable beam break-up and spectral broadening of high-energy femtosecond pulses by using vortex arrays

Lyubomir I. Stoyanov¹, Gerhard G. Paulus^{2,3}, Alexander Dreischuh¹

¹Department of Quantum Electronics, Faculty of Physics,
Sofia University "St. Kliment Ohridski", Sofia, Bulgaria

²Institute of Optics and Quantum Electronics,
Friedrich Schiller University, Jena, Germany

³Helmholtz Institute Jena, Jena, Germany

Ultra-short laser pulse generation, as well as extreme nonlinear processes like high-harmonic generation, are extensively studied and still actively developing fields of modern photonics. Ever since the discovery of ultra-short pulses and high-harmonics, people are dealing with problems like spectral broadening, filamentation, pulse/beam diagnostics, pulse amplification, and coherent beam recombination. On the other hand, singular optics is still a rapidly developing field in which subject of interest is the sculpting of a laser beam by nesting phase singularities in it.

The aim of this work is to implement known objects from the area of the singular optics, like optical vortex lattices in the field of ultra-short laser pulses. One application, deserving special attention is the spectral broadening of high-energy femtosecond pulses needed for their subsequent compression in time. At high beam/pulse intensities, the beams are prone to instabilities (see e.g. [1]), which could be suppressed by controllable splitting of the beam into sub-beams. This makes sense only if there is a reliable way to coherently recombine the sub-beams after their spectral broadening for pulse compression prior entering the interaction zone.

Here, we essentially exploit this technique to coherently recombine the peaks from the focal region after a nonlinear process of filamentation in its vicinity resulting in a spectral broadening of the involved femtosecond laser pulses. Results for the experimental realization of controllable beam break-up into six peaks, filamentation and coherent beam recombination using specific optical vortex lattices/arrays in ambient air and in a glass substrate (as nonlinear media) will be presented and discussed.

This work was partially supported by the Bulgarian National Science Fund (project КП-06-H78/6) and by the Ministry of Education and Science (ELI-ERIC-BG, National Roadmap for Scientific Infrastructure)

REFERENCES

- [1] L. Stoyanov, et al., J. Opt. Soc. Am. B, vol. 35, pp. 402-409 (2018).
- [2] L. Stoyanov, et al., Journal of Optics, vol. 20, Art. No. 095601 (2018).
- [3] L. Stoyanov, G. Maleshkov, M. Zhekova, I. Stefanov, G. G. Paulus and A. Dreischuh, Scientific Reports, vol. 9, Art. No. 9:2128 (2019).
- [4] A. Braun, G. Korn, X. Liu, D. Du, J. Squier, and G. Mourou, Opt. Lett. 20, 73-75 (1995).

Експериментално демонстриране на контролирано разцепване на фемтосекунден лазерен сноп, спектрално разширение на импулсите и кохерентно рекомбиниране на снопа

Любомир Стоянов¹, Герхард Г. Паулус^{2,3}, Александър Драйшу¹

¹Катедра „Квантова електроника“, Физически факултет, Софийски университет,
София, България

²Институт по оптика и квантова електроника, Университет Фридрих Шилер, Йена,
Германия

³Хелмхолц институт, Йена, Германия

Генерирането на свръхкъси лазерни импулси, както и екстремни нелинейни процеси като генериране на високи хармонични, са широко изследвани и все още активно развиващи се области на съвременната лазерна физика и фотоника. Още от откриването на свръхкъсите импулси и високите хармонични, хората са се занимавали с проблеми като разширяване на спектъра, филаментация, диагностика на импулса/снопа и импулсно усилване и рекомбиниране на кохерентен сноп. От друга страна, сингулярната оптика все още е бързо развиваща се нова област, в която обект на интерес е преоформянето на лазерни снопове чрез кодирането на фазови сингулярности в тях.

Идеята която ще представи тук, е да се използват известни обекти от областта на сингулярната оптика, като оптични вихрови решетки [1-3] пренесени в полето на свръхкъсите лазерни импулси. Едно конкретно приложение, което заслужава специално внимание, е спектралното разширяване на високоенергетични фемтосекундни импулси, необходимо за тяхното последващо компресиране във времето. При високи интензитети на сноповете/импулсите, те са склонни към нестабилности (вижте напр. [4]), които могат да бъдат потиснати чрез контролирано разделяне на снопа на подснопове. Това би имало смисъл само ако има надежден начин за кохерентно рекомбиниране на подсноповете след тяхното спектрално разширяване преди навлизане в зоната на взаимодействие. Ще покажем експериментални резултати за реализацията на контролируемо разпадане на снопа на шест светли пика, филаментация и последваща кохерентна рекомбинация на същия сноп, използвайки специфични оптични вихрови решетки/матрици. Получените резултати са демонстрирани в два вида нелинейни среди - във въздух и в 3 mm дебела стъклена пластинка.

Тази работа е частично подкрепена от Националния фонд за научни изследвания на Република България (проект КП-06-H78/6) и от МОН (ELI-ERIC-BG, Национална пътна карта за научна инфраструктура).

ЛИТЕРАТУРА

- [1] L. Stoyanov, et al., J. Opt. Soc. Am. B, vol. 35, pp. 402-409 (2018).
- [2] L. Stoyanov, et al., Journal of Optics, vol. 20, Art. No. 095601 (2018).
- [3] L. Stoyanov, et al., Scientific Reports, vol. 9, Art. No. 9:2128 (2019).
- [4] A. Braun, G. Korn, X. Liu, D. Du, et al., Opt. Lett. 20, 73-75 (1995).

Obtaining quasi-non-diffracting beam by nonlinear conversion of optical vortices in an inverted field autocorrelator.

N. Dimitrov, K. Christov, M. Zhekova, A. Dreischuh
Faculty of Physics, Sofia University "St. Kliment Ohridski"

In this work, we study the behavior of an inverted field interferometer/autocorrelator when femtosecond Gaussian laser beam/pulses carrying optical vortices are propagating through. Two aspects of interest are studied, namely, /i/ How the beam transverse intensity profile is transformed at the output of the device, and /ii/ how the autocorrelation signal looks like. We find the results of both analyses intriguing and non-trivial. As far as one arm of the interferometric part of the autocorrelator is "inverted" (i.e. flipped in space) with respect to the second one, we let two identical vortex beams with opposite topological charges interfere. The newly formed singular beam, the so-called "necklace" beam, has a transverse intensity profile consisting of bright sub-beams (petals) arranged along a ring centered on the beam axis. Its phase does not carry any spiral phase dislocation, but contains radial π phase jumps separating the mentioned bright intensity petals. In the autocorrelator part following the interferometric part of the setup, we additionally use a focusing lens (mirror) and a nonlinear crystal. If the beam is carrying a π phase jump, an even-order nonlinear process like second-harmonic generation (SHG) is "erasing" that jump (since doubling its magnitude to 2π). In our case, the SHG followed by diffraction is effectively "smoothing" the intensity profile of the harmonic signal [1]. When the nonlinear crystal is placed just before the back focal plane of the lens, a converging, ring-like SH beam with a smooth phase is passing through that plane. This scenario provides the sufficient condition for SH Bessel-Gaussian-like beam formation [2]. All described processes will happen, however, only if the laser pulses in the correlator's arms are temporally overlapped. This means that Bessel-Gaussian-like beam generation signal is time-delay dependent. In fact, we proved that it behaves similar to the well-known intensity autocorrelation. Another remarkable feature of this type of intensity autocorrelation is that it is achieved in a collinear alignment of the beams in the interferometric part of the setup, which is usually used for obtaining an interferometric autocorrelation. The reported experimental results are in a very good agreement with these from an analytical model.

Acknowledgements: We acknowledge funding of the Bulgarian Ministry of Education and Science as a part of National Roadmap for Research Infrastructure (DOI-351/13.12.2024) and by the Scientific Fund of Sofia University (80-10-17 / 8.4.2024).

REFERENCES:

- [1] N. Dimitrov, M. Zhekova, Y. Zhang, G. G. Paulus, and A. Dreischuh, *Optics Communications*, vol. 504, 127493 (2022).
- [2] L. Stoyanov, M. Zhekova, A. Stefanov, B. Ivanov, I. Stefanov, G. G. Paulus, and A. Dreischuh, *Optics Communications*, vol.480, 126510 (2021).

Получаване на квази-недифрагиращ сноп чрез нелинейно преобразуване на оптични вихри в корелатор с инвертирано поле

Н. Димитров, К. Христов, М. Жекова, А. Драйшу
Физически факултет на Софийски университет „Св. Климент Охридски“

В настоящата работа изследвахме поведението на интерферометър/автокорелатор с инвертирано поле, когато през него премине фемтосекунден Гаусов импулс/сноп, носещ оптичен вихър. Два аспекта на физичната картина ни заинтригуваха най-много - /i/ как се трансформира напречното разпределение на интензитета до излизане от устройството и /ii/ как изглежда автокорелационният сигнал. По наше мнение, получените резултати са интересни и нетривиални. Тъй като снопът в едното рамо на интерферометричната част от автокорелатора е „инвертиран“ (обърнат в пространството) по отношение на този в другото рамо, интерферират два идентични вихрови снопа, но с противоположни топологични заряди. Като резултат, формираният сингулярен сноп е от така наречения тип „огърлица“ („necklace“). При него напречният интензитетен профил е съставен от светли под-снопове, разположени по окръжност, центрирана по оста на разпространение. Фазата му не съдържа спирални фазови дислокации, а се състои от радиални π фазови скокове между споменатите светли снопове. В автокорелатора, след интерферометричната част, използваме фокусираща леща (или огледало) и нелинеен кристал. Ако снопът носи фазови π -скокове, нелинеен процес от четен порядък (в конкретния случай – генериране на втора хармонична (ГВХ)) „изтрива“ скоковете (доколкото ги удвоява до 2π). При нашата система ГВХ, последвано от дифракция, ефективно „заглаждат“ интензитетния профил на ВХ [1]. Когато нелинейният кристал се постави точно преди задната фокална равнина на лещата, получаваме сходящ, пръстеновиден сноп, с гладък фазов профил, който преминава равнината. Тази физична картина осигурява условия за генериране на Бесел-Гаусово-подобен сноп на ВХ [2]. Така описаният процес е възможен само ако импулсите в двете рамена на корелатора са времево припокрити. С други думи, получаването на Бесел-Гаусово-подобния сноп зависи от закъснението между тях. Ние показахме, че тази времева зависимост е подобна на добре известната интензитетна автокорелация. Друга забележителна особеност е, че работим в колинеарна схема на настройване, което е характерно за интерферометрична корелация. Експерименталните резултати се съгласуват отлично с прогнозираните от разработения аналитичен модел.

Благодарност: Авторите благодарят за подкрепата на МОН по Националната пътна карта (DOI-351/13.12.2024), също на ФНИ на СУ (80-10-17/8.4.2024).

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] N. Dimitrov, M. Zhekova, Y. Zhang, G. G. Paulus, and A. Dreischuh, *Optics Communications*, vol. 504, 127493 (2022).
- [2] L. Stoyanov, M. Zhekova, A. Stefanov, B. Ivanov, I. Stefanov, G. G. Paulus, and A. Dreischuh, *Optics Communications*, vol.480, 126510 (2021).

Picosecond laser deposition of thin films and nanoparticles of NiTi

Anna Dikovska¹, Irina Bliznakova¹, Genoveva Atanasova², Georgi Avdeev³,
Lyubomir Aleksandrov², Daniela Karashanova⁴, Nikolay Nedyalkov¹

¹Institute of Electronics, BAS, 72 Tsarigradsko Chaussee Blvd., 1784 Sofia, Bulgaria

²Institute of General and Inorganic Chemistry, BAS, Acad. G. Bonchev str., bl. 11, 1113 Sofia, Bulgaria

³Rostislaw Kaischew Institute of Physical Chemistry, BAS, Acad. G. Bonchev str., Bl.11, 1113 Sofia, Bulgaria

⁴Institute of Optical Materials and Technologies "Acad. J. Malinowski", BAS, Acad. G. Bonchev str., bl. 109, 1113 Sofia, Bulgaria

NiTi (Nitinol) alloy exhibits unique shape memory and superelastic properties due to its reversible transition between martensitic and austenitic phases depending on temperature and stress effects. NiTi alloy has found many applications in the bulk form, while their potential application in the form of thin films or nanostructures/nanoparticles is still being developed. The nanoscale realization of NiTi alloy is interesting due to the unique properties offered by the large surface-to-volume ratio, as well as the possibility of exhibiting novel properties not observed in the bulk counterpart. However, nitinol alloy is difficult to synthesize in thin film or nanoparticle form due to the extremely tight composition and strong chemical reactivity of the two metals, nickel and titanium. In general, it cannot be obtained by evaporation processes and sputtering techniques because it is difficult to realize the stoichiometry of nitinol.

We present fabrication of NiTi thin films and nanostructures using picosecond (*ps*) laser ablation. The experiments were carried out in vacuum and N₂ at atmospheric pressure, respectively. Increasing the pressure from vacuum to atmospheric transforms the thin-film morphology normally obtained in vacuum into a highly porous structure composed of nanoparticles that forms at atmospheric pressure. The phase composition, microstructure, morphology and physicochemical state of the surface of the samples were studied. Laser ablation performed by *ps* pulses results in the production of nanoparticles independent of ambient pressure. Moreover, with the use of *ps*-ablation, a pronounced bimodal size distribution of the produced nanoparticles was obtained. The nanoparticles with smaller sizes in the range of 2–4 nm were found to be composed of Ni or NiO, indicating that during the *ps*-ablation process, separation of the metals in the NiTi alloy and their further oxidation took place.

The authors acknowledge the use of the research equipment supported by National Roadmap for Scientific Infrastructure, financially coordinated by the Ministry of Education and Science of the Republic Bulgaria under project D01-351 (ELI-ERIC BG).

Пикосекундно лазерно отлагане на тънки слоеве и наночастици от NiTi

Анна Диковска¹, Ирина Близнакова¹, Геновева Атанасова², Георги Авдеев³,
Любимир Александров², Даниела Карашанова⁴, Николай Недялков¹

¹Институт по електроника „Акад. Е. Джаков“, БАН, бул. Цариградско шосе 72, 1784 София, България

²Институт по обща и неорганична химия, БАН, ул. Акад. Г. Бончев, бл. 11, 1113 София, България

³Институт по физикохимия „Акад. Р. Кашиев“, БАН, ул. Акад. Г. Бончев, бл. 11, 1113 София, България

⁴Институт по оптични материали и технологии „Акад. Й. Малиновски“, БАН, ул. „Акад. Г. Бончев“, бл. 109, 1113 София, България

Сплавта NiTi (найтинол) показва уникална памет на формата и супер еластични свойства, поради обратимия си преход между мартензитна и аустенитна фаза, който зависи от температурата и приложеното механично напрежение. Тя е намерила много приложения под формата на обемн материал, докато потенциалните ѝ приложения в тънкослойна форма или наноструктури/наночастици все още се развиват. Наноразмерната реализация на сплавта NiTi е интересна, поради голямото съотношение повърхност към обем, както и възможността за проява на нови свойства, различни от тези на обемния материал. Тънките слоеве и наночастици от сплавта NiTi са трудни за получаване по традиционните методи, като термично изпарение и разпръскване, поради силната химическа реактивност на двата метала и трудности при запазване на стехиометричното съотношение между никела и титана

В тази работа представяме създаването на тънки слоеве и наноструктури от NiTi с помощта на пикосекундна (*ps*) лазерна аблация. За целта, експериментите са проведени във вакуум и в среда на N₂ при атмосферно налягане. Увеличаването на налягането от вакуум до атмосферно трансформира тънкослойната морфология, която се получава във вакуум, в силно пореста структура, съставена от наночастици, която се образува при атмосферно налягане. Изследвани са фазовият състав, микроструктурата, морфологията и физикохимичното състояние на повърхността на образците. Лазерната *ps*-аблация води до създаването на наночастици, независимо от налягането на околната среда. Също така, при използването на *ps*-аблация се получава ясно изразено бимодално разпределение по размер на създадените наночастици. Установено е, че наночастиците с по-малки размери в диапазона 2-4 nm са съставени от Ni или NiO, което показва, че по време на процеса на *ps*-аблация е възможно разделянето на металите в сплавта NiTi и тяхното по-нататъшно окисляване.

Авторите изказват благодарност за предоставената възможност за използване на изследователско оборудване, включено в Национална пътна карта за научна инфраструктура, финансово координирана от Министерството на образованието и науката на Република България по проект D01-351 (ELI-ERIC BG).

Determining Cross Section Spectra in Yb-Doped Disordered Crystals for Development of Ultrafast Regenerative Amplifiers

Stephan Shishkov¹, Kaloyan Georgiev^{1,2}, Lyuben Petrov^{1,2}, Dimitar Velkov¹, Anton Trifonov^{1,2}, Xiaodong Xu³, Ivan Buchvarov^{1,2}

¹Physics Department, Sofia University, 5 James Bourchier Blvd., Sofia, Bulgaria

²John Atanasov Center for Bio and Nano Photonics (JAC BNP), Sofia, Bulgaria

³Jiangsu Normal University, Xuzhou 221116, China

The introduction of Ytterbium as a laser material has enabled substantial progress in the high-power, high-energy, low-cost laser technology in the near infrared range of the electromagnetic spectrum. Yb lasers have achieved unprecedented power scaling levels, surpassing kW, thanks to the high thermal conductivity of Yb³⁺ ion host matrices and new developments in laser media geometry. However, amplified pulse durations in Yb-crystal chirped pulse amplification (CPA) systems have, until recently, been limited to 200–300 fs, prompting the search for new materials with broader emission cross-sections [1–3]. We present a comprehensive study of the spectroscopic properties of Yb:CaLnAlO₄ (Ln = Y, Gd) quasi-three level disordered crystals and their performance in CPA. Even though their transition cross-section spectra serve as fundamental laser characteristics, the reported data lacks consistency across different studies. To describe and understand the regenerative amplification of these crystals, we need to determine their correct cross-section spectra and the real Yb³⁺ dopant concentration. The latter is measured directly by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). Then, we calculated the absorption cross-section from the dopant concentration and linearly polarized transmission spectra and determined the emission cross-section using the integral reciprocity method [4]. Based on our developed model for regenerative amplification and our determined concentration and cross-section spectra values, we have obtained excellent matches with the experimental results. We discovered a significant discrepancy between the ICP-MS method-determined Yb³⁺ concentration and the initial atomic concentration in the melt for both crystal types [5]. This is one of the reasons we explain that there are strong inconsistencies in the literature. Finally, we have shown that CALYO and CALGO crystal host can be used to generate ultrashort pulses with sub-100 fs durations at 1 μm, which is a few times shorter than demonstrated up to now for Yb CPA laser systems. Acknowledgement: This study is financed by the European Union – Next Generation EU through the National Recovery and Resilience Plan of the Republic of Bulgaria, project № BG-RRP-2.004-0008-C01

REFERENCES

- [1] L. Petrov, et al., Opt. Express 31, 18765-18772 (2023)
- [2] F. Druon, et al. Comptes Rendus Physique. 8(2): p. 153-164. (2007)
- [3] C. Kränkel, et al., Optical Materials Express. 12(3): p. 1074-1091. (2022)
- [4] A. Yasyukevich, et al., Journal of Applied Spectroscopy. 71: p. 202–208. (2004)
- [5] K. Georgiev, et al. ASSL. (2024)

Определяне на спектрите на сеченията на Yb-легирани неподредени кристали за моделиране на свръхбързи регенативни усилватели

Стефан Шишков¹, Калоян Георгиев^{1,2}, Любен Петров^{1,2}, Димитър Велков¹, Антон Трифонов^{1,2}, Шяодонг Шу³, Иван Бъчваров^{1,2}

¹Физически Факултет, Софийски Университет, 5 бул. Дж. Баучер, София

²Център по Био и Нано Фотоника „Джон Атанасов“ (JAC BNP), 1164 София

³Дзянсу Нормален Университет, Хучжоу 221116, Китай

Въвеждането на итербия като лазерен материал даде възможност за значителен напредък в областта на мощните, високоенергийни и евтини лазерни технологии в близкия инфрачервен диапазон на електромагнитния спектър. Yb лазерите достигнаха безпрецедентни нива на мащабиране на мощността, надхвърлящи kW, благодарение на високата топлопроводимост на матриците и новите разработки в геометрията на лазерните среди. Продължителността на усилените импулси в системите за усиление на чирповани импулси на Yb-кристали (CPA) доскоро бяха ограничени до 200–300 fs, което стимулира търсенето на нови материали с по-широки сечения на излъчване [1–3]. Представяме цялостно изследване на спектроскопските свойства на Yb:CaLnAlO₄ (Ln = Y, Gd) квази-тринивни, хаотични кристали и тяхното представяне в CPA. Въпреки че спектрите на преходните им сечения служат като основни характеристики на лазера, докладваните данни в литературата нямат последователност. За да моделираме регенеративното усиление на тези кристали, трябва да определим техните сечения и реалната концентрация на легираният Yb³⁺. Концентрацията се измерва директно чрез маспектрометрия с индуктивно свързана плазма (ICP-MS). Следователно, изчислихме сечението на поглъщане от концентрацията и линейно поляризираните спектри на пропускане. Определихме сечението на излъчване прилагайки метода на реципрочността [4]. С нашият теоретичен модел за регенеративно усиление и определените от нас стойности за концентрацията и сечения получихме отлично съгласие с експерименталните резултати. Открихме значително несъответствие между определената по метода ICP-MS концентрация на Yb³⁺ и началната атомна концентрация в стопилката и за двата вида кристали [5]. Това е една от причините, поради които предполагахме, че в литературата има силни несъответствия между различните изследователски групи. Показахме, че кристалите CALYO и CALGO могат да се използват за генериране на свръхбързи импулси с продължителности под 100 fs на 1 μm. По проект от Европейския съюз – следващо поколение ЕС чрез Националния план за възстановяване и устойчивост на РБългария, № BG-RRP-2.004-0008-C01

ЛИТЕРАТУРА

- [1] L. Petrov, et al., Opt. Express 31, 18765-18772 (2023)
- [2] F. Druon, et al. Comptes Rendus Physique. 8(2): p. 153-164. (2007)
- [3] C. Kränkel, et al., Optical Materials Express. 12(3): p. 1074-1091. (2022)
- [4] A. Yasyukevich, et al., Journal of Applied Spectroscopy. 71: p. 202–208. (2004)
- [5] K. Georgiev, et al. ASSL. (2024)

Fine-tuning of femtosecond laser oscillator by changing the parameters of in-resonator prism compressor

*Maya Zhekova, Nikolay Dimitrov, Nikola Kazlachev, Alexander Dreischuh
Faculty of Physics, Sofia University "St. Kliment Ohridski"*

Ultrashort (femtosecond and now attosecond) pulses are some of the most difficult to analyze in terms of pulse duration and shape, as the response time of standard measurement devices is too slow. With the increased interest in this field, a number of techniques such as FROG/GRENOUILLE, interferometric autocorrelation (IA) and SPIDER have been developed in recent decades. The dispersive broadening is usually compensated with dispersive elements, either a set of two prisms with a mirror (most commonly used in the in resonator) or with chirp mirrors (both in and out of the resonator). In both cases, this element compensates for the dispersion of the pulse. We vary the measured femtosecond pulses using these three techniques by varying the prism penetration, and accordingly obtain different pulse durations, group velocity dispersion, third-order dispersion, and slight shifts of the central wavelength and spectral width. Comparing the results with the theoretical model [1,2], the behavior of the listed parameters is confirmed. Using 16 reflections from 8 chirp mirrors between the oscillator and the analyzing elements, we were able to compare the pulse extension [3] with and without them and further measure the GDD (given by the specifications).

Acknowledgements: This work was supported by projects 80-10-17/8.4.2024г.

- [1] Zhigang Zhang and Takashi Yagi. "Observation of group delay dispersion as a function of the pulse width in a mode locked Ti: sapphire laser". In: Applied physics letters 63.22 (1993), pp. 2993–2995.
- [2] RL Fork, OE Martinez, and JP Gordon. "Negative dispersion using pairs of prisms". In: Optics letters 9.5 (1984), pp. 150–152.
- [3] R Szpocs, K Ferencz, C Spielmann, F Krausz. "Chirped multilayer coatings for broadband dispersion control in femtosecond lasers". In: Optics letters 19.3 (1994), pp. 201–203.

Пренастройване на фемтосекунден лазерен осцилатор чрез промяна на параметрите на вътрешнорезонаторен призмения компресор

*Мая Жекова, Николай Димитров, Никола Казлачев, Александър Драйшу
Физически Факултет, Софийски университет „Св. Климент Охридски“*

Свърхкъсите (фемтосекундни, вече и атосекундни) импулси са едни от най-трудните за анализиране по отношение на продължителността и формата на импулса, тъй като времето за реакция на стандартните измервателни устройства е твърде бавно. С нарастването на интереса към тази област през последните десетилетия бяха разработени редица техники като FROG/GRENOUILLE, интерферометрична автокорелация (IA) и SPIDER. Дисперсионното разширение на импулса обикновено се компенсира с дисперсивни елементи - набор от две призми с огледало (най-често се използват вътрешнорезонаторно) или с чирп огледала (както в, така и извън резонатора). И в двата случая този елемент компенсира естествената дисперсия на импулса. Измерените фемтосекундни импулси с помощта на тези три техники, могат да бъдат променени чрез дълбочината на проникване на призмата в призмения компресор, и съответно да бъдат получени различни продължителности на импулсите, дисперсия на груповата скорост, дисперсия от трети порядък и леко отместване на централната дължина на вълната и спектралната ширина. Сравнявайки резултатите с теоретичния модел [1,2], поведението на изброените параметри се потвърждава. С помощта на 16 отражения от 8 чирп огледала между осцилатора и анализиращите елементи успяхме да сравним удължаването на импулсите [3] със и без тях и допълнително да измерим дисперсията на груповата скорост (дадена по спецификациите).

Благодарност: Авторите благодарят за подкрепата на проект 80-10-17/8.4.2024г..

- [1] Zhigang Zhang and Takashi Yagi. "Observation of group delay dispersion as a function of the pulse width in a mode locked Ti: sapphire laser". In: Applied physics letters 63.22 (1993), pp. 2993–2995.
- [2] RL Fork, OE Martinez, and JP Gordon. "Negative dispersion using pairs of prisms". In: Optics letters 9.5 (1984), pp. 150–152.
- [3] R Szpocs, K Ferencz, C Spielmann, F Krausz. "Chirped multilayer coatings for broadband dispersion control in femtosecond lasers". In: Optics letters 19.3 (1994), pp. 201–203.

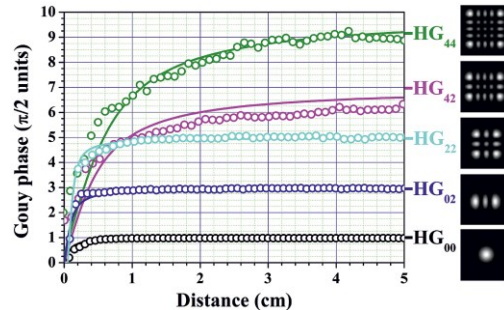
Experimental verification of the Gouy phase for higher-order Hermite–Gaussian beams

Nasko N. Gorunski, Lyubomir I. Stoyanov, Maria T. Mincheva,
Petko P. Drenkov, Edmon E. Lazarov, Alexander A. Dreischuh
Department of Quantum Electronics, Faculty of Physics,
Sofia University "St. Kliment Ohridski", Sofia, Bulgaria

It is known that any focused light beam experiences an axial phase shift with respect to a reference plane wave when passing through its focus. This phase anomaly was first studied by Gouy and is named after him [1]. Let us denote by L_D and z the Rayleigh diffraction length of a Gaussian beam and the longitudinal coordinate, respectively. Then, the Gouy phase for a Gaussian beam is given by $\Phi_G = \arctan(z/L_D)$. For a higher-order Hermite–Gaussian (HG) mode with mode indices (l, m) this phase is multiplied by a factor of $(1+l+m)$ [2]. Even though the cases of a fundamental Gaussian beam are relatively well studied, we are not aware of any experimental data published in the literature confirming this dependence for higher-order HG_{lm} modes.

The Gouy phase has important consequences in, e.g., nonlinear optics. In general, the n -th order nonlinear polarization will experience a phase shift that is n times larger than that experienced by the pump wave. It is natural to expect that the Gouy phase also has profound consequences in highly nonlinear processes like above-threshold ionization and high-harmonic generation.

The main result from this study [3] is shown in the graph below. The hollow circles denote data retrieved from the experiment, whereas the solid curves present the theoretical approximations. The horizontal bars on the right, outside the graph mark theoretical asymptotic value for the respective HG_{lm} mode. The greyscale frames show calculated intensity distributions of the discussed HG modes.



As seen, the reported results are in very good agreement with the theory.

- [1] E. H. Linfoot, E. Wolf, Proc. Phys. Soc. London B 69(8), 823–832 (1956).
- [2] S. Feng, H. G. Winful Opt. Lett. 26(8), 485–487 (2001).
- [3] L. Stoyanov, N. Gorunski et. al., Comptes rendus de l'Academie bulgare des Sciences 77, 1138–1145 (2024).

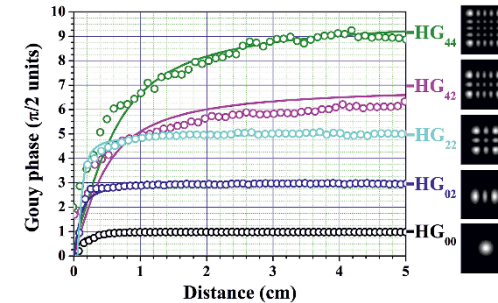
Експериментална проверка на фазата на Гуи за Ермит-Гаусови модове от по-високи порядъци

Наско Н. Горунски, Любомир И. Стоянов, Мария Т. Минчева,
Петко П. Дренков, Едмон Е. Лазаров, Александър А. Драйшу
Катедра Квантова електроника, Физически факултет,
Софийски университет "Св. Климент Охридски", София, България

Известно е, че всеки фокусиран светлинен сноп изпитва аксиално фазово изместване по отношение на референтна плоска вълна, когато преминава през фокуса си. Тази фазова аномалия е изследвана за първи път от Гуи и е наречена на негово име [1]. Нека да означим с L_D и z съответно дифракционната дължина на Рейли на Гаусов сноп и надлъжната координата. Тогава фазата на Гуи за Гаусов сноп се определя като $\Phi_G = \arctan(z/L_D)$. За Ермит-Гаусови (HG) модове от по-висок порядък с модови индекси (l, m) тази фаза се умножава с коефициент $(1+l+m)$ [2]. Въпреки че случаят на фундаментален Гаусов сноп е сравнително добре изучен, не са ни известни експериментални данни, публикувани в литературата, които да потвърждават тази зависимост за HG_{lm} модове от по-висок порядък.

Фазата на Гуи има важни последствия, например в нелинейната оптика. В общия случай нелинейната поляризация от n -ти порядък търпи фазово изместване, което е n пъти по-голямо от това на възбуждащата вълна. Естествено е да се очаква, че фазата на Гуи има дълбоки последствия и при силно нелинейни процеси като надпрагова йонизация и генериране на хармонични.

Основният резултат от това изследване [3] е показан на графиката по-долу. С отворени кръгчета са обозначени данните, получени от експеримента, докато плътните криви представят теоретичните зависимости. Горизонталните линии вдясно, извън графиката, отбелязват теоретичната асимптотична стойност за съответния мод HG_{lm} . Кадрите в скалата на сивото показват пресметнати разпределения на интензитета на обсъжданите HG_{lm} модове.



- [1] E. H. Linfoot, E. Wolf, Proc. Phys. Soc. London B 69(8), 823–832 (1956).
- [2] S. Feng, H. G. Winful Opt. Lett. 26(8), 485–487 (2001).
- [3] L. Stoyanov, N. Gorunski et. al., Comptes rendus de l'Academie bulgare des Sciences 77, 1138–1145 (2024).

IV НАЦИОНАЛЕН КОНГРЕС ПО ФИЗИЧЕСКИ НАУКИ

07-09.10.2024 г.

Секция 5

Физика на Земята, атмосферата и океаните

Председател: чл.-кор. Екатерина Бъчварова (БАН)

Координатори: доц. д-р Елисавета Пенева, (ФзФ-СУ)

доц. д-р Мария Коларова (НИМХ)

Устни доклади

1. **Е. Бъчварова:** „Метеорологични условия и климат в градски, крайбрежни и арктически райони“
2. **Е. Пенева:** „Промени в режима на валежите над Балканския полуостров за периода 1901-2021“
3. **Л. Бочева:** „Климатични вариации и оценки на екстремни метеорологични явления: горещи вълни и поройни валежи“
4. **Х. Червенков:** „Оценка на тежестта на горещите вълни в Югоизточна Европа чрез фактора на излишната топлина“
5. **Н. Нейков:** „Квантилни и адитивни модели на дневната минимална и максимална температура в България с атмосферната циркулация“
6. **А. Стойчева:** „Прогнозата за времето в НИМХ – съвременно състояние и предизвикателства“
7. **Х. Червенков:** „Проектно бъдещо затопляне над Югоизточна Европа в контекста на Парижкото споразумение на UNFCCC“
8. **А. Стойчева:** „Пустинен прах – прогнози за страната и методика за оценка на влиянието му върху атмосферния въздух“
9. **Е. Христова:** „Изследване съдържанието на въглерод и някои значими въглеводороди във ФПЧ2.5 в градска среда“
10. **Л. Вълчева:** „Химически състав на валежите в района на Южното Черноморие на България – някои резултати за периода 2011-2020“
11. **Т. Илиева:** „Проучване на промените в сезонния цикъл на повърхностната температура в Югоизточна Европа“

Постерни доклади

1. **Х. Кирова:** „Пренос на пустинен прах – анализ на пролетен епизод“
2. **Н. Нейкова:** „Връзка на концентрациите на някои атмосферни замърсители и метеорологичните условия в София“
3. **Г. Цеков:** „Измерване на концентрацията на черен въглерод в атмосферен граничен слой“
4. **С. Гешев:** „Сравнение на метеорологични препроцесори за дисперсионни модели“
5. **В. Манева-Петрова:** „Валидация на методи за определяне на компонентите на слънчева радиация по моделни данни от модел WRF и спътникови данни“
6. **Ц. Димитров:** „Анализ на синоптичните и метеорологичните условия и симулация на полето на вятъра по време на две силни бури в най-високите райони на Централен Балкан“
7. **Ц. Димитров:** „Микроклимат на архивохранилището в Националния институт по метеорология и хидрология през топлото полугодие“
8. **В. Георгиева:** „Вариации в температурата на морската вода край Шабла“
9. **Д. Колева:** „Годишен и сезонен ход на честотата на мълните над българското черноморско крайбрежие“
10. **С. Пенчев:** „Лидар на диференциална абсорбция за сондиране на парникови газове с широкоспектрни лазерни диоди и метод на корелационна спектроскопия“
11. **Ц. Евгениева:** „Индикации за преминаване на прах от Сахара над град София въз основа на анализ на приземните масови концентрации на фини прахови частици“
12. **Е. Тончева:** „Фотометрично изследване на аерозолната климатология и типология над град София в периода 2020-2024 г.“
13. **Л. Вълкова:** „Комплексно изследване на атмосферните аерозоли над град София по време на зимен пренос на пустинен прах от Сахара“
14. **С. Досев:** „Дистанционно сондиране на дим от канадски горски пожари в атмосферата над град София“
15. **Е. Пандурска:** „Текущо състояние на сеизмичната мрежа на Софийски университет“

Meteorological conditions and climate in urban, coastal, and Arctic regions

*Ekaterina Batchvarova
Climate, atmosphere and water research institute at
Bulgarian Academy of Sciences*

More than half of our planet's population lives in cities. Many cities are located in coastal regions. More and more the possibilities for economic and social activities in the Arctic are considered. The meteorological conditions and climate in these regions differ from those in homogeneous flat areas. The weather forecasts are often less accurate in such regions. These facts define the need for more accurate models for the energy and substance exchange between the surface and the atmosphere and the vertical structure of the atmospheric boundary layer. The more accurate description of these processes is the basis for further development of the weather and climate models. Comparing the methods for observations and theoretical studies at the end of the XX and the beginning of XXI century an overview of the specific meteorological conditions in urban, coastal, and Arctic regions is made.

Метеорологични условия и климат в градски, крайбрежни и арктически райони

*Екатерина Бъчварова
Институт за изследвания на климата, атмосферата и водите при
Българска академия на науките*

Повече от половината население на нашата планета живее в градове. Много градове са разположени в крайбрежни зони. Все повече се мисли и за повече икономическа и социална активност в Арктика. Метеорологичните условия и климата в изброените райони се различават значително от тези над равна хомогенна повърхност и често прогнозите на времето за тях са по-неточни. Това определя нуждата от все по-точни модели за обмяна на енергия и вещества между земната повърхност и атмосферата, както и за вертикалния строеж на атмосферния граничен слой. Именно точното описание на тези процеси е в основата на усъвършенстването на климатичните модели и тези за прогноза на времето. Чрез сравнение между методите за наблюдение и теоретични изследвания в края на XX и началото на XXI е направен преглед на специфичните метеорологични условия в градски, крайбрежни и арктически райони.

Changes in the Precipitation Regime over the Balkan Peninsula in the period 1901–2021

*Elisaveta Peneva, Mirna Matov and Milen Tsekov
Sofia University St. Kliment Ohridski,
Department of Meteorology and Geophysics*

The Balkan Peninsula is a geographical region under various large-scale climatic influences, one of the most significant being the Mediterranean Sea in the southwest and the continent in the northeast. The interannual variation of the border between the zones with prevailing maritime or continental climate conditions is studied taking into account the month with the highest precipitation during the year. We use the gridded data product TS_4.06 of the Climatic Research Unit for monthly precipitation to identify the timing of the maximum rainfall at different locations. The grid boxes with highest precipitation in the cold part of the year (October to March) are considered to be under prevailing Mediterranean influences and, on the contrary, the ones with the highest precipitation are in the warm part of the year (April to September); these are climates with prevailing continental characteristics. In general, this border separates the zones with Cs/Ds and Cw/Dw types of climates. Its spatial variability at a decadal time-scale is discussed for the period from 1901–2021 and a general weakening of the Mediterranean influence over the Balkan Peninsula is found. However, for the last three decades, from 1991–2021, the tendency is the opposite. A periodicity of ~20 years in the annual precipitation is identified, suggesting that during the decade of 2020–2030, the Mediterranean influence in this region will dominate.

Промени в режима на валежите над Балканския полуостров за периода 1901–2021

*Елисавета Пенева, Мирна Матов и Милен Цеков
Софийски университет „Св. Климент Охридски“,
Катедра „Метеорология и геофизика“*

Балканският полуостров е географски регион, подложен на различни мащабни климатични влияния, сред които най-значимите са Средиземно море на югозапад и континентът Евразия на североизток. В тази работа е изследвано междугодишното изменение на границата между зоните с преобладаващи морски или континентални климатични условия, като се отчита месецът с най-много валежи през годината. Използван е продукт TS_4.06 на Секцията за климатични изследвания на Университетът в Южна Англия: данните са за месечни валежи в правилна мрежа с разделителна способност 0.25 градуса. Точките с най-много валежи през студената част на годината (октомври до март) се считат за преобладаващи средиземноморски влияния, а тези с най-високи валежи в топлата част от годината (април до септември) са климати с преобладаващи континентални характеристики. Като цяло тази граница разделя зоните с Cs/Ds и Cw/Dw типове климат. За периода 1901–2021 г. се разглежда нейната пространствена изменчивост и се установява общо отслабване на средиземноморското влияние над Балканския полуостров. Но за последните три десетилетия, от 1991–2021 г., тенденцията е обратната. Идентифицирана е периодичност от ~ 20 години в годишните валежи, което предполага, че през десетилетието 2020–2030 г. средиземноморското влияние в този регион ще доминира.

Climate variation and assessments of extreme weather events: heat waves and torrential precipitation

Lilia Bocheva, Krastina Malcheva
National Institute of Meteorology and Hydrology

A number of studies in Europe, including our country, confirm the increasing trend in the frequency and intensity of extreme weather events due to changing climate. Since the beginning of the century, torrential rains, hailstorms, convective storms, heat waves, droughts and floods have caused significant economic damage and sometimes human casualties every year. The present study analyzes two of the most frequent and dangerous meteorological phenomena in our country: torrential rains and heat waves. The climatic variations of these phenomena have been evaluated over the period from 1961 to the present. The spatiotemporal characteristics, as well as trends in the distribution of days with potentially dangerous precipitation (≥ 60 mm/24 h) and hot days (with maximum temperatures above 32 °C), were examined. An increasing trend in the frequency of hot periods has been established, and in some regions of the country, almost all cases of prolonged heat have been registered after 1985. The phenomenon is characteristic of July and August, but its relative frequency in June and September has increased in recent decades. As for torrential rains, their frequency is highest in the Rhodopes and Strandzha, followed by the rest of the mountainous regions and the most northeastern part of the country. In almost all of Bulgaria, except the most southwestern part, there was a statistically significant increase in the number of days with potentially dangerous precipitation during the period 1991-2020 compared to 1961-1990, as in the Rhodopes and Strandzha, the increase was 32%.

Based on these analyses, climate assessments of the two most significant extreme events in the last two years are presented - the flood in Tsarevo in September 2023 and the heat wave in the summer of 2024, which, according to preliminary estimates, is the hottest summer since 1930.

Климатични вариации и оценки на екстремни метеорологични явления: горещи вълни и поройни валежи

Лилия Бочева, Кръстина Малчева
Национален институт по метеорология и хидрология

Редица изследвания в Европа, включително и у нас, потвърждават нарастващата тенденция в честотата и интензитета на екстремните метеорологични явления в условията на променящ се климат. От началото на века проливни валежи, градушки, конвективни бури, горещи вълни, суши и наводнения ежегодно причиняват значителни икономически щети, а понякога и човешки жертви. В настоящето изследване е представен анализ на две от най-честите и със значими последици опасни метеорологични явления в нашата страна: проливни валежи и горещи вълни. Оценени са климатичните вариации на тези явления за периода от 1961 г. до сега. Разгледани са пространствено-времените характеристики и тенденции в разпределението на дните с потенциално опасни валежи (≥ 60 mm/24 h) и на горещите дни (с максимални температури над 32 °C). Установен е нарастващ тренд в честотата на горещите периоди, като в отделни райони на страната почти всички случаи на продължителни горещини са регистрирани след 1985 г. Явлението е характерно за месеците юли и август, но относителната му честота през юни и септември нараства през последните десетилетия. Що се отнася до проливните валежи, то тяхната честота е най-висока в Родопите и Странджа, следвани от останалите планински райони и крайните североизточни части на страната. Почти в цяла България, с изключение на крайните югозападни части, е налице статистически значимо нарастване на дните с потенциално опасни валежи през периода 1991-2020 г. в сравнение с 1961-1990 г., като в Родопите и Странджа увеличението е 32%.

На базата на тези анализи са представени климатични оценки и на двете най-значими екстремни явления през последните две години – наводнението в Царево през септември 2023 г. и горещата вълна през лятото на 2024 г., което по предварителни оценки е най-горещото лято от 1930 г. насам.

Evaluation of Heat Wave Severity in South-East Europe through the Excess Heat Factor

Krastina Malcheva, Hristo Chervenkov
National Institute of Meteorology and Hydrology

The analysis of extreme climate events, due to their significant socio-economic and ecological impact, is a key aspect of present-day climate change research. According to the World Meteorological Organization, more than 90% of deaths and more than 5% of economic losses from natural disasters in Europe in the period 1970-2021 are related to the extreme heat waves since the beginning of the 21st century. According to climate scenarios under moderate and high greenhouse gas emissions, a significant increase in the frequency and severity of heat waves is expected in the Mediterranean and Eastern European countries by the end of the century.

The present study aims to analyze the spatiotemporal variation of extreme heat events in Southeast Europe over the period 1961–2024 through the excess heat factor (EHF) using daily air temperature data from the reanalysis of the European Center for Medium-Range Forecasts ERA5 Land. Although originally developed as an operational index to assess heat waves in Australia, the EHF has been successfully used to study the frequency, intensity and duration of heat waves on a regional and global scale. It is accepted as a more uncomplicated but sufficiently effective tool for analyzing adverse temperature conditions than bioclimatic thermal comfort indices.

In the more southern regions of Europe, sustained hot weather is a typical summer phenomenon and rarely poses a significant risk to human health. The EHF analysis confirms this, indicating that heat waves from 1961 to 2024 were mostly moderately severe. However, in recent decades, there has been an increasing trend towards more prolonged and intense heat waves. Changes in the characteristics and spatial distribution of heat waves reveal "hot spots" in the region, mainly along the Aegean coast, the Aegean region of Turkey, and the central part of the Balkan Peninsula.

The study provides strong evidence for the EHF's suitability as an indicator of heatwave severity in studying the spatiotemporal evolution of extreme heat events in Southeast Europe.

Оценка на тежестта на горещите вълни в Югоизточна Европа чрез фактора на излишната топлина

Кръстина Малчева, Христо Червенков
Национален институт по метеорология и хидрология

Анализът на екстремните климатични явления, поради тяхното значимо социално-икономическо и екологично въздействие, е основен аспект на съвременните изследвания върху изменението на климата. По данни на Световната метеорологична организация над 90% от смъртните случаи и над 5% от икономическите загуби от природни бедствия в Европа през периода 1970-2021 г. са свързани с екстремните горещини, регистрирани от началото на 21-ви век. Според климатичните сценарии при умерени и високи емисии на парникови газове се очаква значително нарастване на честотата и тежестта на горещите вълни в страните от Средиземноморието и Източна Европа до края на века.

Настоящото изследване има за цел да анализира пространствено-времените вариации на екстремните горещини в Югоизточна Европа в периода 1961-2024 г. чрез фактора на излишната топлина (EHF), като използва ежедневни данни за температурата на въздуха от реанализа на Европейския център за средносрочни прогнози ERA5 Land. Въпреки че е разработен като оперативен индекс за оценка на горещите вълни в Австралия, EHF се използва успешно за изследване на честотата, интензивността и продължителността на горещите вълни в регионален и глобален мащаб и се определя като по-опростен, в сравнение с биоклиматичните индекси за топлинен комфорт, но достатъчно ефективен инструмент за анализ на неблагоприятните температурни условия.

В по-южните райони на Европа устойчивото задържане на горещо време е типично лятно явление и рядко представлява значителен риск за човешкото здраве. Това се потвърждава от представения анализ на EHF, който показва, че горещите вълни в периода 1961-2024 г. са предимно умерено тежки, но през последните десетилетия се установява нарастваща тенденция към по-продължителни и по-интензивни горещини. Промените в характеристиките и пространственото разпределение на горещите вълни разкриват „горещи точки“ в региона, главно по Егейското крайбрежие, Егейския регион в Турция и централната част на Балканския полуостров.

Проучването предоставя убедителни доказателства за пригодността на EHF като индикатор на тежестта на горещите вълни за изследване на пространствено-временната еволюция на екстремните горещини в Югоизточна Европа.

Generalized Additive Quantile Regression Models of Daily Minimum and Maximum Temperatures of Bulgaria Conditional on Atmospheric Circulation

Neyko Neykov, Anastasia Stoycheva, Nadya Neykova
National Institute of Meteorology and Hydrology

Trend analysis of climatic variables plays a critical role in many climate change impact studies. Typically, trends are modeled using time series regression of the mean (expectation) of the climatic variables. However, changes may occur not only in the mean but also within higher or lower quantiles of the distribution. To address this drawback, the quantile regression [1] models combined with time series methods is used to examine changes in daily minimum (Tmin) and maximum (Tmax) temperatures. These temperatures are linked to historical data by quantile autoregressive models conditional on precipitation occurrence and atmospheric circulation derivatives using different prespecified quantiles. To account possible nonlinearities between the temperature predictand and predictors the generalized additive regression methodology is adapted for fitting time series data to different quantile models.

The data available for the study are daily Tmin, Tmax and precipitation totals at Kneja and Sadovo stations, the North Atlantic Oscillation (NAO) and Arctic Oscillation (AO) anomalies records for the period 1960-2000. The widely used atmospheric derivatives of NCEP-NCAR Reanalysis data within a window closely surrounding Bulgaria (from 20° W - 30° E, 40° N - 45° N latitude-longitude grid) taken at 15 grid points from the above period [2] such as sea level pressure, specific humidity at 2m, wind component at 10m, precipitation rate and precipitable water, geopotential height at standard levels from 200-1000 (hgt.200 - hgt.1000) hPa (pressure levels), air temperature, relative and specific humidity at standard levels, and wind components at the same pressure levels are also included in the study.

A comparison between models based on quantile and standard multiple regression models is performed using standard tests of statistical significance. The results offer a more comprehensive understanding of temperature trends by capturing variability across the entire distribution, particularly in extreme quantiles.

References

- [1] R. Koenker, Quantile regression, Cambridge University Press, London (2005).
- [2] N. M. Neykov, P.N. Neytchev Development of stochastic daily weather generator conditional on atmospheric circulation, part 2: Daily minimal and maximal temperature models. *Bulg. J. Phys.* vol. **44**(2), pp. 35-50 (2017).

Квантилни адитивни модели на дневната минимална и максимална температура в България с атмосферната циркулация

Нейко Нейков, Анастасия Стойчева, Надя Нейкова
Национален Институт по Метеорология и Хидрология

Определянето на промените в климатичните величини играе решаваща роля в много изследвания, свързани с изменението на климата. За оценка на значимостта на измененията на климатичните величини се използва модел на множествена регресия на очакването (средната стойност) на разпределението. Промени могат да настъпят във високите или в ниските квантили на разпределението на климатичните величини, но да не се наблюдават в моделите на очакването. За да бъде преодолян този недостатък, за изследване на промените в дневните минимални (Tmin) и максимални (Tmax) температури е използвана методологията на квантилната регресия [1], комбинирана с методите на времевите редове. Квантилни авторегресионни модели на тези температури са определени по архивни данни с допълнително включени предиктори в моделите като появата на валежи и производни на атмосферната циркулация, при предварително избрани квантили на разпределението. Методологията на обобщената адитивна квантилна регресия е адаптирана за оценяване на моделите по данните, за да бъдат отчетени възможните нелинейности между предиктанта и предикторите. Данните, които са включени в изследването, са дневните стойности на Tmin, Tmax и дневните суми на валежите в станциите Кнежа и Садово, аномалиите на Северноатлантическата (NAO) и Арктическата осцилация (АО) за периода 1960-2000 г. Широко използваните атмосферни производни от NCEP-NCAR реанализ данните в рамките на прозорец, включващ територията на България от 20° W - 30° E, 40° N - 45° N географска ширина и дължина, взети в 15 точки на мрежата от горепосочения период [2], като налягане на морското равнище, специфична влажност на 2 m, компонента на вятъра на 10 m, количество на валежите и валежна вода, геопотенциална височина на стандартни нива от 200-1000 (hgt.200 - hgt.1000) hPa (нива на геопотенциал), температура на въздуха, относителна и специфична влажност на стандартни нива и компоненти на вятъра на същите нива на геопотенциал, също са включени в изследването. Сравнението между моделите, основани на модели на квантилната и стандартната множествена регресия е извършено с помощта на стандартни тестове за статистическа значимост. Резултатите предлагат задълбочено разбиране за трендовете в Tmin и Tmax, като обхващат целия спектър от данни на техните разпределения.

Литература

- [1] R. Koenker, Quantile regression, Cambridge University Press, London (2005).
- [2] N.M. Neykov, P.N. Neytchev Development of stochastic daily weather generator conditional on atmospheric circulation, part 2: Daily minimal and maximal temperature models. *Bulg. J. Phys.* vol. **44**(2), pp. 35-50 (2017).

Weather Forecasting at NIMH – Current State and Challenges

Anastasiya Stoycheva, Boryana Markova, Krasimir Stoev
National Institute of Meteorology and Hydrology (NIMH)

Weather forecasting at national meteorological services plays an important role among activities provided for the government, society and the individuals. Weather forecasting at NIMH is an operational activity based on scientifically based methodology, in which computer technology is gradually implemented. Recognized as important and useful by both institutions and people, forecasting in meteorological services carries responsibilities and challenges scientists and experts.

In the last methods of forecasting at NIMH, new challenges appear, which will be demonstrated with an analysis of the synoptic situation in Bulgaria in the second half of August. In addition, the challenges resulting from the extreme weather events and its forecasting in the context of changing climate will be discussed. The evolution of a cyclone from the Central Mediterranean to the Balkan Peninsula for 18-21.08.2024 period leads to a change in circulation features and brings the first precipitation in Western and Central Bulgaria after a long hot and dry period. Significant amounts (operational data) were reported on 20.08 in Belitsa (45.6 mm) and Polena (40.9 mm), on 21.08 - in Razlog (40.7 mm), Shiroka Laka (39.7 mm), Barutin (31.2 mm). The temperatures in Western and Central Bulgaria decrease and their daily values remain below 30 °C, while in the east part of Bulgaria the heat persists and the maximum temperatures are around and above 35 °C. Mild cooling and precipitation are the first signal of the approaching autumn. A blocked cyclone over Eastern Bulgaria and the Western Black Sea area brings significant precipitation to the Bulgarian Black Sea coast at the end of August. NIMH issues a warning of the highest degree (red code) according to the European MeteoAlarm system [1] for expected significant precipitation in south part of the coast.

References

[1] MeteoAlarm, EUMETNET, <https://www.meteoalarm.org/en/live/>

Прогнозата за времето в НИМХ – съвременно състояние и предизвикателства

Анастасия Стойчева, Боряна Маркова, Красимир Стоев
Национален институт по метеорология и хидрология (НИМХ)

Прогнозата за времето в националните метеорологични служби заема важно място сред дейностите, предоставяни в услуга на обществото и хората. В НИМХ прогнозирането на времето е оперативна дейност, почиваща на научно-обоснована методика, която с развитието на компютърната техника, бавно, но сигурно се еманципира. Припознавана за важна и полезна, както от държавните институции, така и от обикновения човек, прогностичната работата в метеорологичните служби носи отговорности и представлява предизвикателство за учените и експертите.

В съвременния процес на прогнозиране в НИМХ възникват редица предизвикателства, които ще бъдат демонстрирани с помощта на анализ на синоптичната обстановка в България през втората половина от август. В допълнение ще бъдат дискутирани и предизвикателствата, резултат от екстремните прояви на атмосферните процеси в контекста на променящия се климат. Еволюцията на циклон с преместването му от Централното Средиземноморие към Балканския полуостров в периода 18-21 август 2024 г. води до промяна на циркуляционните особености в района и донася първите валежи след продължителен горещ и сух период в Западна и Централна България. Значителни количества по оперативни данни са отчетени на 20.08.2024 г. в Белица 45.6 mm и Полена, Благоевградско 40.9 mm, на 21.08 - в Разлог 40.7 mm, Широка лъка 39.7 mm, Барутин 31.2 mm. Температурите в Западна и Централна България се понижават и дневните им стойности остават под 30 °C, докато на изток горещините се задържат и максималните температури са около и над 35 °C. Това е и прелюдията към съществена промяна на времето в самия край на август 2024 г., когато блокиран циклон над Източна България и Западната Черноморска акватория донася значителни валежи по българското Черноморие. Оперативното прогностично звено в НИМХ издава предупреждение от най-висока степен (червен код) по Европейската система MeteoAlarm [1] за очаквани значителни валежи в най-южните райони от крайбрежието.

Литература

[1] MeteoAlarm, EUMETNET, <https://www.meteoalarm.org/en/live/>

Projected Future Warming over Southeast Europe in the UNFCC Paris Agreement Context

Hristo Chervenkov, Kiril Slavov
National Institute of Meteorology and Hydrology

Nowadays there is a strong degree of agreement that the ongoing and projected future climate change is the defining challenge of our time. Rising temperatures pose significant risks to the ecosystem, biodiversity, and human health and well-being. In December 2015, the Paris Agreement was approved by nearly 200 countries at the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCC) 21st Conference of the Parties (COP 21). The Agreement's central aim is to strengthen the global response to the threat of climate change by keeping a global temperature rise this century well below 2°C above pre-industrial levels and to pursue efforts to limit the temperature increase even further to 1.5°C. At the same time, the IPCC has accepted an invitation to prepare a special report on the 1.5°C target in 2018.

Previous studies regarding the 1.5°C and 2°C global warming levels have evidenced that land areas warm substantially faster than the oceans. The eastern Mediterranean region, which includes Southeast Europe (SEE), is also proving to be a 'hotspot' of climate change.

Utilizing the observation-based dataset HadCRUT and the SSP scenario-driven simulations for the projected future climate from CMIP6 NEX-GDDP, the study evaluates the period when the regional warming threshold, +2°C, was crossed and, second, the field distributions of the essential climate variables air temperature and precipitation sum as well as their long-term changes regarding the reference period.

The study reveals spatially dominating warming, indicating minor scenario dependence in near-term projections, while the precipitation projections, both in magnitude and distribution, are more complex.

Проектно бъдещо затопляне над Югоизточна Европа в контекста на Парижкото споразумение на UNFCC

Христо Червенков, Кирил Славов
Национален институт по метеорология и хидрология

Понастоящем съществува голяма степен на съгласие, че продължаващото и проектното бъдещо изменение на климата е определящото предизвикателство на нашето време. Повишаващите се температури създават значителни рискове за екосистемите, биоразнообразието и здравето на хората, както и благосъстоянието им. През декември 2015 г. Парижкото споразумение беше одобрено от близо 200 държави на 21-вата Конференция на страните (COP 21) на Рамковата конвенция на ООН по изменение на климата (UNFCC). Основната цел на споразумението бе да се засили глобалната съпричастност към опасността от изменението на климата, като се поддържа повишаването на глобалната температура през този век значително под 2°C над нивата от прединдустриалната епоха, полагайки усилия за ограничаване на това повишение дори под 1,5°C. В същото време IPCC прие поканата да изготви специален доклад относно прага от 1,5°C през 2018 г.

Предишни проучвания относно нивата на глобално затопляне от 1,5°C и 2°C доказват, че сушата се затопля значително по-бързо от океаните. Регионът на Източното Средиземноморие, който включва Югоизточна Европа (ЮИЕ), също се оказва „гореща точка“ на изменението на климата.

Използвайки базирания на наблюдения набор от данни HadCRUT и симулации, основани на SSP сценарии за проектния бъдещ климат от CMIP6 NEX-GDDP, проучването оценява периода, когато прагът на регионалното затопляне, +2°C, е преминат и, второ, разпределенията на полето на основните климатични променливи температура на въздуха и сума на валежите, както и техните дългосрочни изменения по отношение на референтния период.

Проучването разкрива пространствено доминиращо затопляне, което показва малка зависимост от сценария в краткосрочните симулации, докато измененията на количеството валеж, както по големина, така и по разпределение, са по-сложни.

Desert Dust Forecasts for Bulgaria and Methodology for Assessing Its Impact on Ambient Air

Anastasiya Stoycheva, Hristina Kirova, Emilia Georgieva, Viktoriya Kleshtanova, Rozeta Neykova, Iliyan Gospodinov, Andrey Kulishev
National Institute of Meteorology and Hydrology

The World Meteorological Organization defines sand and dust storms as a natural hazard and encourages research and forecasting on both a global and regional scale. In recent years, the National Institute of Meteorology and Hydrology (NIMH) has initiated issuing operational forecasts for the transport of desert dust over the country, as well as the development and application of a methodology for assessing the contribution of desert dust to the observed concentrations of fine particulate matter (PM₁₀). We outline the types of operational forecasts of NIMH: a) based on expert synoptic analysis for the transport of air masses containing aerosols of desert origin; b) forecasts by chemical transport models, within the framework of the Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS) [1], accessible from [2]. The days with forecasted dust transport over Bulgaria (divided into four regions) are summarized on monthly and yearly basis in the corresponding hydrometeorological bulletins, issued by NIMH [3]. For example, in April 2024, the total number of days with circulation leading to the transport of desert dust from the Sahara over Bulgaria is 16. In 2023, the total number of days with circulation leading to the transport of desert dust over Bulgaria or parts of it is 143.

We present further the main elements of the methodology for assessment of exceedances of the daily limit value for PM₁₀ concentrations (DLV=50 µg/m³) attributable to desert dust. The methodology, developed upon request by the Executive Environment Agency (ExEA) of the Ministry of Environment and Water [4], is used for reporting to European institutions. Results from the application of the methodology for 2023 show that 121 exceedances of PM₁₀ DLV, observed at 37 stations, were attributable to desert dust influence.

References

- [1] CAMS - The Copernicus Atmosphere Monitoring Service, <https://atmosphere.copernicus.eu>
- [2] Air quality and desert dust forecasts using CAMS models, <https://airquality.meteo.bg/>
- [3] Annual and monthly bulletins of NIMH, <https://bulletins.cfd.meteo.bg/>
- [4] Methodology for assessing exceedances of PM₁₀ limit values attributable to natural sources – desert dust, http://eea.government.bg/bg/legislation/air/Metodika_pustinen_prah1.pdf

Пустинен прах – прогнози за страната и методика за оценка на влиянието му върху атмосферния въздух

Анастасия Стойчева, Христина Кирова, Емилия Георгиева, Виктория Клещанова, Розета Нейкова, Илиан Господинов, Андрей Кулишев
Национален институт по метеорология и хидрология

Световната метеорологична организация определя пясъчните и прашни бури като природна опасност и стимулира изследванията и прогнозирането им в глобален и регионален аспект. През последните няколко години в Националния институт по метеорология и хидрология (НИМХ) започнаха дейности по издаване на оперативни прогнози за преноса на пустинен прах над страната, както и по изготвяне и прилагане на методика за оценка на приноса на пустинния прах към наблюдаваните концентрации на фини прахови частици (ФПЧ₁₀).

В доклада се представят видовете оперативни прогнози на НИМХ: а) базирани на експертен синоптичен анализ за преноса на въздушни маси, съдържащи аерозоли от пустинен произход; б) прогнози от числени модели за атмосферна динамика и химия, в рамките на услугата за мониторинг на атмосферата (CAMS) на програмата Коперник [1], достъпни от [2]. Указани са изданията на НИМХ, където периодите с пренос на пустинен прах над страната (разделена в четири региона) са систематизирани на месечна и годишна база [3]. Например през април 2024 г. общият брой дни с циркуляция, водеща до пренос на пустинен прах от Сахара над България, е 16. През 2023 г. общият брой дни с циркуляция, водеща до пренос на пустинен прах над България или над част от нея, е 143.

Представена е накратко методиката, разработена за целите на Изпълнителната агенция по околна среда (ИАОС) на МОСВ [4], която се използва за определяне на превишенията на средно-денонощни концентрации на фини прахови частици (СДН ФПЧ₁₀ = 50 µg/m³), дължащи се на влияние на пустинен аерозол. Резултати от прилагането на методиката за 2023 г. показват, че 121 превишения на СДН, наблюдавани в 37 станции на ИАОС, се дължат на пренос на пустинен прах.

Литература

- [1] CAMS - The Copernicus Atmosphere Monitoring Service, <https://atmosphere.copernicus.eu>
- [2] Прогнози за качество на атмосферния въздух и пустинен прах с използване на модели от CAMS <https://airquality.meteo.bg/>
- [3] Годишни и месечни бюлетини на НИМХ, <https://bulletins.cfd.meteo.bg/>
- [4] Методика за определяне на превишенията на пределно допустимите стойности на ФПЧ₁₀, които се дължат на емисии от природни източници – пустинен прах, http://eea.government.bg/bg/legislation/air/Metodika_pustinen_prah1.pdf

Study of the BC and some significant polycyclic aromatic hydrocarbons in the PM2.5 in an urban environment

Elena Hristova¹, Lenia Gonsalvesh², Blagorodka Velewa¹, Stela Naydenova², Nady Neykova¹, Anife Veli², Zilia Mustafa², Emilia Yordanova¹, Rozeta Neykova¹, Emilia Georgieva¹, Anton Petrov¹

¹National Institute of Meteorology and Hydrology, Sofia

²University „Prof. Dr Asen Zlatarov - Burgas“

Urban air pollution is the 10th most important risk factor for human health in medium- and highly-developed countries according to the World Health Organization (WHO, 2019). One of the most significant air pollutants is fine particulate matter (PM). The harmful effect of PM on human health mainly depends on their size (total dust, PM10, PM2.5, PM1), concentration and chemical composition. PM easily enters the respiratory tract, where it causes a range of inflammations and diseases of the respiratory and cardiovascular systems. Research on the chemical composition of PM in urban environments has been extensively developed in global practice over the last decade, mainly related to the study of health effects, the identification of potential sources and the development of measures to reduce their concentrations. In Bulgaria, studies of the chemical composition of PM are extremely relevant, as so far such studies have been carried out only for the city of Sofia and do not cover a significant class of pollutants: carbon and carbon-containing compounds.

In the framework of the CARBOAEROSOL project, the concentrations of Black carbon (BC) and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in PM2.5 were investigated for the first time in Bulgaria. They are emitted during incomplete combustion of organic substances (traffic, domestic heating, industrial processes, forest fires). BC is a pollutant that affects not only human health but also the climate. PAHs are a very important class of organic compounds and, despite their low concentration, pose a serious problem for human health.

The present work focuses on the study of concentrations of PM2.5, BC and PAHs in two Bulgarian cities: Sofia and Burgas. This study is based on parallel experimental campaigns in NIMH and Prof. Dr. Asen Zlatarov University conducted in different seasons in the period 2020-2023. The correlation between PM2.5, BC, and PAHs concentrations and selected meteorological parameters were obtained. Source identification of BC and PAHs in both cities was also performed.

Изследване съдържанието на въглерод и някои значими въглеводороди във ФПЧ2.5 в градска среда

Елена Христова¹, Леня Гонсалвеш², Благородка Велева¹, Стела Найденова², Надя Нейкова¹, Анифе Вели², Зилия Мустафа², Емилия Йорданова¹, Розета Нейкова¹, Емилия Георгиева¹, Антон Петров¹

¹Национален институт по метеорология и хидрология, София

²Университет „Проф. д-р Асен Златаров - Бургас“

Замърсяването на атмосферата в градски условия е 10-ят по значимост рисков фактор за човешкото здраве в средно- и високо-развитите страни според Световната здравна организация (WHO, 2019). Едни от най-значимите замърсители на атмосферния въздух са фините прахови частици (ФПЧ). Вредният ефект на ФПЧ върху здравето на човека зависи главно от техния размер (общ прах, ФПЧ10, ФПЧ2.5, ФПЧ1), концентрация и химически състав. ФПЧ лесно попадат в дихателните пътища, където причиняват редица възпаления и заболявания на дихателната и сърдечно-съдовата система. Изследванията на химическия състав на ФПЧ в градска среда са широко развивани в световната практика през последното десетилетие като са свързани основно с изучаване на ефектите върху здравето, с идентифициране на потенциални източници и създаване на мерки за намаляване на концентрациите им. В България изследванията на химичния състав на ФПЧ са изключително актуални, тъй като до момента такива са правени само за гр. София и не обхващат един значителен клас замърсители: въглерод и въглерод съдържащи съединения.

В рамките на проект „CARBOAEROSOL“ за първи път в България са изследвани концентрациите на Black carbon (BC), или така наречени „сажди“ и полициклични ароматни въглеводороди (PAHs) във ФПЧ2.5. Те се отделят при непълното изгаряне на органични вещества (трафик, битово отопление, промишлени процеси, горски пожари). BC е замърсител, който освен върху човешкото здраве влияе и на климата. PAHs, са един много важен клас органични съединения и въпреки ниската си концентрация, представляват сериозен проблем за здравето на човека.

Настоящата работа се фокусира върху изследване на концентрациите на ФПЧ2.5, BC и PAHs в два български града: София и Бургас. Това изследване се базира на паралелни експериментални кампании в НИМХ и Университет „Проф. д-р Асен Златаров“ проведени в различни сезони в периода 2020 -2023г. Получени са корелационните зависимости между концентрациите на ФПЧ2.5, BC и PAHs и избрани метеорологични параметри. Направен е опит за определяне на групите източници на BC и PAHs в двата града.

Precipitation Chemistry at the Southern Bulgarian Black Sea coast - some results for the period 2011-2020

Lora Valcheva, Hristina Kirova, Emilia Georgieva, Elena Hristova
National Institute of Meteorology and Hydrology

Pollutant deposition is a complex and interrelated process involving pollutant emissions, chemical transformation and uptake, and subsequent impacts on the land surface. The chemical composition of precipitation has a significant effect on environmental systems, including soils, surface waters, coastal zones, and various ecosystems. It also has an impact on the condition of vegetation, infrastructure and heritage sites. The long-range transport of pollutants is of global significance. The aim of this study is to present the variations in the physico-chemical composition of precipitation along the southern Bulgarian Black Sea coast.

This study summarizes the results obtained from the entire NIMH precipitation chemistry network from 2011 to 2020, and the variation of the concentrations of basic acidifying and alkalizing ions (SO_4^- , NO_3^- , Cl^- , NH_4^+), and macro and microelements (Na, K, Mg, Ca, Fe, Si, Zn, Cu) in precipitation at Ahtopol for the period July 2017- December 2018. The influence of the amount of precipitation on the pH values is investigated. In addition, a joint analysis of the physicochemical parameters of wet atmospheric deposition and atmospheric circulation for selected periods was performed.

The main conclusions of this study can be summarized as follows: more than 50% of the measured pH values at Ahtopol are in the acidic range; the percentage distribution of chemical elements in precipitation samples followed the order $\text{Cl} > \text{nssSO}_4 > \text{Na} > \text{NO}_3 > \text{Ca} > \text{ssSO}_4 > \text{NH}_4 > \text{Mg} > \text{K} > \text{Si} > \text{Zn} > \text{Fe} > \text{Cu}$; the backward trajectory analysis of the air mass shows local and regional influence.

Химически състав на валежите в района на Южното Черноморие на България - някои резултати за периода 2011-2020

Лора Вълчева, Христина Кирова, Емилия Георгиева, Елена Христова
Национален институт по метеорология и хидрология

Отлагането на замърсители е част от многобройни взаимосвързани процеси, свързани с емисиите на замърсители, тяхната химична трансформация и поглъщания, както и тяхното въздействие върху земната повърхност. Химическият състав на валежите влияе върху състава на почвите, повърхностните води, крайбрежните зони, различните екосистеми, състоянието на растителността, върху създадените от човека сгради и инфраструктура и върху културно-историческите паметници. Един от основните процеси, който продължава да е актуален в световен мащаб, е далечният пренос на замърсители. Целта на тази работа е да се представят вариациите във физико-химичния състав на валежите по Южното Българско Черноморие.

Представени са обобщени резултати от цялата мрежата по химия на валежите на НИМХ за периода 2011 – 2020 г. и за изменението на концентрациите на основни киселиняващи и алкализиращи йони (основни анийони - SO_4^- , NO_3^- , Cl^- , амониеви йони (NH_4^+), макро и микро елементи (Na, K, Mg, Ca, Fe, Si, Zn, Cu) във валежите в Ахтопол за периода юли 2017- декември 2018 г. Изследвано е влиянието на количеството валеж върху стойностите на pH на валежите. В допълнение е направен съвместен анализ на физико-химичните параметри на атмосферните отлагания (валежи) и атмосферната циркулация за избрани периоди.

Основните изводи от това изследване могат да се обобщят както следва:

- (а) Повече от 50% от измерените стойности на pH в станция Ахтопол са в киселинната област.
- (б) Процентното разпределение на химичните елементи в пробите от валеж следва реда: $\text{Cl} > \text{nssSO}_4 > \text{Na} > \text{NO}_3 > \text{Ca} > \text{ssSO}_4 > \text{NH}_4 > \text{Mg} > \text{K} > \text{Si} > \text{Zn} > \text{Fe} > \text{Cu}$
- (в) Анализът на обратните траектории на въздушните маси показва локално и регионално влияние

Desert dust intrusion – preliminary results for a spring episode

Hristina Kirova, Anastasiya Stoycheva, Emilia Georgieva, Viktoria Kleshtanova
National Institute of Meteorology and Hydrology

The processes of transport and deposition of desert dust (DD) impact ecosystems, melting of glaciers, socio-economic activities, and human health. NIMH issues forecasts for the DD transport towards the country and performs studies on DD effects on the air quality. This study focuses on a significant Saharan dust intrusion episode observed in Bulgaria during the spring of 2024 (from March 30 to April 2). Dust from North Africa was transported towards the central Mediterranean and Europe since 18th of March. Due to favorable synoptic conditions initially the impact was for countries in central Europe, while the dust loaded air masses reached Bulgaria by the end of March. Meteorological data and satellite images were employed to study the movement of the dust air mass from North Africa across the Mediterranean towards Bulgaria. The origin of the air mass was confirmed through back trajectory analysis at selected points in the country. In situ observations of particulate matter (PM₁₀) at multiple stations across the country (managed by the Executive Environment Agency) showed elevated concentrations, resulting in 38 exceedances of the daily limit value (DLV=50 $\mu\text{g m}^{-3}$). The highest daily mean concentrations were recorded on April 1, with values up to 2.5 times above the DLV. The satellite images from various instruments indicate higher aerosol content over the country, but the presence of clouds hinders the accurate detection of the affected regions. Results from atmospheric chemistry models allow to identify better the spatial distribution of the desert dust. The regional ensemble model (CAM5-ENS), available through the Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS), well-reproduced the event in terms of duration and affected regions. The CAM5-ENS data were able to simulate some exceedances; however, observed daily mean concentrations above 60 $\mu\text{g m}^{-3}$ were underestimated. This study highlights the importance of integrating various sources of information (modelling, observations and synoptic analysis) for comprehensive study of dust intrusion episodes.

Пренос на пустинен прах – анализ на пролетен епизод

Христина Кирова, Анастасия Стойчева, Емилия Георгиева,
Виктория Клецанова
Национален институт по метеорология и хидрология

Процесите на пренос и отлагане на пустинен прах (ПП) оказват влияние върху екосистемите, социално-икономическите дейности и човешкото здраве. В НИМХ се изготвят прогнози за преноса на ПП към страната, и се правят изследвания за влиянието му върху качеството на атмосферния въздух. Това изследване се фокусира върху епизод на интензивно нахлуване на сахарски прах, наблюдаван в България през пролетта на 2024 г. (от 30 март до 02 април). Поради специфичните синоптични условия първоначално са засегнати страните в Централна Европа, докато въздушните маси, натоварени с прах, достигат България в края на март. Метеорологични данни и сателитни изображения са използвани за проследяване на движението на въздушната прашна маса от Северна Африка през Средиземно море към страната.

Произходът на въздушните маси е анализиран чрез обратни траектории в избрани точки. В много станции за мониторинг на качество на атмосферния въздух към Изпълнителната агенция по околната среда са измерени завишени стойности на фини прахови частици (ФПЧ₁₀): 38 превишения на средноденоношната норма (СДН=50 $\mu\text{g m}^{-3}$). Най-високите средноденоношни концентрации са регистрирани на 1 април, със стойности до 2.5 пъти над СДН. Сателитните изображения от различни инструменти показват по-високо съдържание на аерозоли над страната, но наличието на облаци не позволява да се получи ясна представа за засегнатите територии. Резултатите от числените модели за състава на атмосферата позволяват по-детайлно да се идентифицират засегнатите райони. Ансамбловия модел (CAM5-ENS), достъпен чрез Услугата за мониторинг на атмосферата (CAMS) на програмата Коперник, възпроизвеждат епизода качествено по отношение на продължителност и засегнати региони. CAM5-ENS симулира задоволително някои превишения, но подценява наблюдаваните средноденоношни концентрации над 60 $\mu\text{g m}^{-3}$. Изследването подчертава важността на съвместното използването на различни източници на информация (моделиране, наблюдения и синоптичен анализ) за цялостно изучаване на епизодите с пренос на пустинен прах.

Relationship between concentrations of some atmospheric pollutants and meteorological conditions in Sofia

Nadya Neykova, Rozeta Neykova, Blagorodka Veleva, Elena Hristova
National institute of meteorology and hydrology

A key indicator for assessing air quality is the concentration of fine particulate matter (PM) in the atmosphere. After being emitted, PM undergoes various chemical and physical transformations under the influence of atmospheric processes with different spatial scales. For the first time in Bulgaria, the concentrations of Black carbon (BC) in PM_{2.5} were studied within the framework of the "CARBOAEROSOL" project. It is a product of incomplete combustion of fossil fuels, biofuels, and biomass. Black carbon contributes to global warming due to its ability to effectively absorb sunlight as heat, and its measurement and study are important because of the harmful effects it has on human health and climate.

Three PM_{2.5} sampling campaigns were conducted at the Central Meteorological Observatory (CMO) of NIMH, Sofia in the period 2022 - 2023. The analysis of the BC content was carried out with the MABI instrument (Multi-wavelength Absorption Black Carbon Instrument) at NIMH, Sofia. In addition, data for the atmospheric pollutants such as PM₁₀, NO₂, CO, and benzene, measured at the Automatic Measurement Station - Mladost of the Executive Environmental Agency were also used. The relationships between the atmospheric pollutants and meteorological parameters such as wind speed and direction, temperature and precipitation from CMO were studied. For graphical analysis and presentation of the results time plots, calendar plots, violin plots, correlation matrices and two-dimensional pollution roses (polar plots) were used. High correlations between BC and PM_{2.5} as well as with the other atmospheric pollutants were observed. The influence of the precipitation amount and wind speed on the concentrations of all pollutants was investigated. Furthermore, the synoptic conditions for the days with high PM_{2.5} and BC concentrations were examined and discussed.

Връзка на концентрациите на някои атмосферни замърсители и метеорологичните условия в София

Надя Нейкова, Розета Нейкова, Благородка Велева, Елена Христова
Национален институт по метеорология и хидрология

Един от основните показатели за оценка на качеството на атмосферния въздух е концентрацията на фини прахови частици (ФПЧ) в атмосферата. След като бъдат емитирани, ФПЧ претърпяват различни химични и физични трансформации под въздействието на атмосферни процеси с различен пространствен мащаб. За първи път в България концентрациите на въглеродни частици (Black carbon (BC)) във ФПЧ_{2.5} са изследвани в рамките на проект „CARBOAEROSOL“. Те са компонент от състава на ФПЧ, получени при непълното изгаряне на изкопаеми горива, биогорива и биомаса. Измерването и изследването му е важно, заради вредното въздействие, което има върху човешкото здраве и климата.

В периода 2022 – 2023 г. в Централна метеорологична обсерватория (ЦМО) на НИМХ, София са проведени 3 експериментални кампании по пробонабиране на ФПЧ_{2.5}. Анализът на съдържанието на ВС е извършен в НИМХ, София с инструмента MABI (Multi-wavelength Absorption Black Carbon Instrument). В това изследване са използвани и данни за концентрациите на ФПЧ₁₀, NO₂, CO, бензен, измерени в станция София - Младост на ИАОС. Изследвани са взаимовръзките между атмосферните замърсители и метеорологичните параметри скорост и посока на вятъра, температура и количество валеж от ЦМО. За графичния анализ и представяне на резултатите са използвани времеви плотове, календарни плотове, плотове тип цигулка, корелационни матрици и двумерни рози на замърсяването. ВС и ФПЧ_{2.5} имат високи корелации както помежду си, така и с атмосферните замърсители. Сравнени са данните в дните с валеж и без валеж, както и тези със слаб и по-силен вятър. В дните с високи стойности на ФПЧ_{2.5} и ВС е разгледана и обсъдена синоптичната обстановка в страната.

Results on measurement of Black carbon concentration in the ABL by aerological sounding

Georgi Tsekov, Elena Hristova
National Institute of Meteorology and Hydrology

Black Carbon, is a component of air particulate matter. It has significant effects on climate, in both directions, as cooling and warming agent. The relevant particle size fraction can include known carcinogens and other toxic species. It is typically formed through the incomplete combustion of fossil fuels, biofuel, and biomass and is emitted by anthropogenic and natural sources. BC stays in the atmosphere for periods varying from days to weeks. Despite its properties and the effects over the environment and human health, there is neither specific standard for threshold concentration, nor prescriptions for mandatory monitoring in the most of the countries.

The National Institute of Meteorology and Hydrology is the only institution in Bulgaria which conducts research and measurements on BC concentration. The portable aethalometers allows measurements to be provided in specific locations, as well to be attached to a lifting device as drone or aerostat, in order to be estimated the vertical concentration of the pollutant.

This work presents the results from first experimental campaign on BC measurement in 60 meters layer above the surface over. The measurement is conducted with portable micro aethalometer MA200 in Central Meteorological Observatory, Sofia on 20th of November, 2023. The results show a high correlation in the dynamics as well as similar values of Black Carbon concentration in the studied layer. This indicates the homogeneous distribution of the pollutant under the given synoptic situation. In addition, comparison of the measured BC concentrations with portable MA200 and stationary aethalometer AE33 are also presented.

Резултати от измерване на концентрацията на Черен Въглерод в приземния граничен слой, чрез аерологичен сондаж

Георги Цеков, Елена Христова
Национален Институт по Метеорология и Хидрология

Черният въглерод (BC) или т. н. „сажди“ е част от атмосферния аерозол. Те се отделят при непълното изгаряне на органични вещества (трафик, битово отопление, промишлени процеси, горски пожари). BC е замърсител, който освен върху човешкото здраве влияе и на климата. При определен размер частиците могат да са канцерогенни и токсични. BC може да остане в атмосферата за периоди от дни до седмици. Въпреки неговите преобладаващо негативни ефекти върху околната среда и човешкото здраве, в повечето страни не е установен определен стандарт за прагова концентрация. Националният Институт по Метеорология и Хидрология е единствената институция в България, която провежда изследвания и измервания на концентрацията на BC във въздуха. Преносимите аеталометри позволяват да бъдат извършвани измервания в разнообразни и конкретни местоположения, както и да бъдат закрепяни за издигащи се във височина устройства, като безпилотни летателни апарати (дронове) или аеростати с цел да бъде определен вертикалният профил на концентрацията на замърсителя. Целта на настоящето изследване е да бъдат представени резултати от първия експеримент за измерване на концентрацията на BC при земята и в приземния 60-метров слой над земната повърхност.

Измерването е проведено с преносим аеталометър MA200 в Централна Метеорологична Обсерватория на НИМХ, София на 20^{ти} ноември, 2023 г. Резултатите показват голяма корелация в динамиката, както и близки стойности в концентрацията на BC в изследвания слой. Това е показателно за хомогенното разпределение на замърсителя при дадената синоптична обстановка. В допълнение е направено сравнение на измерените концентрации с такива измерени от стационарен аеталометър AE33 намиращ се в близост до експерименталната площадка.

Comparison of Meteorological Preprocessors for Dispersion Models

Sevdalin Geshev, Orlin Georgiev, Dimitar Atanasov
National Institute of Meteorology and Hydrology

Atmospheric dispersion models are widely used in air quality assessments. An important element in these models are the meteorological preprocessors (MPP), which serve as a link between the models and the input meteorological data. The MPP calculates parameters such as mixing layer height, stability conditions, etc., that are usually not measured but determine the pollutant dispersion. At the National Institute of Meteorology and Hydrology (NIMH), two MPPs have been developed and are used. These are based on similarity theory but include different parameterization. MPP1 uses semi-empirical expressions and classical schemes [1-2], while MPP2 is a modified version of the meteorological preprocessor of AERMOD [3]. An analysis of the results of the two MPPs for 2022 is presented. The input data are from the weather station Sofia. Heat flux, dynamic velocity, vertical velocity scale, Monin-Obukhov scale, mixing layer are considered.

For the all considered parameters, MPP2 predicts well-defined diurnal variations, in contrast to MPP1. The height of the "convective" mixing layer PBLc, generated by the convection mechanism has a weak diurnal trend, according to MPP1. Its values are lower than the daily maximum layer's height reached according to MPP2. The height of the "mechanical" mixing layer PBLm, generated without the contribution of convection, is significantly higher, according to MPP1 in comparison to that calculated by MPP2. The mixing process at a given moment takes place up to the higher of the two heights – that of PBLc and that of PBLm. It turns out that this resulting height is significantly greater according to MPP1 compared to MPP2.

A comparison of the mixing layer height calculated by the MPP with the experimentally determined one from aerological soundings in Sofia was made. The monthly average height calculated by MPP2 shows a good match with the experimentally determined one, but regarding daily values both preprocessors do not give good results. The conclusion is that it is advisable to use more complex and adequate approaches to determine both the height of the mixing layer and to determine the other parameters characterizing the turbulent diffusion of atmospheric pollutants.

References

- [1] P. Zannetti (2003) Air Quality Modeling – Theories, Methodologies, Computational Techniques, and Available Databases and Software, Volume I – Fundamentals, ISBN 0-923204-56-3, 456 pp.
- [2] D.L.Yordanov, D.E. Syrakov, M.P. Kolarova (2003). Parameterization of PBL from the Surface Wind and Stability Classes Data. NATO Science Series, vol 30. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-007-1071-9_37.
- [3] AERMOD Model Formulation, EPA-454/B-22-009, June 2022, 174 pp.

Сравнение на метеорологични пре-процесори за дисперсионни модели

Севадин Гешев, Орлин Георгиев, Димитър Атанасов
Национален институт по метеорология и хидрология

Дисперсионните модели за разпространението на примеси в атмосферата са широко използвани при оценка на качеството на атмосферния въздух. Важен елемент в тези модели са метеорологичните пре-процесори (МПП), които са свързващо звено между моделите и входните метеорологични данни. С МПП се изчисляват параметри като височина на слоя на смесване, условия на устойчивост и др., които не се измерват при стандартните наблюдения, а са определящи за дисперсията на замърсители. В НИМХ са разработени и се използват два МПП, основани на теория на подобие, но включващи различни параметризационни схеми. МПП1 използва полу-емпирични изрази и класически схеми [1-2], МПП2 е модифициран вариант на метеорологичния пре-процесор на AERMOD [3]. Представен е анализ на резултати от двата МПП за 2022г. по входни данни от синоптична станция София. Разглеждат се поток топлина, динамична скорост, мащаб на вертикална скорост, мащаб на Монин-Обухов, слой на смесване.

При всички разгледани параметри МПП2 предсказва добре изразен денонощен ход за разлика от МПП1. Височината на „конвективния“ слой на смесване PBLc, генериран от механизма на конвекция, според МПП1 има слабо изразен денонощен ход и стойности по-ниски от максималната височина на слоя, достигана според МПП2. Височината на „механичния“ слой на смесване PBLm, генериран без принос на конвекция, според МПП1 значително превишава тази изчислявана от МПП2. Процесът на смесване в даден момент се осъществява до по-голямата височина от двете височини - на PBLc и на PBLm. Оказва се, че тази резултатна височина е значително по-голяма при МПП1 в сравнение с МПП2.

Направено е сравнение на височината на слоя на смесване изчислявана от МПП с експериментално определена такава от аерологични сондажи в София. Усреднената за месец, височина, изчислена от МПП2 показва не лошо съвпадение с експериментално определената такава, но относно дневни стойности и двата препроцесора не дават добри резултати. Налага се извода, че е препоръчително да се използват по-сложни и адекватни подходи за определяне, както на височината на слоя на смесване, така и за определяне на останалите параметри характеризиращи турбулентната дифузия на атмосферни замърсители.

Литература

- [1] P. Zannetti (2003) Air Quality Modeling – Theories, Methodologies, Computational Techniques, and Available Databases and Software, Volume I – Fundamentals, ISBN 0-923204-56-3, 456 pp.
- [2] D. L. Yordanov, D.E. Syrakov, M.P. Kolarova (2003). Parameterization of PBL from the Surface Wind and Stability Classes Data. NATO Science Series, vol 30. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-007-1071-9_37.
- [3] AERMOD Model Formulation, EPA-454/B-22-009, June 2022, 174 pp.

Validation of methods for determining solar radiation components from model data from the WRF model and satellite data

Vanya Maneva-Petrova
National Institute of Meteorology and Hydrology

In Bulgaria there are only four actinometrical stations, which means the actinometrical network is poorly developed in our country. For this reason, it is necessary to be developed solar radiation component evaluation methods, for regions without direct measurements. This paper examines the possibility to use data that is modeled with WRF model and satellite data information to determined solar radiation for regions without direct measurements. The errors of both methods are estimated by comparing the obtain results with real data measurements, that are measured in National Institute of meteorology and hydrology actinometrical network.

The WRF model utilizes data provided by the GFS while satellite data is sourced from NASA database.

The used in this paper data are 2 types – modeled data, for solar radiation, and satellite measured solar radiation data. Satellite data are corrected with specific coefficients that are calculated for the specific place. The results from both methods are compared with real data measurements.

Валидация на методи за определяне на компонентите на слънчева радиация по моделни данни от модел WRF и спътникови данни

Ваня Манева-Петрова
Национален институт по метеорология и хидрология,

Актинометричната мрежа в България е слабо развита – измервания се провеждат само в четири станции в страната. По тази причина е необходимо да се разработват методи за оценка на компонентите на слънчевата радиация за райони, където няма преки измервания. В настоящото изследване се проверява възможността за използване на данни, моделирани с модел WRF и спътникова информация, за определяне на слънчева радиация, в места без преки измервания. Оценява се грешката при прилагането на двата метода, като получените резултати се сравняват с реални данни, измерени в актинометрична станция, от мрежата на НИМХ. Данните за захранване на модел WRF са взети от базата данни на GFS а спътниковите данни от базата данни на NASA.

Използваните в разработката данни, са два вида – моделни данни за слънчева радиация (получени от модел WRF) и данни за слънчева радиация, от базата данни на NASA. Получените от двата метода данни, да сравнени с данни, от актинометрична станция. Модел WRF (метод 1) е „захранен“ с данни от GFS.

Метод 2 – данните за слънчева радиация от спътниковите измервания, се корогират, с предварително определени коефициенти и се преизчисляват, за конкретната точка, на изследването. Прави се сравнение между получените резултати и измерванията от представителната станция.

Analysis of the synoptic and meteorological conditions and simulation of the wind field during two sever wind storms in the highest regions of Central Balkan

*Cvetan Dimitrov, Dimitar Nikolov, Ilian Gospodinov
National Institute of Meteorology and Hydrology*

Two severe wind storms happened in November 1964 and December 2012 in the highest regions of the central part of the mountain Stara planina – the Central Balkan. They caused heavy damages on the technical equipment along the ridge of the mountain – in 1964 the roof of the main TV building was removed and the TV tower was broken and in 2012 a smaller radio tower collapsed. The area of the damages spread over 30 km.

The purpose of this study was to evaluate the meteorological conditions during these events with focus on the wind and ice severity. We have analyzed the synoptic condition at different pressure levels in order to estimate the main dynamic of the atmosphere over the Balkan Peninsula and we have used WindNinja version 3.8.1 for simulation of the wind field in a smaller region. Finally using simple icing model we have estimated also the possible ice load.

WindNinja is a numeric aerodynamicall diagnostic model developed for analysis of forest fire behavior. It is developed by the Missoula Fire Sciences Laboratory, Forest Service U. S. Department of Agriculture. In this research daily meteorological data from Botev peak and station Mazalat has been used for the time of respective extreme event (November 1964 and December 2012).

Анализ на синоптичните и метеорологичните условия и симулация на полето на вятъра по време на две силни бури в най-високите райони на Централен Балкан

*Цветан Димитров, Димитър Николов, Илиан Господинов
Национален институт по метеорология и хидрология*

През ноември 1964 г. и декември 2012 г. в най-високите райони на централната част на Стара планина – Централен Балкан се случиха две силни бури. Те нанасят големи щети на техническото оборудване по билото на планината – през 1964 г. е свален покривът на основната телевизионна сграда и е счупена телевизионната кула, а през 2012 г. се срутва по-малка радио кула. Площта на щетите е над 30 км.

Целта на това проучване беше да се оценят метеорологичните условия по време на тези екстремни събития с акцент върху тежестта на вятъра и леда. Анализирахме синоптичните обстановки при различни нива на налягане, за да оценим основната динамика на атмосферата над Балканския полуостров и използвахме WindNinja версия 3.8.1 за симулация на полето на вятъра в по-малък регион около планинския връх Ботев. Накрая, използвайки опростен модел на обледяване, изчислихме и възможното натоварване от лед.

WindNinja е числен аеродинамичен диагностичен модел, разработен за анализ на поведението на горски пожари. Разработен е от Лабораторията за противодействие на пожарите в Мисула, Службата по горите на Министерството на земеделието на САЩ. В това изследване са използвани срочни метеорологични данни от връх Ботев и станция Мазалат за времето на съответното екстремно събитие (ноември 1964 г. и декември 2012 г.).

Microclimate within the National institute of meteorology and hydrology archive repository during the warm half-year

Cvetan Dimitrov
National Institute of Meteorology and Hydrology

Climatic changes observed in the recent decades have an adverse effect on microclimatic conditions within premises of libraries, art gallery repositories and museum storages, as well as into archive repositories within governmental and public institutional buildings. The registered outdoor air temperature increase leads to increasing of indoor air temperature, too. More and more frequently internal air temperature overreaches the appropriate values for safe and sustainable storing of archive collections. Because of that maintaining of suitable and stable temperature and air humidity conditions are of crucial importance for longlasting and correctly archive units storing within storage rooms. In contrast, any disturbance of stability at microclimatic conditions within premisses leads to more rapid structure deterioration of stored archive units.

Based on an experiment carried out in the premise of meteorological archive of the National Institute of Meteorology and Hydrology (NIMH) the temperature and humidity conditions during the warm half-year (19.05-30.11.2003) were investigated. Peculiarities in the diurnal course (by hourly values) and monthly one (by the average diurnal values) of air temperature, relative humidity, moisture content and enthalpy in the NIMH archive repository on the background of those of the environment were investigated. Dependencies between average daily values of the outside air parameters and those inside the NIMH building (air temperature, relative humidity, air moisture content and enthalpy within the premise) were obtained as well.

Микроклимат на архивохранилището в Националния институт по метеорология и хидрология през топлото полугодие

Цветан Димитров
Национален институт по метеорология и хидрология

Климатичните промени, наблюдавани през последните десетилетия оказват своето неблагоприятно влияние върху микроклиматичните условия в хранилищата на библиотеки, фондохранилищата на художествени галерии и музеи, в архивохранилищата на държавни и обществени институции в обществените сгради. Регистрираното повишаване на температурата на външния въздух води до нарастване на температурата на въздуха в помещенията, като тя все по-често надвишава нормативните стойности необходими за правилното съхранение на архивните единици. Поради това поддържането на подходящи и стабилни температурно-влажностни условия в хранилищата е от ключово значение за правилното и дълготрайно съхраняване на архивните колекции. В противовес, нарушаването на стабилността на микроклиматичните условия в помещенията води до ускорено влошаване в състоянието на архивните единици.

Въз основа на експеримент, проведен в помещението на метеорологичният архив на Националния институт по метеорология и хидрология (НИМХ) през 2003 г. са изследвани температурно-влажностните условия през топлото полугодие (19.05-30.11) в помещението. Изследвани са особеностите в денонощния ход на часовите стойности и месечния ход от средноденонощните стойности на температурата, относителната влажност, влагосъдържанието и енталпията на въздуха в архивохранилището на НИМХ на фона на тези на околната среда. Получени са зависимости между средноденонощните стойности за параметрите на външния въздух и тези вътре в сградата на НИМХ (температура, относителна влажност, влагосъдържание и енталпия на въздуха в помещенията).

Variations in the sea surface temperature near the coast of Shabla*Viktoria Georgieva**National Institute of Meteorology and Hydrology – branch Varna*

An upwelling process happens along the Bulgarian Black sea coast during certain sea and weather conditions. The sea surface temperature decreases significantly in short time in this phenomenon. It is the result of the simultaneous action of various physical forces – the wind stress, the Coriolis force, the Ekman transport etc.

Wind currents, Coriolis force, Ekman spiral

The movement of the sea surface waters is driven mostly by the winds and the large sea currents and the waves are a result of the wind stress. The force of the wind does not affect the inner water layer directly but is balanced by the Coriolis force in a relatively thin layer between 10 and 200 m. below the surface. This is the Ekman layer and the motion in it is called Ekman transport [1]. Due to deflection caused by the Coriolis force, the Ekman transport direction is not the same as the wind direction but is 90° to the right in the Northern Hemisphere. The vertical motion driven by the Ekman transport is called Ekman pumping [2]. This motions can be convergent or divergent. The Coriolis force continues to deflect the current in depth because the transport is transferred to the subsequent layers. At the bottom of the Ekman layer, the current flows in the opposite direction to the surface current. This shift of current directions with depth, combined with the decrease in velocity, is called the Ekman spiral.

Actual data about the variations of the sea surface temperature near coast of Shabla, analysis of the weather conditions

Local significant drops of the sea surface temperature were detected via buys located near coasts of Shabla and Shkorpilovtsi in the summer months of 2023 and 2024. We discovered that this anomaly is caused by the phenomenon upwelling.

References

- [1] B. Cushman-Roisin, J. M. Beckers, Introduction to Geophysical Fluid Dynamics, *International Geophysics*, (2011).
- [2] Encyclopedia of Ocean Sciences (2001).

Вариации в температурата на морската вода край Шабла*Виктория Георгиева**Национален институт по метеорология и хидрология – филиал Варна*

По Българското Черноморско крайбрежие при определени синоптични и морски обстановки се наблюдава т.нар. „обръщане на водата“ (upwelling) – явление, при което за кратък период от време температурата в повърхностния слой на морската вода се понижава чувствително. То е резултат от едновременното действие на различни физични сили – силата на вятъра, силата на Кориолис, преносът на Екман и др.

Ветрови течения, сила на Кориолис, спирала на Екман

Движението на повърхностните морски води се предизвиква най-вече от ветровете и резултат от тяхната сила са големите морски течения и вълните. Силата на вятъра не въздейства директно върху вътрешността на водата, а се балансира от силата на Кориолис в относително тънък повърхностен слой между 10 и 200 м дълбочина. Той се нарича слой на Екман, а движенията в него – пренос на Екман.[1] Поради отклонението, причинено от силата на Кориолис, преносът на Екман не е по посоката на вятъра, а на 90° вдясно от нея в северното полукукло. Вертикалните движения, причинени от преноса на Екман, се наричат изпомпване на Екман.[2] Те могат да са конвергентни или дивергентни. Тъй като движението се предава на последователни слоеве в дълбочина, силата на Кориолис продължава да отклонява течението. На дъното на слоя на Екман течението тече в противоположна посока на течението на повърхността. Това изменение на посоката му в дълбочина, същевременно с намалението на скоростта му, се нарича спирала на Екман.

Фактически данни за вариациите на температурата на морската вода край Шабла, анализ на синоптичните обстановки

През летните месеци на 2023 г. и 2024 г. чрез система от буйове, собственост на НИМХ и Института по Океанология към БАН, закотвени в крайбрежните води на Шабла и Шкорпиловци, бяха отчетени значителни локални спадове на температурата на повърхностните морски води. Беше установено, че аномалията се дължи на явлениято upwelling.

Литература

- [1] B. Cushman-Roisin, J.M. Beckers, Introduction to Geophysical Fluid Dynamics, *International Geophysics*, (2011).
- [2] Encyclopedia of Ocean Sciences (2001).

Annual and seasonal lightning variations over the Bulgarian Black Sea Coast

Doroteya Koleva¹, Savka Petrova²

¹National Institute of Meteorology and Hydrology – Varna

²Department of Meteorology and Geophysics, Faculty of Physics, Sofia University

With the development of lightning detection networks, the so-called "climatology thunderstorms" began to be discussed in scientific literature. Lightning activity varies across different geographical locations and is highly variable on various timescales (annual, seasonal, monthly, and daily). The coastal area is a unique region, transitional zone between land and sea, characterized by diurnal wind circulation. Lightning variations over the Bulgarian Black Sea coast for a 10-year period are presented. Lightning data provided by ZEUS system.

Seasonal and diurnal flash densities (number of flashes/km²) over Bulgarian Black Sea coast and the entire the Black Sea coast are compared. The analysis reveals that in spring and summer, flash density is higher over the Bulgarian Black Sea coast compared to the entire Black Sea coast, while in autumn, the situation is reversed. During winter, the values of flash density are the same over both coastal areas. The annual-diurnal variation in flash density shows that the maximum lightning activity over the Black Sea coast occurs between 0900-1200 UTC, while over the Bulgarian Black Sea coast, it occurs between 1200-1500 UTC. The minimum flash density is observed during the same interval, 2100–2400 UTC, over both coastal areas.

Additionally, the work presents the distribution of lightning across four equal-sized areas (0.5° x 0.5° degrees) into which the Bulgarian Black Sea coast has been conventionally divided. These areas are named after cities located in each respective region: Shabla, Varna, Sunny Beach, and Primorsko. The focus is on: (a) identify the seasonal maximum and minimum in lightning activity for each specific coastal zone; (b) Determine which of the four coastal zones has the most pronounced thunderstorm activity; (c) reveals the diurnal variation of lightning over.

Acknowledgments: This study is financed by the European Union-Next Generation EU, through the National Recovery and Resilience Plan of the Republic of Bulgaria, project SUMMIT BG-RRP-2.004-0008-C01

Годишен и сезонен ход на честотата на мълниите над Българското Черноморско крайбрежие

Доротея Колева¹, Савка Петрова²

¹Национален институт по метеорология и хидрология – Варна

²Физически факултет на Софийски университет "Св. Климент Охридски"

С развитието на мрежите за регистрация на мълниите, в научната литература започва да се говори за така наречената „климатология на гръмотевичните облаци“. Честота на мълниите варира в зависимост от географското местоположение и времеви интервал (годишен, сезонен, месечен и денонощен). Крайбрежната зона се явява преходна област между сушата и морето и се характеризира със специфична и ясно изразена дневна циркулация на вятъра. Поради тази причина в настоящата работа се изследва честотата на мълниите над Българското Черноморско крайбрежие, като са използвани данни за 10-годишен период (предоставени от ЗЕУС мрежата за регистрация на мълнии). Сравняват се сезонната и денонощната честота на мълниите (брой мълнии/km²) над Българското Черноморие и над цялото Черноморско крайбрежие. Анализът показва, че през пролетта и лятото честотата на мълниите доминира над Българско Черноморско крайбрежие спрямо тази над целият Черноморски бряг, докато през есента е обратното. През зимата честота на мълниите е еднаква и в двете крайбрежни зони. Годишно-денонощният ход на честотата на мълниите показва, че максималната честота над Черноморския бряг е в интервала 0900-1200 UTC, докато над Българското крайбрежие е в следващия времеви 3 часов диапазон 1200-1500 UTC. Минимумите и над двете брегови зони се наблюдават в един и същи интервал 2100-2400 UTC.

Разпределението на мълниите над Българското Черноморско крайбрежие се разглежда подробно, като условно то е разделено на четири зони (с размер 0,5 0 x 0,5 0 градуса, със съответни имена: „Шабла“, „Варна“, „Слънчев бряг“ и „Приморско“) като се: (а) уточняват сезонните максимуми и минимуми в честота на мълниите за конкретните области на крайбрежието; (б) определено е в коя от четирите области на бреговата линия най-осезаемо са се проявявали мълниите; (с) разкрива се денонощния-сезонен ход на мълниите във четирите района.

Благодарности: Изследването е финансирано от Европейския съюз - NextGenerationEU, чрез Националния план за възстановяване и устойчивост на Република България, проект SUMMIT BG-RRP-2.004-0008-C01

Differential absorption lidar of greenhouse gases implementing broadband laser diodes and correlation spectroscopy

Stoyan Penchev, Vasilka Pencheva, Tanja Dreischuh
Emil Djakov Institute of Electronics
Bulgarian Academy of Sciences

The greenhouse effect of humidity and methane in the low atmosphere a few kilometers above Earth's surface is important for the ecology and weather forecasting. A lidar (laser radar) is advantageous for obtaining continuous real-time data of high temporal and spatial resolution. Particularly, a differential absorption lidar (DIAL) is advantageous for retrieving range-resolved data on atmospheric scattering and simultaneous measurement of the resonance absorption by the atmospheric gas content. Author's original contribution to pioneer studies advancing an effective DIAL by replacement of narrowband lasers with their broadband counterparts is reported [1]. The method is based on spectroscopic correlation technique developed for powerful, pulsed laser diodes of selected wavelengths that match confined segments of the molecular absorption spectrum. Such broadband lidar detects the monitored integral absorption spectrum of the gas instead of an isolated resonance line that depends on pressure broadening.

DIAL hygrometer on complementary powerful, pulsed laser diodes utilizing the properties of the strong absorption band of water vapor of 0.86-0.91 μm unperturbed by the resonance spectra of other atmospheric gases is developed. The detected DIAL signal calibrated by the theoretically-derived absorption function for the detected radiation of broad laser line is immune to the variable atmospheric pressure and temperature. The lidar is comparable to the other lidars of microjoule range based on MOPA (master oscillator/ power amplifier) optical configuration and is approved in series of test measurements. [2].

An original method of differential absorption for detection of the atmospheric content of methane in the near infrared range of the absorption spectrum of second combination overtone is developed. The absorption functions are derived and an effective solution is found eliminating the interference of water vapor by multiplexation of the lidar signal of determined ratio in the detector system [3]. The optimal wavelengths are selected in a spectral window centered at 1.667 μm using calculated parameters of the absorption function on the basis of HITRAN (high-resolution transmission and molecular absorption database).

Acknowledgement: The present research is supported by the Ministry of Education and Science of Bulgaria (support for ACTRIS BG, part of the National Roadmap for Research Infrastructure).

References

- [1] B. Thomas, G. David, C. Anselmo et.al., Remote sensing of atmospheric gases with optical correlation spectroscopy and lidar: first experimental results on water vapor profile measurements, *App. Phys. B*, Vol. 113, pp. 265–275 (2013).
- [2] S. Penchev, V. Pencheva and T. Dreischuh, Advanced portable DIAL hygrometer on powerful pulsed laser diodes with fibre-optical cascade collimator. *J. Physics: Conference Series*, p.1859 (2021).
- [3] S. Penchev, V. Pencheva and T. Dreischuh, DIAL sounder of methane insensitive to variable humidity based on broadband laser diodes, *Compt. rendus de l'Acad. Bulgare des Sciences*, Vol. 76, Issue 3, pp. 352-358 (2023).

Лидар на диференциална абсорбция за сондиране на парникови газове с широкоспектръни лазерни диоди и метод на корелационна спектроскопия

Стоян Пенчев, Василка Пенчева, Таня Драйшу
Институт по електроника акад. Емил Джаков, БАН

Изследването на съдържанието на парниковите газове е важно за прогнозиране на времето и превенцията на климатичните промени. Водните пари са основен парников газ, на който дължим умерения земен климат, а метанът чисто фоновото ниво се е удвоило за последните двеста години, играе ключова роля в ускоряването на парниковия ефект. Използването на лидари (light emission and detection) за сондиране на атмосферни нееднородности по лидарното трасе се характеризира с високо пространствено и времево разрешение на получените данни в реално време. Конкретно, лидарите на диференциална абсорбция (ДИАЛ) регистрират обратно-разсеяни сигнали на две дължини на вълната за измерване на газовото съдържание. В доклада е представен оригинален авторски принос към метода на корелационна спектроскопия, при който лазерите с тясна излъчвателна линия са заменени с лазери с широкоспектрно лъчение в интегрални области от абсорбционния спектър вместо отделни зависимости от налягане и температура линии [1].

Разработен е ДИАЛ хигрометър с комплиментарна двойка мощни импулсни лазерни диоди, в областта на абсорбционен спектър на водните пари на дължини на вълната 0.86 μm -0.91 μm , който е изолиран от спектрите на другите атмосферни газове. Регистрираният ДИАЛ сигнал, калибриран по теоретично-изведена абсорбционна функция за широкоспектрното лазерно лъчение, е независим от променливите атмосферно налягане и температура. Лидарът е съпоставими по енергийни характеристики с лидари от микро-джауловия диапазон и е априориран в серия контролни измервания [2].

Представен е оригинален метод на диференциална абсорбция за сондиране на атмосферното съдържание на метан в областта на абсорбционен спектър на втори комбинационен обертон в близкия инфрачервен диапазон. Изведени са абсорбционните функции и е намерено решение за елиминиране на паразитното поглъщане от водните пари, посредством мултиплексиране на лидарните сигнали в определено съотношение в приемната система. Зададени са оптимални стойности на дължините на вълната в спектралния прозорец около 1.667 μm на основата на априорна спектрална информация HITRAN [3].

Благодарности: Настоящото изследване е финансирано от Министерството на образованието и науката (подкрепа за ACTRIS BG, част от НПКНИ).

- [1] B. Thomas, G. David, C. Anselmo et.al., Remote sensing of atmospheric gases with optical correlation spectroscopy and lidar: first experimental results on water vapor profile measurements, *App. Phys. B*, Vol. 113, pp. 265–275 (2013).
- [2] S. Penchev, V. Pencheva and T. Dreischuh, Advanced portable DIAL hygrometer on powerful pulsed laser diodes with fibre-optical cascade collimator. *J. Physics: Conference Series*, p.1859 (2021).
- [3] S. Penchev, V. Pencheva and T. Dreischuh, DIAL sounder of methane insensitive to variable humidity based on broadband laser diodes, *Compt. rendus de l'Acad. Bulgare des Sciences*, Vol. 76, Issue 3, pp. 352-358 (2023).

Indications of Saharan dust passages over Sofia City based on analysis of near-ground PM mass concentrations

*Tsvetina Evgenieva, Ljuan Gurdev, Elena Vakareeva, Tanja Dreischuh
Institute of Electronics, Bulgarian Academy of Sciences*

The main purpose of the present report is to describe and discuss the possibility of recognizing Saharan dust situations over Sofia using data on the ground-level particulate-matter (PM) mass concentrations PM_{10} and $PM_{2.5}$ from a background automatic measuring station (AMS) and an urban AMS of the National Automated System for Environmental Monitoring of the Ministry of Environment and Water. Additional validation data were also employed from an AERONET-involved sun/sky/lunar photometer Cimel CE318-TS9, the HYSPLIT and MONARCH models, the FIRMS satellite system and the National Institute of Meteorology and Hydrology. They concerned, respectively, the optical and microphysical characteristics of the aerosol field over Sofia, the back trajectories of the air masses ending over Sofia, the Saharan dust load, the fire activity worldwide and the weather conditions.

It was shown that: (1) significant increases of the daily-mean PM_{10} mass concentration (above $50 \mu g m^{-3}$ or $70 \mu g m^{-3}$) measured at the background AMS were due in 74% and 86% of all cases, respectively, to intense Saharan dust events, with dust load $DL > 0.05 g m^{-2}$; (2) peak values of PM_{10} above $25-30 \mu g m^{-3}$ along with simultaneous deep declines in the ratio $R = PM_{2.5}/PM_{10}$ down to around and below 0.1–0.2 were as a rule indications of Saharan dust events with $DL > 0.15-0.20 g m^{-2}$; (3) high PM_{10} above $40-50 \mu g m^{-3}$ at $DLs < 0.05 g m^{-2}$ were due to smoke of fires in the summer and domestic heating in the winter, or mixtures of smoke and marine aerosols and small amounts of desert dust; and (4) PM_{10} measured by the background AMS correlated mainly with PM_{10} and to a lower extent with $PM_{2.5}$ measured by the urban AMS.

Thus, using the peculiarities established in the behavior of the near-ground *in situ* measured mass concentrations PM_{10} and $PM_{2.5}$ under conditions of intense Saharan dust intrusions, with a high degree of confidence one can identify and confirm the occurrence of such intrusions over the region of Sofia City.

This work has been carried out in the framework of the ACTRIS BG, part of the Bulgarian National Roadmap for Research Infrastructure, and in the framework of the National Science Program "Environmental Protection and Reduction of Risks of Adverse Events and Natural Disasters" (Agreement No. D01-27/06.02.2024), both supported by the Ministry of Education and Science of Bulgaria. The research has been also funded by the European Commission under the Horizon 2020 – Research and Innovation Framework Program, Grant Agreement No. 871115 (ACTRIS IMP).

Индикации за преминаване на прах от Сахара над град София въз основа на анализ на приземните масови концентрации на фини прахови частици

*Цветина Евгениева, Люан Гърдев, Елена Вакареева, Таня Драйшу
Институт по електроника, Българска академия на науките*

Основна цел на настоящия доклад е да се анализират възможностите за разпознаване на наличието на пренос на сахарски прах над гр. София, използвайки данни за приземните масови концентрации на аерозолни частици (particulate matter, PM) с размери $< 10 \mu m$ (PM_{10}) и $< 2.5 \mu m$ ($PM_{2.5}$), измерени от една фоновая автоматична измервателна станция (АИС) и една градска АИС на Националната автоматична система за мониторинг на околната среда на Министерството на околната среда и водите. Използвани са и допълнителни данни от: слънчев/небесен/лунарен фотометър Cimel CE318-TS9 (част от AERONET), моделите HYSPLIT и MONARCH, спътниковата система FIRMS и Националния институт по метеорология и хидрология. Те се отнасят до: оптичните и микрофизичните характеристики на аерозолното поле; обратните траектории на въздушните маси, пристигащи над града; наличието на пустинен прах в атмосферата над града; пожарните огнища по света и метеопараметрите.

Показано е, че: (1) значителни нараствания на среднодневните PM_{10} масови концентрации (над $50 \mu g m^{-3}$ или $70 \mu g m^{-3}$), измерени във фоновата АИС се дължат в съответно 74% и 86% от случаите на интензивни нахлувания на сахарски прах, с прахов товар (dust load, DL) $> 0.05 g m^{-2}$; (2) пикови стойности на PM_{10} над $25-30 \mu g m^{-3}$, при едновременно дълбоки спадове на отношението $R = PM_{2.5}/PM_{10}$ до около и под 0.1–0.2 са като правило показател на наличие на сахарски прах с $DL > 0.15-0.20 g m^{-2}$; (3) при PM_{10} над $40-50 \mu g m^{-3}$ и $DL < 0.05 g m^{-2}$, високата концентрация се дължи на дим от пожари през лятото и битово отопление през зимата, или на смеси от дим и малки количества морски аерозоли и сахарски прах и (4) флукуациите на PM_{10} от фоновата АИС корелират основно с флукуациите на PM_{10} и в по-малка степен с тези на $PM_{2.5}$ от градската АИС.

Използвайки установените особености в поведението на приземните, измерени *in situ* PM_{10} и $PM_{2.5}$ масови концентрации в условията на интензивен атмосферен пренос на сахарски прах, с висока степен на достоверност може да се идентифицира и потвърди наличието на такъв пренос над гр. София.

Изследването е проведено в изпълнение на работната програма на консорциум ACTRIS BG, част от Националната пътна карта за научна инфраструктура, и на Националната научна програма „Опазване на околната среда и намаляване на риска от неблагоприятни явления и природни бедствия“ (Споразумение № D01-27/06.02.2024), финансирани от Министерството на образованието и науката. Финансова подкрепа е получена и от Европейската комисия, Програма Хоризонт 2020, договор No. 871115 (ACTRIS IMP).

Photometric studies of the aerosol climatology and typology over the city of Sofia in the period 2020 – 2024

*Tsvetina Evgenieva, Eleonora Toncheva, Ljuan Gurdev, Tanja Dreischuh
Institute of Electronics, Bulgarian Academy of Sciences*

The aim of the work reported is studying the climatology and typology of the aerosol fields above the city of Sofia in a period extending from 05.05.2020 to 29.02.2024. The research is based on analyses of optical and microphysical characteristics as obtained following algorithms of AERONET (NASA's AErosol RObotic NETwork) using data collected by measurements of solar irradiance and sky radiance performed by means of a Cimel CE318-TS9 sun/sky/lunar photometer. The photometer is a part of the research equipment of Sofia Aerosol Remote Sensing Station at the Institute of Electronics, Bulgarian Academy of Sciences, which is a member of the Pan-European Research Infrastructure ACTRIS (Aerosol, Clouds and Trace gases Research InfraStructure) and of the European networks EARLINET (European Aerosol Research Lidar NETwork) and E-profile.

The data analyzed concern two two-year subperiods, as well as the entire period. The analyses demonstrate that the frequency distribution of the AOD_{440} and $AE_{440/870}$ are respectively bimodal and trimodal with close peak and mean values. The $AE_{440/870}$ – AOD_{440} diagrams of these parameters' daily mean values show similar climatology and typology during the different subperiods. The classification of the aerosol types (urban, desert, mixed and biomass burning) made based on these diagrams is confirmed by additional AERONET data, by forecast models for desert dust transport, by the back trajectories of the air masses arriving over the city of Sofia, and by satellite images of active fires across the world. The relative occurrence of the different aerosol types varies weakly during the two subperiods, with the urban aerosols' relative part dropping in the second subperiod, while that of the mixed, desert and biomass burning aerosols is rising.

The results obtained indicate that the annual aerosol circulation over the city of Sofia is rather stable from statistical, typological and climatological points of view; however, each year is characterized by specific features reflecting occasional phenomena of local or global nature.

This research is funded by the Ministry of Education and Science of Bulgaria (support for ACTRIS BG, part of the Bulgarian National Roadmap for Research Infrastructure) and by the European Commission under the Horizon 2020 – Research and Innovation Framework Program, Grant Agreement No. 871115 (ACTRIS IMP).

Фотометрично изследване на аерозолната климатология и типология над град София в периода 2020 – 2024 г.

*Цветина Евгениева, Елеонора Тончева, Люан Гърдев, Таня Драйшу
Институт по електроника, Българска академия на науките*

Целта на настоящата работа е да се изследват климатологията и типологията на аерозолните полета над гр. София в периода от 05.05.2020 г. до 29.02.2024 г. Изследванията се основават върху анализ на оптичните и микрофизичните характеристики на аерозолите, получени по алгоритми на AERONET (NASA's AErosol RObotic NETwork), използвайки данни от измервания на слънчевата и небесната радиация, направени със слънчев/небесен/лунарен фотометър Cimel CE318-TS9. Фотометърът е част от инструментариума на Софийската станция за дистанционно сондиране на аерозолите към Института по електроника - БАН, която е член на пан-Европейската научна инфраструктура ACTRIS (Aerosol, Clouds and Trace gases Research InfraStructure) и на Европейските мрежи EARLINET (European Aerosol Research Lidar NETwork) и E-profile.

Данните са анализирани за два двугодишни подпериода и за целия период. Анализът показва, че честотните разпределения на реализациите на AOD_{440} и $AE_{440/870}$ са съответно двумодови и тримодови с близки пикови и средни стойности. Диаграмите $AE_{440/870}$ - AOD_{440} на среднодневните стойности на тези параметри показват сходна климатология и типология през различните подпериоди. Класификацията на типовете аерозоли (градски, пустинни, смесени и от изгаряне на биомаса), направена въз основа на тези диаграми, се потвърждава от допълнителни AERONET данни, от модели за прогнозиране на разпространението на пустинен прах и на обратните траектории на въздушните маси, пристигащи над гр. София, както и от сателитни изображения на активните пожари по света. Относителната проява на аерозоли от различните типове варира слабо през двата подпериода, като през втория подпериод относителният дял на градските аерозоли намалява, а този на смесените, пустинните и от изгаряне на биомаса аерозоли се увеличава.

Получените резултати показват, че годишната аерозолна циркулация над гр. София е относително устойчива от статистическа, типологична и климатологична гледна точка, като всяка година се характеризира и със специфични особености, поради извънредни явления от местен и глобален характер.

Настоящото изследване е финансирано от Министерството на образованието и науката (подкрепа за ACTRIS BG, част от Националната пътна карта за научна инфраструктура) и от Европейската комисия, Програма Хоризонт 2020, договор No. 871115 (ACTRIS IMP).

Complex study of atmospheric aerosols over Sofia during winter outbreak of Saharan desert dust

*Liliya Vulkova, Zahari Peshev, Tsvetina Evgenieva, Atanaska Deleva, Tanja Dreischuh
Institute of Electronics, Bulgarian Academy of Sciences*

The severity and frequency of Saharan dust outbreaks during the winter have increased recently, making them a crucial part of the global dust cycle and a difficult problem to understand in the context of ongoing climate change. The distribution and properties of desert aerosols have to be thoroughly analyzed by multi-aspect analyses and systematic multi-instrument observations throughout the entire duration of dust events in order to provide sufficient monitoring and characterization.

Our study presents findings from a multi-sensor combined analysis of the Saharan dust load event that was detected in the atmosphere above Sofia, Bulgaria, in February 2021. A blocking synoptic pattern that lingered over the Mediterranean basin, resulting in clear skies and stable measurement conditions, was the cause of the event, which was part of a strong dust episode that affected all of Europe.

To accomplish this study, real measurements and data (re)analysis were performed using a variety of remote sensing techniques (lidar, satellite, and radiometric), in situ particle analysis, and modeling/forecasting resources. Many columnar and range/time-resolved parameters (optical, microphysical, physical, topological, and dynamical) of the detected aerosols, which are dominated by desert dust, were obtained and profiled with high accuracy and reliability by combining the applied approaches and instruments in terms of complementarity, calibration, and normalization.

Based on the results, it is possible to significantly improve the verification and enhancement of theoretical models aiming at comprehensive aerosol/dust characterization by combining and using a number of pertinent techniques, instruments, and data in an interactive manner.

The present research is supported by the Ministry of Education and Science of Bulgaria (support for ACTRIS BG, part of the National Roadmap for Research Infrastructure) and by the European Commission under the Horizon 2020 – Re-search and Innovation Framework Program, Grant Agreement No. 871115 (ACTRIS IMP).

Комплексно изследване на атмосферните аерозоли над град София по време на зимен пренос на пустинен прах от Сахара

*Лилия Вълкова, Захари Пешев, Цветина Евгениева, Атанаска Делева, Таня Драйшу
Институт по електроника, Българска академия на науките*

Зимните емисии на сахарски прах, нарастващи по интензитет и честота през последното десетилетие, се превръщат във важен компонент на глобалния прахов цикъл и в предизвикателство за изясняване на връзката с продължаващото изменение на климата. За тяхното адекватно изследване и характеризиране са необходими систематични наблюдения с множество инструменти и многоаспектни анализи на разпределението и свойствата на пустинните аерозоли, обхващащи цялата продължителност на праховите събития.

В тази работа представяме резултати от изследвания на атмосферните аерозоли над град София по време на интензивен прахов епизод над цяла Европа през февруари 2021 г., обусловен от постоянен блокиращ метеорологичен модел над средиземноморския басейн, осигуряващ ясно небе и постоянни условия за измерване. Тези изследвания са извършени с помощта на различни методи за дистанционно наблюдение (лидарни, сателитни, радиометрични), локални (*in situ*) измервания, както и методи и ресурси за моделиране/прогнозиране с използване на реални измервания и (ре)анализ на данни.

Чрез комбиниране на приложените подходи и инструменти в аспект на взаимно допълване, калибриране и нормализиране, са получени и вертикално профилирани с повишена точност и надеждност редица оптични, микрофизични, физични, топологични и динамични характеристики на детектираните аерозоли. Анализирани са както осреднени по цялата атмосфера (колонни) параметри, така и такива с висока пространствена разделителна способност.

Представените резултати показват, че интерактивното комбиниране и използване на различни релевантни подходи, инструменти и данни имат значителен синергичен ефект и потенциал за верификация и подобряване на теоретични модели, насочени към по-пълно характеризиране на атмосферните аерозоли, в това число и пустинен прах.

Настоящото изследване е финансирано от Министерството на образованието и науката (подкрепа за ACTRIS BG, част от Националната пътна карта за научна инфраструктура) и от Европейската комисия, Програма Хоризонт 2020, договор No. 871115 (ACTRIS IMP).

Remote sensing of Canadian forest fire smoke in the atmosphere over the city of Sofia

*Stefan Dosev, Tsvetina Evgenieva, Ljuan Gurdev, Zahari Peshev, Liliya Vulkova, Eleonora Toncheva, Lyubomir Popov, Orlin Vankov, Tanja Dreischuh
Institute of Electronics, Bulgarian Academy of Sciences*

Forest fires are of considerable importance in forming the solar energy distribution in the Earth's atmosphere due to biomass burning smoke's strong light absorption. Being a significant air pollutant, smoke is a major factor in the occurrence of adverse climate changes, besides causing severe health problems. Thus, the necessity has arisen of global scale monitoring of the intensive forest fires smoke spread, together with studying the smoke aerosol specifics. The modern *in situ* and remote (active and passive) research techniques provide a wide range of experimental data related to the optical and microphysical characteristics of the atmospheric aerosol field and its dynamics.

According to the World Meteorological Organization, 2023 was a year of record-breaking air temperatures and, respectively, of extreme fire activity on a worldwide scale. This resulted in a substantial societal and scientific interest in studying the atmospheric aerosol content.

The present work provides results of active and passive remote sensing of the aerosol field over the city of Sofia in early October 2023, thus revealing the effect of smoke aerosols originating from close and distant forest fires. Using lidar, ceilometer, and sun-photometer data, the stratification of aerosols together with their optical and microphysical characteristics were determined.

The data analyses indicate that during the period in question the atmosphere above the city of Sofia was dominated by aerosol particles released from biomass burning, prevailing in Canada and partially in Europe, mixed with lesser amounts of anthropogenic, marine and desert aerosols. These results were supported by satellite mapping of active fires across the world, model data on the Saharan dust transport and on the air masses back trajectories, as well as by meteorological data.

This research is funded by the Ministry of Education and Science of Bulgaria (support for ACTRIS BG, part of the Bulgarian National Roadmap for Research Infrastructure) and by the European Commission under the Horizon 2020 – Research and Innovation Framework Program, Grant Agreement No. 871115 (ACTRIS IMP).

Дистанционно сондиране на дим от канадски горски пожари в атмосферата над град София

*Стефан Досев, Цветина Евгениева, Люан Гърдев, Захари Пешев, Лилия Вълкова, Елеонора Тончева, Любомир Попов, Орлин Ванков, Таня Драйиу
Институт по електроника, Българска академия на науките*

Горските пожари играят значителна роля в разпределението на слънчевата енергия в атмосферата, тъй като димът от изгаряне на биомаса силно поглъща светлината. Бидейки съществен замърсител на въздуха, той е важен фактор за настъпването на нежелани климатични промени, а също така причинява и сериозни здравословни проблеми. Това обуславя необходимостта от проследяване в глобален мащаб на разпространението на дима от интензивни горски пожари и изучаването на спецификата на димните аерозоли. Съвременните *in situ* и дистанционни (активни и пасивни) изследователски методи предоставят широк набор от експериментални данни относно оптичните и микрофизичните характеристики на атмосферното аерозолно поле и неговата динамика.

Съгласно Световната метеорологична организация, 2023 г. е година на рекордно високи температури на въздуха и, съответно, екстремална пожарна активност в световен мащаб, което обуславя значителния обществен и научен интерес към изследване на аерозолното съдържание на атмосферата.

В настоящата работа са представени резултати от активно и пасивно дистанционно сондиране на аерозолното поле над град София в началото на месец октомври 2023 г., разкривайки влиянието на димни аерозоли от по-близки и по-далечни горски пожари. Определени са аерозолната стратификация и оптичните и микрофизични аерозолни характеристики по данни от лидар, сейлометър и слънчев фотометър.

Анализът на данните показва, че през разглеждания период в атмосферата над София доминират аерозолни частици от изгаряне на биомаса, предимно от Канада и частично от Европа, примесени с по-малки количества антропогенни, морски и пустинни аерозоли. Получените резултати са потвърдени и от сателитни карти на активните пожари по света, моделни данни за преноса на Сахарски прах и за обратните траектории на въздушните маси, както и от метеорологични данни.

Настоящото изследване е финансирано от Министерството на образованието и науката (подкрепа за ACTRIS BG, част от Националната пътна карта за научна инфраструктура) и от Европейската комисия, Програма Хоризонт 2020, договор No. 871115 (ACTRIS IMP).

Current State of the Seismological Network of Sofia University*L. Dimova, E. Pandourska, R. Raykova**Dept. Meteorology and Geophysics, Faculty of Physics, Sofia University „St. Kliment Ohridski“*

The Bulgarian University Seismic Network (BUSN), established in Faculty of Physics, Sofia University „St. Kliment Ohridski“, aims to support specific research topics and experiments in seismology. Currently, the network consists of two stations: SOFSU and SRKO.

Station SOFSU, located at the Faculty of Physics, SU (42.67304°N, 23.32938°E, elevation 609 m), began operations in September 2023 and includes a 3-component Geophone (4.5 Hz) with a PSN-ADC24 digitizer. There are several publications using the records from this equipment [1]. Later, the modern Velbox system including a SS02 seismometer (0.2 Hz) and a SL06 seismic recorder was added. The mobility of the Velbox system enables the short-time measurements of the seismic noise in various points by detecting resonance frequencies of the soil and buildings.

Station SRKO, located in Sredni Kolibi (42.91834°N, 25.73967°E, elevation 424 m), became operational in August 2024. It is equipped with a broad-band SS08 sensor (50 Hz to 120 s) and digitizer SL06BB, capturing a wide range of seismic signals and possibilities for complex seismological studies. Presently, the SRKO station records are used to obtain the focal mechanisms of earthquakes in Bulgaria and its surroundings by INPAR method. The wide frequency range of SRKO instrumentation allows the good-quality registration of local and teleseismic earthquakes and continuous record of seismic noise.

The BUSN is registered with code “B” through the FDSN system (DOI: 10.7914/tawk-rh33), and soon the records of SOFSU station will be freely available allowing collaboration with global seismological networks.

Acknowledgements: *This study is financed by the European Union-NextGenerationEU, through the National Recovery and Resilience Plan of the Republic of Bulgaria, project № BG-RRP-2.004-0008-C01 - „Investigation of the FMs of earthquakes with magnitude $M \geq 4$ in the territory of Bulgaria and its surroundings“, 70-123-265/19.02.2024.*

References

- [1] L. Dimova, L. Dimitrova, R. Raykova, First station from the Sofia University Seismic Network. *Rev. Bul. Geol. Soc.*, Vol. 84, Issue 3, pp. 337-340 (2023).

Текущо състояние на сеизмичната мрежа на Софийски университет*Л. Димова, Е. Пандурска, Р. Райкова**Катедра „Метеорология и геофизика“, Физически факултет, Софийски университет „Св. Климент Охридски“*

Българската университетска сеизмична мрежа (BUSN), създадена във Физически факултет, СУ „Св. Климент Охридски“, цели да подпомогне специфични изследвания и експерименти в сеизмологията. В момента мрежата се състои от две станции: SOFSU и SRKO.

Станция SOFSU, разположена във Физически факултет, СУ (42.67304°N, 23.32938°E, надморска височина 609 m), започва работа през септември 2023 г. и включва 3-компонентен геофон (4.5 Hz) с дигитайзер PSN-ADC24. Записите от тази апаратура са използвани в няколко публикации [1]. По-късно е добавена модерната Velbox система, включваща сеизмометър SS02 (0.2 Hz) и сеизмичен рекордер SL06. Подвижността на Velbox системата позволява провеждането на кратковременни измервания на сеизмичния шум в различни точки и регистрирането на резонансни честоти на почвата и сградите.

Станция SRKO, разположена в с. Средни Колиби (42.91834°N, 25.73967°E, надморска височина 424 m), започва работа през август 2024 г. Тя е оборудвана с широколентов сензор SS08 (50 Hz до 120 s) и дигитайзер SL06BB, улавящ широк диапазон от сеизмични сигнали и даващ възможност за комплексни сеизмологични изследвания. Понастоящем записите от станция SRKO се използват за получаване на фокалните механизми на земетресения в България и околностите по метода INPAR. Широкият честотен диапазон на апаратурата на SRKO позволява регистрация с добро качество на локални и телесеизмични земетресения, както и непрекъснат запис на сеизмичния шум.

BUSN мрежата е регистрирана с код “B” през системата FDSN (DOI: 10.7914/tawk-rh33). Записите от станция SOFSU ще бъдат свободно достъпни в близко време, позволявайки сътрудничество с глобални сеизмични мрежи.

Благодарности: *Това изследване е финансирано от Европейския съюз – NextGenerationEU, чрез Националния план за възстановяване и устойчивост на Република България, проект № BG-RRP-2.004-0008-C01 – „Изследване на фокалните механизми на земетресения с магнитуд $M \geq 4$ на територията на България и околностите“, 70-123-265/19.02.2024.*

Литература

- [1] L. Dimova, L. Dimitrova, R. Raykova, First station from the Sofia University Seismic Network. *Rev. Bul. Geol. Soc.*, Vol. 84, Issue 3, pp. 337-340 (2023)

IV НАЦИОНАЛЕН КОНГРЕС ПО ФИЗИЧЕСКИ НАУКИ

07-09.10.2024 г.

Секция 6 **Астрономия и астрофизика**

Председател: проф. Евгени Семков (ИА-БАН)

Координатори: г-жа Свежина Димитрова (Обсерватория Варна)

доц. д-р Тодор Велчев (ФзФ-СУ)

Поканени доклади

1. **К. Козарев:** „Модернизацията на телескопа LOFAR и станцията LOFAR-BG: текущо състояние и бъдещо развитие“

Устни доклади

1. **Р. Митева:** „Магнитната структура на слънчеви активни области и нейното влияние върху космическото време“
2. **В. Георгиев:** „Обяснение на феномените, тъмната енергия и тъмната материя, с помощта на теорията за инвариантен вакуум“
3. **А. Епифанов:** „Определяне на популацията на свръхтермални йони за моделирането на глобалния транспорт на високоенергитични частици с помощта на измервания на Parker Solar Probe“
4. **О. Степанюк:** „Сегментиране и проследяване на еруптивни слънчеви явления с конволюционни невронни мрежи“
5. **Ц. Цветков:** „Тайните на затъмненото Слънце“
6. **Л. Илиев:** „Класическата Ве-звезда Плеяона в нейната повтаряща се активна фаза“
7. **С. Донков:** „Локален и глобален скалиращ закон за масовата плътност в молекулярни облаци“
8. **Р. Желева:** „Сенки на въртящ се пространствено-времеви тунел с топологичен заряд“
9. **Б. Михов:** „Фотометричен анализ на Сийфъртовите галактики IRAS F17141+3115 и IRAS F17389+0350“
10. **Л. Славчева-Михова:** „Активни галактични ядра в родителски галактики от ранен тип“
11. **Д. Кирилова:** „Космологични ограничения върху неутринната физика отвъд стандартния модел“
12. **М. Манушева:** „Космологични ограничения върху неутринните осцилации“
13. **Е. Чижов:** „Космологични ограничения върху кирални тензорни частици“
14. **Н. Такучев:** „Глобалното затопляне-астрономически феномен без връзка с парниковите газове в земната атмосфера?“

Постерни доклади

1. **Р. Заманов:** „Повторните нови RS Oph и T CrB, и техния минимум преди избухване“
2. **М. Томова:** „Изследване на BF Cygni по време на избухването ѝ през 2017 г.“
3. **М. Дечев:** „Съвместен научно-изследователски проект "Active Events On The Sun. Catalogs Of Proton Events And Electron Signatures In X-Ray, Uv And Radio diapason. Influence of Collisions on Optical Properties of Dense Hydrogen Plasma“

The LOFAR Telescope Upgrade and LOFAR-BG Station - Current Status and Future Developments

Kamen Kozarev¹, Rositsa Miteva¹, Antoaneta Antonova¹, Asen Mutafov¹, Momchil Dechev¹, Vergil Yotov¹, Mohamed Nedal¹, Evgeni Semkov¹, Dragomir Marchev², Nikola Petrov¹, Zhivko Tenev¹, Oleg Stepanyuk¹, Dimitar Sotirov¹, Vladimir Bozhilov³, Evgeni Ovcharov³

¹*Institute of Astronomy and National Astronomical Observatory, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria*

²*Department of Physics and Astronomy, Faculty of Natural Sciences, University of Shumen, 9712 Shumen, Bulgaria*

³*Department of Astronomy, Faculty of Physics, Sofia University "St. Kliment Ohridski", BG-1164 Sofia, Bulgaria*

Over the past 20 years, low-frequency radio astronomy has opened a new window on the Universe. Distributed array telescopes, capable of fast interferometric imaging observations and electronic pointing have completely changed the technical and scientific approaches to studying various aspects of cosmic phenomena at frequencies between 20 and 300 MHz. Among them notable is the Low-Frequency Array (LOFAR) – the largest and most sensitive low-frequency radio telescope in the world, with its core in the Netherlands and observing stations throughout Europe. Bulgaria has been working towards building its own observing station through the project LOFAR-BG. The Bulgarian station will be the easternmost and southernmost of the array, and will significantly increase the angular resolution of LOFAR. It will function as part of the interferometric array of LOFAR, but will also be capable of standalone observations. We provide an overview of the scientific goals of the LOFAR-BG station, as well as a report on the current technical developments and preparations for its rollout in 2025.

Модернизацията на телескопа LOFAR и станцията LOFAR-BG - текущо състояние и бъдещо развитие

Камен Козарев¹, Росица Митева¹, Антоанета Антонова¹, Асен Мутафов¹, Момчил Дечев¹, Вергил Йотов¹, Мохамед Недал¹, Евгени Семков¹, Драгомир Марчев², Никола Петров¹, Живко Тенев¹, Олег Степанюк¹, Димитър Сотиров¹, Владимир Божилов³, Евгени Овчаров³

¹*Институт по астрономия с НАО, Българска академия на науките, София, България*

²*Шуменски университет Еп. „К. Преславски“, Шумен, България*

³*Катедра Астрономия, Физически факултет, Софийски университет „Св. Климент Охридски“, София, България*

През последните 20 години нискочестотната радиоастрономия отвори нов прозорец към Вселената. Телескопите с разпределена решетка, способни на бързи интерферометрични изображения и електронно насочване, напълно промениха техническите и научните подходи за изучаване на различни аспекти на космическите явления при честоти между 20 и 300 MHz. Сред тях забележителен е Low-Frequency Array (LOFAR) – най-големият и най-чувствителен нискочестотен радиотелескоп в света, с ядро в Холандия и наблюдателни станции в цяла Европа. България работи за изграждане на собствена наблюдателна станция чрез проекта LOFAR-BG. Българската станция ще бъде най-източната и най-южната от масива и значително ще увеличи ъгловата разделителна способност на LOFAR. Тя ще функционира като част от интерферометричния масив на LOFAR, но също така ще може да извършва самостоятелни наблюдения. Предоставяме преглед на научните цели на станцията LOFAR-BG, както и доклад за текущото техническо развитие и подготовката за построяването ѝ през 2025 г.

On the magnetic structure of solar active regions and their space weather impact

Rositsa Miteva¹, Mohamed Nedal², Astrid Veronig³, Werner Potzi³

¹*Institute of Astronomy and National Astronomical Observatory, Bulgarian Academy of Sciences, 72 Tsarigradsko Chaussee Blvd., 1784 Sofia, Bulgaria*

²*Dublin Institute for Advanced Studies, Dunsink Observatory, D15 XR2R Dublin, Ireland*

³*Institute of Physics, University of Graz, 8010 Graz and Kanzelhöhe Observatory for Solar and Environmental Research, Austria*

The study presents the first results on the investigation of magnetic properties of solar active regions in terms of the SHARP parameters provided by the SDO/HMI instrument [1]. In total 16 SHARP parameters together with those of the solar (i.e., solar flare class and helio-location and coronal mass ejection speed and angular width) and geomagnetic phenomena (disturbance storm index) are used in our comprehensive statistical study. The finally selected 66 events are the magnetic signatures of all solar activity cases during solar cycle 24 and the ongoing 25, which eventually led to geomagnetic storms (using data from the Kyoto database [2]). Both Pearson and Spearman correlation coefficients have been used for the quantitative assessment. The work summarizes the methodology, steps of the analyses, results, and finally provides a generic interpretation for their space-weather relevance [3]. This research is completed under the Bulgarian-Austrian project “Joint observations and investigations of solar chromospheric and coronal activity” [4] supported by the Bulgarian National Science Foundation project No. KP-06-Austria/5 (14-08-2023) and Austria’s Agency for Education and Internationalisation (OeAD) project No. BG 04/2023.

[1] <http://jsoc.stanford.edu/doc/data/hmi/sharp/sharp.htm> (1 September 2024)

[2] <https://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dst/dir/index.html> (1 September 2024)

[3] R. Miteva, M. Nedal, A. Veronig and W. Potzi, Parameter study of geoeffective active regions, *Atmosphere*, 15, 930 (2024)

[4] <https://astro.bas.bg/project-sun> (1 September 2024)

Магнитната структура на слънчеви активни области и нейното влияние върху космическото време

Росица Митева¹, Мохамед Недал², Астрид Верониг³, Вернер Пьоци³

¹*Институт по астрономия с НАО - БАН, бул. Цариградско шосе № 72, 1784 София, България*

²*Dublin Institute for Advanced Studies, Обсерватория Dunsink, D15 XR2R Дъблин, Ирландия*

³*Институт по физика, Университет Грац, 8010 Грац и Обсерватория Kanzelhöhe, Австрия*

Изследването представя първите резултати от анализа на магнитната структура на слънчеви активни области, а именно чрез т.нар. SHARP параметри по данни от спътника SDO/HMI [1]. В статистическата работа са използвани общо 16 SHARP параметри, заедно с тези характеризиращи слънчевата активност (клас и хелио-позиция на слънчевите избухвания, скорост и ъглов диаметър на коноралните изхвърляния на маса) и геомагнитните смущения (Dst - disturbance storm index). Избрани са 66 събития от слънчев цикъл 24 и настоящия 25-ти, за които са намерени данни и които са свързани с геомагнитни бури (по данни от базата данни на Kyoto [2]). Корелационни коефициенти (Pearson, Spearman) са използвани за количествената оценка. Научната разработка представя избраната методология, основните стъпки при анализа на данните и получените резултати. Предложена е интерпретация за влиянието на магнитната структура на активните области върху космическото време [3].

Това изследване е финансирано от Българо-австрийския проект “Joint observations and investigations of solar chromospheric and coronal activity” [4] на Фонд Научни изследвания с проект No. KP-06-Austria/5 (14-08-2023) и Austria’s Agency for Education and Internationalisation (OeAD) project No. BG 04/2023.

[1] <http://jsoc.stanford.edu/doc/data/hmi/sharp/sharp.htm> (1 September 2024)

[2] <https://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dst/dir/index.html> (1 September 2024)

[3] R. Miteva, M. Nedal, A. Veronig and W. Potzi, Parameter study of geoeffective active regions, *Atmosphere*, 15, 930 (2024)

[4] <https://astro.bas.bg/project-sun> (1 September 2024)

Explaining the Dark Energy and Dark Matter phenomena within the Scale Invariant Vacuum (SIV) Paradigm

Vesselin G. Gueorguiev^{1,2}, Andre Maeder³

¹Institute for Advanced Physical Studies, Sofia, Bulgaria

²Ronin Institute for Independent Scholarship, Montclair, NJ, USA

³Geneva Observatory - chemin des Maillettes 51, CH-1290 Sauverny, Switzerland

The phenomenon of Dark Energy (DE) is generally viewed as a place holder for the energy that drives the accelerated expansion of the Universe. The non-zero Einstein Cosmological Constant Λ_E is one possible DE manifestation as a constant energy density of the vacuum that does not seem to gravitate. Here we utilize the non-zero Λ_E within the idea of scale invariant cosmology and re-derive the relevant scale factor λ and its defining equations within the Scale Invariant Vacuum (SIV) paradigm [1,2]; then, we address the problem of the missing mass at galactic and extra galactic scales by deriving a MOND-like relation $g^2 < a_0 g_N$ within the SIV paradigm [3]. The corresponding values for Λ_E and the MOND fundamental acceleration a_0 are shown to be at the correct order of magnitude as observed, that is, $a_0 \approx 10^{-10} \text{ m/s}^2$ and $\Lambda_E \approx 1.8 \times 10^{-52} \text{ m}^{-2}$ [4]. A new early-dark energy term $T_{\mu\nu} \sim \kappa H$ due to the SIV theory is introduced that is relevant for the Hubble tension problem.

- [1] Maeder, A., Gueorguiev, V. G., Action Principle for Scale Invariance and Applications (Part I), *Symmetry* Vol 15, Issue 11, p. 1966 (2024).
- [2] Gueorguiev, V. G., Maeder, A., The Scale-Invariant Vacuum Paradigm: Main Results and Current Progress Review (Part II). *Symmetry* 16 (6) p. 657 (2024).
- [3] Andre Maeder, MOND as a peculiar case of the SIV theory, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Volume 520, Issue 1, pp. 1447–1455 (2023).
- [4] Gueorguiev, V. G., Explaining the Dark Energy and Dark Matter phenomena within the Scale Invariant Vacuum (SIV) Paradigm, *ResearchGate talk slides* DOI: 10.13140/RG.2.2.24684.99202 (2024).

Обяснение на Феномените, Тъмната Енергия и Тъмната Материя, с помощта на Теорията за Инвариантен Вакум

Веселин Г. Георгиев^{1,2}, Андре Маедер³

¹Institute for Advanced Physical Studies, Sofia, Bulgaria

²Ronin Institute for Independent Scholarship, Montclair, NJ, USA

³Geneva Observatory - chemin des Maillettes 51, CH-1290 Sauverny, Switzerland

Тъмната енергия обикновено се възприема като причина за ускореното разширение на Вселената. Не-нулевата космологична константа на Айнщайн Λ_E е едно възможно проявление на тази Тъмна енергия, като постоянна енергийна плътност на вакуума. Не-нулевата космологична константа е използвана в теорията за скаларно-инвариантна космология. Представени са уравненията за скаларния фактор λ , определени в рамките на теорията за скала инвариантен вакум (SIV) [1,2]; проблема за липсващата видима маса на галактични и извън-галактични мащаби е анализиран и връзка подобна на MOND, $g^2 < a_0 g_N$, в рамките на SIV теорията е изведена [3]. Показано е, че съответните стойности за Λ_E и фундаменталното ускорение на MOND a_0 са в правилния порядък, както се наблюдава, а именно, $a_0 \approx 10^{-10} \text{ m/s}^2$ and $\Lambda_E \approx 1.8 \times 10^{-52} \text{ m}^{-2}$ [4]. Изведен е нов член за ранна тъмна енергия $T_{\mu\nu} < \kappa H$, произтичащ от SIV теорията, който е от значение за разрешаването на Хъбълското противоречие.

- [1] Maeder, A., Gueorguiev, V. G., Action Principle for Scale Invariance and Applications (Part I), *Symmetry* Vol 15, Issue 11, p. 1966 (2024).
- [2] Gueorguiev, V. G., Maeder, A., The Scale-Invariant Vacuum Paradigm: Main Results and Current Progress Review (Part II). *Symmetry* 16 (6) p. 657 (2024).
- [3] Andre Maeder, MOND as a peculiar case of the SIV theory, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Volume 520, Issue 1, pp. 1447–1455 (2023).
- [4] Gueorguiev, V. G., Explaining the Dark Energy and Dark Matter phenomena within the Scale Invariant Vacuum (SIV) Paradigm, *ResearchGate talk slides* DOI: 10.13140/RG.2.2.24684.99202 (2024).

Constraining the SEP Source Population in Global Transport Modeling Using Parker Solar Probe Measurements

Artem Epifanov¹, Kamen Kozarev¹

¹*Institute of Astronomy and National Astronomical Observatory, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria*

The source population of particles is a crucial yet very poorly constrained parameter in global solar energetic particle simulations. This is due to the lack of in situ measurements close to the Sun, where the suprathermal particle populations have not yet been modified by acceleration and transport effects in the interplanetary environment of the heliosphere. The two main identified populations of SEP particle sources are ambient coronal suprathermals and suprathermals impulsively pre-accelerated in flares. In this work, we investigate the former. We have employed quiet-time in situ suprathermal ion measurements by the Parker Solar Probe, taken during its fourth solar perihelion encounter (Jan-Feb 2020), as inner boundary input source populations for an SEP global transport simulation with the EPREM model with a solar wind description given by a MAS heliospheric model simulation. We compare the EPREM results to in situ measurements near 1 AU in order to optimize the model transport parameters. The goal is to investigate how quiet-time suprathermal ion populations are modified in a realistic heliospheric environment during a relatively quiet period, and to assess the applicability of such a diagnostic approach in near-real time space weather forecasting simulations.

Определяне на популацията на свръхтермални йони за моделирането на глобалния транспорт на високоенергитични частици с помощта на измервания на Parker Solar Probe

Артём Епифанов¹, Камен Козарев¹

¹*Институт по астрономия с НАО, Българска академия на науките, София, България*

Източникът на популация от частици е решаващ, но много слабо ограничен параметър в глобалните симулации на слънчеви високоенергитични частици (solar energetic particles - SEP). Това се дължи на липсата на измервания in situ близо до Слънцето, където популациите на свръхтермални частици ($E = [50 \text{ keV}, 2 \text{ MeV}]$) все още не са модифицирани от ускорение и транспортни ефекти в междупланетната среда на хелиосферата. Двете основни идентифицирани популации на източници на SEP частици са амбиентни коронални свръхтермални частици, и свръхтермални частици, импулсивно предварително ускорени при изригвания. В тази работа ние изследваме първото. Използвахме измервания на свръхтермални йони в тихо време in situ от слънчевата сонда Parker, взети по време на четвъртия ѝ перихелий (януари-февруари 2020 г.), като популация на вътрешната граница за симулация на глобален транспорт на SEP с модела EPREM със описание на слънчевия вятър, дадено от хелиосферен MHD модел. Сравняваме резултатите от EPREM с измервания in situ близо до 1 AU, за да оптимизираме транспортните параметри на модела. Целта е да се изследва как популациите от надтермални йони в тихо време се модифицират в реалистична хелиосферна среда по време на относително тих период и да се оцени приложимостта на такъв диагностичен подход в симулации за прогнозиране на космическото време в почти реално време.

Segmentation and Tracking of Eruptive Solar Phenomena with Convolutional Neural Networks

Oleg Stepanyuk¹, Kamen Kozarev¹

¹Institute of Astronomy and National Astronomical Observatory, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria

Over the last several decades a large amount of remote solar observational data has become available from ground-based and space-borne instruments. This has required the development of software approaches for automated characterisation of eruptive solar features. Most current solar feature detection and tracking algorithms have restricted applicability and complicated processing chains, while complexity in engineering machine learning (ML) training limits the use of data-driven approaches. Recently, we introduced Wavetrack - a general algorithmic wavelet decomposition-based method for smart characterization and tracking of solar eruptive features. In this work we present the natural evolution of this approach within the ML paradigm. We trained Convolutional Neural Network (CNN) image segmentation models using feature masks obtained by the Wavetrack code. We present the application of pre-trained models for segmentation of solar eruptive features and demonstrate their performance on a set of coronal eruptive events observed with the SDO/AIA instrument.

Сегментиране и проследяване на еруптивни слънчеви явления с конволюционни невронни мрежи

Олег Степаныук¹, Камен Козарев¹

¹Институт по астрономия с НАО, Българска академия на науките, София, България

През последните няколко десетилетия станаха достъпни голямо количество данни от дистанционно слънчеви наблюдения от наземни и космически инструменти. Това наложи разработването на софтуерни подходи за автоматизирано характеризиране на еруптивни слънчеви събития. Повечето настоящи алгоритми за откриване и проследяване на слънчеви феномени имат ограничена приложимост и сложни вериги за обработка, докато сложността на обучението за инженерно машинно обучение (ML) ограничава използването на подходи, управлявани от данни. Наскоро създадохме Wavetrack - общ алгоритмичен метод, базиран на уейвлет декомпозиция за интелигентно характеризиране и проследяване на слънчеви ерупции. В тази работа представяме естествената еволюция на този подход в рамките на парадигмата на машинното обучение. Ние обучихме модели за сегментиране на изображения на конволюционна невронна мрежа (CNN), използвайки маски на изригвания, получени от кода Wavetrack. Ние представяме приложението на предварително обучени модели за сегментиране на слънчеви еруптивни характеристики и демонстрираме тяхната ефективност върху набор от коронални еруптивни събития, наблюдавани с инструмента SDO/AIA.

The Secrets of the Eclipsed Sun*Tsvetan Tsvetkov¹, Nikola Petrov¹, Milen Minev¹, Yovelina Zinkova¹**¹Institute of Astronomy and National Astronomical Observatory, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria*

Total solar eclipses provide unique opportunities to study both the Sun's outer atmosphere and the accompanying phenomena occurring in the atmosphere of our planet. This presentation summarizes research conducted during five research expeditions to observe total solar eclipses in 2006 (Turkey), 2017 (USA), 2019 (Chile), 2023 (Australia) and 2024 (Mexico). These expeditions are focused on revealing the structure and properties of the solar corona in white light, analyzing the parameters of the polarized corona, and recording the "shadow bands" and meteorological changes during eclipses. Combining data obtained during the observation of different eclipses allows not only to trace the improvement of experimental methods over the years, but also to summarize the results, based on statistically significant amount of data.

Тайните на затъмненото Слънце*Цветан Цветков¹, Никола Петров¹, Милен Минев¹, Йовелина Зинкова¹**¹Институт по астрономия с Национална астрономическа обсерватория, Българска академия на науките, София, България*

Пълните слънчеви затъмнения предоставят уникални възможности за изследване както на външната атмосфера на Слънцето, така и на съпътстващите ги явления в атмосферата на Земята. Настоящата презентация обобщава изследванията, проведени по време на пет научноизследователски експедиции за наблюдение на пълни слънчеви затъмнения през 2006 г. (Турция), 2017 г. (САЩ), 2019 г. (Чили), 2023 г. (Австралия) и 2024 г. (Мексико). Тези експедиции са фокусирани върху разкриването на структурата и свойствата на слънчевата корона в бяла светлина, анализирането на параметрите на поляризираната корона и регистрирането на „бягащите сенки“ и метеорологичните промени по време на затъмненията. Комбинирането на данни, получени при наблюдението на различни затъмнения позволява не просто проследяване на усъвършенстването на експерименталните методи през годините, но и обобщаването на резултатите от тях, основавайки се на статистически значим набор от данни.

Classical Be-star Pleione in its recurrent active phase*Lubomir Iliev¹**¹Institute of Astronomy and National Astronomical Observatory, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria*

Pleione is an example of classical Be and shell star. Recently it underwent long anticipated spectral phase transition accompanied by variety of other smaller scale activities. The star is supposed to be a binary system with Be-star as a primary and sdB star as compact secondary component. In recent research an outburst of H-alpha emission was reported. It was connected with periastron passage in the above mentioned binary system. In the present research are discussed different activities that take place in the circumstellar environment of Pleione primary component. They reveal development of structure elements in unknown before details. There are also evidences for a presence of third and more distant component in the system of Pleione. Influence of this third body is responsible for the large time-scale variations, observed in the star. Interference between long and short-time activities in Pleione presents interesting challenge for the modeling the evolution of the whole class of Be and shell stars.

Класическата Ве-звезда Плейона в нейната повтаряща се активна фаза*Любомир Илиев¹**¹Институт по астрономия с НАО, Българска академия на науките, София, България*

Плейона е класически пример за Ве-звезда с обособена обвивка. В последно време звездата претърпя очаквана смяна на спектралната фаза, придружена от ред по-малки по мащаб промени. За звездата е изказана хипотезата, че е двойна система от Ве-звезда като първичен компонент и компактна sdB звезда като вторичен. В неотдавнашно изследване бе съобщено за избухване на H-алфа емисията в спектъра на Плейона. То бе свързано с преминаване през периастрон в споменатата по-горе двойна система. В настоящето изследване са разгледани различни прояви на активност в околозвездната обвивка на звездата. Те демонстрират развитие на елементи на структура в обвивката в неизвестни досега детайли. Съществуват също така признаци за съществуването на трето, по-отдалечено тяло, в системата на Плейона. Влиянието на това тяло е отговорно за дълговременните промени, наблюдавани при звездата. Взаимодействието между дълговременните и кратковременните прояви на активност представлява предизвикателство пред опитите за моделиране на процесите при целия клас от Ве-звездите с обособени обвивки.

Local and global scaling law for the mass density in molecular cloudsSava Donkov¹, Valentin Kopchev², Ivan Stefaov², Todor Velchev^{3,4}¹*Institute of Astronomy and National Astronomical Observatory, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria*²*Technical University-Sofia, FPML, Faculty of Applied Physics, "St. Kliment Ohridski" No. 8, Sofia 1000, Bulgaria*³*Department of Astronomy, Faculty of Physics, Sofia University "St. Kliment Ohridski", Sofia, Bulgaria*⁴*Universitat Heidelberg, Zentrum fur Astronomie, Institut fur Theoretische Astrophysik, Albert-Ueberle-Str. 2, 69120 Heidelberg, Germany*

In this work, we investigate the mass density - size scaling law in molecular clouds (MCs). This relation reflects the fractal nature of MCs and plays a key role for understanding the physics, structure and evolution of these objects. We make use of the notion "ensemble of MCs", introduced in our previous work (Donkov, Veltchev & Klessen, 2017), in which all MCs with the same probability density function (PDF) of mass density and effective size are represented by an abstract spherical cloud with the same PDF and size. In this spirit, the model is built on the base of abstract scales of the clouds' substructures (which are simply the radii of the spherical object). We consider two forms of the mass density - size scaling law: local (or differential) and global (or integral), which in turn reveal the local and the global fractal clouds' structure. Both scaling functions are characterized by their scaling exponents, which can be explicitly expressed by the PDF of mass density, in the general case. Moreover, we derive a first order linear differential equation connecting the two scaling exponents and obtain its exact solution. As examples, we apply this abstract construction to two PDFs: the so called power-law tail and the log-normal. Both have great importance for MC structure and evolution, as the latter corresponds to the earlier stages of clouds' evolution, when supersonic turbulence dominates the physical processes, while the former describes the latest stages of evolution, when star-formation takes place. The obtained results for the scaling exponents in both examples are qualitatively and numerically consistent with respective observations and simulations of MCs.

Локален и глобален скалиращ закон за масовата плътност в молекулярни облациСава Донков¹, Валентин Копчев², Иван Стефанов², Тодор Велчев^{3,4}¹*Институт по Астрономия с НАО, Българска Академия на Науките, бул. „Цариградско шосе“ №72, София 1784, България*²*ТУ-София, ФПМИ, к-ра „Приложно Физика“, бул. „Св. Климент Охридски“ №8, София 1000, България*³*СУ „Св. Климент Охридски“, Физически факултет, к-ра „Астрономия“, бул. „Джеимз Баучер“ №5, София 1164, България*⁴*Universitat Heidelberg, Zentrum fur Astronomie, Institut fur Theoretische Astrophysik, Albert-Ueberle-Str. 2, 69120 Heidelberg, Germany*

В тази работа ние изследваме зависимостта (т.н. скалиращ закон) на масовата плътност от размера в молекулярни облаци (МО). Тази релация отразява фракталната природа на МО и играе ключова роля за разбирането на физиката, структурата и еволюцията на тези обекти. Ние използваме понятието „ансамбъл от МО“, въведено в наша предишна работа (Donkov, Veltchev & Klessen, 2017), съгласно, което всички МО с една и съща функция на вероятностно разпределение на плътността (ФВРП) на масата и един и същи ефективен размер са представени от абстрактен сферичен облак със същите ФВРП и размер. По този начин моделът е построен на основата на понятието за абстрактни скали, изграждащи облачната структура (това са просто радиусите на сферичния обект). Ние разглеждаме две форми на скалиращия закон: локална (или диференциална) и глобална (или интегрална), които на свой ред разкриват локалната и глобалната фрактална структура на облака. И двете скалиращи функции се определят от своите степенни показатели, които могат да бъдат изразени чрез ФВРП на масата, в общия случай. Освен това, ние получаваме обикновено линейно диференциално уравнение от първи ред, свързващо двата степенни показателя и получаваме неговото точно решение. Като пример, ние прилагаме тази абстрактна конструкция за две конкретни ФВРП: т.н. „степенна опашка“ и лог-нормала. И двете са от голяма важност за структурата и еволюцията на МО. Вторият случай съответства на ранните етапи от еволюцията на облака, когато свръхзвуковата турбулентност доминира физическите процеси, докато първият случай описва късните етапи на еволюция, когато протича звездобразуването. Получените резултати за степенните показатели и в двата случая са в качествено и количествено съответствие с наблюдения и симулации на МО.

Shadow of topologically charged rotating wormholes*Radostina Zheleva¹, Galin Gyuichev²**¹Institute of Astronomy and NAO, Bulgarian Academy of Science, Sofia, Bulgaria**²Department of theoretical physics, Faculty of physics, Sofia University, Sofia, Bulgaria*

This paper explores the shadows cast by a rotating traversable wormhole known as the topologically charged Schwarzschild-Klinkahmer wormhole spacetime. We derive the equation of motion for photons, utilize a numerical ray-tracing algorithm based on the Hamiltonian equation, and visualize the shadows produced by this rotating wormhole for an observer located at specified Boyer–Lindquist coordinates within the domain of outer communication. Additionally, we present visualizations of the shadows across various values of the metric parameters and compare our findings with those obtained in the Kerr case.

Сенки на въртящ се пространствено-времени тунел с топологичен заряд*Радостина Желева¹, Галин Гюлчев²**¹Институт по астрономия с НАО, Българска академия на науките, София, България**²Софийски университет „Св.Климент Охридски“, Катедра Теоретична физика, Физически Факултет, София, България*

В тази статия изследваме сенките на въртящи се проходими пространствено-времени тунели, известни като тунели на Шварцшилд–Клинкамер с топологичен заряд. Извеждаме уравненията за движението на фотоните, използваме числен алгоритъм за интегриране на уравненията на изотропните георезични линии, базиран на уравненията на Хамилтън и визуализираме сянката на въртящия се тунел с топологичен заряд за далечен наблюдател в отправна система на Бойер–Линдквист. Представяме сенките за различни стойности на метричните параметри и сравняваме резултатите си с тези за черна дупка на Кер.

**Photometric analysis of the Seyfert galaxies
IRAS F17141+3115 and IRAS F17389+0350**

Boyko Mihov¹, Lyuba Slavcheva-Mihova¹

¹Institute of Astronomy and NAO, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria

We present the results from the photometric analysis of the Seyfert galaxies IRAS F17141+3115 and IRAS F17389+0350. We perform an isophotal analysis and a surface brightness decomposition of the galaxies, thus, estimating the 2D light distribution parameters of their individual structural components. We study the galaxies intra-night and long-term variability. We build and fit the galaxy spectral energy distributions and discuss the galaxy star formation histories derived on the base of the fits.

**Фотометричен анализ на Сийфъртовите галактики
IRAS F17141+3115 и IRAS F17389+0350**

Бойко Михов¹, Люба Славчева-Михова¹

¹Институт по астрономия с НАО, Българска Академия на Науките, София, България

Представени са резултатите от фотометричния анализ на Сийфъртовите галактики IRAS F17141+3115 и IRAS F17389+0350. Извършени са изофотален анализ и декомпозиция на повърхнинната яркост на галактиките, като по този начин сме оценили параметрите на двумерното разпределение на светлината в отделните техни структурни компоненти. Изучена е променливостта на галактиките в рамките на нощта и в дългосрочен времеви мащаб. Построени са и са фитирани разпределенията на спектралната енергия на галактиките и са обсъдени техните истории на звездообразуването, получени въз основа на фитите.

Active Galactic Nuclei In Early Type Host Galaxies*Lyuba Slavcheva-Mihova¹, Boyko Mihov¹**¹Institute of Astronomy and NAO, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria*

Low-luminosity Active Galactic Nuclei (AGNs) have been well known for residing in early-type host galaxies. There have been no definitive correlations between activity and perturbations of the gravitational potential — large-scale bars, interactions, or asymmetries. We have selected early-type galaxies from a Seyfert sample previously studied by us with the aim to explore the activity vs. host galaxy relation. Various techniques for unveiling features, as tails, arcs, ripples, bridges are applied. We perform 2D structural decomposition and discuss the output parameters. The incidence of pseudo-bulges is discussed in the context of nuclear activity feeding by secular evolution. We analyze the preference of AGNs for early-type host galaxies in the framework of the revised parallel-sequence morphological classification of galaxies.

Активни галактични ядра в родителски галактики от ранен тип*Люба Славчева-Михова¹, Бойко Михов¹**¹Институт по астрономия с НАО, Българска Академия на Науките, София, България*

Активните галактични ядра (АГЯ) с ниска светимост са често срещани в родителски галактики от ранен тип. Няма убедителни корелации между активността и пертурбациите на гравитационния потенциал под формата на барове, взаимодействия или асиметрии. Подбрахме ранни обекти от извадка на Сийфъртови активни галактики, обект на предишно наше изследване, с цел да изучим връзката между активността и родителската галактика. Приложени са техники за изиявяване на различни слаби структури, предимно от приливен характер. Извършена е 2D-декомпозиция и са дискутирани изходните параметри. Случаите на псевдо-бълдзове се разглеждат в контекста на захранване на ядрената активност. Анализираме по-високата честота на срещане на АГЯ в родителски галактики от ранен тип в рамките на ревизираната паралелна морфологична класификация на галактиките.

Cosmological constraints on beyond Standard model neutrino

Daniela Kirilova¹, Emanuel Chizhov¹, Mariana Panayotova¹

¹Institute of Astronomy and NAO, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria

We present a short review of recent cosmological constraints from cosmological nucleosynthesis on the models beyond Standard Model physics. The constraints are derived on the basis of precise determinations of the primordial He-4 and D. In particular, we discuss cosmological constraints on the number of light particle types in the early Universe, on the lepton asymmetry, on neutrino oscillations parameters, the freezing temperature of sterile neutrino.

[1] D. Kirilova, M. Panayotova, E. Chizhov, BBN Constraints and Indications for Beyond Standard Model Neutrino Physics, *Symmetry*, 16, 53. (2024)

Космологични ограничения върху неутринната физика отвъд стандартния модел

Даниела Кирилова¹, Емануил Чижов¹, Мариана Панайотова²

¹Институт по Астрономия с НАО, Българска академия на науките, София, България

Ние представяме кратък обзор на съвременните космологични ограничения следващи от космологичния нуклеосинтез върху модели отвъд Стандартния модел. Ограниченията са получени на базата на прецизните определения на първичното обилие на He-4 и D. В частност, обсъждаме космологичните ограничения върху броя на фамилиите леки частици в ранната Вселена, космологичните ограничения върху лептонната асиметрия, върху неутринните осцилации, температурата на замръзване на стерилното неутрино.

[1] D. Kirilova, M. Panayotova, E. Chizhov, BBN Constraints and Indications for Beyond Standard Model Neutrino Physics, *Symmetry*, 16, 53. (2024)

Cosmological constraints on neutrino oscillations*Mariana Panayotova¹, Daniela Kirilova¹**¹Institute of Astronomy and National Astronomical Observatory, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria*

Big Bang Nucleosynthesis offers an impressive agreement between the theoretically predicted and observationally obtained abundances of the primordial light elements, and it is therefore used as a reliable tool to probe physics beyond the Standard Model. Nowadays, primordial Deuterium and Helium-4 are determined with good precision and this allows to update and strengthen the BBN constraints on Beyond Standard Model physics.

We have numerically analyzed models of primordial nucleosynthesis with neutrino oscillations. We have determined more stringent primordial nucleosynthesis constraints on the electron-to-sterile neutrino oscillations, corresponding to a 1% uncertainty in the determination of primordial He-4, for the cases of initially empty and initially partially populated sterile neutrino.

Космологични ограничения върху неутринните осцилации*Марияна Панайотова¹, Даниела Кирилова¹**¹Институт по астрономия с Национална астрономическа обсерватория, Българска академия на науките, София, България*

Космологичният нуклеосинтез в теорията за Големия взрив предлага впечатляващо съответствие между теоретично предсказаните и получените по наблюдателен път обилия на първично произведените леки елементи и поради това се използва като надежден инструмент за проверка на физиката отвъд Стандартния модел. В съвременната физика първичните деутерий и хелий-4 се определят с изключителна точност и това позволява да се актуализират и прецизират ограниченията на нуклеосинтеза отвъд физиката на Стандартния модел.

Провели сме числен анализ на модели на първичен нуклеосинтез с неутринни осцилации. Определили сме по-строги ограничения на първичния нуклеосинтез върху осцилациите на електронно в стерилно неутрино, съответстващи на 1% неопределеност при определяне на първичния хелий-4, както за случая на първоначално празно, така и за ненулево начално запълване на стерилното неутрино.

Cosmological Constraints on Chiral Tensor Particles

Emanuil Chizhov¹, Daniela Kirilova¹

¹Institute of Astronomy and National Astronomical Observatory, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria

We study a cosmological model with Chiral Tensor Particles (CTP). By using modern cosmological constraints on additional particles, that follow from the cosmological nucleosynthesis, we obtain stringent constraints on the freezing temperature of sterile neutrino. We use those constraints to derive constraints on the interaction strength of CTP.

Космологични ограничения върху кирални тензорни частици

Емануил Чижов¹, Даниела Кирилова¹

¹Институт по астрономия с Национална астрономическа обсерватория, Българска академия на науките, София, България

Разглеждаме космологичен модел с Кирални Тензорни Частици (КТЧ). Използвайки съвременните космологични ограничения върху допълнителни частици следващи от космологичния нуклеосинтез изведохме по-строги ограничения върху температурата на замръзване на стерилните неутрина. Тези ограничения използваме за получаване на ограничения върху силата на взаимодействие на КТЧ.

Global warming – astronomical phenomenon without connection with greenhouse gases in Earth's atmosphere?*Nikolay Takuchev¹**¹Trakia University, Stara Zagora, Bulgaria*

The now generally accepted paradigm points to greenhouse gases as the source of global warming, a significant part of which is anthropogenic – from the extraction and burning of fossil fuels and intensive agricultural production. The hope is that it is within humanity's ability to limit this biosphere-threatening process by regulating the mentioned activities. This report argues that processes on the Sun have partly or entirely caused global warming in the Earth's atmosphere over the past 70 years. Global warming is likely a consequence of streams of positively charged, high-energy particles emitted by the Sun mainly during the “rise” phase of solar activity when the phenomena on the Sun's surface associated with the growing magnetic field increase. Part of the flows of high-energy radiation reach the Earth, and penetrate deep into the Earth's atmosphere, creating an increased content of ions that serve as condensation nuclei around which water vapor forms drops. Condensation nuclei increase cloudiness in the lower atmosphere. The upper surface of clouds and fog partly reflects electromagnetic solar radiation into space. It does not reach the Earth's surface, which leads to a certain decrease in the temperature of the surface, and hence in the temperature of the ground air, which is heated by the surface. When the solar activity decreases, as observed in the last 70 years, the reverse process occurs – the high-energy fluxes of corpuscular radiation decrease, the ionization of the air in the Earth's atmosphere decreases, the cloudiness decreases, more solar electromagnetic radiation reaches the Earth's surface and increases the temperature. An additional argument for the presence of high-energy radiation that penetrates deep into the Earth's atmosphere and even reaches the Earth's surface is the high statistically significant correlation between the fluxes of such radiation recorded by the GOES series satellites in geostationary orbit (36,000 km above the Earth's surface) and human mortality from the deadliest diseases. The bad news is that if the described mechanism is the main cause of global warming, there is not much humanity can do to protect itself and the biosphere. Efforts should be redirected towards increasing the planet's reflectance for solar electromagnetic radiation.

Глобалното затопляне – астрономически феномен без връзка с парниковите газове в земната атмосфера?*Николай Такучев¹**¹Тракийски университет, Стара Загора, България*

Общоприетата в наши дни парадигма във връзка с обхваналото планетата ни глобално затопляне, сочи като източник на глобалното затопляне парниковите газове, значителна част от които са антропогенни – от добива и изгарянето на изкопаеми горива и интензивното земеделско производство. Надеждата е, че е в рамките на човешките възможности този застрашаващ биосферата процес да бъде ограничен чрез регулиране на споменатите дейности. В настоящия доклад са приведени подкрепени от наблюденията аргументи, че глобалното затопляне в земната атмосфера през последните 70 години е причинено частично или изцяло от процеси на Слънцето. Данните показват, че глобалното затопляне вероятно е следствие от потоци от положително заредени, високоенергийни частици, излъчвани от Слънцето главно по време на фазата „нарастване“ на слънчевата активност, когато явленията на повърхността на Слънцето, свързани с нарастващото магнитно поле, се увеличават. Част от потоците високоенергийни лъчения достигат Земята и проникват дълбоко в земната атмосфера, създавайки повишено съдържание на йони, които служат като кондензационни ядра, около които водните пари образуват капки. Кондензационните ядра увеличават облачността в ниските слоеве на атмосферата. Горната повърхност на облаците и мъглата частично отразява електромагнитната слънчева радиация в Космоса. Тя не достига земната повърхност, което води до известно понижаване на температурата на повърхността, а оттам и на температурата на приземния въздух, който се нагрява от повърхността. При намаляване на слънчевата активност, както се наблюдава през последните 70 години, протича обратният процес – намаляват високоенергийните потоци на корпускулярното лъчение, намалява йонизацията на въздуха, намалява облачността, до земната повърхност достига повече слънчева електромагнитна радиация и повишава температурата. Допълнителен аргумент за наличието на високоенергийна радиация, която прониква дълбоко в земната атмосфера и дори достига земната повърхност, е високата статистически значима корелация между потоците от такава радиация, регистрирани от сателитите от серията GOES в геостационарна орбита (36 000 км над земната повърхност) и човешката смъртност от най-смъртоносните болести. Лошата новина е, че ако описаният механизъм е основната причина за глобалното затопляне, човечеството не може да направи много, за да защити себе си и биосферата. Усилията трябва да бъдат пренасочени към увеличаване на отразяващата способност на планетата за слънчевата електромагнитна радиация.

Pre-outburst dip of the recurrent novae RS Oph and T CrB

Radoslav Zamanov¹, Vladislav Marchev¹, Joan Marti², Kiril Stoyanov¹, Krasimira Yankova³, Georgi Latev¹

¹*Institute of Astronomy and National Astronomical Observatory, Bulgarian Academy of Sciences, 1784 Sofia, Bulgaria*

²*Departamento de Fisica, Universidad de Jaen, 23071 Jaen, Spain*

³*Space Research and Technology Institute, Bulgarian Academy of Sciences, 1113 Sofia, Bulgaria*

The recurrent novae stars are those classical novae that have been observed to undergo outburst more than once. RS Oph is observed to erupt in 1898, 1933, 1958, 1967, 1985, 2006 and 2021. T CrB is a famous recurrent nova having recorded eruptions in 1787, 1866, and in 1946 and a new outburst is expected during the next months. These binary stars consist of a near-to-Chandrasekhar-limit massive white dwarf accreting from a red giant mass donor.

Pre-outburst dip (a decrease of the optical brightness) just before the outburst is clearly detected in the observations of the T CrB obtained before the 1946 outburst. A similar decrease is also visible in the light curve of RS Oph during the 2021 outburst. We suppose that this is due to formation of a thick, dense envelope around the white dwarf, and we estimate its size (1000 - 2000 km), mass ($5 \cdot 10^{-8} - 6 \cdot 10^{-7} M_{\text{sun}}$) and average density ($5-16 \text{ g cm}^{-3}$).

Key words: stars (novae, cataclysmic variables) – stars: symbiotic - stars individual (RS Oph, TCrB)

Повторните нови RS Oph и T CrB, и техния минимум преди избухване

Радослав Заманов¹, Владислав Марчев¹, Хуан Марти², Кирил Стоянов¹, Красимира Янкова³, Георги Латеви¹

¹*Институт по астрономия с Национална астрономическа обсерватория, Българска академия на науките, 1784 София, България*

²*Departamento de Fisica, Universidad de Jaen, 23071 Jaen, Spain*

³*Института за космически изследвания и технологии, Българска академия на науките, 1113 София, България*

Повторните нови звезди са такива класически нови, на които сме наблюдавали повече от едно избухване. RS Oph има регистрирани избухвания през 1898, 1933, 1958, 1967, 1985, 2006 и 2021. T CrB е известна повторна нова с избухвания през 1787, 1866, 1946, като се очаква ново избухване през следващите няколко месеца. Тези двойни звезди се състоят от масивно бяло джудже с маса близка до границата на Чандрасекар, което акретира маса донора - червен гигант.

При T CrB преди последното избухване през 1946 се наблюдава характерен минимум на светимостта в оптични спектър. Подобен минимум се наблюдава и в кривите на блясъка на RS Oph преди избухването през 2021. Ние предполагаме, че това се дължи на формирането на дебела и плътна обвивка около бялото джудже, като определяме нейните размери (1000-2000 км), маса ($5 \cdot 10^{-8} - 6 \cdot 10^{-7} M_{\text{sun}}$) и средна плътност ($5-16 \text{ g cm}^{-3}$).

Ключови думи: звезди (нови, катаклизмични) – звезди: симбиотични –RS Oph, TCrB

High resolution investigation of BF Cygni during its burst in 2017

*Mima Tomova¹, Radoslav Zamanov¹, Nikolai Tomov¹
¹Institute of Astronomy and National Astronomical Observatory,
Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria*

The last active phase of the eclipsing symbiotic binary BF Cygni began in 2006 and continues up to now. During this period its light is modulated by the orbital motion and shows photometric minima with a variable depth and shape. In 2009 Balmer satellite components indicating a bipolar collimated outflow with a variable velocity and intensity appeared in the spectrum.

In 2015 and 2017 a new activity developed and 1-mag bursts were observed. The satellite components of some lines disappeared during the optical maximum and appeared again.

On the basis of high resolution spectral observations we examined the behaviour of the system during the burst in 2017. We will present profiles, fluxes and radial velocity data of different groups of lines. The results are interpreted in the framework of the model of collimated stellar wind.

Изследване на BF Cygni по време на избухването ѝ през 2017 г.

*Мима Томова¹, Радослав Заманов¹, Николай Томов¹
¹Институт по астрономия с Национална астрономическа обсерватория, Българска
академия на науките, София, България*

Последната активна фаза на затъмнителната симбиотична двойна BF Cygni започна през 2006 г. и продължава до сега. През този период блясъкът ѝ се модулира от орбиталното движение, като показва фотометрични минимума с променлива дълбочина и форма. През 2009 г. в спектъра на системата се появиха сателитни компоненти на Балмеровите линии с променлива скорост и интензивност, които показваха високо колимирано биполарно изтичане от компактния обект.

През 2015 г. и 2017 г. се разви нова активност и бяха наблюдавани избухвания от 1 mag. В оптическия максимум сателитните компоненти изчезнаха и по-късно се появиха отново.

Ние получихме спектрални наблюдения с високо разрешение по време на избухването през 2017 г. и представяме профили, потоци и радиални скорости на някои групи от линии. Резултатите се интерпретират в светлината на модела за колимиран звезден вятър.

Joint Research Project "Active Events On The Sun. Catalogs Of Proton Events And Electron Signatures In X-Ray, Uv And Radio diapason. Influence of Collisions on Optical Properties of Dense Hydrogen Plasma"

Momchil Dechev¹, Zoran Simic², Rositsa Miteva¹, Kostadinka Koleva³, Nenad Sakan²

¹Institute of Astronomy and NAO, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria

²Astronomical Observatory Belgrade, Serbia

³Space Research and Technology Institute, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria

Here we present the goals of the Joint Research Project "Active Events On The Sun. Catalogs Of Proton Events And Electron Signatures In X-Ray, Uv And Radio diapason. Influence of Collisions on Optical Properties of Dense Hydrogen Plasma."

Active processes on the Sun, are different manifestations of a single physical process whose source and motor are the free energy stored in the coronal magnetic fields. These various manifestations of solar activity have a significant impact on the cosmic climate as well as many processes on Earth and human activity. A number of radio signatures are associated with the shock waves generated by CME, which accelerate electrons and protons in the interplanetary space. The study of CME properties, their propagation, and their associated X-ray, ultraviolet and radio signatures are essential for predicting space weather. Impact broadening parameters for spectral lines are of interest for astrophysical, laboratory, and technological plasma, will be determined within the frame of modified semiempirical approach and other methods.

The main goals of this project are to exchange the experience gained in modeling spectral lines at the Belgrade Observatory and to apply them in studying observable active processes of the Sun, creating catalogs of electronic and proton events, X-ray, ultraviolet and radio signatures and presenting them by means of the Virtual Observatory.

Съвместен научно-изследователски проект "Active Events On The Sun. Catalogs Of Proton Events And Electron Signatures In X-Ray, Uv And Radio diapason. Influence of Collisions on Optical Properties of Dense Hydrogen Plasma"

Момчил Дечев¹, Зоран Симич², Росица Митева¹, Костадинка Колева³, Ненад Сакан²

¹Институт по астрономия и НАО, Българска академия на науките, София, България

²Астрономическа обсерватория, Белград, Сърбия

³Институт за космически изследвания и технологии, Българска академия на науките, София, България

Тук представяме целите на съвместния изследователски проект „Активни събития на Слънцето. Каталози на протонни събития и електронни сигнатури в рентгенови, UV и радио диапазон. Влияние на колизиите върху оптичните свойства на плътната водородна плазма“.

Активните процеси на Слънцето са различни прояви на един физически процес, чийто източник и двигател са свободната енергия, съхранявана в короналните магнитни полета. Тези различни прояви на слънчевата активност оказват значително влияние върху космическия климат, както и много процеси върху Земята и човешката дейност. Редица радио сигнатури са свързани с ударни вълни, генерирани от КИМ (коронално изхвърляне на маса), които ускоряват електроните и протоните в междупланетното пространство. Проучването на свойствата на КИМ, тяхното разпространение и свързаните с тях рентгенови, ултравиолетови и радио сигнатури са от съществено значение за прогнозиране на космическото време. Параметрите за разширяване на въздействието за спектрални линии са от интерес за астрофизичната, лабораторната и технологичната плазма ще бъдат определени в рамките на модифициран полуемпиричен подход и други методи.

Основните цели на този проект са да обменят опита, натрупан в спектрални линии в Белградската обсерватория и да ги прилагат при изучаване на наблюдателни активни процеси на слънцето, създавайки каталози на електронни и протонни събития, рентгенови, ултравиолетови и радио сигнатури и представяйки ги с помощта на виртуалната обсерватория.

IV НАЦИОНАЛЕН КОНГРЕС ПО ФИЗИЧЕСКИ НАУКИ

07-09.10.2024 г.

Секция 7 **Медицинска физика и биофизика**

Председател: доц. д-р Любомир Трайков (МУ-София)

Координатор: проф. дб Мирослав Карабалиев
(Тракийски университет, Стара Загора)

Устни доклади

1. **М. Карабалиев:** „Електрохимично изследване на стабилността на полифосфохолин-конюгирани липозоми“
2. **Т. Попов:** „Структура и електрични свойства на заешки и човешки ACE2“
3. **Л. Трайков:** „Биомеханичен отговор на ендотелните клетки при метастабилни микрофлуидни кръвни потоци в *in vivo* и *in vitro* условия“
4. **Б. Първанова:** „Спектрофотометричният метод „real-time hemolysis assay“ и негови възможни приложения“

Постерни доклади

1. **Ц. Шаламанова:** „Акутни ефекти при цялостно облъчване с високо-честотни и ниско-интензивни електромагнитни полета при хора“
2. **С. Федерчев:** „Антиоксидантен потенциал на полидопаминови наночастици: ефект в системи с активни форми на кислорода“
3. **В. Малар Раджеш:** „Молекулни механизми на заразността на индийския вариант на SARS-CoV-2“
4. **М. Константинова:** „Луминесцентни методи като средство за изследване на въздействието на регулаторните фотозащитни механизми в хетерофилно растение: *Hedera helix* L. (Бръшлян)“
5. **Л. Велкова:** „Биоактивни компоненти от охлюви или ново поколение антимикробни терапевтици“
6. **М. Калоянов:** „Невробиофизичен подход при изследване на структурно-функционалните промени в областта на Caudate Putamen на мозъка на плъх – в условията на локално инхибиране на допаминергичните рецептори“
7. **Л. Каменска:** „Невробиофизичен подход при изследване на структурно-функционални промени в париеалния лоб на мозъка на плъх при локално инхибирани GLUT рецептори“
8. **Б. Антонова:** „Термодинамични промени в ликворния протеом в хода на менингеален рецидив на остра лимфобластна левкемия“
9. **М. Иванова:** „Промени в термодинамичните характеристики на протеома при пациент с миастенен синдром след прием на Пембролизумаб“
10. **А. Исакидис:** „Сравнителен анализ на промените в спектралните и термодинамични характеристики на гликиран и негликиран човешки серумен албумин“
11. **М. Стефанова:** „Антибактериална активност на нанопокрития от AZO и ZnO“
12. **Д. Ненчева-Тонини:** „ЯМР с много ниско магнитно поле за недоносени бебета“

Electrochemical stability study of polyphosphocholine-conjugated liposomes

Miroslav Karabaliev¹, Boyana Parvanova¹, Gergana Savova¹, Bilyana Tacheva¹, Sabrina Jahn², Radostina Georgieva¹

¹ Thrace University, Stara Zagora, Bulgaria

² Liposphere Ltd., Israel

Polyphosphocholine-conjugated liposomes contain a small percentage of lipid-polymer conjugates (LPCs) in which the tail of the lipid is attached to a poly[2-(methacryloyloxy)ethyl phosphorylcholine] (pMPC) polymer [1]. In recent years, pMPC-liposomes have attracted attention due to their potential application in the treatment of osteoarthritis, as they can serve as boundary lubricants designed to restore the natural lubricating properties of articular cartilage. For this purpose, it is important that the liposomes remain intact without fusing and spreading as a lipid film on the cartilage surface [1,2]. In the present work, using cyclic voltammetry (CV) and electrochemical impedance spectroscopy (EIS) methods, the stability of pMPC-liposomes and their interaction with two types of solid electrode surfaces, gold and carbon, were investigated. By means of a hydrophilic electroactive redox couple added in the electrolyte solution together with the pMPC-liposomes, the electron transfer characteristics across the electrode surface were obtained. EIS was used to find the capacitance and electrical resistance of the electrodes, which are highly sensitive to the possible formation of a lipid film on the surface. In the CV experiments, no reduction of the peak currents and no shift of the peak potentials of the oxidation and reduction of the electroactive couple was observed. No decrease in capacitance and no increase in charge transfer resistance were observed in the EIS experiments. The obtained results suggest that pMPC-liposomes remain stable and intact, being only physically adsorbed on the surfaces of both gold and carbon electrodes, without resulting in coalescence, spreading and formation of lipid films.

[1] Lin, W.; Kampf, N.; Goldberg, R.; Driver, M.J.; Klein, J. Poly-phosphocholinated Liposomes Form Stable Superlubrication Vectors, *Langmuir*, Vol. 35, pp. 6048–6054 (2019)

[2] Lin, W.; Goldberg, R.; Klein, J. Poly-phosphocholination of liposomes leads to highly-extended retention time in mice joints. *J. Mater. Chem. B*, Vol. 10, pp. 2820–2827 (2022)

Електрохимично изследване на стабилността на полифосфохолин-конюгирани липозоми

Мирослав Карабалиев¹, Бояна Първанова¹, Гергана Савова¹, Биляна Тачева¹, Sabrina Jahn², Радостина Георгиева¹

¹ Тракийски университет, Стара Загора, България

² Liposphere Ltd., Israel

Полифосфохолин-конюгираните липозоми съдържат малък процент липидно-полимерни конюгати (LPC), в които опашката на липида е прикрепена към поли[2-(метакрилоилокси)етил фосфорилхолин] (pMPC) полимер [1]. През последните години pMPC-липозомите привлякоха внимание поради потенциалното им приложение в лечението на остеоартрит, тъй като могат да служат като гранични лубриканти, предназначени да възстановят естествените смазващи свойства на ставния хрущял. За тази цел е важно липозомите да остават цели без да се сливат и разстилат като липиден филм върху повърхността на хрущяла [1,2]. В настоящата работа използвайки методите циклична волтаметрия (CV) и електрохимична импедансна спектроскопия (EIS) е изследвана стабилността на pMPC-липозомите и тяхното взаимодействие с два вида твърди електродни повърхности, злато и въглерод. С помощта на хидрофилна електроактивна редокс двойка, добавена в електролитния разтвор заедно с pMPC-липозомите, са получени характеристиките за пренос на електрони през повърхността на електродите. EIS е използвана за намиране на капацитета и електрическото съпротивление на електродите, които са силно чувствителни към евентуално образуване на липиден филм върху повърхността. В CV експериментите не се наблюдава намаляване на пиковите токове и изместване на пиковите потенциали на окислението и редукцията на електроактивната двойка. При експериментите с EIS не се наблюдава намаляване на капацитета и увеличаване на съпротивлението на пренос на заряд. Получените резултати налагат извода, че pMPC-липозомите остават стабилни и цели, като се адсорбират само физически върху повърхностите както на златните, така и на въглеродните електроди, без това да води до сливане, разстилане и образуване на липидни филми.

[1] Lin, W.; Kampf, N.; Goldberg, R.; Driver, M.J.; Klein, J. Poly-phosphocholinated Liposomes Form Stable Superlubrication Vectors, *Langmuir*, Vol. 35, pp. 6048–6054 (2019)

[2] Lin, W.; Goldberg, R.; Klein, J. Poly-phosphocholination of liposomes leads to highly-extended retention time in mice joints. *J. Mater. Chem. B*, Vol. 10, pp. 2820–2827 (2022)

Structure and electric properties of rabbit and human ACE2*Trifon Popov¹, Svetlana Hristova², Alexandar Zhivkov³*¹ *Medical Faculty, Medical University – Sofia*² *Department of Medical Physics and Biophysics, Medical Faculty, Medical University – Sofia*³ *Scientific Research Center, “St. Kliment Ohridski” Sofia University*

The angiotensin-converting enzyme 2 (ACE2) is a transmembrane glycoprotein, consisting of two segments: a large catalytic carboxypeptidase segment and a small transmembrane collectrin-like segment. This protein plays an essential role in blood pressure regulation, transforming the peptides angiotensin-I and angiotensin-II (vasoconstrictors) into angiotensin-1-9 and angiotensin-1-7 (vasodilators), respectively. During the COVID-19 pandemic ACE2 became best known as the receptor of the S-protein of SARS-CoV-2 coronavirus.

The purpose of the following research is to reconstruct the 3D structure of the catalytic domain of the rabbit enzyme rACE2 using its primary amino acid sequence, and then to compare it with the human analog hACE2. For this purpose, we have calculated the electric properties and thermodynamic stability of the two protein globules employing computer programs for protein electrostatics. The analysis of the amino acid content and a sequence demonstrates an 85% identity between the two polypeptide chains. The 3D alignment of the catalytic domains of the two enzymes shows coincidence of the α -helix segments, and a small difference in two unstructured segments of the chain. The electric charge of the catalytic domain of rACE2, determined by 70 positively chargeable amino acid residues, 114 negatively chargeable ones and 2 positive charges of the Zn^{2+} atom in the active center, exceeds that of hACE2 by 1 positively and 4 negatively chargeable groups, however in 3D conformation their isoelectric points pI 5.21 coincide. The surface electrostatic potential is similarly distributed on the surface of the two catalytic globules, but it strongly depends on the pH of the medium: it is almost positive at pH 5.0 but strongly negative at pH 7.5. The pH-dependence of the electrostatic component of the free energy discloses that the 3D structure of the two enzymes is maximally stable at pH 6.5.

The high similarity in the 3D structure, as well as in the electrostatic and thermodynamic properties, suggests that rabbit can be successfully used as an animal model to study the coronavirus infection, and the results can be extrapolated to humans.

Структура и електрични свойства на заешки и човешки ACE2*Трифон Попов¹, Светлана Христова², Александър Живков³*¹ *Медицински факултет, Медицински университет – София*² *Катедра по медицинска физика и биофизика, Медицински факултет, Медицински университет – София*³ *Научноизследователски сектор, СУ “Св. Климент Охридски”*

Ангиотензин-конвертиращият ензим 2 (ACE2) е трансмембранен гликопротеин, състоящ се от два сегмента: голям каталитичен карбоксипептидазен сегмент и малък трансмембранен колектрин-подобен сегмент. Този протеин играе ключова роля в регулирането на кръвното налягане, като превръща пептидите ангиотензин-I и ангиотензин-II (вазоконстриктори) съответно в ангиотензин-1-9 и ангиотензин-1-7 (вазодилатори). По време на коронавирусната пандемията ACE2 стана най-известен като рецептор на S-протеина на коронавируса SARS-CoV-2.

Целта на настоящото изследване е да се реконструира 3D структурата на каталитичния домен на заешкия ензим rACE2, като се използва неговата първична аминокиселинна последователност, и след това да се сравни с човешкия аналог hACE2. За тази цел изчислихме електричните свойства и термодинамичната стабилност на двете белтъчни глобули, като използвахме компютърни програми за белтъчна електростатика. Анализът на аминокиселинното съдържание и последователността показва 85% идентичност между двете полипептидни вериги. Триизмерният алаймънт на каталитичните домени на двата ензима показва съвпадение на α -спиралните сегменти и малка разлика в два неструктурирани сегмента на веригата. Електрическият заряд на каталитичния домейн на rACE2, определен от 70 положително заредени аминокиселинни остатъци, 114 отрицателно заредени и 2 положителни заряда на атома Zn^{2+} в активния център, превишава този на hACE2 с 1 положително и 4 отрицателно заредени групи, но в 3D конформация изоелектричните им точки pI 5,21 съвпадат. Повърхностният електростатичен потенциал е разпределен по сходен начин на повърхността на двете каталитични глобули, но силно зависи от pH на средата: той е почти положителен при pH 5,0, но силно отрицателен при pH 7,5. Зависимостта от pH на електростатичния компонент на свободната енергия разкрива, че 3D структурата на двата ензима е максимално стабилна при pH 6,5.

Голямото сходство в 3D структурата, както и в електростатичните и термодинамичните свойства, предполага, че заекът може успешно да се използва като животински модел за изследване на коронавирусната инфекция, а резултатите могат да се екстраполират върху хора.

Biomechanical response of endothelial cells to metastable microfluidic blood flows in vivo and in vitro

Lubomir Traikov¹, Todor Bogdanov¹, Elitsa Stoyanova¹, Maxim Kalayanov^{1,2}, Lora Kamenska^{1,2}, Kolyo Dankov², Akira Ushiyama³, Chiodji Ohkubo⁴

¹Medical University-Sofia, Faculty of Medicine, Department of Medical Physics and Biophysics

²Sofia University "St. Kliment Ohridski", Faculty of Biology, Department of Biophysics and Radiobiology

³Department of Environmental Health, National Institute of Public Health, 2-3-6 Minami, Wako, Saitama, 351-0197, Japan

⁴Medical Physics, National Institute of Information and Communications Technology -Japan EMF Information Center, Tokyo, Japan.

This report presents data from pilot studies on the feasibility of using biomimetic organoid structures to study the effect of physical factors such as modulated ultrasound mechanical waves and cold microwave argon plasma on the behavior of micro-fluidic flows. The biological effects of the two factors are relatively poorly studied, and in combination, only single articles with unclear molecular mechanisms have been described.

In the present study, comparative biophysical methods were used, allowing simultaneous follow-up of the microcirculatory dynamics in vivo by means of intravital microscopy based on implanted Dorsal-Skin Cameras (DSC). For the in vitro experiments, we used 3D cell biomimetic structures (Mimetas). Biomimetic systems offer compactness; one mimetic plate can replace 60 cell culture dishes. In addition to comparative measurements of microfluidic flows, we have used numerical modeling methods based on the COMSOL-Multiphysics software.

Numerical modeling methods, such as Computational Fluid Dynamics (CFD), are precise tools for studying biological processes, as evidenced by the recent dramatic increase in their use.

The use of simulation techniques such as CFD in parametric studies aims to shorten the time to generate a diagnosis because many vascular pathologies are prolonged in time. The possibility of extrapolating the changes for certain periods forward in time would give a serious boost to the prevention of vascular pathologies in general.

Correlation dependence was established between in vivo and in vitro changes in small blood vessels below 10 μm under pulse pressure.

Acknowledgments: to project No. BG-RRP-2.004-0004-C01, NextGenerationEU, through the National Recovery and Resilience Plan of the Republic of Bulgaria. Scientific group #3.1.4.-BioMimetaMechanics; Medical-biological sciences. (2022/2026)

Биомеханичен отговор на ендотелните клетки при метастабилни микрофлуидни кръвни потоци в in vivo и in vitro условия

Любомир Трайков¹, Тодор Богданов¹, Елица Стоянова¹, Максим Калянов^{1,2}, Лора Каменска^{1,2}, Кольо Данков², Акира Ушияма³, Шюдджи Охкубо⁴

¹Медицински университет-София, Медицински Факултет, катедра Медицинска физика и Биофизика

²Софийски университет „Св. Климент Охридски“, Биологически факултет, катедра Биофизика и радиобиология

³Department of Environmental Health, National Institute of Public Health, 2-3-6 Minami, Wako, Saitama, 351-0197, Japan

⁴Medical Physics, National Institute of Information and Communications Technology -Japan EMF Information Center, Tokyo, Japan.

В настоящия доклад са представени данни от пилотни проучвания върху възможността за използване на биомиметични органоидни структури за изследване на действието на физични фактори като модулирани ултразвукови механични вълни и студена микровълнова аргонова плазма върху поведението на микро-флуидни потоци. Биологичните ефекти на двата фактора поотделно са сравнително слабо проучени, а в комбинация има описани само единични статии с неясни молекулярни механизми.

В настоящето изследване са използвани сравнителни биофизични методи даващи възможност едновременно да бъде проследена микроциркулаторната динамика in vivo посредством интравитална микроскопия базирана на имплантирани Дорзални-кожни камери (DSC). За in vitro експериментите сме използвали 3D-клетъчни биомиметични структури (Mimetas). Биомиметичните системи предлагат компактност един миметичен плейт може да замени 60 съда за клетъчни култури. Като освен сравнителни измервания на микрофлуидните потоци, ние сме използвали методи на числовото моделиране на основата на софтуера COMSOL-Multiphysics.

Методи за числено моделиране, като като изчислителна динамика на флуидите (CFD), са прецизни инструменти за изследването на биологичните процеси това показва и драстичното нарастване напоследък на тяхното използване.

Използването на симулативни техники като CFD при параметрични изследвания има за цел скъсяването на времето за генериране на диагноза тъй като много от съдовите патологии са пролонгирани във времето и възможността за екстраполиране на промените за определени периоди напред във времето би дало сериозен тласък в превенцията на съдови патологии като цяло.

Установена е корелационна зависимост между промените in vivo и in vitro в малките кръвоносни съдове под 10 μm , под действие на пулсовото налягане.

Благодарности: към проект № BG-RRP-2.004-0004-C01, NextGenerationEU, чрез Националния план за възстановяване и устойчивост на Република България. Научна група №3.1.4.-BioMimetaMechanics; Медико-биологични науки.(2022/2026)

The spectrophotometric method "real-time hemolysis assay" and its possible applications

Boyana Parvanova, Bilyana Tacheva, Gergana Savova, Radostina Georgieva, Miroslav Karabaliev

Department of "Medical Physics, Biophysics, X-ray and Radiology", Faculty of Medicine, Thrace University, Stara Zagora

Absorption spectra of erythrocyte suspensions were studied in the process of hemolysis induced by various detergents and medicinal substances, as well as in conditions of different tonicity of the suspension medium.

Spectrophotometric monitoring of hemolysis "in real-time" provides valuable information about the type and degree of membrane damage under the influence of various hemolytic factors [1]. To characterize the changes in the cells before and during hemolysis, several basic parameters were measured - the absorbance at 700 nm, the relative height and the wavelength of the Soret peak. It was found that as the osmolarity of the medium increases, the absorbance at 700 nm increases and the relative height of the Soret peak decreases. These changes are associated with changes in the volume of erythrocytes and as a consequence - a change in the concentration of hemoglobin and the relative refractive index of the cells. On the other hand, the maximum wavelength of the Soret peak also increases with increasing osmolarity due to changes associated with hemoglobin oxidation [2]. These conclusions were further supported by results obtained with confocal microscopy and flow cytometry.

The parameters of the absorption spectrum can be used for real-time monitoring of the osmosis process as well as other pre-hemolytic processes associated with changes in the volume and shape of erythrocytes. UV-Vis absorption spectrophotometry offers a convenient, readily available, and cost-effective method for monitoring changes in erythrocytes that may find application in the pharmacology and diagnosis of various hemoglobin anemias.

- [1] B. Paarvanova, B. Tacheva, G. Savova, M. Karabaliev, R. Georgieva, Hemolysis by Saponin Is Accelerated at Hypertonic Conditions, *Molecules*, Vol. 28(20), 7096 (2023) <https://doi.org/10.3390/molecules28207096>
- [2] M. Karabaliev, B. Tacheva, B. Paarvanova, R. Georgieva, Change in Osmotic Pressure Influences the Absorption Spectrum of Hemoglobin inside Red Blood Cells, *Cells*, Vol. 13, 589 (2024) <https://doi.org/10.3390/cells13070589>

Спектрофотометричният метод „real-time hemolysis assay“ и негови възможни приложения

Бояна Първанова, Биляна Тачева, Гергана Савова, Радостина Георгиева, Мирослав Карабалиев

Катедра „Медицинска физика, Биофизика, Рентгенология и Радиология“, Медицински факултет, Тракийски университет, гр. Стара Загора

Абсорбционните спектри на еритроцитни суспензии са изследвани в процеса на хемолиза, предизвикана от различни детергенти и лекарствени вещества, както и в условия на различна тоничност на суспензионната среда.

Спектрофотометричното проследяване на хемолизата „in real-time“ дава ценна информация за вида и степента на увреждане на мембраната под въздействието на различни хемолитични фактори [1]. За характеризиране на промените в клетките преди и по време на хемолизата бяха измервани няколко основни параметъра - абсорбцията при 700 nm, относителната височина и дължината на вълната на пика на Soret. Установено е, че с увеличаване на осмоларитетът на средата, абсорбцията при 700 nm се увеличава, а относителната височина на пика на Soret намалява. Тези промени са свързани с промени в обема на еритроцитите и като следствие - промяна в концентрацията на хемоглобина и относителният показател на пречупване на клетките. От друга страна, максималната дължина на вълната на пика на Soret също нараства с увеличаване на осмоларитета поради промени, свързани с окислението на хемоглобина [2]. Тези заключения бяха допълнително подкрепени с резултати, получени с конфокална микроскопия и проточна цитометрия.

Параметрите на абсорбционния спектър могат да бъдат използвани за проследяване в реално време на процеса осмоза както и на други предхемолитични процеси, свързани с промяна на обема и формата на еритроцитите. UV-Vis абсорбционната спектрофотометрия предлага удобен, лесно достъпен и рентабилен метод за наблюдение на промените в еритроцитите, който може да намери приложение във фармакологията и диагностиката на различни хемоглобинови анемии.

- [1] B. Paarvanova, B. Tacheva, G. Savova, M. Karabaliev, R. Georgieva, Hemolysis by Saponin Is Accelerated at Hypertonic Conditions, *Molecules*, Vol. 28(20), 7096 (2023) <https://doi.org/10.3390/molecules28207096>
- [2] M. Karabaliev, B. Tacheva, B. Paarvanova, R. Georgieva, Change in Osmotic Pressure Influences the Absorption Spectrum of Hemoglobin inside Red Blood Cells, *Cells*, Vol. 13, 589 (2024) <https://doi.org/10.3390/cells13070589>

Acute effects of whole-body irradiation with high-frequency and low-intensity electromagnetic fields in humans

*Tsvetelina Shalamanova¹, Lubomir Traikov², Todor Bogdanov², Michel Israel¹,
Chiodji Ohkubo³*

¹*National Center for Public Health and Analyzes - National Center for Public Health,
Department of Physical Factors*

²*Medical University-Sofia, Faculty of Medicine, Department of Medical Physics and
Biophysics*

³*Medical Physics, National Institute of Information and Communications Technology -Japan
EMF Information Center, Tokyo, Japan.*

The main frequencies used for mobile communication are 450 MHz, 900 MHz, and 1800 MHz. The frequency depends on the system and the technology used. Cellular technology can be analog or digital. Mobile phones and their base stations are the main mobile communication sources emitting electromagnetic fields (EMF). Mobile phones are sources with lower radiated power than base stations, but due to their nature as sources, they cannot be compared due to different exposure conditions. Regarding the mobile phone, it should be considered that the exposure is mainly localized in the head area and has a different duration that can only be controlled by the user.

Base stations serve to receive and transmit signals, to establish a connection. These sources are stationary. They are installed on roofs or facades of residential and public buildings or on towers, i.e. this is a case of 24-hour exposure that cannot be controlled by the residents of the area near the base station.

The currently accepted and recommended EMF exposure limits (in the frequency range used for mobile communication 450 – 1800 MHz) vary widely between countries and organizations.

The aim of this study is to investigate a possible modulating effect of the electromagnetic field (EMF) on the regulation of micro-circulatory and macro-circulatory dynamics and changes in the diameter of blood vessels, effects that influence basic physiological parameters of the circulatory system in humans, such as systolic and diastolic blood pressure.

The present study is based on results obtained from the irradiation of 25 Healthy-volunteers in good physical condition, with an average age of 24. The Healthy-volunteers were seated 2 m away from a circular aperture antenna. The operator turned on the antenna for 10 min, and it broadcast with parameters (frequency 1800 MHz, power density 0.10 W/m²).

Immediately after switching on the antenna, spontaneous drops in systolic blood pressure up to about 20 mmHg were registered, in about 80% of the studied volunteers, in the same respect 40 min., after the irradiation, an increase in the levels of catecholamines in the urine was reported.

Акутни ефекти при целотелесно облъчване с високо-честотни и ниско-интензивни електромагнитни полета при хора

*Цветелина Шаламанова¹, Любомир Трайков², Тодор Богданов², Мишел Израел¹,
Шиоджи Охкубо³*

¹*Национален център по общественото здраве и анализи-НЦОЗА, катедра Физични
фактори*

²*Медицински университет-София, Медицински факултет, катедра Медицинска
физика и Биофизика*

³*Medical Physics, National Institute of Information and Communications Technology -Japan
EMF Information Center, Tokyo, Japan.*

Основните честоти, използвани за мобилна комуникация са: 450 MHz, 900 MHz и 1800 MHz. Честотата зависи от системата и използваната технология. Клетъчната технология може да бъде аналогова и цифрова. Основни мобилни комуникационни източници, излъчващи електромагнитни полета (ЕМП), са мобилните телефони и техните базови станции. Мобилните телефони са източници с по-ниска мощност на излъчване в сравнение с базовите станции, но поради естеството си на източници те не могат да бъдат сравнявани поради различните условия на излагане. По отношение на мобилния телефон трябва да се има предвид, че експозицията е локализирана предимно в областта на главата и има различна продължителност, която може да се контролира само от потребителя.

Базовите станции служат за приемане и предаване на сигнали, за осъществяване на връзка. Тези източници са стационарни. Те се монтират на покриви или фасади на жилищни и обществени сгради или на кули, т.е. това е случай на 24-часово облъчване, което не може да се контролира от жителите на района в близост до базовата станция.

Понастоящем приетите и препоръчани граници на излагане на ЕМП (в честотния диапазон, използван за мобилна комуникация 450 – 1800 MHz) в различните страни и организации се различават значително.

Целта на това изследване е възможен модулиращ ефект на електромагнитното поле (ЕМФ) с върху процесите на регулация на микроциркулаторната и макроциркулаторна динамика както и на промените в диаметъра на кръвоносните съдове, ефекти повлияващи основни физиологични параметри на циркулаторната система при човека като Систолично и диастолично кръвно налягане.

Настоящото изследване е базирано върху резултати получени при облъчването на 25-доброволци на средна възраст 24 години в добра физическа форма. Доброволците бяха разположени седнали на 2м отстояние от антена с кръгова апертура на излъчване. Оператор включваше антената за 10 мин която излъчваше с параметри (честота 1800 MHz, плътност на мощност 0,10 W/m²).

Непосредствено след включването на антената бяха регистрирани спонтанни падове на систоличното кръвно налягане до около 20 mmHg, при около 80% от изследваните доброволци, в същото отношение 40 мин., след облъчването беше отчетено повишаване на нивата на катехоламините в урината.

Exploring PDA Nanoparticles as Antioxidants: Reactive Oxygen Species Scavenging Efficiency

Stefan Federchev¹, Neda Anastassova², Erik Dimitrov³, Katya Kamenova³, Nadya Hristova-Avakumova¹

¹Department of Medical physics and biophysics, Medical Faculty, Medical University Sofia

²Institute of Organic Chemistry with Centre of Phytochemistry, Bulgarian Academy of Sciences, Acad.G. Bonchev Str., Building 9, 1113 Sofia

³Institute of Polymers, Bulgarian Academy of Sciences, Akad. Georgi Bonchev Str., 103, 1113, Sofia

Nanomaterials are highly advanced and promising tools for developing drugs with multiple pharmacological activities and reduced toxicity. Studies have shown that polydopamine, a black biopolymer formed by the autoxidation of the catecholamine neurotransmitter Dopamine, possesses superior radical-scavenging and anti-inflammatory properties and low systemic toxicity.

Our objective was to assess the radical scavenging efficiency and antioxidant potential of polydopamine nanoparticles (PDA NPs) synthesized under specific conditions of oxidative polymerization in a water-ethanol mixture with ammonia. We used spectrophotometric systems with stable free radicals and chemiluminescent assay containing reactive oxygen species. The antioxidant effect in systems containing biologically important molecules under conditions of AAPH-simulated peroxidation has been determined.

Dopamine and the PDA NPs decreased the concentration of both stable free radicals of ABTS ((2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) and DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl). A strong linear correlation between the concentration of the tested compounds and their ability to scavenge the free radicals was observed. The concentration inducing a 50% decrease in the Radical scavenging activity for the PDA NPs in the ABTS-containing assay was 5.91 µg/mL, and for the DPPH, 9.12 µg/mL.

The particles also affected the chemiluminescent response in both chemiluminescent systems, the xanthine-xanthine oxidase enzymatic method, in which the superoxide anion radical is generated as a byproduct of the transformation of xanthine to uric acid, and the hypochlorite chemical system, respectively. In both systems, at the maximal tested concentration of 75 µg/mL, the chemiluminescent scavenger index (CL-SI) decreased by more than 50% compared to the control samples. In the lecithin-containing assay PDA NPs had a concentration-dependent antioxidant effect at concentrations equal to 25 µg/mL or higher (around 50% at 75 µg/mL). In the deoxyribose system we observed a lack of both – antioxidant and prooxidant properties.

PDA NPs demonstrate antioxidant potential. As evidenced by the obtained results, they effectively scavenge stable free radicals and notably impact chemiluminescent responses at higher concentrations.

Антиоксидантен Потенциал на Полидопаминови Наночастици: Ефект в Системи с Активни Форми на Кислорода

Стефан Федерчев¹, Неда Анастасова², Ерик Димитров³, Катя Каменова³, Надя Христова-Авакумова¹

¹Катедра медицинска физика и биофизика, Медицински факултет, Медицински университет-София

²Институт по органична химия с център по фитохимия, Българска академия на науките, ул. „Акад. Г. Бончев“, бл.9, 1113 София

³Институт по полимери, Българска академия на науките „Акад. Георги Бончев“ бл. 103, вх. А, 1113 София

Наноматериалите са се доказали като изключително перспективни при разработването на агенти с многофункционални фармакологични свойства и понижена токсичност. Проучванията показват, че полидопаминът, черен биополимер, получен чрез автоокислението на катехоламиновия невротрансмитер допамин, притежава отлични радикал-улавящи свойства и противовъзпалителна активност, в съчетание с ниска токсичност.

Целта на проучването е да се оцени радикал-улавящият ефект и антиоксидантен потенциал на полидопаминови наночастици (PDA NPs), синтезирани в условия на оксидационна полимеризация на допамин хидрохлорид в смес от вода и етанол, съдържаща амоняк. Използвани бяха спектрофотометрични методи със стабилни свободни радикали и хемилуминесцентни системи с активни форми на кислорода. Антиоксидантният ефект беше определен при условия на пероксидация на биологично важни молекули, инициирана с AAPH (2,2'-азобис(2-аминопропан) дихидрохлорид).

Допаминът и полидопаминови наночастици понижиха концентрацията на стабилните свободни радикали на ABTS (2, 2'-азинобис (3-етилбензотиазолин)-6-сулфонова киселина) и DPPH (2,2-дифенил-1-пикрилхидразил). Отчетена беше линейна зависимост между концентрацията на тестваните проби и радикал-улавящата им активност (RSA, %). Концентрацията, при която се отчита 50% RSA за наночастиците в системата, съдържаща ABTS е 5,91 µg/mL, а за DPPH - 9,12 µg/mL. Частиците повлияха и хемилуминесцентния отговор и в двете хемилуминесцентни системи, съответно ензимния метод с ксантин-ксантин оксидаза, при който супероксидният анионен радикал се генерира като страничен продукт от трансформацията на ксантин в пикочна киселина и химичната система с хипохлорит. И в двете системи при максималната тествана концентрация от 75 µg/mL, хемилуминесцентния скевинджър индекс (CL-SI) се понижи с над 50% спрямо контролните проби. В присъствието на лецитин като окисляем субстрат PDA NPs показаха концентрационно зависим антиоксидантен ефект, при концентрации от 25 µg/mL или по-високи (около 50% при 75 µg/mL). В системата с дезоксирибоза не наблюдавахме нито антиоксидантни, нито прооксидантни свойства.

Данните показват, че PDA NPs притежават антиоксидантен потенциал. Те ефективно неутрализират стабилни свободни радикали и значително влияят на хемилуминесцентния сигнал при по-високи концентрации.

Molecular mechanism of contagiousness of Indian variant of SARS-CoV-2*Vishwathika Malar¹, Trifon Popov¹, Svetlana Hristova², Alexandar Zhivkov³**1 Medical Faculty, Medical University – Sofia**2 Department of Medical Physics and Biophysics, Medical Faculty, Medical University – Sofia**3 Scientific Research Center, “St. Kliment Ohridski” Sofia University*

The delta variant of SARS-CoV-2 is 60% more contagious than the original virus and had a 50% higher hospitalisation rate. The virus particles bind to the ACE2 receptors of epithelial cells with their spike (S) protein (in particular their receptor-binding domain - RBD). The association energy is determined by electrostatic attractive forces between the two oppositely charged proteins: the net charge of ACE2 is negative and that of S - protein – positive at physiological conditions (pH 5-7). However, not the total charge, but mainly the heterogeneity of electrostatic potential on the surface of the protein globule is the key factor for the electrostatic complementarity and binding affinity of different corona virus variants to ACE2.

The purpose of the research is to calculate association energy and isoelectric point of delta coronavirus strain and to compare the contagiousness of this variant with the wild-type strain and omicron variant.

The research consists of 4 stages: (1) selection of the available 3D structures with minimal free energy (ΔG); (2) reconstruction of the molecular structure of the trimers – macromolecular modeling; (3) calculation of the pH-dependences of the net charge, electrostatic potential and free association energy; (4) visualisation of the electrostatic potential on the surface of RBD.

Our results show that the net positive charges in delta variant are 2 more than the wild-type strain, which leads to an increase in the isoelectric point of RBD with 0.44 from 9.0 in wild-type strain to 9.44. The change in the surface electrostatic potential, caused by the point mutations results in an increase of the energy of association in the whole pH-range in comparison with the wild-type strains, which explains the higher pathogenicity and contagiousness of delta variant.

In conclusion, macromolecular modeling and the following 3D electrostatic analysis enable us to evaluate the contagiousness and pathogenicity on molecular level of the newly emerged variant of Corona virus at equal other conditions determining the social immune status.

Молекулни механизми на заразността на индийския вариант на SARS-CoV-2*Вишуатика Малар¹, Трифон Попов¹, Светлана Христова², Александър Живков³**1 Медицински факултет, Медицински университет – София**2 Катедра по медицинска физика и биофизика, Медицински факултет, Медицински университет – София**3 Научноизследователски сектор, СУ “Св. Климент Охридски”*

Делта-вариантът на SARS-CoV-2 е 60% по-заразен от дивия щам на вируса и има 50% по-висок процент на хоспитализация. Вирусните частици се свързват с ACE2 рецепторите на епителните клетки чрез spike (S) протеина (и по-конкретно неговия рецептор-свързващ домен - RBD). Енергията на асоцииране се определя от електростатичните сили на привличане между двата противоположно заредени белтъка: нетният заряд на ACE2 е отрицателен, а този на S-протеина - положителен при физиологични условия (pH 5-7). Въпреки това не общият заряд, а главно хетерогенността на електростатичния потенциал на повърхността на белтъчната глобула е ключов фактор за електростатичната комплементарност и афинитета на свързване на различните варианти на корона вируса с ACE2.

Целта на изследването е да се изчисли енергията на асоциация и изоелектричната точка на делта варианта на коронавируса и да се сравни контагиозността на този вариант с дивия тип щам и омикрон варианта.

Изследването се състои от 4 етапа: (1) подбор на наличните 3D структури с минимална свободна енергия (ΔG); (2) реконструкция на молекулната структура на тримерите - макромолекулно моделиране; (3) изчисляване на pH-зависимостите на нетния заряд, електростатичния потенциал и свободната енергия на асоциация; (4) визуализация на електростатичния потенциал върху повърхността на RBD.

Нашите резултати показват, че нетните положителни заряди в делта варианта са с 2 повече от тези в щама на дивия тип, което води до повишаване на изоелектричната точка на RBD с 0,44 от 9,0 в щама на дивия тип до 9,44. Промяната в повърхностния електростатичен потенциал, причинена от точковите мутации, води до увеличаване на енергията на асоцииране в целия pH-диапазон в сравнение с щамовете от дивия тип, което обяснява по-високата патогенност и заразност на делта варианта.

В заключение, макромолекулярното моделиране и последващият 3D електростатичен анализ ни позволяват да оценим контагиозността на молекулните ниво на новопоявили се варианти на коронавируса при равни други условия, определящи социалния имунен статус.

"Luminescence methods as a means of studying the impact of regulatory photoprotection mechanisms in a heterophilous plant: *Hedera helix* L. (Ivy)".

Monika Konstantinova¹, Detelin Stefanov¹, Momchil Paunov¹, Kolyo Dankov¹, Violeta Peeva¹
¹Sofia University "St. Kliment Ohridski", Faculty of Biology, Dept. Biophysics and Radiobiology

Abstract: The present work is dedicated to the bioluminescence characterization of leaves from Ivy (*Hedera helix* L.), which exhibit differences in their phenotypic characteristics, depending on the phase of ontogenetic development. Ivy leaves are subdivided into two distinct phenotypes: 1. shade (juvenile) leaves and 2. light (mature) leaves. By using prompt and delayed chlorophyll fluorescent techniques, as well as thermoluminescence, we studied the different behavior of the photoprotective mechanisms in the two leaf subtypes. We examined the photochemical and non-photochemical quenching, quantum yield, "excess" parameter, JIP-test of the fluorescence induction curve, and the differences in thermoluminescence bands. Our results clearly demonstrate that the two subtypes of leaves show distinct photosynthetic and physiological roles for Ivy adaptation to variable light conditions such as a mixture of direct sunlight and shade, which enhances the survivability of *H. helix* in more diverse habitats.

„Луминесцентни методи като средство за изследване на въздействието на регулаторните фотозащитни механизми в хетерофилно растение: *Hedera helix* L. (Бръшлян)“

Моника Константинова¹, Детелин Стефанов¹, Момчил Паунов¹, Кольо Данков¹, Виолета Пеева¹
¹Софийски университет „Св. Климент Охридски“, Биологически факултет, катедра Биофизика и радиобиология

Настоящата работа е посветена на биолуминесцентната характеристика на листа от бръшлян (*Hedera helix* L.), които проявяват различия във фенотипните си характеристики в зависимост от фазата на онтогенетично развитие. Листата на бръшляна се подразделят на два различни фенотипа: 1. сенчести (ювенилни) листа и 2. светли (зрели) листа. Чрез използване на бързи и забавени флуоресцентни техники на хлорофил, както и термолуминесценция, ние проучихме различното поведение на фотозащитните механизми в двата подтипа листа. Изследвахме фотохимичното и нефотохимичното охлаждане, квантовия добив, "излишния" параметър, JIP-тест на кривата на индукция на флуоресценция и разликите в термолуминесцентните ленти. Нашите резултати ясно демонстрират, че двата подтипа листа показват различни фотосинтетични и физиологични роли за адаптирането на бръшляна към променливи светлинни условия, като смес от пряка слънчева светлина и сянка, което подобрява оцеляването на *H. helix* в по-разнообразни местообитания.

Bioactive components from snails or a new generation of antimicrobial therapeutics

Lyudmila Velkova ^{1,3} Aleksandar Dolashki ^{1,3} Ventsislava Petrova ², Emiliya Pisareva ², Anna Tomova ², Maria Todorova ¹, Momchil Kermedchiev ¹ and Pavlina Dolashka ^{3,1}

¹Institute of Organic Chemistry with Center for Phytochemistry - Bulgarian Academy of Science;

²Sofia University "St. Kliment Ohridski" - Faculty of Biology

³Center of Competence "Clean Technologies for Sustainable Environment-Water, Waste, Energy for Circular Economy", 1000 Sofia, Bulgaria

The discovery and investigation of new natural compounds with antimicrobial activity is a potential strategy to reduce the spread of antimicrobial resistance. The presented study reveals for the first time promising antibacterial potential of two fractions from *Cornu aspersum* mucus with MW<20 kDa and MW>20 kDa against various bacterial pathogens - *Bacillus cereus* 1085, *Propionibacterium acnes* 1897, *Salmonella enterica* 8691, *Enterococcus faecalis* 3915, and *Enterococcus faecium* 8754. Using *de novo* sequencing above 30 novel peptides with potential antibacterial activity were identified in a fraction with MW<20 kDa. Some bioactive compounds in mucus fraction with MW > 20 kDa, were determined by proteomic analysis on gel electrophoresis and bioinformatics. High homology with proteins and glycoproteins was found with potential antibacterial activity as mucus protein Aspermin, hemocyanins, H-lectins, L-amino acid oxidase-like protein, and mucins (mucin-5AC, mucin-5B, mucin-2 and mucin-17). The synergy between the bioactive components determined in the composition of the fraction > 20 kDa are responsible for the high antibacterial activity against the tested pathogens in concentrations between 32–128 µg/ml, which is comparable to Vancomycin, but without cytotoxic effects on model eukaryotic cells. These findings may serve as a basis for further studies to develop a new antibacterial agent preventing the development of antibiotic resistance.

Acknowledgments: This research was carried out with the support of the project KP-06 PN61-8/2022 funded by the Bulgarian National Science Fund and project BG05M2OP001-1.002-0019: "Clean Technologies for Sustainable Environment -Water, Waste, Energy for a Circular Economy."

Биоактивни компоненти от охлюви или ново поколение антимикробни терапевтици

Людмила Велкова ^{1,3} Александър Долашки ^{1,3} Венцислава Петрова ², Емилия Писарева ², Анна Томова ², Мария Тодорова ¹, Момчил Кермедчиев ¹ и Павлина Долашка ^{3,1}

¹Институт по органична химия с център по фитохимия - БАН;

²СУ "Св. Климент Охридски" - Биологически факултет

³Център за компетенции „Чисти технологии за устойчива околна среда – вода, отпадъци, енергия за кръгова икономика“, 1000 София, България

Откриването и изследването на нови природни съединения с антимикробна активност е потенциална стратегия за намаляване на разпространението на антимикробна резистентност. Представеното изследване разкрива за първи път обещаващ антибактериален потенциал на две фракции от слуз от *Cornu aspersum* с MW<20 kDa и MW>20 kDa срещу различни бактериални патогени - *Bacillus cereus* 1085, *Propionibacterium acnes* 1897, *Salmonella enterica* 8691, *Enterococcus faecalis* 3915 и *Enterococcus faecium* 8754. Използвайки *de novo* секвениране, бяха идентифицирани над 30 нови пептида с потенциална антибактериална активност във фракция с MW<20 kDa. Някои биоактивни съединения в слузната фракция с MW > 20 kDa бяха определени чрез протеомен анализ на гел електрофореза и биоинформатика. Установена е висока хомология с протеини и гликопротеини с потенциална антибактериална активност като мукусен протеин Аспермин, хемоцианини, Н-лектини, протеин, подобен на L-аминокиселина оксидаза, и муцини (муцин-5AC, муцин-5B, муцин-2 и муцин-17). Синергията между биоактивните компоненти, определени в състава на фракцията > 20 kDa, е отговорна за високата антибактериална активност срещу тестваните патогени в концентрации между 32–128 µg/ml, което е сравнимо с Vancomycin, но без цитотоксични ефекти върху моделни еукариотни клетки. Тези открития могат да послужат като основа за по-нататъшни проучвания за разработване на нов антибактериален агент, предотвратяващ развитието на антибиотична резистентност.

Благодарности: Това изследване е осъществено с подкрепата на проект KP-06 PN61-8/2022, финансиран от Фонд „Научни изследвания“ и проект BG05M2OP001-1.002-0019: „Чисти технологии за устойчива околна среда – вода, отпадъци, енергия за кръгова икономика.“

A neuro-biophysical approach to the study of structural-functional changes in the area of the Caudate Putamen of the rat brain - in the conditions of local inhibition of dopaminergic receptors

Maxim Kalayanov^{1,2}, Lora Kamenska^{1,2}, Kolyo Dankov², Lubomir Traikov¹,

¹Medical University-Sofia, Faculty of Medicine, Department of Medical Physics and Biophysics

²Sofia University "St. Kliment Ohridski", Faculty of Biology, Department of Biophysics and Radiobiology

In our research, the neurophysical approach was implemented using an animal model system with implanted ECoG electrodes. Under the action of 6-hydroxydopamine (6-OHDA), a neurotoxin that selectively destroys catecholaminergic neurons, this method allows the reproduction of the main pathophysiological features of the disease in animals, such as the loss of dopamine in the striatum and the associated motor and cognitive impairments. This work analyzes the structural and functional changes in the Caudate-Putamen (CP) area in rats under conditions of local inhibition of dopaminergic receptors.

Using the electro-corticography-ECoG method, we use micro-electrodes to record the electrical processes occurring in the cortex in response to sensory stimulation (external or internal). When the electrode is placed on the primary sensory area receiving signals from a certain sense organ, the appearance of a superficial positive wave with a latency period of 5-12 ms can be observed. The dendrites of cortical neurons are a dense array of uniformly oriented processes, especially in the superficial layers of the cortex. Dendrites can generate spreading potentials, which play an essential role in the transmission of excitation. In addition, neuronal axons form collaterals that terminate on dendrites in the superficial layers. Upon activating the excitatory and inhibitory synapses on the dendrites, currents flow to and from these sources, creating a dipole electric field between the cell body and the dendrite. These dynamic changes in the dipole lead to wave-like fluctuations of the potential in the bulk conductor.

Local structural changes caused by inflammatory (and/or degenerative) processes affect the amplitude of the recorded ECoG signal.

Electrocorticography (ECoG) is often used to assess brain bioelectrical activity in small laboratory animals, allowing the recording of signals directly from the cerebral cortex. Direct recording of cortical activity using (ECoG) can be used to assess the functional state of the cortex, making this method potentially useful for modeling various pathological conditions and finding new therapeutic approaches to correct them.

Невробиофизичен подход при изследване на структурно-функционалните промени в областта на Caudate Putamen на мозъка на плъх – в условията на локално инхибиране на допаминергичните рецептори

Максим Калаянов^{1,2}, Лора Каменска^{1,2}, Кольо Данков², Любомир Трайков¹,

¹Медицински университет-София, Медицински Факултет, катедра Медицинска физика и Биофизика

²Софийски университет „Св. Климент Охридски“, Биологически факултет, катедра Биофизика и радиобиология

В нашите изследвания невробиофизичния подход е реализиран посредством животинска моделна система с имплантирани ECoG-електроди. В условията на действието на 6-хидроксидопамин (6-OHDA) - невротоксин, който селективно разрушава катехоламинергичните неврони. Този метод позволява възпроизвеждането на основните патофизиологични характеристики на заболяване- то при животни, като например загубата на допамин в стриатума и свързаните с това двигателни и когнитивни нарушения. В тази работа се анализират структурните и функционалните промени в зоната Caudate-Putamen (CP) при плъхове в условията на локално инхибиране на допаминергичните рецептори.

С помощта на методът на електро-кортикография-ECoG , ние отчитаме електрическите процеси, протичащи в кората в отговор на сензорна стимулация (външна или вътрешна), с помощта на микро-електроди. Когато електродът се постави върху първичната сензорна зона, получаваща сигнали от определен сетивен орган, може да се наблюдава появата на повърхностна положителна вълна с латентен период от 5-12 ms. Дендритите на кортикалните неврони представляват гъст масив от еднакво ориентирани израстъци, особено в повърхностните слоеве на кората. Дендритите могат да генерират разпространяващи се потенциали, които играят важна роля в предаването на възбуждането. Освен това невронните аксони образуват колатерали, които завършват върху дендрити в повърхностните слоеве. При активиране на възбудните и инхибиторните синапси върху дендритите към и от тези източници протичат токове, които създават диполно електрично поле между клетъчното тяло и дендрита. Тези динамични промени в дипола водят до вълнообразни колебания на потенциала в обемния проводник.

Локалните структурни промени породени от възпалителни (и/или дегенеративни) процеси повлияват амплитудата на регистрирания ECoG-сигнал.

Електрокортикографията (ECoG) често се използва за оценка на мозъчната биоелектрична активност при малки лабораторни животни, като позволява запис на сигнали директно от мозъчната кора. Директният запис на кортикалната активност с помощта на (ECoG) може да се използва за оценка на функционалното състояние на кората, което прави този метод потенциално полезен за моделиране на различни патологични състояния и за намиране на нови терапевтични подходи за тяхното коригиране

A neuro-biophysical approach to the study of structural-functional changes in the parietal lobe of the rat brain upon locally inhibited GLUT receptors

Lora Kamenska^{1,2}, Maxim Kalayanov^{1,2}, Lubomir Traikov¹, Kolyo Dankov²

¹Medical University-Sofia, Faculty of Medicine, Department of Medical Physics and Biophysics

²Sofia University "St. Kliment Ohridski", Faculty of Biology, Department of Biophysics and Radiobiology

Diseases of the nervous system can result from degenerative, metabolic, structural, neoplastic, or inflammatory conditions that affect neurons, glia, or both. Clinical diagnosis of these diseases still mainly depends on following the appearance and course of development of symptoms and signs.

The present report presents data from pilot studies on the possibility of using Neurobiophysical approaches, particularly electrocorticography (ECoG), to measure electrical activity.

Comparative biophysical methods were also used, allowing simultaneous follow-up of the electrical dynamics in vivo by means of implanted electrodes in the rat brain and experimental inhibition of selective glucose transporters (GLUT) from the blood to the glial tissue in the area of the 3rd cerebral ventricle.

The animal model systems created by our team use the complexity and diversity of animal organisms to provide an opportunity for more in-depth study of the molecular and cellular mechanisms of these diseases. The use of animal model systems allows not only to comply with the principles of medical ethics, but also to preserve the natural regulation of chemical pathways and signal transduction, which are characteristic of in vivo systems.

A leading hypothesis for the relationship between the changes in the electrical activity of the nervous tissue of the brain measured using ECoG and the processes of degeneration of the neuro-glial tissue in the conditions of inhibition of GLUT-1-4 receptors is that there is a mutual potentiation of the occurring hypoglycemia and hypoxia in this same glial tissue.

The neurovascular unit-NVU regulates blood supply to meet the energy and oxygen demands of active neurons in diabetic NVC, also known as functional hyperemia.

Changes in tissue metabolism and blood flow are associated with changes in electrical activity, which are represented by self-propagating waves of membrane/tissue depolarization and changes in ECoG signal amplitude.

Hypoglycemia leads to neurovascular detachment and BBB breakdown.

Невробиофизичен подход при изследване на структурно-функционални промени в париеалния лоб на мозъка на плъх при локално инхибирани GLUT рецептори

Лора Каменска^{1,2}, Максим Калаянов^{1,2}, Любомир Трайков¹, Кольо Данков²

¹Медицински университет-София, Медицински Факултет, катедра Медицинска физика и Биофизика

²Софийски университет „Св. Климент Охридски“, Биологически факултет, катедра Биофизика и радиобиология

Заболяванията на нервната система могат да бъдат следствие от дегенеративни, метаболитни, структурни, неопластични или възпалителни състояния, които засягат невроните, глията или и двете. Клиничната диагноза на тези заболявания, все още основно зависи от проследяването на изявата и хода на развитието на симптомите и признаците.

В настоящия доклад са представени данни от пилотни проучвания върху възможността за използване на Невробиофизични подходи и по-специално измерване на електричната активност посредством електрокортикография-ЕСоГ.

Използвани са също така и сравнителни биофизични методи даващи възможност едновременно да бъде проследена електричната динамика in vivo посредством имплантирани електроди в мозъка на плъх, и експериментално инхибиране на селективни транспортери на глюкоза (GLUT) от кръвта към глиалната тъкан в зоната на 3-ти мозъчен вентрикул.

Създадените от нашия екип животински моделни системи, използват сложността и разнообразието на животинските организми предоставят възможност за по-задълбочено изследване на молекулярните и клетъчните механизми на тези заболявания. Използването на животински моделни системи позволява не само спазването на принципите на медицинската етика, но и запазването на естествената регулация на химичните пътища и сигналната трансдукция, които са характерни за in vivo системите.

Водеща хипотеза за връзката между промените в електричната активност на нервната тъкан на мозъка измерена посредством ЕСоГ и процесите на дегенерация на невро-глиалната тъкан в условията на инхибиране на GLUT-1-4 рецептори, е че се наблюдава взаимно потенциране на настъпващата хипогликемия и хипоксия в същата тази глиална тъкан.

Невро-вакуларната единица-NVU регулира кръвоснабдяването, за да отговори на нуждите от енергия и кислород на активните неврони при диабетна NVC, известна също като функционална хиперемия.

Промените в тъканния метаболизъм и кръвния поток са свързани с промени в електричната активност, което е представено от саморазпространяващи се вълни на мембранна/тъканна деполяризация, и промени в амплитудата на ЕСоГ-сигнала.

Хипогликемията води до невроваскуларно отделяне и разрушаване на BBB.

Unlocking new diagnostic opportunities via tracking thermodynamic changes of the liquor proteome during meningeal relapse of acute lymphoblastic leukemia

Antonova B.¹, Yordanova M.², Bachvarov K.², Hristova T.², Dimitrova R.¹ and Avramova B.²

¹ Department „Medical Physics and Biophysics“, Medical Faculty, Medical University–Sofia, Sofia, Bulgaria

² Children's oncohematology clinic, University hospital „Queen Johanna-ISUL“, Sofia, Bulgaria

Acute lymphoblastic leukemia (ALL) is the most common malignancy in childhood. Meningeal relapse is a serious complication of patients with ALL. Its detection significantly worsens the long-term prognosis and requires adaptation of treatment, both in terms of local approaches and systemic treatment strategy.

Changes in the denaturation profiles of cerebrospinal fluid (CSF) samples were identified in a 13-year-old girl with multiple meningeal relapses of Philadelphia-positive acute lymphoblastic leukemia (Ph+ ALL). Endothermic events were registered using differential scanning calorimetry (DSC) in the presence of leukemic meningeal involvement and other CNS complications. Specific changes in the liquor proteome have been identified in the presence of neoplastic and benign cells in the CSF. In the liquor thermograms the neoplastic proteins are represented by high amplitude endothermic peaks of different shape in the interval between 65°C and 75°C. Deviations were observed even when no cells with preserved integrity were detected, suggesting potential diagnostic value. Further investigation of CSF thermograms may shed light on their nature and specificity, serving as a biomarker for CNS leukemic disease and treatment monitoring.

It is expected that after statistical validation that the analysis of CSF thermograms will reveal new opportunities to clarify the nature and mechanism of the changes at molecular level in the CSF proteome, as well as to help in a more successful and timely diagnosis and to monitor the effect of treatment on this serious complication - meningeal relapse of patients with leukemia.

The applied thermodynamic approach has the potential to be introduced into clinical practice, as it is suitable for monitoring the dynamically changing liquor proteome in ALL during the course of administered chemotherapy, allows for the assessment of its effectiveness, requires a small sample volume, and is non-invasive to patients.

Keywords: differential scanning calorimetry (DSC), acute lymphoblastic leukemia (ALL), meningeal relapse, CSF proteome.

Термодинамични промени в ликворния протеом в хода на менингеален рецидив на остра лимфобластна левкемия

Б. Антонова¹, М. Йорданова², К. Бъчваров², Р. Димитрова¹, Т. Христова², Б. Аврамова²

¹ Катедра „Медицинска физика и биофизика“, Медицински Факултет, Медицински университет – София

² Клиника по детска клинична хематология и онкология, УМБАЛ „Царица Йоанна“ – София

Острата лимфобластна левкемия (ALL) е най-често срещаното злокачествено заболяване в детска възраст. Менингеалният рецидив е сериозно усложнение при пациенти с ALL и установяването му влошава значително дългосрочната прогноза и изисква адаптиране на лечението, както по отношение на локалните подходи, така и на системната терапевтична стратегия.

В това изследване Диференциална Сканираща Калориметрия (ДСК) е приложена за получаване на денатурационни профили на ликворни проби от 13-годишно момиче с множество менингеални рецидиви на положителна за Филадельфийска хромозома Остра Лимфобластна Левкемия (Ph+ ALL), както и с други усложнения на централната нервна система.

Установени са значими различия на регистрираните характеристични денатурационни профили спрямо контролната термограма, в която ендотермични събития не се наблюдават. Регистрирани са високоамплитудни ендотермични пикове с различна форма в температурния интервал 65°C-75°C. Представени са специфични изменения в ликворния протеом при наличие на неопластични и на бенигнени клетки в церебро-спиналната течност (CSF). Микрокалориметричният профил на ликвор може да бъде използван като индикатор за наличие на бластна инвазия в него, както и за реализирания терапевтичен ефект.

Очаква се, че след статистическо валидиране, анализът на термограмите на CSF ще разкрие нови възможности за изясняване на характера и механизма на настъпилите на молекулно ниво промени в ликворния протеом. Това би спомогнало за по-успешното и своевременно диагностициране на това сериозно усложнение - менингеален рецидив при пациенти с левкемия, както и за проследяване на ефекта от приложеното лечение.

Приложеният термодинамичен подход има потенциал за въвеждане в клиничната практика, тъй като е подходящ за бърза детекция и скрининг, изисква малък обем проба и не е инвазивен за пациентите. Освен това CSF може да се получава многократно, в различни стадии на заболяването, и по време на различни курсове на терапия.

Keywords: differential scanning calorimetry (DSC), acute lymphoblastic leukemia (ALL), meningeal relapse, CSF proteome.

Changes in the thermodynamic characteristics of plasma proteome in a patient with Eaton-Lambert myasthenic syndrome after treatment

Maria Ivanova¹, Tervel Redansky², Victoria Ilieva³, Yordanka Yamakova³, Aleksander Farfarov³, Silviya Abarova¹, Katerina Stoitchkova⁴, Boris Tenchov¹

¹ Department of Medical Physics and Biophysics, Medical University of Sofia, Sofia, Bulgaria

² San Jose State University, Chemistry Department, San Jose, CA 95192, USA

³ Department of Anesthesiology and Intensive Care, Medical University of Sofia, Sofia, Bulgaria

⁴ Department of Condensed Matter Physics and Microelectronics, Faculty of Physics, Sofia University „St. Kliment Ohridski“, Sofia, Bulgaria

Eaton-Lambert myasthenic syndrome is a rare complication of immunotherapy with pembrolizumab. Pembrolizumab is a humanized monoclonal anti-PD-1 antibody that is used for the treatment of advanced melanoma and non-small cell lung cancer with PD-L1 tumor expression. Eaton-Lambert myasthenic syndrome is characterized by upper arm and thigh muscle weakness, weak tendon reflexes, vegetative nervous system disorders, slurred speech, and dysphagia. Severe cases can be complicated by acute respiratory failure. The treatment of Eaton-Lambert myasthenic syndrome includes immunosuppression, human immunoglobulin, and therapeutic plasma exchange. Therapeutic plasma exchange is when the patient's blood is passed through a large-pore filter, and plasma gets filtrated and discarded. Blood cells and replacement fluid consisting of donor plasma and albumin are reinfused.

To assess the short-term effects of therapeutic plasma exchange and human immunoglobulin on the thermal stability of serum proteins and immunoglobulins, blood plasma thermograms after each treatment were measured by differential scanning calorimetry (DSC). The DSC measurements were taken using blood plasma solution from healthy and Eaton-Lambert myasthenic syndrome patient. The DSC measurements were taken using a Nano-DSC from Thermal Analysis Instruments with 300 µl measuring cell volume. Two heating scans for each sample were performed at 1 K min⁻¹ scan rate in the 20–120 °C temperature range. The first heating scan displayed the thermal profile of the native samples, while the second scan represented the matching profiles typical of denatured samples. The second heating curves were used as a baseline and were subtracted from the first heating scans of the native samples. The results showed that heat capacity curves for Eaton-Lambert myasthenic syndrome patients strongly differ from those for healthy patients. The effects of treatments for the patient with the human immunoglobulin and three plasmapheresis cycles have improved the blood thermal parameters and suppressed Eaton-Lambert myasthenic syndrome, which is also evident in the calorimetric scans. Our measurements show that DSC is a suitable method for detecting and distinguishing compositional changes in the presence of Eaton-Lambert myasthenic syndrome plasma proteins, following the effect of applied drug treatment and therapeutic plasma exchange.

Промени в термодинамичните характеристики на протеома при пациент с миастенен синдром след прием на Пембролизумаб

Мария Иванова¹, Тервел Редански², Виктория Илиева³, Йорданка Ямакова³, Александър Фарфаров³, Силвия Абарова¹, Катерина Стоичкова⁴, Борис Тенчов¹

¹ Катедра по медицинска физика и биофизика, Медицински университет - София, София, България

² Държавен университет в Сан Хосе, Катедра по химия, Сан Хосе, Калифорния 95192, САЩ

³ Катедра по Анестезиология и Интензивно лечение, Медицински университет - София, София, България

⁴ Катедра по физика на кондензираната материя и микроелектроника, Физически факултет, Софийски университет "Св. Климент Охридски", София, България

Миастенният синдром (синдром на Eaton-Lambert) е рядко усложнение след прием на пембролизумаб. Пембролизумабът е хуманизирано моноклонално, анти PD-1 антители. Използва се за лечение на авансирал меланом и недребноклетъчен карцином на белия дроб с PD-L1 туморна експресия. Миастенният синдром се изразява в слабост на мускулите на мишницата и бедрото, отслабени сухожилни рефлексии, засягане на вегетативната нервна система, затруднен говор и преглъщане. Макар и рядко, при тежките случаи може да се наблюдава и остра дихателна недостатъчност. Лечението на миастенния синдром включва имunosупресори, човешки имуноглобулин и терапевтичен плазмен обмен. Терапевтичният плазмен обмен представлява процес, при който кръвта на пациента преминава през високопорест филтър, плазмата се филтрира и се отстранява от тялото. След това кръвните клетки се реинфузират заедно със заместващ разтвор, съставен от донорска плазма и албумин.

За да се оценят краткосрочните ефекти на плазмаферезата и лечението с човешки имуноглобулин върху термичната стабилност на серумните протеини и имуноглобулините, термограмите на кръвната плазма след всяко третиране бяха измерени чрез диференциална сканираща калориметрия (DSC).

Измерванията на разтвори на кръвна плазма от здрави пациенти и пациент с миастенен синдром са осъществени с помощта на Nano-DSC от Thermal Analysis Instruments, с 300 µl обем на измервателна клетка. Бяха извършени две нагряващи сканирания за всяка проба при 1 K min⁻¹ скорост на сканиране в температурния диапазон 20–120 °C.

Тези измервания показват, че DSC е подходящ метод за откриване и характеризиране на промените в състава при засегнатите от миастенния синдром плазмени протеини и проследяване на ефекта от приложеното лекарствено лечение и терапевтичен плазмен обмен.

Comparative analysis of changes in the spectral and thermodynamic characteristics of glycated and non-glycated human serum albumin

Alexios Isaakidis¹, Tervel Redansky², Maria Ivanova¹, Milen Hristov³, Pavlina Gateva³,
Silviya Abarova¹, Katerina Stoitchkova⁴, Boris Tenchov¹

¹ Department of Medical Physics and Biophysics, Medical University of Sofia, Sofia, Bulgaria

² San Jose State University, Chemistry Department, San Jose, CA 95192, USA

³ Department of Pharmacology and Toxicology, Medical University of Sofia, Sofia, Bulgaria

⁴ Department of Condensed Matter Physics and Microelectronics,

Faculty of Physics, Sofia University „St. Kliment Ohridski“, Sofia, Bulgaria

Human serum albumin (HSA) is the most abundant protein. It binds and transports many endogenous and exogenous substances and is involved in immunomodulation, anti-inflammatory activity, and endothelial stabilization. Many factors can damage human serum albumin. For example, glycation of HSA occurs in diabetes and can affect HSA-drug binding.

In the present work, we studied the interactions of fructose (*Fru*) with native human serum albumin (*nHSA*) and incubated human serum albumin (*iHSA*) by fluorescence spectroscopy, UV-Vis spectroscopy, and differential scanning calorimetry (*DSC*). The binding parameters of the reactions were evaluated by the fluorescence quenching method. The fluorescence intensity measurements show that fructose strongly quenched the intrinsic fluorescence of *nHSA* and weaker *iHSA*. The calculated Stern-Volmer quenching constant (*K_{sv}*), the association binding constant (*K_a*) of the *Fru*-HSA complex, as well as the thermodynamic parameters, including ΔH° , ΔS° , and ΔG° indicated that hydrophobic forces play a significant role in the interaction of fructose with HSA. These measurements point to a quenching mechanism based on fructose-HSA static complex formation. HSA incubated for five weeks to five months at *pH* 7.4 and *T* = 37 °C leads to conformational changes in the molecule's structure, forming previously absent aggregates. This conclusion agrees well with the *DSC* heat capacity profiles, which show a significant change in the thermal denaturation of HSA and the occurrence of aggregation processes after the interaction with fructose. Our work provides new insights into the interaction mechanism between *Fru* and HSA, which could have significant implications for developing new therapeutic strategies and relevance for future medical research. It contributes to a better understanding of the effects of incubation on the stability and structural modifications of the carrier blood plasma proteins.

Acknowledgments Support of the BNSF КП-06-Н63/9 13.12.2022 (Fund Scientific Research) is acknowledged.

Сравнителен анализ на промените в спектралните и термодинамични характеристики на гликиран и негликиран човешки серумен албумин

Алексиос Исаакидис¹, Тервел Редански², Мария Иванова¹, Милен Христов³, Павлина Гатева³, Силвия Абарова¹, Катерина Стоичкова⁴, Борис Тенчов¹

¹ Катедра по медицинска физика и биофизика, Медицински университет - София, София, България

² Държавен университет в Сан Хосе, Катедра по химия, Сан Хосе, Калифорния 95192, САЩ

³ Катедра по фармакология и токсикология, Медицински университет -София, София, България

⁴ Катедра по физика на кондензираната материя и микроелектроника, Физически факултет, Софийски университет "Св. Климент Охридски", София, България

Човешкият серумен албумин (*HSA*) е най-изобилният протеин в кръвната плазма и участва в свързването и транспорта на много ендогенни и екзогенни вещества, имуномодулация, противовъзпалителна активност и ендотелна стабилизация. Много фактори могат да причинят увреждане на човешкия серумен албумин (*HSA*). Например, гликирането на *HSA* възниква при диабет и може да повлияе на свързването на *HSA* с лекарствата.

В настоящата работа проучихме параметрите на взаимодействието между фруктоза (*Fru*) и човешки серумен албумин: нативен (*nHSA*) и инкубиран (*iHSA*) чрез флуоресцентна спектроскопия, UV-Vis спектроскопия и диференциална сканираща калориметрия (*DSC*). За целите на изследването албуминът е суспензиран във физиологичен разтвор (*pH* 7,4) и инкубиран за период от пет месеца, при *T* = 37 °C. Резултатите, получени от метода на гасене на флуоресценцията, и проведения сравнителен анализ, показват, че фруктозата силно потушава присъщата емисия на *nHSA* и по-слабо тази на *iHSA*. Изчислените Stern-Volmer константа на гасене (*K_{sv}*), константа на свързване (*K_a*) на комплекса *Fru*-HSA, както и някои термодинамични параметри, включително ΔH° , ΔS° и ΔG° , показват, че хидрофобните сили играят значителна роля във взаимодействието на фруктозата с *HSA*. Измерванията доказват образуването на статичен комплекс между фруктозата и молекулата на *HSA*, който довежда до конформационни промени в структурата на протеина. Това заключение се съгласува добре с получените *DSC* профили на образуваните комплекси. Установена е значителна промяна в топлинния капацитет на *HSA*, съпътствано от процес на агрегация, след взаимодействието с фруктозата. Нашата работа предоставя нови познания за механизма на взаимодействието между *Fru* и *HSA*, които биха могли да имат значителни последици за разработването на нови терапевтични стратегии и значимост за бъдещето в медицинските изследвания. Изследването допринася за по-добро разбиране на ефектите от инкубацията върху стабилността и структурните модификации на основния преносител в кръвната плазма - албумина.

Благодарности: Тези изследвания бяха подкрепени от проект BNSF КП-06-Н63/9 13.12.2022 (Фонд Научни Изследвания)

Antibacterial activity of AZO and ZnO nanocoatings

Maria Stefanova¹, Blagovest Napoleonov¹, Nadia Todorova², Dimitrina Petrova^{1,3},
Vladimira Videva^{1,4}, Velichka Strijkova, Dimitre Dimitrov^{1,5}, Peicho Petkov⁶, Vera
Marinova¹

¹ Institute of Optical Materials and Technologies, BAS, 1113 Sofia, BG

² Institute of Nanoscience and Nanotechnology, National Centre for Scientific Research
"Demokritos", 15341 Agia Paraskevi, GR

³ Faculty of Engineering, South-West University, 2700 Blagoevgrad, BG

⁴ Faculty of Chemistry and Pharmacy, Sofia University, 1164 Sofia, BG

⁵ Institute of Solid State Physics, BAS, 1784 Sofia, BG

⁶ Faculty of Physics, Sofia University, 1164 Sofia, BG

Thin coatings of metal oxides (ZnO and ZnO doped with Al (AZO)) were synthesized by atomic layer deposition (ALD) technology, which allows conformality of the layers. Their structural, surface-morphological and optical properties were investigated by AFM analysis, UV-Vis and fluorescence spectroscopy, as well as surface contact angle measurements. UV-Vis spectroscopy shows high transmission values for both layers. Antibacterial activity against *Escherichia coli* was evaluated in the dark and under the action of ultraviolet light.

Aluminum doped ZnO (AZO) coatings have been found to demonstrate more effective antibacterial action [1-3]. The increased antibacterial activity of AZO compared to pure ZnO is due to the shift of the sensitivity to the UV region and the increased surface energy values. Conducted research shows that AZO and ZnO nanocoatings can serve as effective antimicrobial agents in a variety of applications, offering a promising strategy to combat bacterial infections and reduce the spread of harmful pathogens.

Acknowledgments

The research was supported by the Scientific Research Fund project No. KP-06-H-68/1, as well as the distributed scientific infrastructure INFRAMAT, part of the National Roadmap of Bulgaria for scientific infrastructure, financially supported by the Ministry of Education and Science.

References:

- [1] Rajesh Kumar, Ahmad Umar, Girish Kumara, Hari Singh Nalwa, Antimicrobial properties of ZnO nanomaterials: A review, *Ceramics International*, Vol. 43, pp. 3940–3961 (2017)
- [2] L. N. Chidhambaram, Augmented antibacterial efficacies of the aluminium doped ZnO nanoparticles against four pathogenic bacteria, *Material Research Express*, (2019)
- [3] L. Walters, Sign Facilitation in Word Recognition, *Journal of Special Education*, Vol. 35, Issue 1, pp. 29-50 (2001)

Антибактериална активност на нанопокрития от AZO и ZnO

Мария Стефанова¹, Благовест Наполеонов¹, Надя Тодорова², Димитрина Петрова^{1,3},
Владимира Видева^{1,4}, Величка Стрижкова¹, Димитър Димитров^{1,5}, Пейчо Петков⁶,
Вера Маринова¹

¹Институт по оптически материали и технологии, БАН, 1113 София

²Институт по нанонауки и нанотехнологии, „Демокритос“, 15341 Агия Параскеви
Гърция

³Технически Факултет, Югозападен Университет, 2700 Благоевград

⁴Факултет по химия и фармация, Софийски университет, 1164 София

⁵Институт по физика на твърдото тяло, БАН, 1784 София, България

⁶Физически факултет, Софийски университет, 1164 София, България

Тънки покрития от метални оксиди (ZnO и ZnO, легиран с Al (AZO)) са синтезирани чрез технология на атомно послойно отлагане (ALD), което позволява конформалност на слоевете. Техните структурни, повърхностно-морфологични и оптични свойства са изследвани чрез AFM анализ, UV-Vis и флуоресцентна спектроскопия, както и измервания на повърхностния контактен ъгъл. UV-Vis спектроскопията показва високи стойности на пропускането и за двата слоя. Антибактериалната активност срещу *Escherichia coli* е оценена на тъмно и под действието на ултравиолетова светлина. Установено е, че покритията от ZnO, легиран с алуминий (AZO), демонстрират по-ефективно антибактериално действие [1-3]. Повишената антибактериална активност на AZO сравнен с чист ZnO се дължи на отнемването на чувствителността към UV-областта и повишените стойности на повърхностна енергия. Проведените изследвания показват, че нанопокритията от AZO и ZnO могат да служат като ефективни антимикубни агенти в различни приложения, предлагайки обещаваща стратегия за борба с бактериалните инфекции и намаляване на разпространението на вредни патогени.

Благодарности

Изследването подпомогнато от Фонд "Научни изследвания" проект № КП-06-Н-68/1, както и на Разпределената научна инфраструктура ИНФРАМАТ, част от Националната пътна карта на България за научна инфраструктура, подкрепена финансово от Министерство на образованието и науката.

Литература

- [1] Rajesh Kumar, Ahmad Umar, Girish Kumara, Hari Singh Nalwa, Antimicrobial properties of ZnO nanomaterials: A review, *Ceramics International*, Vol. 43, pp. 3940–3961 (2017)
- [2] L. N. Chidhambaram, Augmented antibacterial efficacies of the aluminium doped ZnO nanoparticles against four pathogenic bacteria, *Material Research Express*, (2019)
- [3] L. Walters, Sign Facilitation in Word Recognition, *Journal of Special Education*, Vol. 35, Issue 1, pp. 29-50 (2001)

Very low field MRI for preterm babies

Denitsa Nencheva-Tognini^{1,2}, Claude Fermon²¹Medical University Sofia²SPEC, IRAMIS, CEA de Saclay, Université Paris-Saclay

In 2020 [1], 24% of all newborns globally were preterm, with 1% being extremely preterm. Complications arising from preterm births, such as immune deficiencies, infections, and cerebral hemorrhages, are the leading cause of death in children under five. Non-invasive imaging techniques, particularly MRI, play a critical role in early diagnosis and treatment, helping to improve survival rates by detecting conditions like ischemic strokes and hemorrhages at their onset. However, conducting MRI on preterm infants poses challenges due to their need for continuous monitoring and stabilization within incubators.

Our project aimed to design and build a very low-field MRI ($B_0=8\text{ mT}$) that is compatible with preterm baby incubators, capable of standard and diffusion-weighted imaging, enabling the detection of hemorrhages and ischemia, with continuous monitoring capability. Very low-field MRI is highly challenging, requiring magnetic sensing with detectivities in the range of 10 aT at 300 kHz. To achieve this, we developed a specialized detection chain and implemented techniques to minimize external noise.

Our operational MRI system features an open design that allows the incubator to be positioned between the main field coils. It uses a static field of 8 mT and gradient fields of 0.5 mT/m. The emission and detection antennas are decoupled, with the B_1 field reaching 0.13 mT with minimal SAR. We created a surface tuned coil with a unique geometry to reduce proximity and skin effect noise, coupled with a low-noise amplifier. We achieved detectivity of 0.03 fT/√Hz at 300 kHz Larmor frequency at room temperature. Our setup produced a 2D image of a phantom with $1\times 1\times 10\text{ mm}^3$ resolution in 15 minutes and a 3D image with $2.5\times 3\times 3\text{ mm}^3$ resolution in 35 minutes. We also measured human body noise at 0.015 fT/√Hz at 300 kHz, setting the noise limits of our system.

[1] Ohuma E, Moller A-B, Bradley E, et al. National, regional, and worldwide estimates of preterm birth in 2020, with trends from 2010: a systematic analysis. Lancet. 2023;402(10409):1261-1271. doi:10.1016/S0140-6736(23)00878-4.

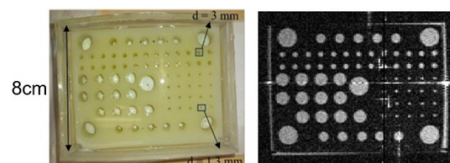


Fig.1: Left: A photo of the phantom filled with doped water used for image acquisition on our set-up. Right: A 2D image of the phantom. Resolution



Fig.2: A photo of our MRI under construction. We see the coils generating the main B_0 field (in red) and the gradient coils placed on the outside of the main field coils (gray rectangles). The whole set-up is placed in a Faraday cage in order to limit the external noise.

ЯМР с много ниско магнитно поле за недоносени бебета

Деница Ненчева-Тонини², Клод Фермон²¹Медицински Университет София²SPEC, IRAMIS, CEA de Saclay, Université Paris-Saclay

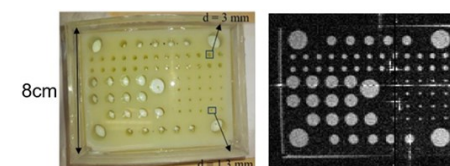
През 2020 г. [1], 24% от всички новородени в световен мащаб са били преждевременно родени, като 1% от тях са били изключително недоносени. Усложненията, произтичащи от преждевременните раждания, като имунни дефицити, инфекции и мозъчни кръвоизливи, са водещата причина за смърт при децата под пет години. Неинвазивните методи за образна диагностика, особено ЯМР, играят критична роля в ранната диагностика и лечение, като помагат за подобряване на процента на оцелели чрез откриване на състояния като исхемичен инсулт и кръвоизливи своевременно. Въпреки това, извършването на ЯМР при преждевременно родени бебета е трудно поради необходимостта от непрекъснато наблюдение и стабилизиране на недоносеното бебе в кувьоз.

Нашият проект има за цел да проектира и създаде ЯМР с много ниско магнитно поле ($B_0=8\text{ mT}$), който е съвместим с кувьози за недоносени бебета, извършващ стандартна и дифузионна образна диагностика, позволяваща откриване на кръвоизливи и инсулт с възможност за непрекъснато наблюдение. ЯМР работещ с много ниско поле е сложен за реализация, тъй като изисква чувствителност в диапазона от 10 aT при честота от 300 kHz. За да постигнем това, разработихме специализирана система за детекция на сигнала и приложихме техники за минимизиране на външния шум.

Нашият ЯМР се отличава с отворен дизайн, който позволява кувьозът да бъде разположен между основните бобини, генериращи статично магнитно поле от 8 mT. Използваме градиентни полета от 0.5 mT/m. Антените за излъчване и детекция са разделени, като полето B_1 достига 0.13 mT с минимален SAR (специфична степен на поглъщане). Сигналят се регистрира чрез повърхностна настроена антена със специален дизайн, която намалява шума, дължащ се на скин- и проксимити-ефект. Постигнахме чувствителност от 0.03 fT/√Hz за 300 kHz честота на Лармор, при работа на стайна температура. Нашият ЯМР произведе 2D изображение на фантом с резолюция $1\times 1\times 10\text{ mm}^3$ за 15 минути и 3D изображение с резолюция $2.5\times 3\times 3\text{ mm}^3$ за 35 минути. Също така измерихме шума от човешкото тяло на 0.015 fT/√Hz при 300 kHz, като по този начин определихме експериментално минималната достижима стойност на шума на нашата система.

[1] Ohuma E, Moller A-B, Bradley E, et al.

National, regional, and worldwide estimates of preterm birth in 2020, with trends from 2010: a systematic analysis. Lancet. 2023;402(10409):1261-1271. doi:10.1016/S0140-6736(23)00878-4.



Фигура 1 В ляво: Снимка на фантома, използван за получаване на 2D изображения. В дясно: 2D изображение на фантома с резолюция $1\times 1\times 10\text{ mm}^3$, получена за 15 минути.



Фигура 2 Снимка на ЯМР-а в процес на изграждане. Бобините, генериращи основното магнитно поле B_0 в червено, и градиентните бобини, разположени от външната страна на основните бобини (сиви те правоъгълници). Цялата конфигурация е поставена във Фарадеева клетка, за да се ограничи външният шум.

IV НАЦИОНАЛЕН КОНГРЕС ПО ФИЗИЧЕСКИ НАУКИ

07-09.10.2024 г.

Секция 8

Физикохимия и физика на живата материя

Председател: проф. д-р Галя Станева (ИББИ-БАН)

Координатор: проф. д-р Виктория Виткова (ИФТТ-БАН)

Поканени доклади

1. **Р. Димова:** „Membrane remodeling in artificial cells: when a membrane meets a drop“
2. **П. Влаховска:** „Активни суспензии от подвижни колоиди“

Устни доклади

1. **А. Иванова:** „Избор с молекулна динамика на лиганди-вектори за насочена доставка на доксорубин“
2. **И. Лесигярска:** „Молекулно-динамични симулации на комплекси на ДНК-гираза от *Mycobacterium tuberculosis* за изследване на потенциална противотуберкуозна активност на природни продукти от видове *Rubia*“
3. **П. Петков:** „Самоорганизация на антимикробни пептиди в разтвор“
4. **Е. Лилкова:** „Рационален дизайн на инхибитори на протеини на вируса SARS-CoV-2“
5. **П. Сиракова:** „In silico отбор на молекулни матрици за транспорт на пептидни аптамери“
6. **А. Милчев:** „Влияние на ламинарния поток върху налични възли в протеини и полимерни макромолекули“
7. **Б. Рангелов:** „Преминаване на везикули през тесен процеп под действие на флуиден поток-скейлингови отношения“
8. **В. Виткова:** „Реологични изследвания на концентрирани еритроцитни суспензии“
9. **Ал. Димитров:** „Ключова роля на електрогенните транспортери в поддръжката на състоянието на покой на живата клетка“
10. **С. Христова:** „Междумолекулни електростатични взаимодействия в монослой от цитохром С върху монтморилонитова алумосиликатна повърхност: Положителен кооперативен ефект“
11. **А. Йорданова:** „Взаимодействие на дендримери с доказани бактерицидни свойства с моделни липидни мембранни системи“
12. **Д. Бенкова:** „Хитозан-базирани хибридни наноматериали: Взаимодействие с биомиметични мембрани“
13. **Р. Ангелова:** „Биогенни железни оксиди и калциевы структури от *Leptothrix* sp. за приложение в нанотехнологиите, биотехнологиите и биомедицината“
14. **Р. Хазаросова:** „Резвератролът повлиява диференцирано липидната подреденост и организация в мононенаситени и полиненаситени фосфатидилхолин-съдържащи биомиметични мембрани“
15. **В. Йорданова:** „Влияние на биологично активни окислени липиди върху структурната организация и активността на фосфолипаза A2 във фосфатидилхолинови моделни мембрани“
16. **А. Нешева:** „Влияние на конвенционални цитостатици и растителни екстракти върху клетъчната мембрана в модел на рак на гърдата“
17. **Г. Станева:** „Биофизични подходи за изследване на взаимодействието на амилоид-бета олигомери с човешки еритроцити“
18. **П. Долашка:** „Зелен синтез на антимикробни CuONPs от слюз от градински охлюв *Cornu aspersum* и аскорбинова киселина“

Постерни доклади

14. **В. Виткова:** „Нови аналози на Темпорин: взаимодействие с биомиметични липидни мембрани“
15. **О. Петков:** „Липидни мембрани в присъствие на нискомолекулни захари“
16. **В. Иванова:** „Оценка на свободната енергия на свързване на пептидни комплекси чрез машинно обучение“

Membrane remodeling in artificial cells: when a membrane meets a drop

Rumiana Dimova

Max Planck Institute of Colloids and Interfaces, Potsdam, Germany

Cell membranes exhibit a large variation in curvature. While it is commonly perceived that this curvature is primarily driven by specific protein activities, our studies demonstrate that various other asymmetries across the membrane can readily generate curvature. These asymmetries likely play an important role in defining the shapes of membrane organelles. As a workbench for artificial cells, we employ giant unilamellar vesicles or GUVs (10-100 μm), which serve as a fascinating model system, illustrating the membrane's response at the cell-size scale, see **Figure 1**. In this talk, we will first introduce approaches using giant vesicles for the precise quantification of membrane spontaneous curvature. We will provide examples where curvature is induced by the asymmetric distribution of ions across the membrane and by the insertion or adsorption of molecules, as reviewed in [1]. Following this, we will explore the process of membrane wetting by droplets in a molecularly crowded environment [2]. We will show that wetting by biomolecular condensates can dramatically mold the membrane while modulating lipid organization [3, 4], undergo endocytosis [5], and even patch pores in damaged membranes [6]. These examples demonstrate that even without scaffolding proteins or active processes, simple physicochemical factors can readily remodel the membrane.

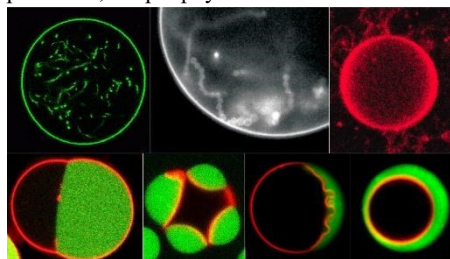


Figure 1. GUVs (here, 10-40 μm in size) exposed to different stimuli can exhibit internal and external tube formation signifying nonzero membrane spontaneous curvature (upper row), and their membranes can undergo various morphological transformations when in contact with droplets (lower row).

[1] R. Dimova, Giant vesicles and their use in

assays for assessing membrane phase state, curvature, mechanics and electrical properties, *Annu. Rev. Biophys.* 48, 93 (2019).

[2] A. Mangiarotti and R. Dimova, Biomolecular condensates in contact with membranes, *Annu. Rev. Biophys.* 53, 319-341 (2024).

[3] A. Mangiarotti et al., Wetting and complex remodeling of membranes by biomolecular condensates, *Nature Commun.* 14, 2809 (2023).

[4] A. Mangiarotti et al., Biomolecular condensates modulate membrane lipid packing and hydration, *Nature Commun.* 14, 6081 (2023)

[5] A. Mangiarotti et al., Photoswitchable endocytosis of biomolecular condensates in giant vesicles, *Adv. Sci.* 11, 2309864 (2024).

[6] C. Bussi et al, Stress granules plug and stabilize damaged endolysosomal membranes, *Nature* 623, 1062–1069 (2023).

Active suspensions of motile colloids

Petia Vlahovska

Northwestern University, Chicago, USA

Bird flocks and fish schools move around like fluid when viewed on a scale much larger than the individuals. Similar large-scale coherent motions have been observed with self-propelled micro-particles such as bacteria and motile colloids. In this talk, I will discuss the collective dynamics of colloids activated by electric fields via the Quincke instability. I will present our experiments showing how the Quincke “rollers” can be designed to perform Run-and-Tumble-like locomotion mimicking bacteria such as *E. coli*. Populations of these Quincke random walkers self-organize and exhibit behaviors reminiscent of bacterial suspensions such as dynamic clustering and mesoscale turbulent-like flows, and new behaviors such as emergent multi-vortex states. When enclosed in a drop, the Quincke rollers drive strong shape fluctuations and drop motility resembling amoeba crawling.

Selection of vectors for targeted delivery of doxorubicin by molecular dynamics

Gergana Gocheva,¹ Stoyan Iliev,¹ Nina Markova,¹ Nikoleta Ivanova,^{1,2} Galia Madjarova,¹ Jasmina Petkova,¹ Ethan Schaber,¹ Anela Ivanova¹
¹ Sofia University „St. Kliment Ohridski“, Faculty of Chemistry and Pharmacy, Sofia, Bulgaria
² University of Chemical Technology and Metallurgy, Sofia, Bulgaria

Side effects of chemotherapeutics may be alleviated by employing active targeting drug delivery systems (DDSs). Those based on recognition of extracellular receptors overexpressed on the surface of cancer cells are quite promising [1]. In the current work, promising vector molecules for targeted delivery of the chemotherapeutic doxorubicin are put forward after multi-step atomistic molecular dynamics computations. They are selected among a set of folic acid-based ligands. The simulated models scale up from a single ligand in saline, through the free vectors in the presence of the target folate receptor- α , embedded in a salinized lipid bilayer mimicking a neoplastic cell membrane [2], to an entire DDS consisting of a vector ligand, covalently bound to a drug-binding peptide (DBP) with four adsorbed molecules of doxorubicin (DOX) (Figure 1).

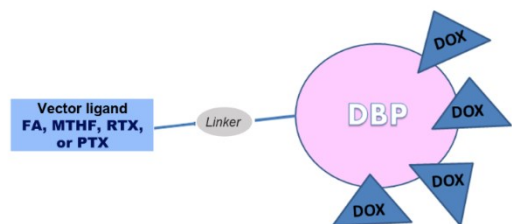


Figure 1. Sketch of the structure of the studied conjugates for targeted drug delivery

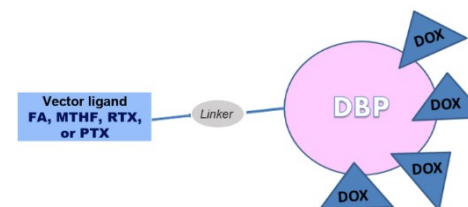
The simulations show that five out of the six tested vector ligands are able to bind to the target receptor in unbound state. Four of them also guide the cargo to the receptor but raltitrexed and folate are highlighted as the most prospective vectors. The protein-ligand coupling is a result of subtle balance between electrostatic and van der Waals attraction and hydrogen bonding. The molecular modelling predicts highly specific behaviour of the targeting ligands, strongly influenced by the immediate surrounding of the receptor. Overall, the proposed targeted DDSs have potential for application after further optimization of the cargo.

- [1] C. S. Kue, A. Kamkaew, K. Burgess, L. V. Kiew, L. Y. Chung, H. B. Lee, *Med. Res. Rev.*, vol. 36, pp. 494-575 (2016).
 [2] G. Gocheva, N. Ivanova, S. Iliev, J. Petrova, G. Madjarova, A. Ivanova, *J. Chem. Theory Comput.*, vol. 16, pp. 749-764 (2020).

Избор с молекулна динамика на лиганди-вектори за насочена доставка на доксорубин

Гергана Гочева,¹ Стоян Илиев,¹ Нина Маркова,¹ Никоleta Иванова,^{1,2} Галия Маджарова,¹ Жасмина Петкова,¹ Ethan Schaber,¹ Анела Иванова¹
¹ Софийски университет „Св. Кл. Охридски“, Факултет по химия и фармация
² Химикотехнологичен и металургичен университет

Страничните ефекти от действието на химиотерапевтиците могат да се ограничат чрез използване на системи за активно насочване (DDS) на лекарството. Едни от обещаващите DDS са базираните на разпознаване на рецептори свръхекспресирани на повърхността на раковите клетки [1]. В настоящата работа са предложени обещаващи молекули-вектори за насочена доставка на химиотерапевтиката доксорубин, получени от многостъпкови молекулодинамични симулации. Насочващите лиганди са подбрани сред набор от производни на фолиева киселина. Изследваните модели се надграждат от такива на изолирани лиганди във физиологичен разтвор, през солватирания липиден бислой, моделиращ мембрана на ракова клетка, с вграден (-фолатен рецептор [2] без или с насочващ лиганд, до цяла DDS състояща се от молекула-вектор свързана ковалентно с лекарство-доставящ пептид (DBP) носещ четири молекули доксорубин (DOX) (Фиг. 1).



Фиг. 1. Илюстрация на структурата на изследваната моделна DDS

Симулациите показват, че пет от шестте изследвани вектора се свързват с рецептора в свободно състояние. Четири от тях отвеждат и биоактивен товар до протеина, но ралтитрексед и фолат са най-перспективни. Ефективно взаимодействие рецептор-лиганд се постига чрез баланс на електростатично и дисперсионно привличане в комбинация с водородно свързване. Молекулното моделиране предсказва силно специфично поведение на отделните вектори, което зависи силно от локалното обкръжение. Предложените DDS имат потенциал за активно насочване след подходящо оптимизиране на товара.

- [1] C. S. Kue, A. Kamkaew, K. Burgess, L. V. Kiew, L. Y. Chung, H. B. Lee, *Med. Res. Rev.*, vol. 36, pp. 494-575 (2016).
 [2] G. Gocheva, N. Ivanova, S. Iliev, J. Petrova, G. Madjarova, A. Ivanova, *J. Chem. Theory Comput.*, vol. 16, pp. 749-764 (2020).

Molecular dynamics simulations of *Mycobacterium tuberculosis* DNA-gyrase complexes to investigate potential anti-tuberculosis activity of natural products from *Rubia* species

Iglika Lessigiarska, Petko Alov, Antonia Diukendjieva-Todorova,
Tania Pencheva, Ivanka Tsakovska, Ilza Pajeva
Institute of Biophysics and Biomedical Engineering,
Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria

Development of bacterial resistance to various antibiotics requires a deeper understanding of the resistance mechanisms and proposing of new alternatives for antibacterial treatment. In previous studies we identified that hydroxyanthraquinones from *Rubia* spp. (pseudopurpurin, munnistin, purpurin, xanthopurpurin) exhibit structural similarity to synthetic antibiotics from the group of fluoroquinolones (gatifloxacin, levofloxacin, moxifloxacin). These hydroxyanthraquinones were suggested as new ligands for *Mycobacterium tuberculosis* (*Mtb*) DNA-gyrase with pseudopurpurin and munnistin showing the highest similarity to the fluoroquinolone drugs [1].

In this work we report further *in silico* studies of the fluoroquinolone antibiotics and hydroxyanthraquinones. Molecular dynamics simulations were conducted on wild-type *Mtb* DNA-gyrase and A90S fluoroquinolone-sensitized enzyme mutant in complexes with moxifloxacin, gatifloxacin, and levofloxacin. The simulations revealed that moxifloxacin and gatifloxacin possess stronger interactions with the enzyme consistent with the experimental data and clinical effects of the drugs. As expected, Mg^{2+} within the active site contributed most significantly to the ligand binding energies. Molecular dynamics simulations of DNA-gyrase complexes with pseudopurpurin and munnistin were also performed and their mechanisms of interaction were compared to those of the fluoroquinolone antibiotics. Our results help to explain the experimental observations, and suggest that *Rubia* hydroxyanthraquinones could serve as lead compounds with potential for anti-*Mtb* activity.

The authors acknowledge the networking support by the COST Action CA21145 "European network for diagnosis and treatment of antibiotic-resistant bacterial infections (EURESTOP)"; IL, PA, AD, TP and IT thank the National Science Fund of Bulgaria (grant KP-06-COST/3/26.05.2023).

[1] P. Alov, M. Al Sharif, H. Najdenski, T. Pencheva, I. Tsakovska, M. Zaharieva, I. Pajeva, *Molecules*, Vol. 27, p. 3274 (2022).

Молекулно-динамични симулации на комплекси на ДНК-гираза от *Mycobacterium tuberculosis* за изследване на потенциална противотуберкуозна активност на природни продукти от видове *Rubia*

Иглика Лесигярска, Петко Алов, Антония Дюкенджиева-Тодорова,
Таня Пенчева, Иванка Цаковска, Илза Пъжева
Институт по биофизика и биомедицинско инженерство,
Българска академия на науките, София, България

Развитието на бактериална резистентност към различни антибиотици налага по-задълбочено разбиране на механизмите на резистентност и разработването на нови алтернативи за антибактериално лечение. В предишни изследвания ние установихме, че някои хидроксиантрахинони, намиращи се във видовете на растението *Rubia* (псевдопурпурин, мунджистин, пурпурин, ксантопурпурин), имат структурно сходство със синтетични антибиотици от групата на флуорохинолоните (гатифлоксацин, левофлоксацин, моксифлоксацин). Хидроксиантрахиноните бяха предложени за нови лиганди за ДНК-гирата от *Mycobacterium tuberculosis* (*Mtb*), като псевдопурпурин и мунджистин показаха най-високо сходство с флуорохинолоновите лекарства [1].

В настоящата работа показваме последващи *in silico* изследвания на флуорохинолоновите антибиотици и хидроксиантрахиноните. Проведени са молекулно-динамични симулации на ДНК-гирата див тип и флуорохинолон-сенситизиран ензим чрез А90S мутация, в комплекси с моксифлоксацин, гатифлоксацин и левофлоксацин. Според симулациите моксифлоксацин и гатифлоксацин показват по-силни взаимодействия с ензима, в съгласие с експериментални данни и клиничните ефекти на лекарствата. Очаквано Mg^{2+} от активното място на ензима показва най-висок принос към енергиите на свързване на лигандите. Проведени са и молекулно-динамични симулации на комплекси на ДНК-гирата с псевдопурпурин и мунджистин и техният механизъм на взаимодействие е сравнен с този на флуорохинолоновите антибиотици. Нашите резултати подпомагат обяснението на експерименталните наблюдения и предполагат, че хидроксиантрахинони от видовете *Rubia* могат да бъдат използвани за водещи съединения с потенциална противотуберкуозна активност.

[1] P. Alov, M. Al Sharif, H. Najdenski, T. Pencheva, I. Tsakovska, M. Zaharieva, I. Pajeva, *Molecules*, Vol. 27, p. 3274 (2022).

Благодарности: Авторите изказват благодарност за подкрепата на COST Action CA21145 "European network for diagnosis and treatment of antibiotic-resistant bacterial infections (EURESTOP)"; ИЛ, ПА, АД, ТП и ИЦ изказват благодарност на Фонд "Научни изследвания" (грант KP-06-COST/3/26.05.2023).

Self-association of Antimicrobial Peptides in solution

Peicho Petkov¹, Rositsa Marinova¹, Petya Sirakova¹, Elena Lilkova²,
Leandar Litov and Nevena Ilieva²

¹ Faculty of Physics, Sofia University „St. Kliment Ohridski“, 5 James Bourchier Blvd., 1164 Sofia, Bulgaria

² Institute of Information and Communication Technologies, Bulgarian Academy of Sciences, Acad. G. Bonchev, str., 25A, 1113 Sofia, Bulgaria

Antimicrobial peptides (AMPs) can self-associate into supramolecular structures, which may enhance their antimicrobial activity [1,2]. This self-association process often involves the formation of nanofibers, twisted nanoribbons, or micelles [3,4]. Self-association can provide AMPs with improved cell selectivity, stability, and sustained release properties [1]. The process may also allow AMPs to adopt functional states before reaching target membranes [5]. As a result of self-association processes, some AMPs exhibit properties such as high biocompatibility, biodegradability, and low toxicity, making them promising candidates for replacing traditional antibiotics [6].

We report results from model computational studies of the secondary structure of antimicrobial peptides in monomeric form and clusters of peptides in solution. Using methods such as metadynamics and replica exchange molecular dynamics, we show that AMP monomers of magainin and uperin are mostly unstructured in aqueous solution. Modeling the self-association of AMPs in solution through molecular dynamics shows a change in the secondary structure of the monomers forming the resulting clusters, with the size of the oligomers depending on the AMP type.

The research is funded by the European Union-NextGenerationEU, through the National Recovery and Resilience Plan of the Republic of Bulgaria, project SUMMIT BG-RRP-2.004-0008-C01 and BG-PN Academy Agreement (grant IC-PL/02/2024-2025).

[1] Tian, X et. al., Role of peptide self-assembly in antimicrobial peptides. *J. Pept. Sci.*, 21, 530–539 (2015)

[2] Ye, Z. et. al., Self-assembly dynamics and antimicrobial activity of all l- and d-amino acid enantiomers of a designer peptide, vol. 11, issue 1, 266-275 (2019)

[3] Gong, H. At al., How do Self-Assembling Antimicrobial Lipopeptides Kill Bacteria?, *ACS Applied Materials & Interfaces*, vol. 12, issue 50, 55675-55687 (2020)

[4] Nielsen, J. et. al., Self-Assembly of Antimicrobial Peptoids Impacts Their Biological Effects on ESKAPE Bacterial Pathogens, *ACS Infectious Diseases*, vol. 8, issue 3, 533-545 (2022)

[5] Petkov, P. et. al., Self-Association of Antimicrobial Peptides: A Molecular Dynamics Simulation Study on Bombinin. *Int. J. Mol. Sci.*, vol. 20, 5450 (2019)

[6] Lombardi, L. et. al, A New Hope: Self-Assembling Peptides with Antimicrobial Activity, *Pharmaceutics*, 11, 166 (2019)

Самоорганизация на антимикробни пептиди в разтвор

Пейчо Петков¹, Росица Маринова¹, Петя Сиракова¹, Елена Лилкова²,
Леандър Литов и Невена Илиева²

¹ Физически факултет, Катедра „Атомна Физика“, СУ „Св Климент Охридски“, бул. Джеймс Баучер 5, 1164 София, България

² Институт по информационни и комуникационни технологии, Българска Академия на Науките, ул. Акад. Г. Бончев, бл. 25А, 1113 София, България

Антимикробните пептиди (АМП) могат да се самоорганизируют в супрамолекулни структури, което може да засили тяхната антимикробна активност [1,2]. Този процес на самоорганизиране често включва формирането на нанофибри, усукани наноленти или мицели [3,4]. Самоорганизирането може да осигури на АМП подобрена клетъчна селективност, стабилност и свойства на продължително освобождаване [1]. Процесът може също така да позволи на АМП да приемат функционални състояния, преди да достигнат целевите мембрани [5]. В резултат на процесите на самоорганизация някои АМП проявяват свойства като висока биосъвместимост, биоразградимост и ниска токсичност, което ги прави обещаващи кандидати за заместване на традиционните антибиотици [6].

Докладваме резултати от моделни компютърни изследвания на вторичната структура на антимикробни пептиди в мономерна форма и клъстери от пептиди в разтвор. Чрез методи за ускорено обхождане на конформационното пространство като метадинамика и молекулна динамика с размяна на реплики показваме, че мономерите на АМП маганин и уперин са предимно неструктурирани във воден разтвор. Моделирането на самоорганизацията на АМП в разтвор чрез метода на молекулната динамика показва промяна в вторичната структура на мономерите, съставляващи получените клъстери като големината на олигомерите зависи от типа на АМП.

Изследването е финансирано от Европейския съюз NextGenerationEU, чрез Националния план за възстановяване и устойчивост на Република България (SUMMIT BG-RRP-2.004-0008-C01) и по споразумение между Българската и Полската академии на науките (IC-PL/02/2024-2025).

[1] Tian, X et. al., Role of peptide self-assembly in antimicrobial peptides. *J. Pept. Sci.*, 21, 530–539 (2015)

[2] Ye, Z. et. al., Self-assembly dynamics and antimicrobial activity of all l- and d-amino acid enantiomers of a designer peptide, vol. 11, issue 1, 266-275 (2019)

[3] Gong, H. At al., How do Self-Assembling Antimicrobial Lipopeptides Kill Bacteria?, *ACS Applied Materials & Interfaces*, vol. 12, issue 50, 55675-55687 (2020)

[4] Nielsen, J. et. al., Self-Assembly of Antimicrobial Peptoids Impacts Their Biological Effects on ESKAPE Bacterial Pathogens, *ACS Infectious Diseases*, vol. 8, issue 3, 533-545 (2022)

[5] Petkov, P. et. al., Self-Association of Antimicrobial Peptides: A Molecular Dynamics Simulation Study on Bombinin. *Int. J. Mol. Sci.*, vol. 20, 5450 (2019)

[6] Lombardi, L. et. al, A New Hope: Self-Assembling Peptides with Antimicrobial Activity, *Pharmaceutics*, 11, 166 (2019)

Rational design of SARS-CoV-2 viral proteins inhibitors

Elena Lilkova¹, Peicho Petkov², Cvetina Nedeva², Nevena Ilieva¹, Leandar Litov²

¹ Institute of Information and Communication Technologies, Bulgarian Academy of Sciences, Acad. G. Bonchev Str., Block 25A, 1113 Sofia, Bulgaria

² Faculty of Physics, Atomic Physics Department, Sofia University "St. Kliment Ohridski", 5, J. Bourchier Blvd, 1164 Sofia, Bulgaria

The COVID-19 pandemic, caused by the SARS-CoV-2 virus, underscores the urgent need for effective antiviral therapies. Developing new antivirals is a complex and multifaceted process that faces several significant challenges, starting from identifying suitable targets and then developing potential inhibitors for these targets on a molecular basis. Here, we report our efforts to understand on a molecular level the characteristics and interactions of two proteins of the SARS-CoV-2 virus – ORF6 and NSP13 using molecular modeling. Both proteins are implicated in impairing host innate immune response.

ORF6 is one of the accessory proteins of SARS-CoV-2, its main function is to disrupts innate immune signalling, and it is the most cytotoxic one among the 29 viral proteins. Inhibiting its action can lower the pathogenic effects of the virus and facilitate an earlier antiviral response. ORF6 localizes on cytoplasmic membrane, but its structure has not yet been resolved. We report the development of a model of the three-dimensional structure of ORF6 in a model cytoplasmic membrane and investigate the cause of its high toxicity by studying its interaction with the host protein RAE1. Finally, we propose two potential inhibitors of ORF6 and study their binding to the viral protein.

NSP13 functions as a helicase. It unwinds both dsRNA and DNA, displaying a preference for RNA. In addition, NSP13 potentially inhibits the innate immune response. Here, we explore the suspected mechanism of IFN induction disruption by modelling the interaction of the viral protein with the host protein TBK1. We also present our results of a large-scale in silico screening for potential inhibitors of NSP13.

Acknowledgments: *This research was partly supported by the Bulgarian Science Fund under Grant KP-06-COST-20/23 INSISST. Computational resources were provided at the HPC BioSim cluster at the Faculty of Physics at Sofia University "St. Kl. Ohridski".*

Рационален дизайн на инхибитори на протеини на вируса SARS-CoV-2

Елена Лилкова¹, Пейчо Петков², Цветина Недева²,
Невена Илиева¹, Леандър Литов²

¹ Институт по информационни и комуникационни технологии, Българска Академия на Науките, ул. Акад. Г. Бончев, бл. 25А, 1113 София, България

² Физически факултет, Катедра „Атомна Физика“, СУ „Св. Климент Охридски“, бул. Джеймс Баучер 5, 1164 София, България

Пандемията от COVID-19, причинена от вируса SARS-CoV-2, подчертава спешната нужда от ефективни антивирусни терапии. Разработването на нови антивирусни средства е сложен и многостранен процес, който е изправен пред различни предизвикателства, първото от които е идентифициране на подходящи прицелни молекули и разработване на потенциални техни инхибитори на молекулна основа. Тук докладваме нашите усилия да разберем на молекулно ниво характеристиките и взаимодействията на два протеина на вируса SARS-CoV-2 – ORF6 и NSP13, използвайки молекулно моделиране. И двата протеина са свързани с нарушаването на вродения имунен отговор на гостоприемника.

ORF6 е един от аксесорните белтъци на SARS-CoV-2, основната му функция е да нарушава вродената имунна сигнализация и е най-цитотоксичният сред 29-те вирусни протеини. Инхибирането на неговото действие може да намали патогенните ефекти на вируса и да ускори по-ранен антивирусен отговор. ORF6 се локализира в цитоплазмените мембранни органели, но структурата му все още не е установена експериментално. Ние представяме разработването на модел на триизмерната структура на ORF6 в моделна цитоплазматична мембрана и изследваме причината за неговата висока токсичност чрез изучаване на взаимодействието му с протеина на гостоприемника RAE1. Накрая, предлагаме два потенциални инхибитора на ORF6 и изследваме тяхното свързване с вирусния протеин.

NSP13 функционира като хеликаза. Развива както двойно верижна РНК, така и ДНК, показвайки предпочитание към РНК. Освен това NSP13 потенциално инхибира вродения имунен отговор. Тук изследваме предполагаемия механизъм на прекъсване на индукцията на IFN чрез моделиране на взаимодействието на вирусния протеин с протеина на гостоприемник TBK1. Също така представяме резултати от широкомащабен in silico скрининг за потенциални инхибитори на NSP13.

Благодарности: *Това изследване е частично финансирано от Фонд „Научни изследвания“ по договор КП-06-КОСТ-20/2023 ИНСИССТ. Изчислителни ресурси бяха предоставени от високопроизводителния клъстер BioSim във Физически факултет на СУ „Св. Кл. Охридски“.*

In silico selection of molecular scaffolding for peptide aptamers transport

Petya Sirakova¹, Peicho Petkov¹, Elena Lilkova², Nevena Ilieva², Leandar Litov¹

¹Faculty of Physics, Atomic Physics Department, Sofia University "St. Kliment Ohridski", 5, J. Bourchier Blvd, 1164 Sofia, Bulgaria

²Institute of Information and Communication Technologies, Bulgarian Academy of Sciences, Acad. G. Bonchev Str., Block 25A, 1113 Sofia, Bulgaria

Peptide aptamers are small proteins capable of binding to a wide range of target molecules, making them promising tools for inhibiting or modulating these targets. Their binding affinity strongly depends on conformational flexibility. While the peptide must be sufficiently flexible to adapt to the target protein's surface, constraining its conformational ensemble can significantly enhance binding affinity by reducing the entropic contribution. One approach to narrowing the conformational space of peptide aptamers is to graft them onto a protein scaffold, which helps to stabilize their desired conformation.

Cyclotides, cyclic peptides known for their exceptional stability and structural diversity, are ideal scaffolds for grafting peptide aptamers. These miniproteins are distinguished by a head-to-tail cyclized backbone and a cystine knot motif (CKM), stabilized by three interlocking disulfide bonds. The grafting process involves inserting the peptide aptamer sequence into one of the loop regions of the cyclotide scaffold without disrupting its overall structure. Achieving proper cyclization and folding of the grafted cyclotides is essential for producing bioactive molecules that preserve the stability and functional properties of the cyclotide scaffold.

In this study, we explore the use of molecular modeling to select grafted cyclotides with functional structures. Specifically, we investigate the interactions between the native MCoTI-I cyclotide and its target, trypsin. We examine how binding to the enzyme influences the stability and conformation of the cystine knot motif (CKM). The goal is to demonstrate that binding to trypsin can aid in selecting grafted cyclotide topologies with proper folding and cyclization patterns, ensuring functional bioactive molecules.

Acknowledgments: *This research was partly supported by the Bulgarian Science Fund under Grant KP-06-N71/3/2023 AVATAR. Computational resources were provided at the HPC BioSim cluster at the Faculty of Physics at Sofia University "St. Kl. Ohridski".*

In silico отбор на молекулни матрици за транспорт на пептидни аптамери

Петя Сиракова¹, Пейчо Петков¹, Елена Лилкова²,
Невена Илиева², Леандър Литов¹

¹Физически факултет, Катедра „Атомна Физика“, СУ „Св. Климент Охридски“, бул. Джеймс Баучер 5, 1164 София, България

²Институт по информационни и комуникационни технологии, Българска Академия на Науките, ул. Акад. Г. Бончев, бл. 25А, 1113 София, България

Пептидните аптамери са малки протеини, способни да се свързват с широк кръг прицелни молекули, което ги прави обещаващи инструменти за тяхното инхибиране или модулиране. Афинитетът към прицелната им молекула зависи силно от конформационната им гъвкавост. Пептидът трябва да бъде достатъчно гъвкав, за да се адаптира към повърхността на прицелния протеин, но ограничаването на конформационния му ансамбъл може значително да подобри афинитета на свързване поради намаляване на конформационния ентропиен принос. Един от начините за стесняване на конформационното пространство е пептидните аптамери да се присадят върху белтъчна рамка, което да ги стабилизира в желаната конформация.

Циклотидите, циклични пептиди със забележителна стабилност и структурно разнообразие, са идеални рамки за присаждане на пептидни аптамери. Тези минипротеини се отличават с циклизиран скелет и мотив на цистинов възел (МЦВ), образуван от три преплетени дисулфидни моста. Процесът на присаждане включва вмъкване на последователността на пептидния аптамер в една от бримките на циклотидната рамка, без да се нарушава цялостната му структура. Постигането на правилно циклизиране и нагъване на присадени циклотиди са от съществено значение в производството на биоактивни молекули, които запазват стабилността и функционалните свойства на циклотидното скеле.

В това проучване ние изследваме използването на молекулно моделиране за избор на присадени циклотиди с функционална структура и по-точно взаимодействията на нативния циклотид MCoTI-I с неговата мишена – трипсин, както и влиянието на свързването с ензима върху стабилността и конформацията на МЦВ. Целта е да се демонстрира, че свързването с трипсин позволява избор на присадени циклотидни топологии с правилни мотиви на нагъване и циклизация, осигурявайки функционални биоактивни молекули.

Благодарности: *Това изследване е частично финансирано от Фонд „Научни изследвания“ по договор КП-06-N71/3/2023 AVATAR. Изчислителни ресурси бяха предоставени от високопроизводителния клъстер BioSim във Физически факултет на СУ „Св. Кл. Охридски“.*

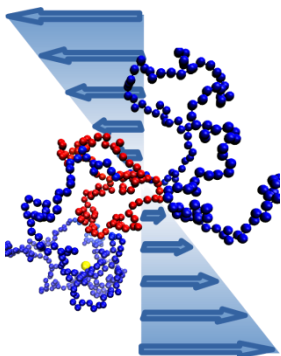
Shear-induced tightening and untying of knots in polymers

Andrey Milchev

Institute of Physical Chemistry, Bulgarian Academy of Sciences,
1113 Sofia, Bulgaria

Knots play essential role in polymers, e.g., in DNA and proteins, whereby they occur with increasing probability as the length of the polymer or its compactness grow. Yet the impact of external forces on existing knots in a polymer chain is poorly understood at present. We explore the effect of shear flow on existing knots in knotted linear polymer chains with extensive Molecular Dynamics (MD) simulations. Hydrodynamic interactions are accounted for by means of Multi-Particle Collision Dynamics (MPCD). The polymer chain, containing originally a simple trefoil knot at rest, is described by a coarse-grained bead-spring model in a coil or globular state depending on solvent quality.

We demonstrate that in simple shear (Couette flow) existing loosely localized knots in

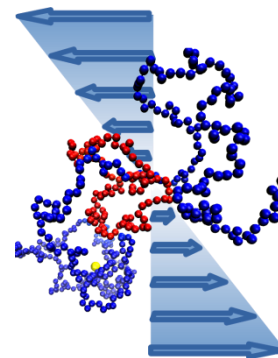


coils typically *tighten* to several segments beyond a certain shear rate threshold [1]. At even higher shear rate knots are observed to vanish owing to intersegmental passage as in DNA II topoisomerase. Similar effect is observed in Poiseuille flow too. In contrast, sheared polymer globules unwind into a pearl-necklace structure of sub-globules, which exhibit a complex knotting behavior where knot types rapidly change.

[1] A. Milchev, M. Schmitt, P. Virnau, Shear-induced tightening and untying of knots in polymers, *J. Chem. Phys.* (2024), submitted for publication

Влияние на ламинарный поток върху налични възли в протеини и полимерни макромолекулиАндрей Милчев¹, Морис Шмит² и Петер Вирнау²¹Институт по Физикохимия, БАН, 1113 София, България,²Йоханес-Гутенберг Университет, Майнц, ФРГ

Възлите в полимери и биомолекули като ДНК и протеини, които възникват с нарастваща вероятност при увеличаване на молекулното тегло или компактността им, имат многостранно и все още не напълно изяснено влияние. Неясно е и влиянието на външни сили върху вече съществуващи възли. С помощта на Молекулна Динамика ние моделираме поведението на типичен троен възел в полимерна макромолекула, намираща се в канал с ламинарен поток, като хидродинамичните взаимодействия са отчетени по метода на Многочастични Динамични Стълкновения (МЧДС).



Резултатите ни показват, че в случая на добър разтворител действието на потока води до *затягане* на съществуващите възли в конформацията на полимера над определена прагова стойност на скоростта на течението. При понататъшно увеличение на скоростта възлите изчезват вследствие самопресичане (топоизомераза) на полимерната верижка от сегменти. Обратно, при лош разтворител (полимерна глобула), възлите като правило *се развързват* след многократна промяна на вида и големината им [1]. При това течението трансформира полимерната глобула в «огърлица» от «под-глобули», ориентирана перпендикулярно на течението и на градиента на скоростта.

[1] A. Milchev, M. Schmitt, P. Virnau, Shear-induced tightening and untying of knots in polymers, *J. Chem. Phys.* (2024), submitted for publication

Flow-induced vesicle translocation through a narrow slit - transit time scaling relations*Bogdan Rangelov¹, Peicho Petkov², Andrey Milchev¹*¹*Institute of Physical Chemistry, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria*²*Sofia University St. Kl. Ohridski, Faculty of Physics, Sofia, Bulgaria*

The problem of vesicles passing through channels is pertinent to a wide range of applications such as drug delivery, nanofluidics, cell splenic filtration and hemostasis. Vesicles play an important and diverse functions in the living organisms like helping transport of materials such as proteins, hormones, enzymes, etc. both in inter- and extracellular environment. Such processes of mass transport are almost inevitably connected to a passage through obstacles and constrictions like pores or slits at different type of boundaries. Furthermore, the translocation of soft objects like red blood cells through splenic inter-endothelial slits is a major factor in blood filtration and disease progression, and plays a critical role in microfluidic devices used for separation purposes. Using extensive Molecular Dynamics simulations, we study the pressure driven flow-induced translocation of a loaded vesicle through a narrow rectangular slit whereby the hydrodynamic interactions in the channel are taken into account by means of multi-particle collision dynamics (MPCD)-algorithm. The vesicle is represented by a tethered 3D spherical membrane with M spherical monomers (vertices) enclosing athermal beads (load) of a given numerical density ϕ . Considering vesicles of different size and load, moving in a stream induced by a constant body force F , we demonstrate that the transit time τ of the vesicle passing through a pore with half-width H scales as $\tau^{-1} \propto FH^2$, confirming earlier theoretical predictions. The scaling regime is bounded from below by a critical force $F_{min}^{jam} \propto H^{-1}$, at which the vesicle gets stuck in the pore, while above an order of magnitude larger force, $F_{min}^{open} \propto H^{-1}$, the transit time τ becomes independent of H . As expected, the load of the vesicle affects the transit time τ , and reveals a linear increase in τ with the concentration of fillers ϕ inside the vesicle volume. Evidently, this impact gets stronger with diminishing the body force F .

Преминаване на везикули през тесен процеп под действие на флуиден поток – скейлингови отношения*Богдан Рангелов¹, Пейчо Петков², Андрей Милчев¹*¹*Институт по физикохимия, Българска академия на науките, София*²*Софийски университет "Св. Кл. Охридски", Физически факултет, София*

Преминаването на везикули (контейнери) през канали и процепа е от значение за широк спектър от приложения, като например доставка на лекарства, нанофлуидика, клетъчна филтрация и хемостаза. Везикулите изпълняват важни и разнообразни функции в живите организми, като подпомагат преноса на материали като протеини, хормони, ензими и др. както в междуклетъчната, така и в извънклетъчната среда. Тези процеси на масов пренос са неизбежно свързани с преминаване през препятствия във вид на стеснения (пори или процепа) по различни типове разделящи граници. Освен това, преминаването (или непреминаването) на обекти от мека кондензирана материя (като червените кръвни клетки) през междуендотелните цепнатини е основен фактор за филтрирането на кръвта и развитието на редица заболяванията, като играе и решаваща роля в микрофлуидните устройства, използвани за филтриране. С помощта на обстойни симулации по метода на молекулна динамика е изследвано преминаването на везикула с товар/пълнеж през тесен правоъгълен процеп, като хидродинамичните взаимодействия се отчитат с помощта на алгоритъм - динамиката на многочастичкови удари (MPCD). Везикулата е моделирана като свързана триизмерна сферична мембрана с M мономера (върхове), съдържаща пълнеж с определена числена плътност ϕ . Изследани са везикули с различни размери и различна концентрация на пълнежа, движещи се във флуиден поток, предизвикан от постоянна сила F , като е показано, че времето за преминаване τ на везикулата през процеп с полуширина H скалира като $\tau^{-1} \propto FH^2$, потвърждавайки теоретичните прогнози. Режимът на скалиране е ограничен отдолу от критична сила $F_{min}^{jam} \propto H^{-1}$, при която везикулата се заклещва в процепа и не може да премине, докато при над един порядък по-голяма сила, $F_{min}^{open} \propto H^{-1}$, времето за преминаване τ престава да зависи от H . Както и може да се очаква, концентрацията на пълнежа влияе на времето за преминаване τ , като то нараства линейно с концентрацията на пълнежа. Също така, тази зависимост се засилва с намаляването на силата на флуидния поток.

Rheology of concentrated red blood cell suspensions and cell dynamics in flow

Victoria Vitkova¹, Gwennou Coupier², Chaouqi Misbah²,
Thomas Podgorski³

¹ Institute of Solid State Physics, Bulgarian Academy of Sciences, 72 Tsarigradsko Chaussee, Blvd., 1784 Sofia, Bulgaria

² Grenoble Alpes University, CNRS, LIPhy, F-38000 Grenoble, France

³ Grenoble Alpes University, Grenoble INP, LRP, F-38000 Grenoble, France

Many hematopathologies are associated with alterations in the morphology and mechanical properties of erythrocytes (red blood cells, RBC), which leads to changes in their individual dynamics in the blood flow. Macrocytic, microcytic or sickle cell anaemia and various forms of thalassemia represent some examples of such diseases and blood conditions affecting millions of people worldwide. At a constant shear rate, erythrocytes exhibit complex dynamics depending on the viscosity of the carrier fluid and affecting the rheological properties of RBC suspensions. The dynamic viscosity of the suspension was obtained in a wide range of volume RBC concentration in order to determine the dilute approximation limits above which the effect of the hydrodynamic interaction between the cells reveals. At low shear rates ($<10 \text{ s}^{-1}$), the effective viscosity of concentrated RBC suspensions shows a dependence on the prehistory of sample shearing. The greater the volume concentration of erythrocytes, the stronger this dependence is for a given viscosity of the carrier fluid. The hysteresis effect is observed at moderate shear stresses, at which RBC swinging is expected. The viscoelastic properties of RBC suspensions were studied also upon applying a combination of steady and oscillatory flows at shear stresses sufficiently larger than the amplitude of oscillations. The acquired knowledge regarding the relationship between RBC dynamics in flow and the rheological properties of erythrocyte suspensions contributes to the development of diagnostic approaches and protocols for the separation of affected blood cells with the aim of alleviating symptoms and prolonging the life of patients.

Acknowledgments: Financial support of the National Science Fund of Bulgaria (KP-06-N58/6/2021) is acknowledged.

Реологични изследвания на концентрирани еритроцитни суспензии

Виктория Виткова¹, Гуену Купие²,
Шауки Мисба², Тома Подгорски³

¹ Институт по физика на твърдото тяло „Акад. Г. Наджаков“, Българска академия на науките, София 1784, България

² Интердисциплинарна лаборатория по физика, CNRS UMR5588, Университет Grenoble-Alpes, Франция

³ Лаборатория по реология и процеси, Политехнически институт INP Grenoble, Университет Grenoble-Alpes, CNRS UMR5520, Франция

При редица хемопатологии морфологията и механичните свойства на еритроцитите (червените кръвни клетки, ЧКК) се променят, което води до изменения в индивидуалната динамика на клетките в кръвния поток. Примери за такива заболявания и състояния на кръвта, засягащи милиони хора по света, са макроцитната и микроцитна анемии, сърповидната клетъчна анемия, различни форми на таласемия и други.

При постоянна скорост на деформацията еритроцитите проявяват сложна динамика, зависеща от вискозитета на транспортния флуид и повлияваща реологичните свойства на техните суспензии. Получена е зависимостта между динамичния вискозитет на суспензията и обемната концентрация на червените кръвни клетки с цел, определяне на стойността на обемната им концентрация, над която се проявява ефектът от хидродинамичното взаимодействие между клетките.

При малки скорости на деформацията ($<10 \text{ s}^{-1}$) ефективният вискозитет на суспензиите показва зависимост от предисторията на деформация на пробата. Колкото по-голяма е обемната концентрация на еритроцитите, толкова по-силна е тази зависимост при даден вискозитет на транспортния флуид. Ефектът на хистерезис се наблюдава при умерени стойности на приложеното тангенциално напрежение.

Определени са модулите на вискоеластичност на концентрирани суспензии от ЧКК при суперпозиция на осцилиращ и постоянен поток, като приложената сръзваща деформация осцилира около определена стойност, достатъчно по-голяма от амплитудата на осцилациите. Резултатите от изследванията и установената връзка между динамиката на еритроцитите в потока и реологичните свойства на еритроцитната суспензия, могат да послужат като основа за разработването на диагностични техники и протоколи за отделяне на засегнатите кръвни клетки с цел, облекчаване на симптомите и удължаване на живота на пациентите.

Благодарности: Фонд „Научни изследвания“ (КП-06-N58/6/2021).

The key role of electrogenic transporters in maintaining the resting state of the living cell

Alexander G. Dimitrov
Institute of Biophysics and Biomedical Engineering,
Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria
e-mail: agd@biomed.bas.bg

The membrane of a living cell contains many components capable of conducting electrical current across the membrane. In general, they are divided into ion channels that conduct different ions along their electrochemical gradients, pumps that move ions back up the available gradients at the expense of ATP dissociation energy, and transporters that can connect several arbitrary ion gradients.

The membrane potential depends on its capacitance and the total current passed through the membrane. Because ionic currents at certain time points can exceed pump and transporter currents by orders of magnitude, the membrane potential is usually represented by an ionic current balance [1]. The problem with such representations is that ion currents only consume pre-existing ion gradients and therefore such an equilibrium can only exist for a limited time. If we consider a general ion-accumulating system consisting of pumps and channels and analyze its points of attraction, it can be demonstrated that the latter are either more positive or more negative than the physiological resting potential values of living cells. The situation normalizes when electrogenic transporters are added to the system. They introduce their equilibrium potentials into the system as additional possible points of attraction and act as intermediaries between channels and pumps [2]. Physiological equilibrium potentials of electrogenic transporters are found to be close to the physiological value of the resting potential for a living cell at normal values of ion gradients.

The existence of an intermediary between channels and pumps allows to explain a number of remarkable facts. Compared to channels, pumps transport ions at a surprisingly low frequency but also with high power. The presence of an intermediary allows to combine the efforts of a significant number of pumps to balance the activity of one or another channel. Many specific biological situations fall under this paradigm.

- [1] AL Hodgkin, B Katz, The effect of sodium ions on the electrical activity of the giant axon of the squid, *J Physiol* Vol.108 Issue 1 pp.37 (1949)
- [2] AG. Dimitrov, Resting membrane state as an interplay of electrogenic transporters with various pumps, *Pflugers Archiv - European Journal of Physiology*. 475(9), pp. 1113–1128 (2023)

Ключова роля на електрогенните транспортери в поддръжката на състоянието на покой на живата клетка

Александър Г. Димитров
Институт по биофизика и биомедицинско инженерство,
Българска академия на науките, София, България
e-mail: agd@biomed.bas.bg

Повърхностната мембрана на живата клетка съдържа множество компоненти способни да провеждат електричен ток през мембраната. Най-общо те се разделят на йонни канали, които провеждат различни йони по техните електрохимични градиенти, помпи, които движат йоните обратно на наличните градиенти за сметка на енергията на дисоциацията на АТФ и транспортери, които могат да свързват няколко произволни йонни градиента.

Потенциалът на мембраната зависи от нейния капацитет и от общия ток през мембраната. Понеже йонните токове в определени моменти от време могат да надвишават помпените и транспортерните на порядъци, мембранный потенциал обикновено се представя чрез баланс на йонни токове [1]. Проблемът с подобни представяния е, че йонните токове само харчат вече съществуващи йонни градиенти и затова подобно равновесие може да съществува само ограничено във времето. Ако се разгледа обща система с акумулация на йони, състояща от помпи и канали, и се анализират нейните точки на атракция, то може да се демонстрира, че последните се различават от физиологичните стойности на потенциала на покой на живите клетки. Ситуацията се нормализира, когато към системата биват добавени електрогенни транспортери. Те въвеждат в системата своите равновесни потенциали като допълнителни възможни точки за атракция и застават като посредници между канали и помпи [2]. Физиологичните равновесни потенциали на електрогенните транспортери се оказват близки до физиологичното значение на потенциала на покой при нормални стойности на йонните градиенти.

Наличието на посредник между каналите и помпите позволява да се обяснят редица забележителни факти. В сравнение с каналите помпите пренасят йони с учудващо ниска честота, но и голяма мощност. Наличието на посредник позволява да се обединяват усилията на значителен брой помпи, които да урівновесят активността на един или друг канал. Много конкретни биологични ситуации попадат под тази парадигма.

- [1] AL Hodgkin, B Katz, The effect of sodium ions on the electrical activity of the giant axon of the squid, *J Physiol* Vol.108 Issue 1 pp.37 (1949)
- [2] AG. Dimitrov, Resting membrane state as an interplay of electrogenic transporters with various pumps, *Pflugers Archiv - European Journal of Physiology*. 475(9), pp. 1113–1128 (2023)

**Intermolecular Electrostatic Interactions in Cytochrome c Protein
Monolayer on Montmorillonite Alumosilicate Surface:
A Positive Cooperative Effect**

Svetlana H. Hristova¹, Trifon T. Popov², Alexandar M. Zhivkov³

¹ Medical Physics and Biophysics, Medical Faculty, Medical University,
Sofia, Bulgaria

² Medical Faculty, Medical University, Sofia, Bulgaria

³ Scientific Research Center, "St. Kliment Ohridski" Sofia University, Bulgaria

Montmorillonite (MM) crystal nanoplates acquire anticancer properties when coated with the mitochondrial protein cytochrome c (cytC) due to the cancer cells capability to phagocytize cytC-MM colloid particles [1]. The introduced exogenous cytC initiates apoptosis: an irreversible cascade of biochemical reactions leading to cell death [2]. In the present research, we investigate the organization of the cytC layer on the MM surface by employing physicochemical and computer methods: microelectrophoresis, static, and electric light scattering to study cytC adsorption on the MM surface, and protein electrostatics and docking to calculate the local electric potential and Gibbs free energy of interacting protein globules. The found protein concentration dependence of the adsorbed cytC quantity is nonlinear [3], manifesting a positive cooperative effect that emerges when the adsorbed cytC globules occupy more than one-third of the MM surface. Computer analysis reveals that the cooperative effect is caused by the formation of protein associates in which the cytC globules are oriented with oppositely charged surfaces. The formation of dimers and trimers is accompanied by a strong reduction in the electrostatic component of the Gibbs free energy of protein association, while the van der Waals component plays a secondary role [4].

- [1] S. H. Hristova, A. M. Zhivkov, Montmorillonite colloid plates with adsorbed cytochrome c: In vitro cytotoxic effect on colon cancer cell culture. *Cancer Nanotechnology* Vol. 12 pp.1-19 (2021).
- [2] A. M. Zhivkov, T. T. Popov, S. H. Hristova, Composite hydrogels with included solid-state nanoparticles bearing anticancer chemotherapeutics. *Gels* Vol. 9 Issue 5 pp. 421 (2023).
- [3] S. H. Hristova, A. M. Zhivkov, Protein–Mineral Composite Particles with Logarithmic Dependence of Anticancer Cytotoxicity on Concentration of Montmorillonite Nanoplates with Adsorbed Cytochrome c. *Pharmaceutics* Vol. 15 Issue 2 pp. 386 (2023).
- [4] S. H. Hristova, A. M. Zhivkov, Intermolecular Electrostatic Interactions in Cytochrome c Protein Monolayer on Montmorillonite Alumosilicate Surface: A Positive Cooperative Effect, *International Journal of Molecular Sciences* Vol. 25 Issue 13 pp. 6834 (2024).

Interaction of dendrimers with proven bactericidal properties with model lipid membrane systems

Albena Jordanova¹, Asya Tsanova¹, Ivan Minkov¹, Emilia Stoimenova¹,
Vishnia Stoyanova¹, Hristina Petkova², Rusina Hazarosova³, Aneliya Kostadinova³, Galya
Staneva³, Ivo Grabchev¹

¹ Faculty of Medicine, Sofia University "St. Kliment Ohridski"

² Institute of Physical Chemistry, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria

³ Institute of Biophysics and Biomedical Engineering,
Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria

The aim of the present study is to analyze of the molecular mechanisms of interaction between polymer dendrimers with established bactericidal properties (DAB and DAB-Br) and model membrane systems of different phospholipids, as well as with lipid extracts from *E. coli*. High-informatics modern biophysical methods and models were used: a Langmuir tensiometric balance to determine the surface characteristics of model monolayers resembling a bacterial membrane (in static and dynamic conditions) before and after the addition of dendrimers; Brewster-angle microscope for direct visualization of the surface morphology of the applied phospholipid monolayers before and after dendrimer testing, investigation of the probability of formation of thin liquid films by the method of Sheludko and Ekserova, and effects of dendrimers on the stability of large unilamellar and giant unilamellar liposomes.

By peripheral modification of first-generation polypropyleneamine dendrimers, two second-generation photoactive dendrimers containing 4-dimethylamino-1,8-naphthalimide (DAB) and 3-bromo-4-dimethylamino-1,8-naphthalimide (DAB-Br) were obtained. Several phospholipids were used to form monolayers similar in composition to the bacterial membrane: palmitoleylphosphatidylethanolamine (POPE), palmitoleylphosphatidylcholine (POPC) and palmitoleylphosphatidylglycerol (POPG), as well as a lipid extract with a certain phospholipid composition from *E. coli*.

The obtained results show that the tested dendrimers destabilize the formed model lipid monolayers, thin liquid films and liposomes, with the strongest effect detected in the POPG model membranes. In addition, the lower molecular weight Dab was found to stabilize model membranes at low concentrations, and at higher concentrations to have a destabilizing effect and act as a detergent. A similar but less pronounced effect was also observed with Dab-Br.

We expect that in the future the newly synthesized dendrimers will find application in medical practice as effective antibacterial agents and an alternative to the antibiotics that have been widely used in recent decades.

Acknowledgments: The research was financed by the Scientific Research Fund of the Ministry of Education and Science - project No. КП-06-Н15/51 of 19.11.2021 and project 80-10-86 / 11.4.2024 of the Scientific Research Fund, Sofia University "St. Kliment Ohridski".

Взаимодействие на дендримери с доказани бактерицидни свойства с моделни липидни мембранни системи

Албена Йорданова^{*1}, Ася Цанова¹, Иван Минков¹, Емилия Стоименова¹,
Вишня Стоянова¹, Христина Петкова², Русина Хазаросова³,
Анелия Костадинова³, Галя Станева³, Иво Грабчев¹

¹ Медицински факултет на СУ „Св. Кл. Охридски“, България

² Институт по физикохимия, БАН, България

³ Институт по биофизика и биомедицинско инженерство, БАН, България

* albenagi@uni-sofia.bg

Целта на изследването е да се направи детайлен анализ на молекулните механизми на взаимодействие между полимерни дендримери с установени бактерицидни свойства (DAB и DAB-Br) и моделни мембранни системи от различни фосфолипиди, както и с липидни екстракти от *E. coli*. Използвани са високоинформативни съвременни биофизични методи и модели: тензиометрична везна на *Langmuir* за определяне на повърхностните характеристики на моделните монослое, наподобяващи бактериална мембрана (в статични и в динамични условия) преди и след добавяне на дендримери; Брюстер-ъглов микроскоп за директна визуализация на повърхностната морфология на нанесените фосфолипидни монослое преди и след добавяне на тестваните дендримери, изследване на вероятността за формиране на тънки течни филми чрез метода на Шелудко и Ексерова, както и ефектът на дендримерите върху стабилността на големи униламеларни и гигантски униламеларни липозоми.

Чрез периферна модификация на първо поколение полипропиленаминни дендримери са получени два фотоактивни дендримера от второ поколение, съдържащи 4-диметиламино-1,8-нафталимид (DAB) и 3-бромо-4-диметиламино-1,8-нафталимид (DAB-Br). За формиране на монослое, наподобяващи по състав бактериалната мембрана са използвани няколко фосфолипида: палмитолеилфосфатидилетаноламин (POPE), палмитолеил фосфатидилхолин (POPC) и палмитолеилфосфатидилглицерол (POPG), както и липиден екстракт с определен фосфолипиден състав от *E. coli*.

Получените резултати показват, че тестваните дендримери дестабилизируют формираните моделни липидни монослое, тънки течни филми и липозоми, като най-силен ефект е детектиран при POPG моделните мембрани. В допълнение е установено, че по-нискомолекулярният Dab при ниски концентрации стабилизира моделните мембрани, а при по-високи има дестабилизиращ ефект и действа като детергент. Подобен, но по-слабо изразен ефект, се наблюдава и при Dab-Br.

Очакваме в бъдеще новосинтезираните дендримери да намерят приложение в медицинската практика като ефективни антибактериални средства и алтернатива на повсеместно използваните в последните десетилетия антибиотици.

Благодарности: Изследването е финансирано от Фонд „Научни изследвания“ на МОН – проект № КП-06-Н15/51 от 19.11.2021 г. и проект 80-10-86 / 11.4.2024 на Фонд Научни изследвания, СУ „Св. Климент Охридски“.

Chitosan-based hybrid nanomaterials: Interactions with biomimetic membranes

Dayana Benkova¹, Aneliya Kostadinova¹, Rusina Hazarosova¹,

Vesela Yordanova¹, Hisham Elshoky², Galya Staneva¹

¹Institute of Biophysics and Biomedical Engineering,
Bulgarian Academy of Science, Sofia, 1113, Bulgaria

²Nanotechnology and Advanced Materials Central Lab,
Agricultural Research Center, Giza, 12619, Egypt

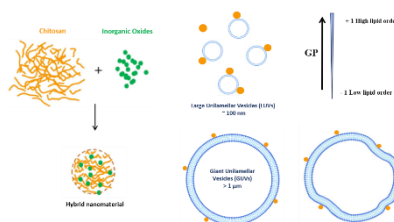
Chitosan-based nanomaterials (CS NMs) possess unique properties and excellent biocompatibility, making them valuable materials in contemporary nano biomedicine. They can be utilized to develop effective drug delivery systems, anticancer agents, and vaccines. To comprehensively evaluate their biological activities and potential applications, an examination of their interactions with plasma membranes is essential as they are the first target of the action of exogenous molecules.

Cell membranes are inherently heterogeneous under physiological conditions, characterized by two distinct lipid phases: liquid-ordered (L_o) and liquid-disordered (L_d). The coexistence of these phases is crucial for maintaining the structural and functional aspects of the membrane, including its integrity, permeability, metabolism, cell signaling, and overall cell function.

This study aims to investigate the interactions of newly synthesized CS-based hybrid nanomaterials (CS hybrid NMs) combined with inorganic oxides – ZnO, CuO, and SiO₂, with synthetic models of cell membranes that mimic the cell membrane phase heterogeneity. Two types of membrane models were employed – Large Unilamellar Vesicles (LUVs) and Giant Unilamellar Vesicles (GUVs), representing the L_d , L_o phases, and the L_d/L_o phase coexistence. The results revealed that the CS hybrid NMs could alter the surface charge and mean vesicle size of the LUVs and increase the membrane order around the glycerol backbone of the lipids. The biggest quantitative changes were detected in the highly-fluid L_d phase and the smallest in the raft-like L_o phase. Furthermore, CS hybrid NMs induced a specific set of morphological transformations in homogeneous GUVs in the L_d phase and heterogeneous GUVs exhibiting L_o/L_d phase coexistence, including vesicle adhesion, fusion, and shrinkage.

This work elucidates the physicochemical interactions between CS hybrid NMs and model membranes that mimic plasma membrane heterogeneity. The findings in this study significantly enrich our understanding of how nanomaterials interact with membranes and provide valuable insight for their future applications in nano biomedicine.

Acknowledgements: The work was financially supported by the National Science Fund of Bulgaria (KP-06-N58/6-2021 and KP-06-H77/13/2023). DB thanks the Bulgarian Ministry of Education and Science, National Research Program "Young scientists and postdoctoral students - 2", Module "Young scientists" for financial support on her project entitled "Biological activity of chitosan-based nanomaterials with potential biomedical and agrobiological applications".



Хитозан-базирани хибридни наноматериали: Взаимодействие с биомиметични мембрани

Даяна Бенкова¹, Анелия Костадинова¹, Русина Хазаросова¹,

Весела Йорданова¹, Хишам Елишочи², Галя Станева¹

¹Институт по биофизика и биомедицинско инженерство,
Българска академия на науките, София, България

²Централна лаборатория по нанотехнологии и модерни материали,
Център за селскостопански изследвания, Гиза, Египет

Хитозан-базирани наноматериали се открояват със своите уникални свойства и отлична биосъвместимост, което ги прави ценни материали в съвременната нано биомедицина. Те могат да бъдат използвани в разработката на ефективни системи за доставяне на лекарства, антиракови агенти и ваксини. За цялостна оценка на тяхната активност и бъдещи приложения, изследване на взаимодействията им с клетъчните мембрани е есенциално, тъй като те са първия таргет за екзогенни молекули.

Клетъчните мембрани по своята същност са хетерогенни под физиологични условия, характеризирайки се с две отделни липидни фази – течно-неподредена (liquid-disordered - L_d) и течно-подредена (liquid-ordered - L_o) фази. Съвместното съществуване на тези фази има много важна структурна и функционална значимост за мембраните, тъй като определя нейния пермеабилитет, интегритет, метаболизъм и редица клетъчни функции.

Това проучване цели да се изследва взаимодействията между новосинтезирани хитозан-базирани хибридни наноматериали, комбинирани неорганични оксиди (CuO, ZnO и SiO₂), със синтетични модели на клетъчните мембрани, които имитират фазовата хетерогенност. Използвани са два типа мембранны модели – големи униламеларни везикули (LUVs) и гигантски униламеларни Везикули (GUVs). Три типа бислю бяха изследвани – в L_d , L_o фаза и в L_d/L_o фазово ко-съществуване. Установи се, че ХТ хибридният НМ променят повърхностния заряд и средния везикулен размер на моделните LUVs и увеличат молекулната подреденост на нивото на глицериновия скелет на липидните молекули. Най-големите количествени промени бяха установени при високо-флуидната L_d фаза, докато най-малките – в рафт-подобната L_o фаза. Също така, ХТ хибридният НМ индуцираха специфични морфологични трансформации в хомогенни GUVs в L_d фаза и хетерогенни GUVs във фазово L_d/L_o съвместно съществуване. Трансформациите включваха адхезия, сливане на везикулите, свиване.

Изследванията изясняват сложните физикохимични взаимодействия между ХТ НМ и моделни системи, които имитират фазовата хетерогенност в клетъчните мембрани. Получените резултати обогатяват значително нашите познания по отношение на това как наноматериалите взаимодействат в мембраните и предоставят ценна оценка на техните бъдещи приложения в нанобиомедицината.

Благодарности: Изследването е финансирано от Фонд „Научни изследвания“ (КП-06-N58/6-2021 и КП-06-H77/13-2023). ДБ благодари на българското Министерство на образованието и науката, Национална програма за научни изследвания „Млади учени и докторанти – 2“, Модул „Млади учени“ за финансовата подкрепа на нейния проект, озаглавен „Биологична активност на наноматериали на основата на хитозан с потенциал за биомедицина и агrobiологични приложения“.

Biogenic iron oxides and sheath structures from *Leptothrix* sp. for application in nanotechnology, biotechnology and biomedicine

Ralitsa Angelova¹, Lyubomir Slavov², Tatyana Koutzarova², Kiril Krezhov², Chavdar Ghelev², Blagoy Blagoev³, Ralitsa Ilieva⁴, Mihail Iliev⁴, Veneta Groudeva⁴, Daniela Kovacheva⁵, Svetlana Veleva⁶, Ivo Safarik⁷, Jitka Prochazkova⁷, Eva Baldikova⁷, Zdenka Maderova⁷, Kristyna Pospiskova⁸, Ivan Nedkov²

¹Institute of Biophysics and Biomedical Engineering, BAS, Sofia, Bulgaria

²Institute of Electronics, BAS, Sofia, Bulgaria

³Institute of Solid State Physics, BAS, Sofia, Bulgaria

⁴St. Kliment Ohridski University of Sofia, Sofia, Bulgaria

⁵Institute of General and Inorganic Chemistry, BAS, Sofia

⁶Institute of Electrochemistry and Energy Systems, BAS, Sofia

⁷Biology Centre, CAS, Ceske Budejovice, Czech Republic

⁸Palacky University, Olomouc, Czech Republic

Our work was focused on studying the products derived from the metabolism of *Leptothrix* bacteria at neutral pH. The products are nanostructured biogenic iron oxides and hydroxides on the bacterial surface in specific structures called sheaths. Cultivation of the bacteria was carried out in different nutrient media. In the SIGP medium our studies showed a lack of significant differences between the naturally obtained and the artificially synthesized biogenic sheaths. Different physical methods (XRD, PPMS, SEM, TEM) showed the biogenic products size, diameter, composition and magnetic behavior. Magnetically modified *Leptothrix* sheaths are promising high aspect ratio material. Such types of biomaterials enable to prepare a hopeful material for advanced biotechnology and environmental technology applications. The biogenic products are unique because they are biocompatible, have specific electromagnetic properties and can be potential candidates for various applications in the nanotechnology, biotechnology and biomedicine, such as novel industrially functional materials for electronics, biosensors, catalysts, adsorbents, pigments, ferrofluids, super capacitors and others.

Acknowledgements: This work was supported by the Bulgarian National Science Fund, DID 02/38/09, T 02/17/2014, KP-06-N58/6/2021; a research project in support of PhD students at Sofia University #165/04/2014; a project supported by the Bulgarian Ministry of Education and Science, National Research Program "Young scientists and postdoctoral students" approved by DCM #577/17.08.2018; Erasmus practice in the Biology Centre, Czech Academy of Sciences, Ceske Budejovice (2015-2016) and COST action CA23132 Magnetic Particle Imaging for next-generation theranostics and medical research (NexMPI).

Биогенни железни оксиди и калъфни структури от *Leptothrix* sp. за приложение в нанотехнологиите, биотехнологиите и биомедицината

Ралица Ангелова¹, Любомир Славов², Татяна Куцарова², Кирил Крезхов², Чавдар Гелев², Благодий Благоев³, Ралица Илиева⁴, Михаил Илиев⁴, Венета Грудева⁴, Даниела Ковачева⁵, Светлана Велева⁶, Иво Сафарик⁷, Ева Балдикова⁷, Зденка Мадерова⁷, Итка Прохазкова⁷, Кристина Поспишкова⁸, Иван Недков²

¹Институт по биофизика и биомедицинско инженерство, БАН, България

²Институт по електроника, БАН, България

³Институт по физика на твърдото тяло, БАН, България

⁴Софийски университет „Св. Климент Охридски“, България

⁵Институт по обща и неорганична химия, БАН, България

⁶Институт по електрохимия и енергийни системи, БАН, България

⁷Биологичен център, ЧАН, Ческе Будейовице, Чехия

⁸Палацки университет, Оломоуц, Чехия

Работата ни беше фокусирана върху изучаването на продуктите, получени от метаболизма на бактерии от род *Leptothrix* при неутрално pH. Получените продуктите са наноструктурирани биогенни железни оксиди и хидроксиди върху бактериалната повърхност в специфични структури, наречени калъфи. Култивирането на бактериите беше извършено в различни хранителни среди. В среда SIGP нашите изследвания не показаха значителни разлики между естествено получените и изкуствено синтезираните биогенни обвивки. Различни физични методи (XRD, PPMS, SEM, TEM) показаха размера, диаметъра, състава и магнитното поведение на биогенните продукти. Магнитно модифицираните калъфни структури от *Leptothrix* sp. са обещаващ материал с високо повърхностно съотношение. Такъв тип биоматериали позволяват получаването на надежден материал за напреднали биотехнологични и екологични приложения. Биогенните продукти са уникални, защото са биосъвместими, имат специфични електромагнитни свойства и могат да бъдат потенциални кандидати за различни приложения в нанотехнологиите, биотехнологиите и биомедицината, например нови индустриално функционални материали за електрониката, биосензори, катализатори, адсорбенти, пигменти, ферофлуиди, суперкондензатори и други.

Благодарности: Работата е извършена с подкрепата на проекти, финансирани от Фонд „Научни изследвания“ - ДИД02/38/09, T02/17/2014, КП-06-N58/6/2021 г.; проект в подкрепа на докторантите от СУ „Св. Кл. Охридски“ №165/04/2014 г.; проект, финансиран от МОН по Националната програма за научни изследвания „Млади учени и докторанти“ с номер DCM #577/17.08.2018; Практика по програма Еразъм в Биологическия център към Чешката академия на науките, Ческе Будейовице и COST action CA23132 "Magnetic Particle Imaging for next-generation theranostics and medical research (NexMPI).

Resveratrol differentially affects the membrane lipid order and organization in monounsaturated and polyunsaturated phosphatidylcholine-containing biomimetic membranes

Rusina Hazarosova ¹, Albena Momchilova ¹, Victoria Vitkova ²,
Vesela Yordanova ¹, Ralitsa Angelova ¹, Aneliya Kostadinova ¹,
Miglena I. Angelova ^{3,4} and Galya Staneva ¹

¹ Institute of Biophysics and Biomedical Engineering,
Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria;

² Institute of Solid State Physics,
Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria;

³ Department of Physics, Faculty of Sciences and Engineering,
Sorbonne University, Paris, France;

⁴ Matière et Systèmes Complexes (MSC), CNRS UMR 7057,
University Paris Cite, Paris, France

Reactive oxygen species (ROS) are produced continuously during normal physiological processes. However, ROS can damage important biomolecules, such as lipids, above physiological concentrations, leading to various diseases. The plant-derived antioxidant compounds, for example, the fat-soluble polyphenol resveratrol (trans-3,5,4'-trihydrostilbene, Resv) protect the body from damaged molecules. Because the plasma membrane is the first target of exogenous bioactive compounds, we focused our attention on the influence of Resv on lipid order and raft-like domain formation (sphingomyelin (SM) and cholesterol (Ch)-enriched domains) in a biomimetic ternary mixture of palmitoyl-docosahexaenoyl phosphatidylcholine (PDPC) or palmitoyl-oleoyl phosphatidylcholine (POPC), SM and Ch. POPC and PDPC differ in the degree of fatty acid unsaturation at the *sn*-2 position of phosphatidylcholine (PC). The interaction of Resv with monounsaturated POPC mixtures caused only an increase in the lipid ordering as a function of Resv amount. However, in the polyunsaturated PC-containing mixture Resv exhibits a bimodal effect depending on its concentration. Since Resv changes the physicochemical properties of the lipid bilayer in different ways, one might suggest that the interaction of polyphenol with the membrane bilayer depends on the level of fatty acid unsaturation. This specific effect of Resv on lipid organization could impact its unique properties to prevent the cell from oxidative stress.

Acknowledgements: This work was supported by grant from the Bulgarian Fund for Scientific Research (KP-06-N77/13-2023 and KP-06-N58/6-2021) and Bulgarian Ministry of Education and Science („Scientific Infrastructure on Cell Technologies in Biomedicine“ – D01-361/2023 and „National Centre for Biomedical Photonics“ - D01-352/2023, part of Bulgarian National Roadmap for Scientific Infrastructures.

Резвератролът повлиява диференцирано липидната подреденост и организация в мононенаситени и полиненаситени фосфатидилхолин-съдържащи биомиметични мембрани

Русина Хазаросова ¹, Албена Момчилова ¹, Виктория Виткова ²,
Весела Йорданова ¹, Ралица Ангелова ¹, Анелия Костадинова ¹,
Миглена Ангелова ^{3,4} и Галя Станева ¹

¹ Институт по биофизика и биомедицинско инженерство,
БАН, София, България;

² Институт по физика на твърдото тяло, БАН, София, България;

³ Катедра по физика, Факултет по природни науки и инженерство,
Университет Сорбона, Париж, Франция;

⁴ Материя и комплексни системи (MSC), CNRS UMR 7057, Университет Париж-Сите,
Париж, Франция

Реактивните кислородни видове (ROS) се произвеждат непрекъснато при нормални физиологични процеси. Над физиологични концентрации, обаче, ROS могат да увредят важни биомолекули като липидите, което води до различни заболявания. Антиоксидантите с растителен произход, като мастноразтворимото полифенолно съединение резвератрол (trans-3,5,4'-trihydrostilbene, Resv), предпазват тялото от увредените молекули. Тъй като плазмената мембрана е първата мишена на екзогенни биоактивни съединения, ние насочихме вниманието си към изясняване влиянието на Resv върху липидната подреденост и формирането на домени от вида „rafts“ (домени в мембраната, обогатени на сфингомиелин (SM) и холестерол (Ch)) в биомиметични трикомпонентни везикули, съставени от палмитоил-докозахексаеноил фосфатидилхолин (PDPC) или палмитоил-олеоил фосфатидилхолин (POPC), SM и Ch. POPC и PDPC се различават в степента на ненаситеност на мастната киселина при *sn*-2 позиция на фосфатидилхолин (PC). Взаимодействието на полифенола с мононенаситената PC-съдържаща смес предизвиква само повишаване на липидната подреденост и увеличаване на рафт фракцията като функция на концентрацията на Resv. В полиненаситената PC-съдържаща смес, обаче, Resv проявява бимодален ефект в зависимост от неговата концентрация. Тъй като Resv променя физикохимичните свойства на липидния бислой по различен начин, може да се предположи, че взаимодействието на полифенола с мембранния бислой зависи от степента на ненаситеност на мастната киселина. Този специфичен ефект на Resv върху организацията на липидите може да окаже влияние върху неговите уникални свойства за предпазване на клетката от оксидативен стрес.

Благодарности: Фонд „Научни изследвания“ (КП-06-Н77/13-2023 и КП-06-Н58/6-2021) и МОН („Научна инфраструктура по клетъчни технологии в биомедицината“ (D01-361/2023) и „Национален център по биомедицинска фотоника“ (D01-352/2023), НПКНИ 2020-2027г.).

Effect of biologically active oxidized lipids on the structural organization and phospholipase A₂ activity in phosphatidylcholine model membranes

Vesela Yordanova¹, Rusina Hazarosova¹, Victoria Vitkova²,
Albena Momchilova¹, Ralitsa Angelova¹, Aneliya Kostadinova¹,
Biliana Nikolaova¹, Miglena I. Angelova^{3,4}, Galya Staneva¹

¹ Institute of Biophysics and Biomedical Engineering, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria

² Institute of Solid State Physics, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria

³ Department of Physics, Faculty of Sciences and Engineering, Sorbonne University, Paris, France

⁴ Matière et Systèmes Complexes (MSC), CNRS UMR 7057, University Paris Cite-Diderot, Paris, France

Most lipids in cell membranes contain unsaturated chains, contributing to their high fluidity. Polyunsaturated fatty acids, however, are highly susceptible to oxidative modification by reactive oxygen species. There is now increasing evidence that lipid peroxidation results in the formation of oxidized lipids in inflammatory and autoimmune diseases such as atherosclerosis and neurodegenerative diseases, including Alzheimer's disease, Parkinson's disease, multiple sclerosis, etc.

To establish the connection between lipid peroxidation and the pathological conditions, studies are being done on its effects on the properties of biological membranes, since lipid oxidation affects almost all membrane-associated interactions and cellular processes. Therefore, one of our tasks was to study the effect of two of the most physiologically active oxidized lipids POVPC (1-palmitoyl-2-(5'-oxo-valeroyl)-sn-glycero-3-phosphatidylcholine) and PGP (1-palmitoyl-2-glutaryl-sn-glycero-3-phosphatidylcholine) on the structural organization of the lipid bilayer of biomimetic systems, including in its composition phosphatidylcholine (PC) molecules with different degree of fatty acid unsaturation at sn-2 position: the monounsaturated lipid POPC (1-palmitoyl-2-oleoyl-sn-glycero-3-phosphatidylcholine) containing oleic acid (OA, 18:1) or the polyunsaturated lipid PDPC (1-palmitoyl-2-docosahexaenoyl-sn-glycero-3-phosphatidylcholine), containing docosahexaenoic acid (DHA, 22:6 ω-3). Particularly interesting is the role of DHA, which as a highly polyunsaturated fatty acid is both a target of oxidative stress and exhibits antioxidant properties. Among the numerous inflammatory biomarkers for oxidative stress-related pathologies are secretory phospholipases (sPLA₂s). They are implicated in regulating inflammation and immune response. In this regard, our second primary task was to assess the sPLA₂ activity on PC-containing membranes. The obtained results show that the protocol for the formation of model systems composed of polyunsaturated and oxidized glycerophospholipids is extremely important in studying the membrane structural organization and the sPLA₂ activity.

Acknowledgments: The scientific research is supported by: KP-06-N58/6-2021 and KP-06-N77/13-2023 from the National Science Fund, and D01-352/2023 and D01-361/2023 part of the National Roadmap for Scientific Infrastructures 2020-2027.

Влияние на биологично активни окислени липиди върху структурната организация и активността на фосфолипаза A₂ във фосфатидилхолинови моделни мембрани

Весела Йорданова¹, Русина Хазаросова¹, Виктория Виткова², Албена Момчилова¹, Ралица Ангелова¹, Анелия Костадинова¹, Биляна Николова¹, Миглена Ангелова^{3,4}, Галя Станева¹

¹Институт по биофизика и биомедицинско инженерство, БАН, София, България

²Институт по физика на твърдото тяло, БАН, София, България

³Факултет по природни науки и инженерство, Парижки университет Сорбоната, Париж, Франция

⁴Материя и комплексни системи (MSC), CNRS UMR 7057, Университет Париж-VII: Дени Дидро, Париж, Франция

Повечето липиди в клетъчните мембрани съдържат ненаситени вериги, допринасяйки за високия им флуидитет. Полиненаситените мастни киселини, обаче, са силно податливи на окислително модифициране от реактивни кислородни форми. Понастоящем има все повече доказателства, че в резултат на липидна пероксидация се образуват окислени липиди при възпалителни и аутоимунни заболявания като атеросклероза, невродегенеративни заболявания, включително болестта на Алцхаймер, болестта на Паркинсон, множествена склероза и др. За осъществяване на връзката между липидната пероксидация и споменатите патологични състояния се правят проучвания за ефектите ѝ върху свойствата на биологичните мембрани, тъй като окисляването на липидите засяга почти всички мембранно-свързани взаимодействия и клетъчни процеси. Затова една от задачите ни е изследване на ефекта на два от най-физиологично активните окислени липиди POVPC (1-палмитоил-2-(5'-оксо-валероил)-sn-глицеро-3-фосфатидилхолин) и PGP (1-палмитоил-2-глутарил-sn-глицеро-3-фосфатидилхолин) върху структурната организация на липидния бислой на моделни системи, включващ в състава си фосфатидилхолинови (PC) молекули с различна степен на ненаситеност на мастната киселина в sn-2 позиция: мононенаситения липид POPC (1-палмитоил-2-олеоил-sn-глицеро-3-фосфатидилхолин), съдържащ олеинова киселина (OA, 18:1) или полиненаситения PDPC (1-палмитоил-2-докозахексаеноил-sn-глицеро-3-фосфатидилхолин), съдържащ докозахексаенова киселина (DHA, 22:6 ω-3). Особено интересна е ролята на DHA, която като силно полиненаситена мастна киселина е едновременно и мишена на оксидативен стрес, и проявява антиоксидантни свойства. Сред многобройните възпалителни биомаркери за патологии, свързани с оксидативния стрес, са секреторните фосфолипази (sPLA₂s). Те участват в регулирането на възпалението и имунния отговор. Затова другата ни основна задача е оценка на активността на sPLA₂ върху PC-съдържащи мембрани. Получените резултати показват, че протоколът за формиране на моделни системи, съставени от полиненаситени и окислени глицерофосфолипиди, е от изключително важно значение при изследване на мембранната структурна организация и активността на sPLA₂.

Благодарности: Научното изследване е финансово подкрепено от следните проекти: KP-06-N58/6-2021 и KP-06-N77/13-2023, Фонд „Научни изследвания“ и D01-352/2023 и D01-361/2023 от Националната пътна карта за научна инфраструктура 2020-2027 г.

Effects of Conventional Cytostatics and Plant Extracts on the Cell Membrane in a Breast Cancer Model

Aleksandrina Nesheva¹, Ivan Iliev², Iana Tsoneva¹, Albena Momchilova¹,

Aneliya Kostadinova¹, Biliana Nikolova¹, Galia Staneva¹

¹Institute of Biophysics and Biomedical Engineering,

Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria

²Institute of Experimental Morphology, Pathology and Anthropology with Museum, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria

This study explores the effects of Iscador Qu and Iscador M on phototoxicity, cytotoxicity, antiproliferative activity, zeta potential, membrane lipid order, actin cytoskeleton organization, and cell migration in three breast cancer cell lines with different metastatic potentials: MCF10A (non-tumorigenic control), MCF-7 (low metastatic), and MDA-MB-231 (high metastatic). A key focus was on alterations in membrane lipid order, a critical factor influencing cell membrane fluidity and function. Neither Iscador Qu nor M showed phototoxic effects. The antiproliferative impact of Iscador was dose-dependent, correlating with the metastatic potential of the cell lines. A higher selectivity index was observed for Iscador Qu and M towards the low metastatic MCF-7 cells compared to the highly metastatic MDA-MB-231 cells, with Iscador Qu showing greater selectivity than Iscador M.

Significant alterations in membrane lipid order were observed, particularly in MCF-7 cell line, suggesting that Iscador may disrupt lipid packing and membrane stability, influencing cellular response. This disruption was less prominent in MDA-MB-231 cells, indicating potential differences in membrane composition between low and high metastatic cells that may affect their sensitivity to treatment. Both extracts also caused a reduction in actin fibril number and thickness in cancer cells, regardless of the metastatic potential, and the strongest inhibition of cell migration was observed in MCF-7 cells.

Both Iscador species induced slight increases in early apoptosis percentages in the MCF-7 and MDA-MB-231 cells but not in the control MCF10A cells. The alterations in membrane lipid order, alongside changes in zeta potential, were more pronounced in MCF-7 cells, indicating a differential impact on membrane properties between low and high metastatic cells. These findings suggest that Iscador Qu has a higher potential as an antitumor agent, particularly in targeting low metastatic cancer cell lines like MCF-7.

Acknowledgements: This work was funded by the Bulgarian National Science Fund, Grants KP-06-H58/6/2021; Bulgarian Ministry of Education and Science projects „Scientific Infrastructure on Cell Technologies in Biomedicine” (SICTB) DOI-361/2023 and „National Center for Biomedical Photonics” DOI-352/2023, which are part of the Bulgarian National Roadmap for Scientific Infrastructures 2020–2027. A.N. thanks the Bulgarian Ministry of Education and Science, National Research Program “Young scientists and postdoctoral students-2”, Module “Young scientists”, for financial support on her project entitled “Interaction of conventional cytostatics with selected plant extracts on breast cancer models”.

Влияние на конвенционални цитостатици и растителни екстракти върху клетъчната мембрана в модел на рак на гърдата

Александрина Нешева¹, Иван Илиев², Яна Цонева¹, Албена Момчилова¹,

Анелия Костадинова¹, Биляна Николова¹, Галия Станева¹

¹Институт по биофизика и биомедицинско инженерство, Българска академия на науките,

София, България

²Институт по експериментална морфология, патология и антропология с музей, Българска академия на науките, София, България

Това изследване разглежда ефектите на Iscador Qu и Iscador M върху фототоксичността, цитотоксичността, антипролиферативната активност, дзета потенциала, степен на липидна подредеността на мембраната, организацията на актина и миграцията на клетките от три клетъчни линии на рак на гърдата с различен метастатичен потенциал: MCF10A (здрава, контрола), MCF-7 (нискометастатична) и MDA-MB-231 (високометастатична). Основният акцент беше поставен върху промените в липидната подреденост на мембраната – ключов фактор, влияещ върху функцията на клетъчната мембрана. Нито Iscador Qu, нито Iscador M показаха фототоксичен ефекти. Антипролиферативната активност на Iscador е концентрационно зависима и корелира с метастатичния потенциал на клетъчните линии. Наблюдавана беше по-висока селективност на Iscador Qu и M спрямо нискометастатичната клетъчна линия MCF-7 в сравнение с високометастатичната MDA-MB-231, като Iscador Qu показва по-висока селективност от Iscador M.

Значителни промени в подредеността на мембраната бяха наблюдавани особено при клетъчната линия MCF-7, което предполага, че Iscador може да наруши пакетването на липидите и стабилността на мембраната, повлиявайки клетъчния отговор. Това нарушение беше по-слабо изразено при клетките от линия MDA-MB-231, което показва възможни разлики в липидния състав на мембраната между ниско- и високометастатичните клетки, които може да влияят на чувствителността им към третирането. И двата екстракта предизвикаха намаляване на броя и дебелината на актиновите фибрили в раковите клетки, независимо от метастатичния потенциал, като най-силно потискане на миграцията на клетките беше наблюдавано при MCF-7.

И двата вида Iscador индуцират слабо увеличаване на процента клетки в ранна апоптоза в MCF-7 и MDA-MB-231, но не и в контролните MCF10A клетки. Промените в липидния ред на мембраната, заедно с промените в дзета потенциала, бяха по-изразени в клетките от линия MCF-7, което показва диференциално въздействие върху свойствата на мембраната между клетки с нисък и висок метастатичен потенциал. Тези резултати предполагат, че Iscador Qu има по-висок потенциал като анти туморен агент, особено при таргетиране на клетъчни линии с ниска метастатичност като MCF-7.

Благодарности: Научното изследване е подкрепено финансово от Фонд „Научни изследвания”, (КП-06-H58/6/2021). Използван са експериментални платформи от следните проекти, финансирани от МОН „Scientific Infrastructure on Cell Technologies in Biomedicine” (SICTB) DOI-361/2023 и „National Center for Biomedical Photonics” DOI-352/2023, които са част от Националната карта за научни инфраструктури 2020–2027. А.Н. благодари на МОН, Национална програма за научни изследвания „Млади учени и докторанти-2”, Модул „Млади учени”, за финансовата подкрепа на нейния проект, озаглавен „Взаимодействие на конвенционални цитостатици с избрани растителни екстракти върху модели на рак на гърдата”.

Biophysical approaches to reveal the interaction of Amyloid- β oligomers with human red blood cells

Galya Staneva¹, Vesela Yordanova¹, Avgustina Danailova¹,
Ana-Maria Marinovska¹, András Dér², Stefka G. Taneva¹

¹*Institute of Biophysics and Biomedical Engineering,
Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria*

²*Institute of Biophysics, Biological Research Centre
of Eötvös Loránd Research Network, Szeged, Hungary*

Alzheimer's disease (AD) is characterized by the increased production of amyloid-beta (A β) peptides associated with elevated concentrations of A β not only in the brain but also in the blood and peripheral blood cells of affected individuals compared to healthy subjects. This study aimed to investigate the interaction of A β 1-42 peptide with human red blood cells (RBCs) and erythrocyte ghosts as an *in vitro* model for AD. By employing a combination of fluorescence spectroscopy, fluorescence microscopy and electrokinetic measurements, we demonstrated that A β 1-42 binds to RBCs, as evidenced by the use of fluorescent labeled A β 1-42. The results revealed significant alterations to the lipid order and surface charge of the cell membranes upon interaction with A β . Besides the membrane lipid order increased with the increase of both the A β 1-42 concentration and the incubation time, creating a lipid-protein microenvironment characterized by higher molecular order and reduced heterogeneity in RBC membranes compared to control conditions. Notably, the increase in lipid order was less pronounced in erythrocyte ghosts than in intact RBCs. Furthermore, the ζ -potential measurements evidenced that the presence of A β 1-42 affected the surface potential of RBCs in a concentration- and time-dependent manner, with freshly isolated RBCs exhibiting a highly negative potential that became increasingly negative at higher A β 1-42 concentrations. These findings suggest that A β 1-42 not only impacts neuronal function but also significantly alters the biophysical properties of RBCs that might compromise their function, potentially contributing to the systemic effects observed in AD.

Acknowledgments: *This work was funded by the Bulgarian National Science Fund, Grants KP-06-H58/6/2021. The authors thank the Bulgarian Ministry of Education and Science projects „Scientific Infrastructure on Cell Technologies in Biomedicine” (SICTB) DOI-361/2023, and, „National Center for Biomedical Photonics” DOI-352/2023, which are part of the Bulgarian National Roadmap for Scientific Infrastructures 2020–2027.*

Биофизични подходи за изследване на взаимодействието на амилоид-бета олигомери с човешки еритроцити

Галя Станева¹, Весела Йорданова¹, Августина Данаилова¹,
Ана-Мария Мариновска¹, Андраш Дер², Стефка Танева¹

¹*Институт по биофизика и биомедицинско инженерство,
Българска академия на науките, София, България*

²*Институт по биофизика, Център за биологични изследвания,
„Eötvös Loránd” научна мрежа, Сегед, Унгария*

Болестта на Алцхаймер се характеризира с повишено производство на амилоид-бета (A β) пептиди, свързано с увеличени концентрации на A β не само в мозъка, но и в кръвта и периферните кръвни клетки на засегнатите лица в сравнение със здрави хора. Настоящото изследване разкрива взаимодействието на A β 1-42 пептид с еритроцити и еритроцитни сенки като *in vitro* модел на болестта. Чрез използване на комбинация от флуоресцентна спектроскопия, микроскопия и електрокинетични измервания, е показано, че A β 1-42 се свързва с еритроцитите. Флуоресцентно белязан A β 1-42 е използван за визуализация на взаимодействието между еритроцитите и A β 1-42. Резултатите разкриват значителни промени в липидната подреденост и повърхностния заряд на клетъчните мембрани при взаимодействие с A β . Освен това, липидната подреденост в мембраната се увеличава с повишаването както на концентрацията на A β 1-42, така и на времето на инкубация, създавайки липид-белтъчна микросреда, характеризираща се с по-висока молекулна подреденост и намалена хетерогенност в мембраните на еритроцитите в сравнение с контролните условия. Особен интерес представлява фактът, че увеличаването на липидната подреденост е по-слабо изразено при еритроцитните сенки, отколкото при еритроцитите. Измерванията на ζ -потенциала показват, че присъствието на A β 1-42 влияе върху повърхностния потенциал на еритроцитите по концентрационно- и време-зависим начин, като еритроцитите показват силно отрицателен потенциал, който става още по-отрицателен с повишаване на концентрациите на A β 1-42. Тези открития предполагат, че A β 1-42 не само влияе върху невронната функция, но също така значително променя биофизичните свойства на еритроцитите, което може да компрометира тяхната функция и потенциално да допринесе за системните негативни ефекти, наблюдавани при болестта на Алцхаймер.

Благодарности: *Научното изследване е подкрепено финансово от Фонд „Научни изследвания”, (КП-06-H58/6/2021). Авторите благодарят и на следните проекти, финансирани от МОН „Scientific Infrastructure on Cell Technologies in Biomedicine” (SICTB) DOI-361/2023 и „National Center for Biomedical Photonics” DOI-352/2023, които са част от Националната карта за научни инфраструктури 2020–2027.*

**Green synthesis of antimicrobial CuONPs from mucus of garden snail
Cornu aspersum and ascorbic acid**

Maria Todorova ¹, Angelina Kosateva ^{1,4}, Ventsislava Petrova ², Bogdan Ranguelov ³, Stela Atanasova-Vladimirova ³, Georgi Avdeev ³, Ivanka Stoycheva ^{1,4}, Emiliya Pisareva ², Anna Tomova ², Lyudmila Velkova ^{1,4}, Aleksandar Dolashki ^{1,4} and Pavlina Dolashka ^{4,1}

¹ Institute of Organic Chemistry with Center for Phytochemistry - Bulgarian Academy of Science;

² Sofia University "St. Kliment Ohridski" - Faculty of Biology

³ Institute of Physical Chemistry "Rostislav Kaishev" – Bulgarian Academy of Sciences

⁴ Center of Competence "Clean Technologies for Sustainable Environment—Water, Waste, Energy for Circular Economy", 1000 Sofia, Bulgaria

The mucus of the garden snail *Cornu aspersum* contains a wide variety of biologically active compounds with proven applications in treating various diseases, such as cancer, ulcers, wounds, etc. Some of these biologically active compounds are involved in the green synthesis of copper, silver and gold nanoparticles (Cu-, Ag and Au-NPs). This paper presents a successful method for the application of *C. aspersum* snail mucus and ascorbic acid (AsA) as a bioreducing agent of copper sulfate and as a biostabilizer of the obtained copper oxide nanoparticles (CuONPs-Muc).

The synthesis at 0.5 M and 1.0 M AsA and CuSO₄·5H₂O at room temperature and neutral pH formed nanoparticles with a spherical shape and an average diameter of 150 nm. The structure and properties of CuONPs-Muc were characterized by various methods and techniques, such as Ultraviolet-visible spectroscopy (UV-Vis), Scanning electron microscopy combined with Energy-dispersive spectroscopy (SEM/EDS), X-ray diffraction (XRD), Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR), etc. Infrared spectra clearly show proteins and glycoproteins around the copper core of CuONPs-Muc.

They inhibit bacterial growth of several Gram-positive (*Bacillus subtilis* NBIMCC2353, *Bacillus spizizenii* ATCC 6633, *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, *Listeria innocua* NBIMCC8755) and Gram-negative (*Escherichia coli* ATCC8739, *Salmonella enteritidis* NBIMCC8691, *Salmonella typhimurium* ATCC 14028, *Stenotrophomonas maltophilia* ATCC 17666) bacteria.

Acknowledgments: This research was carried out with the support of the project KP-06 PN61-8/2022 funded by the Bulgarian National Science Fund and project BG05M2OP001-1.002-0019: "Clean Technologies for Sustainable Environment—Waters, Waste, Energy for a Circular Economy".

**Зелен синтез на антимикробни CuONPs от слуз от градински
охлюв *Cornu aspersum* и аскорбинова киселина**

Мария Тодорова ¹, Ангелина Косатева ^{1,4}, Венцислава Петрова ², Богдан Рангелов ³, Стела Атанасова-Владимирова ³, Георги Авдеев ³, Иванка Стойчева ^{1,4}, Емилия Писарева ², Анна Томова ², Людмила Велкова ^{1,4}, Александър Долашки ^{1,4} и Павлина Долашка ^{4,1}

¹ Институт по органична химия с център по фитохимия - Българска академия на науките;

² СУ "Св. Климент Охридски" - Биологически факултет

³ Институт по физикохимия "Ростислав Каишев" – Българска академия на науките

⁴ Център за компетенции „Чисти технологии за устойчива околна среда – вода, отпадъци, енергия за кръгова икономика“, 1000 София, България

Слузта на градинския охлюв *Cornu aspersum* съдържа голямо разнообразие от биологично активни съединения с доказано приложение при лечение на различни заболявания, като рак, язви, рани и др. Някои от тези биологично активни съединения участват в зеления синтез на мед, сребърни и златни наночастици (Cu-, Ag и Au-NPs). Тази статия представя успешен метод за прилагане на слуз от охлюв *C. aspersum* и аскорбинова киселина (AsA) като биоредуциращ агент на меден сулфат и като биостабилизатор на получените наночастици от меден оксид (CuONPs-Muc).

Синтезът при 0.5 M и 1.0 M AsA и CuSO₄·5H₂O при стайна температура и неутрално pH образува наночастици със сферична форма и среден диаметър 150 nm. Структурата и свойствата на CuONPs-Muc бяха характеризирани с различни методи и техники, като ултравиолетово-видима спектроскопия (UV-Vis), сканираща електронна микроскопия, комбинирана с енергийно-дисперсионна спектроскопия (SEM/EDS), рентгенови лъчи дифракция (XRD), инфрачервена спектроскопия с трансформация на Фурие (FTIR) и др. Инфрачервените спектри ясно показват протеини и гликопротеини около медното ядро на CuONPs-Muc.

Те инхибират бактериалния растеж на няколко Грам-положителни (*Bacillus subtilis* NBIMCC2353, *Bacillus spizizenii* ATCC 6633, *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, *Listeria innocua* NBIMCC8755) и Грам-отрицателни (*Escherichia coli* ATCC8739, *Salmonella enteritidis* NBIMCC8691, *Salmonella typhimurium* ATCC 14028, *Stenotrophomonas maltophilia* ATCC 17666) бактерии.

Благодарности: Това изследване е осъществено с подкрепата на проект KP-06 PN61-8/2022, финансиран от Фонд „Научни изследвания“ и проект BG05M2OP001-1.002-0019: „Чисти технологии за устойчива околна среда – вода, отпадъци, енергия за кръгова икономика“.

New Temporin analogs: interaction with biomimetic lipid membranes

Victoria Vitkova¹, Angelina Stoyanova-Ivanova¹, Krassimira Antonova¹, Ognyan Petkov¹,
Velizar Georgiev¹, Tihomir Tenev¹, Diliana Dimitrova²,
Nelly Georgieva², Dancho Danalev²

¹G. Nadjakov Institute of Solid State Physics, Bulgarian Academy of Sciences, 72
Tzarigradsko Chaussee, 1784 Sofia, Bulgaria

²University of Chemical Technology and Metallurgy, Biotechnology Department, 8 Kliment
Ohridski blvd., 1797 Sofia, Bulgaria

Worldwide the growing of antibiotic resistance of microorganisms is an increasingly relevant issue, impelling the investigation of alternatives to traditional antibiotic medicines currently applied. As an alternative, the natural antimicrobial peptides Temporin A and F have promising features inhibiting microorganisms and/or tumor cells [1,2]. Antimicrobial peptides are able to interact with model cell membranes, inducing membrane softening, which underlines their antiproliferative properties [3]. Biomembranes are engaged in many cellular processes such as deformation-induced cellular apoptosis. We investigated the interaction of Temporins A and F and their synthetic analogs with biomembrane models. Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR) and fast Fourier-transform electrochemical impedance spectroscopy (FFT-EIS) were used to look for specific molecular sites of interaction as well as for changes to electrical capacitance and resistivity of model lipid bilayers. The new synthetic peptides obtained via solid-phase synthesis [1] have their amino acid at the position 7 in the primary structure replaced with the unnatural amino acids ornithine (DOrn), citrulline (DTCit), 2,4-diaminobutyric acid (DTDab) and 2,3-diaminopropionic acid (DTDap). Evidences of the most pronounced effect on lipid bilayers were obtained for the two latter Temporin modifications. Relating to the molecular organization and dielectric properties of biomimetic membranes, the reported data are relevant to the membrane-mediated mechanisms of peptides' penetration in the cells.

- [1] Dimitrova, D., Nemska, V., Foteva, T., et. al., Synthesis and Biological Studies of New Temporin A Analogs Containing Unnatural Amino Acids in Position 7, *Pharmaceutics*, Vol. 16, pp. 716 (2024)
- [2] Danalev, D., Borisova, D., Yaneva, S., et. al., Synthesis, *in Vitro* Biological Activity, Hydrolytic Stability and Docking of New Analogs of BIM-23052 Containing Halogenated Amino Acids, *Amino Acids*, Vol. 52, pp.1581–1592 (2020)
- [3] Vitkova, V., Antonova, K., Petkov, O., et. al., Interaction of KLAKLAK-NH₂ and Analogs with Biomimetic Membrane Models, *Pharmaceutics*, Vol. 16, pp. 340 (2024)

Acknowledgements: Funding from the Bulgarian National Science Fund (KP-06-N58/6/2021) and BG-RRP-2.004-0002, "BiOrgaMCT" is gratefully acknowledged.

Нови аналози на Темпорин: взаимодействие с биомиметични липидни мембрани

Виктория Виткова¹, Ангелина Стоянова-Иванова¹, Красимира Антонова¹, Огнян Петков¹, Велizar Георгиев¹, Тихомир Тенев¹, Диляна Димитрова²,
Нели Георгиева², Данчо Даналев²

¹Институт по физика на твърдото тяло, БАН,
бул. „Цариградско шосе“ 72, София 1784, България

²Химикотехнологичен и металургичен университет,
бул. „Климент Охридски“ 8, София 1797, България

В световен мащаб нарастващата антибиотична резистентност на микроорганизмите е все по-актуален проблем, който налага търсене и създаване на алтернативи на традиционните антибиотични лекарства. За описание на механизмите на преминаване на пептидните молекули през клетъчната мембрана изследваме връзката между модулирането на физикохимичните свойства на моделни липидни мембрани в присъствие на естествени и синтетични амфилини пептидни молекули и антимикубното и антипролиферативното им действие [3]. Чрез инфрачервена спектроскопия с Фурие трансформация (FTIR) и електрохимична импедансна спектроскопия с бърза Фурие трансформация (FFT-EIS) са определени различни параметри на взаимодействието на природните пептиди Темпорин А и F и техни синтетични аналози с биомиметични липидни мембрани. Новите пептидни молекули са получени чрез твърдофазен синтез [1], като аминокиселината в седма позиция е заменена с неприродните аминокиселини орнитин (DOrn), цитрулин (DTCit), 2,4-диаминобутанова киселина (DTDab) и 2,3-диаминопропанова киселина (DTDap). При последните две модификации установяваме най-силно изразен ефект върху молекулната организация и електричните свойства на липидните мембрани. Докладваните резултати се очаква да бъдат полезни за разработването на антибиотични медикаменти на базата на нови пептидни молекули с амфилини свойства и селективна цитотоксичност.

- [1] Dimitrova, D., Nemska, V., Foteva, T., et. al., Synthesis and Biological Studies of New Temporin A Analogs Containing Unnatural Amino Acids in Position 7, *Pharmaceutics*, Vol. 16, pp. 716 (2024)
- [2] Danalev, D., Borisova, D., Yaneva, S., et. al., Synthesis, *in vitro* Biological Activity, Hydrolytic Stability and Docking of New Analogs of BIM-23052 Containing Halogenated Amino Acids, *Amino Acids*, Vol. 52, pp.1581–1592 (2020)
- [3] Vitkova, V., Antonova, K., Petkov, O., et. al., Interaction of KLAKLAK-NH₂ and Analogs with Biomimetic Membrane Models, *Pharmaceutics*, Vol. 16, pp. 340 (2024)

Благодарности: Фонд „Научни изследвания“ (КП-06-Н58/6/2021) и BG-RRP-2.004-0002, "BiOrgaMCT".

Effect of sucrose on POPC membrane's dielectric properties

Ognyan Petkov¹, Vesela Yordanova², Angelina Stoyanova-Ivanova¹,
Krassimira Antonova¹, Georgi Popkirov³, Galya Staneva², Victoria Vitkova¹

¹Georgi Nadjakov Institute of Solid State Physics, Bulgarian Academy of Sciences, 72
Tsarigradsko Chaussee, Blvd., 1784 Sofia, Bulgaria;

²Institute of Biophysics and Biomedical Engineering, Bulgarian Academy of Sciences, Acad.
G. Bonchev Str., Bl. 21, 1113 Sofia, Bulgaria;

³Central Laboratory of Solar Energy and New Energy Sources, Bulgarian Academy of
Sciences, 72 Tsarigradsko Chaussee, Blvd., 1784 Sofia, Bulgaria;

To elucidate the mechanism by which the disaccharide achieves the stabilization of biomembrane systems, the interaction of sucrose with 1-palmitoyl-2-oleoyl-sn-glycero-3-phosphocholine (POPC) lipid membranes is investigated. By applying FFT impedance spectroscopy on bilayer lipid membranes (BLMs), fluorescent spectroscopy on 'large' unilamellar vesicles (LUVs, ~ 100 nm) and electrodeformation of 'giant' unilamellar vesicles (GUVs, ~ 10 µm) to study the changes in the impedance, rotational order parameter, degree of hydration and dipole potential of the lipid bilayer, the effect of the carbohydrate on the properties of the system was quantified. The experimental results suggest modulation of the electric properties as well as molecular reorganization of the membrane. Increased membrane capacitance and lipid packing in sucrose solutions are observed. To gain further insight into the mechanism by which sucrose affects the bilayer structure and properties, initial steps are taken for the implementation of a theoretical model considering the polarizabilities of the carbon-carbon and carbon-hydrogen bonds and the average separation between the aliphatic chains in the bilayer.

Acknowledgments: Financial support of the National Science Fund of Bulgaria (KP-06-N58/6/2021) is acknowledged.

Липидни мембрани в присъствие на нискомолекулни захари

Огнян Петков¹, Весела Йорданова², Ангелина Стоянова-Иванова¹, Красимира
Антонова¹, Георги Попкиров³, Галя Станева², Виктория Виткова¹

¹Институт по физика на твърдото тяло „Акад. Г. Наджаков“, Българска академия
на науките, бул. Цариградско шосе 72, 1784 София, България

²Институт по биофизика и биомедицинско инженерство, Българска академия на
науките, ул. „Акад. Георги Бончев“, 1113 София, България

³Централна лаборатория по слънчева енергия и нови енергийни източници, Българска
академия на науките, бул. „Цариградско шосе“ 72, 1784 София, България

Механизмите на стабилизиране на биологични мембранни системи чрез нискомолекулни захари са изследвани чрез определяне на ефекта на дизахарида захароза върху електричните свойства и молекулната организация на липидни мембранни модели от 1-палмитоил-2-олеоил-*sn*-глицеро-3-фосфохолин (POPC). Чрез прилагане на електрохимична импедансна спектроскопия с бързо Фурие преобразуване (FFT-EIS) върху плоски липидни мембрани (BLMs), получени по метода на Монтал и Мюлер, флуоресцентна спектроскопия върху „големи“ еднослойни везикули (LUVs, ~100 nm) и електродеформация на „гигантски“ еднослойни везикули (GUVs, ~10 µm) са определени количествено промените в импеданса, параметърът на подреденост, степента на хидратация и диполният потенциал на липидната мембрана в присъствие на захароза в концентрации до 0.4 mol/L. Експерименталните резултати свидетелстват за модулиране на електрическите свойства и молекулна реорганизация на мембраната. В разтвори на захароза се наблюдава увеличение на електричния капацитет на мембраната и липидното опаковане. За детайлно изясняване на механизма, чрез който захарозата влияе върху структурата и свойствата на липидната мембрана, е разгледан теоретичен модел, отчитащ поляризуемостта на въглерод-въглеродните и въглерод-водородните връзки и средното разстояние между алифатните вериги.

Благодарности: Благодарим за финансовата подкрепа на Фонд „Научни изследвания“ (КП-06-N58/6/2021).

Evaluation of the binding free energy of peptide complexes using machine learning

Veselina Ivanova¹, Peicho Petkov¹, Elena Lilkova², Leandar Litov¹, Nevena Ilieva²

¹Faculty of Physics, Atomic Physics Department, Sofia University "St. Kliment Ohridski", 5, J. Bourchier Blvd, 1164 Sofia, Bulgaria

²Institute of Information and Communication Technologies, Bulgarian Academy of Sciences, Acad. G. Bonchev Str., Block 25A, 1113 Sofia, Bulgaria

Protein-protein and protein-peptide interactions (PPIs) are fundamental to most vital processes occurring within cells. Understanding these interactions is essential for deciphering these processes and the underlying functional mechanisms, which is critically important for the development of drugs aimed at modulating them [1].

The study of PPIs is a complex process. Existing experimental methods and techniques are time-consuming and resource-intensive. Machine learning and artificial intelligence models are often used to identify binding sites on target proteins and to evaluate ligand binding affinity, typically through scoring functions [2]. These reliable and efficient models are most commonly based on convolutional neural networks [3].

A more precise and effective approach to studying PPIs is determining the binding energy of the corresponding protein-peptide complexes. Despite the variety of machine learning models available for predicting key characteristics of protein complexes, no models are currently known to provide a reliable estimation of the binding energy of interacting biological molecules.

Here, we present an approach for digitizing data on the three-dimensional structure of studied protein-protein and protein-peptide complexes, along with a minimal architecture convolutional network that shows promising results in predicting the binding energy of the molecules forming these complexes.

This research is partially funded by the Bulgarian National Science Fund under contract KP-06-N72/3/2023 AIDA.

- [1] Garrett, R. H., & Grisham, C. M. Biochemistry (5th ed.). Brooks/Cole, Cengage Learning, (2013)
- [2] Yin S, Mi X, Shukla D. Leveraging Machine Learning Models for Peptide-Protein Interaction Prediction, Chem Biol. 5(5), 401-417 (2024)
- [3] Marta M. Stepniewska-Dziubinska Piotr Zielenkiewicz and Pawel Siedlecki. Development and evaluation of a deep learning model for protein-ligand binding affinity prediction, Bioinformatics, Volume 34, Issue 21, 3666–3674 (2018)

Оценка на свободната енергия на свързване на пептидни комплекси чрез машинно обучение

Веселина Иванова¹, Пейчо Петков¹, Елена Лилкова²,

Леандър Литов¹, Невена Илиева²

¹ Физически факултет, СУ „Св Климент Охридски“, бул. Джеймс Баучер 5, 1164 София, България

² Институт по информационни и комуникационни технологии, Българска Академия на Науките, ул. Акад. Г. Бончев, бл. 25А, 1113 София, България

Протеин-протеиновите и протеин-пептидните взаимодействия (PPI) са в основата на повечето жизненоважни процеси, протичащи в клетките. Познаването им е необходимо за разбирането на тези процеси и функционалните механизми, на които се основават, което е от критично значение при разработването на лекарствени препарати, насочени към тяхната модуляция [1].

Изследването на PPIs е сложен процес. Съществуващите експериментални методи и техники изискват много време и значителни ресурси. Модели, базирани на машинно обучение и изкуствен интелект, обикновено се използват за идентифициране на областите на свързване на прицелния протеин и оценяване на афинитета на свързване на лиганди към него – като правило, в термини на оценъчни функции [2]. Тези надеждни и удобни модели най-често са базирани на конволюционни невронни мрежи [3].

По-прецизен и адекватен подход в изследването на PPIs е определянето на енергията на свързване на съответните протеин-пептидни комплекси. Въпреки многообразието от базирани на машинно обучение модели за определяне на ключови характеристики на протеиновите комплекси, не са ни известни модели, предлагащи надеждна оценка на енергията на свързване на взаимодействащи биологични молекули.

Тук представяме оригинален подход за дигитализиране на данните за тримерната структура на изследваните протеин-протеинови и протеин-пептидни комплекси, както и конволюционна мрежа с минимална архитектура, която показва обещаващи резултати при прогнозиране на енергията на свързване на молекулите, формиращи тези комплекси.

Това изследване е частично финансирано от Фонд „Научни изследвания“ по договор КП-06-N72/3/2023 АИДА.

- [1] Garrett, R. H., & Grisham, C. M. Biochemistry (5th ed.). Brooks/Cole, Cengage Learning, (2013)
- [2] Yin S, Mi X, Shukla D. Leveraging Machine Learning Models for Peptide-Protein Interaction Prediction, Chem Biol. 5(5), 401-417 (2024)
- [3] Marta M. Stepniewska-Dziubinska Piotr Zielenkiewicz and Pawel Siedlecki. Development and evaluation of a deep learning model for protein-ligand binding affinity prediction, Bioinformatics, Volume 34, Issue 21, 3666–3674 (2018)

IV НАЦИОНАЛЕН КОНГРЕС ПО ФИЗИЧЕСКИ НАУКИ

07-09.10.2024 г.

Секция 9

Теоретична и математична физика

Председател: акад. Николай Витанов (ФзФ-СУ)

Координатор: проф. дфн Недялка Стоилова (ИЯИЯЕ-БАН)

Устни доклади

1. **В. Добрев:** „Канонична конструкция на инвариантни диференциални оператори“
2. **Ц. Вецов:** „Термогеометрична оптимизация на AdS черни дупки“
3. **Д. Стайкова:** „Проучване за нарушаване на инвариантността на Лоренц в доминираната от Pantheon Plus космология“
4. **Х. Шамати:** „Метод на точна диагонализация за магнитни молекули“
5. **Б. Обрешков:** „Генериране на високи хармонични в твърди тела“
6. **Л. Гигов:** „Сфери на Халдейн“
7. **П. Данев:** „Числено моделиране на преход на мюони от водород към кислород“
8. **Я. Бораджиев:** „Влияние на вибрациите и ротациите на кислородните молекули върху скоростта на предаване на мюони от мюонен водород към кислород“
9. **В. Павлов:** „Квантова метрология в дисипативна колективна спинова система“
10. **Й. Чорбаджийска:** „Квантова информация на Фишер в ергодни квантови системи-подход със случайни матрици“
11. **Х. Тончев:** „Сравнение на стабилността на алгоритмите за търсене на Гровер и КТСР при ползване на много-фазово съгласуване“
12. **Х. Тончев:** „Бързи и висококачествени композитни гейтове в свръхпро-водящи кубити“

Canonical Construction of Invariant Differential Operators

*Vladimir Dobrev
Institute for Nuclear Research and Nuclear Energy
Bulgarian Academy of Sciences*

This is a review. I first recall the procedure for the construction of invariant differential operators. We work in most developed situation - real semisimple Lie groups. Then we give the classification of the invariant differential operators for the classical real semisimple Lie groups and also for many exceptional cases.

Канонична конструкция на инвариантни диференциални оператори

Владимир Добрев
*Институт за ядрени изследвания и ядрена енергетика
Българска академия на науките*

Това е обзор. Първо напомням процедурата за канонична конструкция на инвариантни диференциални оператори. Работим в най-развитата ситуация – реални полупрости групи на Ли. След това даваме класификацията на инвариантните диференциални оператори за класическите полупрости групи на Ли, а също така за много изключителни случаи.

Thermogeometric Optimization of AdS Black Holes**Tsvetan Vetsov¹***¹Department of Theoretical Physics, Sofia University, 5 J. Bourchier Blvd., 1164 Sofia, Bulgaria*

We apply a new geometric method for analyzing thermal fluctuations in AdS black holes. These fluctuations can arise spontaneously or be induced by external influences. The method is based on the idea that geodesic paths in the space of macro states can be used to identify optimal processes in any thermal system. The algorithm for constructing these optimal protocols uses the concept of thermodynamic length, which defines the shortest paths between states in the relevant thermodynamic space. We will demonstrate how the fluctuations can lead to the complete evaporation of the black hole or to the slowing down of its rotation within a finite time interval. At certain initial parameter values, the radiated energy and the change in rotation may constitute a significant portion of the black hole's initial mass and angular momentum.

Термогеометрична оптимизация на AdS черни дупки**Цетан Вецов***Физически факултет, Софийски университет, бул. Джеймс Баучер 5, София 1164, България*

Ще приложим нов геометричен метод за анализ на термални флуктуации в AdS черни дупки. Тези флуктуации могат да възникнат спонтанно или да бъдат предизвикани от външни въздействия. Методът се базира на идеята, че геодезичните пътища в пространството на макросъстоянията могат да се използват за откриване на оптимални процеси във всяка термална система. Алгоритъмът за създаване на тези оптимални протоколи използва понятието за термодинамична дължина, което определя най-кратките пътища между състоянията в съответното термодинамично пространство. Ще демонстрираме как флуктуациите могат да доведат до пълно изпарение на черната дупка или до забавяне на нейното въртене в рамките на краен времеви интервал. При определени начални стойности на параметрите, излъчената енергия и промяната във въртенето могат да съставляват значителна част от началната маса или ъглов момент на черната дупка.

Probing for Lorentz Invariance Violation in Pantheon Plus Dominated Cosmology

Denitsa Staicova
¹ИЯИЯЕ, БАН

The Hubble tension in cosmology is not showing signs of alleviation and thus, it is important to look for alternative approaches to it. One such example would be the eventual detection of a time delay between simultaneously emitted high-energy and low-energy photons in gamma-ray bursts (GRB). This would signal a possible Lorentz Invariance Violation (LIV) and in the case of non-zero quantum gravity time delay, it can be used to study cosmology as well. In this work, we use various astrophysical datasets (BAO, Pantheon Plus and the CMB distance priors), combined with two GRB time delay datasets with their respective models for the $\{\text{intrinsic time delay}\}$. Since the intrinsic time delay is considered the largest source of uncertainty in such studies, finding a better model is important. Our results yield as quantum gravity energy bound $EQG \geq 1017$ GeV and $EQG \geq 1018$ GeV respectively. The difference between standard approximation (constant intrinsic lag) and the extended (non-constant) approximations is minimal in most cases we coincide. However, the biggest effect on the results comes from the prior on the parameter $cH_0\text{rd}$, emphasizing once again that at current precision, cosmological datasets are the dominant factor in determining the cosmology. We estimate the energies at which cosmology gets significantly affected by the time delay dataset

Проучване за нарушаване на инвариантността на Лоренц в доминираната от Pantheon Plus космология

Деница Стайкова, ИЯИЯЕ, БАН

Напрежението на Хъбъл в космологията не показва признаци на облекчаване и затова е важно да се търсят алтернативни подходи към него. Един такъв пример би бил евентуалното откриване на забавяне във времето между едновременно излъчвани високоенергийни и нискоенергийни фотони в гама-избухвания (GRB). Това би сигнализирано за възможно нарушение на инвариантността на Лоренц (LIV) и в случай на ненулево забавяне на времето на квантовата гравитация, то може да се използва и за изучаване на космологията. В тази работа ние използваме различни набори от астрофизични данни (BAO, Pantheon Plus и предишни разстояния на CMB), комбинирани с два набора от данни за времево забавяне на GRB със съответните им модели за $\{\text{присъщо времезакъснение}\}$. Тъй като присъщото времево забавяне се счита за най-големият източник на несигурност в такива проучвания, намирането на по-добър модел е важно. Нашите резултати дават като квантова гравитационна енергия $EQG \geq 1017$ GeV и съответно $EQG \geq 1018$ GeV. Разликата между стандартното приближение (постоянен присъщ лаг) и разширените (непостоянни) приближения е минимална, в повечето случаи ние съпадаме. Въпреки това, най-големият ефект върху резултатите идва от предишния параметър $cH_0\text{rd}$, подчертавайки още веднъж, че при текущата точност наборите от космологични данни са доминиращият фактор при определяне на космологията. Ние оценяваме енергиите, при които космологията се влияе значително от набора от данни за забавяне на времето.

Exact Diagonalization Method in Molecular NanomagnetismMiroslav Georгиев¹, Hassan Chamati²¹*Institute of Mathematics and Informatics, Bulgarian Academy of Sciences, ul. "Akad. Georgi Bonchev" 8, 1113 Sofia, Bulgaria*²*Institute of Solid State Physics, Bulgarian Academy of Sciences, Tzarigradsko Chaussee 72, 1784 Sofia, Bulgaria*

The intriguing magnetic behavior of molecular magnets have attracted the attention of researchers working in the field of magnetism for the last few decades [1]. They are promising units for engineering molecular based magnetic information storage devices operating at the frontier between classical and quantum realm. They have contributed to the development and the establishment of advanced microscopic semi-empirical and semi-classical ab initio computational methods in solid state physics and physical chemistry [1,2]. These multi-electron systems possess intrinsic quantum dynamics and exhibit a wealth of quantum phenomena challenging researchers in refining the computational models. Due to the difference in valence subshells, respective occupation number of orbitals, crystal/ligand field symmetry and type of ligands, their magnetic properties are not universal. Surprisingly, molecular magnets based on metal ions with almost fully filled subshells have shown peculiar quantum effects that may be traced back to the occurrence of a coupling phase aiding the process of spin-orbit coupling between active and core orbitals [3]. In other words, when a coupling phase occurs the orbital dynamics of the relevant electrons is constrained to satisfy the Pauli principle.

Acknowledgements

This work was supported by the Bulgarian National Science Fund under grant No КП-06-H78/2

References

- [1] M. Georgiev and H. Chamati, Single-ion magnets with giant magnetic anisotropy and zero-field splitting, *ASC Omega*, Vol. 7, pp. 42664 (2022)
- [2] R. Sarkar, P.-F. Loos, M. Boggio-Pasqua, D. Jacquemin, Assessing the performances of CASPT2 and NEVPT2 for vertical excitation energies, *J. Chem. Theory Comput.*, Vol. 18, pp. 2418 (2022)
- [3] M. Georgiev and H. Chamati, The magnetic behavior of trigonal (bi-)pyramidal 3d⁸ mononuclear nanomagnets: The case of [Ni(MDABCO)₂Cl₃]ClO₄ complexes, *ACS Omega*, Vol. 8, pp. 28640 (2023)

Метод на точна диагонализация за магнитни молекулиМирослав Георгиев¹, Хассан Шамати²¹*Институт по математика и информатика, Българска академия на науките*²*Институт по физика на твърдото тяло, Българска академия на науките*

Интригуващото магнитно поведение на молекулните магнити привлече вниманието на изследователи, работещи в областта на магнетизма през последните няколко десетилетия [1]. Те са обещаващи наномагнитни системи за проектиране на молекулно базирани магнитни устройства за съхранение на информация, работещи на границата между класическата и квантовата физика. Същите са допринесли и за разработването и установяването на усъвършенствани микроскопични полуемпирични и полукласически ab initio изчислителни методи във физиката на твърдото тяло и физическата химия [1,2]. Тези многоелектронни системи притежават присъща квантова динамика и показват изобилие от квантови явления, предизвикващи изследователите в областта да работят целенасочено върху усъвършенстването на съответните изчислителни модели. Поради разликата във валентните подобивки, съответната степен на орбитални зпълвания, симетрията на кристалното/лигандно поле и вида на лигандите, техните магнитни свойства не са универсални. Изненадващо, молекулните магнити, базирани на метални йони с почти напълно запълнени под-слоеве, демонстрират особени квантови ефекти, които могат да бъдат проследени до появата на фаза на свързване (сдвоена фаза), подпомагаща процеса на спин-орбитално сдвояване между активни и запълнени орбитали [3]. С други думи, появата на фаза на сдвояване води до ограничена орбитална динамика на съответните електрони, за да удовлетвори принципа на Паули при смесване на квантовите състояния включващи активни и запълнени орбитали.

Благодарност

Изследванията са проведени благодарение на финансирането от ФНИ с договор № КП-06-H78/2

Литература

- [1] M. Georgiev and H. Chamati, Single-ion magnets with giant magnetic anisotropy and zero-field splitting, *ASC Omega*, Vol. 7, pp. 42664 (2022)
- [2] R. Sarkar, P.-F. Loos, M. Boggio-Pasqua, D. Jacquemin, Assessing the performances of CASPT2 and NEVPT2 for vertical excitation energies, *J. Chem. Theory Comput.*, Vol. 18, pp. 2418 (2022)
- [3] M. Georgiev and H. Chamati, The magnetic behavior of trigonal (bi-)pyramidal 3d⁸ mononuclear nanomagnets: The case of [Ni(MDABCO)₂Cl₃]ClO₄ complexes, *ACS Omega*, Vol. 8, pp. 28640 (2023)

High order harmonic generation in bulk solids

Boyan Obreshkov, Tzvetta Apostolova
Institute for Nuclear Research and Nuclear Energy
Bulgarian Academy of Sciences

We report results of theoretical and numerical investigation of the generation of high order harmonics in bulk solids subjected to intense infrared pulsed laser irradiation. Calculations were carried out for a wide range of laser intensity, polarization direction, frequency, carrier envelope phase and pulse duration, and for a wide group of crystalline solids including silicon, germanium, diamond, magnesium oxide, zinc oxide, graphene, etc.

High harmonic generation is a general feature of the time-dependent response of laser driven systems, and in particular, high-order harmonic generation is the basis for obtaining attosecond pulses [1,2]. The methodology and analysis of results is based on numerical solutions of the time-dependent Schrödinger equation for Bloch electrons interacting with strong laser fields. Universal features of the time-dependent response of electrons are identified (that are independent on the detailed time-dependence of the Hamiltonian); the ranges of laser- and material-dependent parameters where high harmonic generation takes place efficiently are established.

In this regime, the time-dependent probability for electron-hole pair excitation changes rapidly on a sub-femtosecond time interval around the peaks of the oscillating laser electric field. The photo-current of electron-hole pairs during a single non-adiabatic transition results in emission of bremsstrahlung-like irradiation with continuous spectrum and appropriate cut-off. Discrete high order harmonics emerge from this broad bremsstrahlung spectrum through interference in time of all emissions within the laser pulse duration.

- [1] S. Ghimire, A. D. DiChiara, E. Sistrunk, P. Agostini, L. F. DiMauro and D. A. Reis, *Nature Phys.* 7, 138 (2011).
 [2] G. Vampa, C. R. McDonald, G. Orlando, D. D. Klug, P. B. Corkum and T. Brabec, *Phys. Rev. Lett.* 113, 073901 (2014).

Генериране на високи хармонични в твърди тела

Боян Обрешков, Цвета Апостолова,
Институт за ядрени изследвания и ядрена енергетика,
Българска академия на науките

Докладват се резултати от теоретични и числени изследвания на генерацията на високи хармонични в твърди тела облъчени с интензивно импулсно лазерно лъчение. Изследванията са проведени в широка област на изменение на параметрите на лазерното лъчение - интензивност, поляризация, честота, фаза на носещата обвивка на импулса и продължителност на импулса, и включват широка група от кристални твърди тела -- силиций, германий, диамант, магнезиев оксид, цинков оксид, графен и др.

Генерирането на хармонични е обща характеристика на време-зависещия отклик на изследваните системи, и по специално генерирането на хармонични от висок порядък е основа за получаване на атосекундни импулси [1,2]. Методиката и анализа на резултатите се основават на числени решения на нестационарното тримерно уравнение на Шрьодингер за електрони на Блох. Получени са и се докладват общи закономерности, от които се определени областите на изменение на параметрите (на лазерното лъчение и на веществото) в които възниква режим на генерация на хармонични/ В такъв режим, време-зависещата вероятност за раждане на двойка електрон-дупка се мени бързо на суб-фемтосекунден интервал от време около пик на осцилиращото лазерно електрично поле. Фототка от отделен преход с раждане на електрон-дупка генерира излъчване с непрекъснат широк честотен спектър наподобяващ спектъра на спирачното лъчение. Понеже преходите се повтарят периодически, дискретни високи хармонични от висок порядък възникват от този непрекъснат спектър чрез интерференция във времето на всички отделни преходи в рамките на продължителността на лазерния импулс.

- [1] S. Ghimire, A. D. DiChiara, E. Sistrunk, P. Agostini, L. F. DiMauro and D. A. Reis, *Nature Phys.* 7, 138 (2011).
 [2] G. Vampa, C. R. McDonald, G. Orlando, D. D. Klug, P. B. Corkum and T. Brabec, *Phys. Rev. Lett.* 113, 073901 (2014).

Haldane Spheres*Todor Popov^{1, 2}, Lyuboslav Gigov¹*¹*American University in Bulgaria (AUBG)*²*INRNE, BAS*

The current understanding of the Quantum Hall Effect (QHE) relies on the old Landau problem. Landau studied the problem of nonrelativistic electrons moving in the background of a magnetic field transversal to a plane. The energy spectrum consists of bands with huge degeneracies known nowadays as Landau levels. An alternative geometry of the planar Landau problem is the Haldane sphere. We investigate the connection between the Landau levels in spherical and planar geometry. The exact eigenfunctions provide us with toolkits for numerical simulations of the fractional QHE. The Haldane spherical model for multilayer graphene is explored in view of its potential applications in quantum technologies. In particular this model can be harnessed to design topologically protected qubits, enabling robust quantum computation and storage.

Сфери на Халдейн*Тодор Попов^{1, 2}, Любослав Гигов¹*¹*Американски университет в България (АУБ)*²*ИЯИЯЕ, БАН*

Текущото разбиране на квантовия ефект на Хол (QHE) се основава на проблема на Ландау. Ландау изучава нерелативистични електрони, движещи се в магнитно поле, перпендикулярно на равнината на движение. Енергийният им спектър се състои от зони с голямо израждане, известни днес като нивата на Ландау. Алтернативна геометрия на проблема на Ландау в равнината е сферата на Халдейн (Haldane). Ние ще изследваме връзката между нивата на Ландау в сферична и равнинна геометрия. Точните собствени функции ни предоставят инструменти за числени симулации на дробния квантов ефект на Хол. Моделът на Халдейнова сфера за многослойния графен се изследва с оглед на потенциалните му приложения в квантовите технологии. По-специално, този модел може да бъде използван за проектиране на топологично защитени квантови битове (q-bits), които позволяват устойчива квантова обработка и съхранение на информация.

Modeling muon transfer from hydrogen to oxygen***Petar Danev¹, Hristo Tonchev¹, Iavor Boradjiev^{1,2}***¹ *Institute for Nuclear Research and Nuclear Energy, Bulgarian Academy of Sciences, 72 Tzarigradsko Chaussée, Sofia, Bulgaria*² *University of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, Hristo Smirnenski Blvd. 1, 1046 Sofia, Bulgaria*

The exotic muonic atoms allow for precise determination of fundamental physical constants. Spectroscopic measurements of the Lamb shift in muonic hydrogen ($p\mu$) by the group of R. Pohl led to redetermination of the proton charge radius [1]. Muonic experiments aiming at studying other physical quantities are currently underway or planned in near future. Some of them rely on the process of muon transfer from hydrogen to a heavier element [2, 3]. Obtaining accurate data from such spectroscopic measurements requires a thorough and accurate knowledge of the processes on which the experiments are based.

Here, we present our numerical study of muon transfer from hydrogen to oxygen. We simulate the muonic hydrogen atom evolution in a gas mixture of hydrogen and oxygen. All physical processes leading to change in $p\mu$ energy or spin state are taken into account. The impact of the experimental parameters' errors on the uncertainty of the time distribution of muon transfer rate is investigated by Monte Carlo simulations. A comparison of our numerical results with the available data shows the applicability of our model in the planning and analysis of muonic experiments.

This work was supported by the Bulgarian Science Fund under contract KP-06-N58/5 / 19.11.2021.

[1] Pohl, R., Antognini, A., Nez, F. et al., "The size of the proton", Nature 466, 213–216 (2010)

[2] C Pizzolotto, A Adamczak, D Bakalov et al., "The FAMU experiment: muonic hydrogen high precision spectroscopy studies", EPJ A 56, 1-15 (2020).

[3] A. Antognini, F. Hagelstein and V. Pascalutsa, "The Proton Structure in and out of Muonic Hydrogen", Ann. Rev. Nucl. Part. 72 389-418 (2022).

Числено моделиране на преход на мюони от водород към кислород***Петър Данев¹, Христо Тончев¹, Явор Бораджиев^{1,2}***¹ *Институт за Ядрени Изследвания и Ядрена Енергетика, Българска Академия на Науките, Цариградско шосе 72, София, България*² *Университет по Архитектура, Строителство и Геодезия, бул. Христо Смирненски 1, 1046 София, България*

Експериментите с екзотичните мюонни атоми позволяват прецизното определяне на фундаментални физични константи. Спектроскопични измервания на Лембовото отместване при мюонния водород от групата на Р. Пол доведоха до преопределяне на зарядовия радиус на протона [1]. В момента се провеждат, или се планират в близко бъдеще, мюонни експерименти, насочени към изучаване на други фундаментални физически величини. Някои от тях разчитат на процеса на мюонен трансфер от водород към по-тежък елемент [2, 3]. Получаването на точни данни от такива спектроскопични измервания изисква задълбочено и точно познаване на процесите, на които се основават съответните експерименти.

Тук представяме резултатите от числено изследване на прехода на мюони от водород към кислород. В използвания модел, ние симулираме еволюцията на мюонния водороден атом в газова смес от водород и кислород. Взети са предвид физическите процеси, водещи до промяна в енергията или спиновото състояние на мюонния водород. Въздействието на грешките на експерименталните параметри върху неточността на времевото разпределение на скоростта на пренос на мюони се изследва чрез Монте Карло симулации. Сравнението на получените числени резултати с наличните данни показва приложимостта на нашия модел при планирането и анализа на мюонни експерименти.

Тази работа е направена с финансовата подкрепа на Фонд „Научни изследвания“ по договор КП-06-N58/5 / 19.11.2021 г.

[1] Pohl, R., Antognini, A., Nez, F. et al., "The size of the proton", Nature 466, 213–216 (2010)

[2] C Pizzolotto, A Adamczak, D Bakalov et al., "The FAMU experiment: muonic hydrogen high precision spectroscopy studies", EPJ A 56, 1-15 (2020).

[3] A. Antognini, F. Hagelstein and V. Pascalutsa, "The Proton Structure in and out of Muonic Hydrogen", Ann. Rev. Nucl. Part. 72 389-418 (2022).

Influence of Vibrations and Rotations of Oxygen Molecules on the Muon Transfer Rate from Muonic Hydrogen to Oxygen

Iavor Boradjiev^{1,2}, Petar Danev¹, Hristo Tonchev¹, Mihail Stoilov¹, Dimitar Bakalov¹

¹Institute for Nuclear Research and Nuclear Energy, Bulgarian Academy of Sciences, 72 Tzarigradsko Chaussée, Sofia, Bulgaria

²University of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, Hristo Smirnenki Blvd. 1, 1046 Sofia, Bulgaria

High-precision spectroscopy of exotic atoms empowers the exploration of subtle effects related to proton structure and its fundamental interactions. Specifically, spectroscopy measurements of the hyperfine splitting of the muonic hydrogen ground state enable the derivation of the proton Zemach radius [1]. A crucial component of the monitored process is the transfer of muons from muonic hydrogen to oxygen, making accurate knowledge of the respective (energy-dependent) muon transfer rate vital for the analysis of the experimental data. However, there is a divergence between the experimentally [2] and theoretically [3-5] obtained transfer rates presented in the literature, and moreover, there are indications that the behavior of the transfer rate at epithermal energies could deviate from the expectations [6,7]. These points us to the internal structure of oxygen molecules and its implications on the muon transfer rate as a likely cause. We establish that the transfer rate of muons from muonic hydrogen to oxygen is indeed considerably influenced by the presence of oxygen atoms as constituents of diatomic molecules, because of their participation in vibrations and rotations. Depending on the energy distribution over the translational and internal molecular degrees of freedom, the change in the behavior of the transfer rate as a function of the muon kinetic energy, compared to that of a free oxygen atom, may vary from moderate to significant and accompanied by qualitative changes. These findings deepen our understanding of the muon transfer processes to diatomic molecules such as oxygen, and thus will contribute to the proper analysis of the experimental data generated by collaborations such as FAMU [1].

- [1] C. Pizzolotto, A. Adamczak, D. Bakalov et al., *The European Physical Journal A*, Vol. 56, Issue 7, 185 (2020)
- [2] M. Stoilov, A. Adamczak, D. Bakalov et al., *Physical Review A*, Vol. 107, Issue 3, 032823 (2023)
- [3] S. Romanov, *Physics of Atomic Nuclei*, Vol. 85, pp. 109-123, 109 (2022)
- [4] Anh-Thu Le and C.D. Lin, *Physical Review A*, Vol. 71, Issue 2, 022507 (2005)
- [5] A. Dupays, B. Lepetit, J.A. Beswick et al., *Physical Review A*, Vol. 68, Issue 6, 062506 (2004)
- [6] A. Werthmuller, A. Adamczak, R. Jacot-Guillarmod et al., *Hyperfine Interactions*, Vol. 116, pp. 1-16 (1998)
- [7] P. Danev, H. Tonchev, I. Boradjiev et al., *Journal of Physics: Conference Series*, Vol. 2701 (1), 012040 (2024)

Влияние на вибрациите и ротациите на кислородните молекули върху скоростта на предаване на мюони от мюонен водород към кислород

Явор Бораджиев^{1,2}, Петър Данев¹, Христо Тончев¹, Михаил Стоилов¹, Димитър Бакалов¹

¹Институт за Ядрени Изследвания и Ядрена Енергетика, Българска Академия на Науките, Цариградско шосе 72, София, България

²Университет по Архитектура, Строителство и Геодезия, бул. Христо Смирненски 1, 1046 София, България

Свърхпрецизната спектроскопия на екзотични атоми позволява изследването на фини ефекти свързани със структурата на протона и неговите фундаментални взаимодействия. По-конкретно, спектроскопските измервания на свърхфиното разцепване на основното състояние на мюонен водород водят до възможност за пресмятане на Zemach-радиуса на протона [1]. Важен етап в изследвания процес е трансферът на мюони от мюонен водород към кислород, което означава, че познаването на скоростта на предаване на мюони с голяма точност е от съществено значение при анализа на експерименталните данни. Оказва се обаче, че няма добро съвпадение между наличните в литературата експериментално [2] и теоретично [3-5] определените скорости на предаване и нещо повече, има индикации, че поведението ѝ при епитепални енергии на мюоните може да се отклонява от очакваното [6,7]. Установено е, че скоростта на предаване значително се повлиява от факта, че кислородните атоми влизат в състава на кислородни молекули и съответно участват във вибрационните и ротационните им движения. В зависимост от разпределението на енергията по трансляционните и вътрешните степени на свобода, промяната в поведението на скоростта на предаване като функция на кинетичната енергия на мюоните, в сравнение с тази за свободен атом, може да бъде значителна и да е придружена с качествени промени. Тези резултати позволяват по-дълбокото разбиране на процеса на предаване на мюони към двуатомни молекули като тази на кислорода и биха допринесли за анализирането на експерименталните данни генерирани от колаборации като FAMU [1].

- [1] C. Pizzolotto, A. Adamczak, D. Bakalov et al., *The European Physical Journal A*, Vol. 56, Issue 7, 185 (2020)
- [2] M. Stoilov, A. Adamczak, D. Bakalov et al., *Physical Review A*, Vol. 107, Issue 3, 032823 (2023)
- [3] S. Romanov, *Physics of Atomic Nuclei*, Vol. 85, pp. 109-123, 109 (2022)
- [4] Anh-Thu Le and C.D. Lin, *Physical Review A*, Vol. 71, Issue 2, 022507 (2005)
- [5] A. Dupays, B. Lepetit, J.A. Beswick et al., *Physical Review A*, Vol. 68, Issue 6, 062506 (2004)
- [6] A. Werthmuller, A. Adamczak, R. Jacot-Guillarmod et al., *Hyperfine Interactions*, Vol. 116, pp. 1-16 (1998)
- [7] P. Danev, H. Tonchev, I. Boradjiev et al., *Journal of Physics: Conference Series*, Vol. 2701 (1), 012040 (2024)

Quantum metrology with critical-driven dissipative collective spin system

Venelin P. Pavlov¹, Diego Porras² Peter A. Ivanov¹

¹Department of Physics, St. Kliment Ohridski University of Sofia, James Bourchier 5 blvd, 1164 Sofia, Bulgaria

²Institute of Fundamental Physics IFF-CSIC, Calle Serrano 113b, 28006 Madrid, Spain

We propose two critical dissipative quantum metrology schemes for single parameter estimation which are based on a quantum probe consisting of a coherently driven ensemble of N spin-1/2 particles under the effect of a collective spin decay. The collective spin system exhibits a dissipative phase transition between thermal and ferromagnetic phases, which is characterized by a nonanalytical behavior of the spin observables. We show that thanks to the dissipative phase transition the sensitivity of the parameter estimation can be significantly enhanced. Furthermore, we show that our steady state is a spin squeezed state which allows one to perform parameter estimation with sub shot-noise limited measurement uncertainty.

Квантова метрология в дисипативна колективна спинова система

Венелин Павлов¹, Диего Порас² Петър Иванов¹

¹Физически факултет, Университет „Св. Климент Охридски“, бул. Джеймс Баучер 5, 1164, София, България

²Институт по фундаментална физика IFF-CSIC, Calle Serrano 113b, 28006 Мадрид, Испания

Изследваме две схеми за квантова метрология за един параметър, които се основават на квантова система, представляваща ансамбъл от N частици със спин 1/2, в която има наличие на дисипация на колективния спин. Системата претърпява дисипативен фазов преход между термална и ферромагнитна фаза, всяка от които се характеризира с наличието на неаналитично поведение на наблюдаемите величини. Ние показваме, че благодарение на този дисипативен преход, чувствителността в определянето на параметъра може да бъде значително подобрена. Също така показваме, че нашето стационарно състояние е т.н. сплескано (spin squeezed) състояние, което позволява да се определи на параметъра с точност, по-висока от стандартната квантова граница.

Random matrix theory approach to quantum Fisher information in quantum ergodic systems

Venelin P. Pavlov¹, **Yoana R. Chorbadjhiyska¹**, Charlie Nation²,
Diego Porras³, and Peter A. Ivanov¹

¹Center for Quantum Technologies, Department of Physics, St. Kliment Ohridski University of Sofia, James Bourchier 5 Blvd., 1164 Sofia, Bulgaria

²Department of Physics and Astronomy, University College London, London WC1E 6BT, United Kingdom

³Institute of Fundamental Physics IFF-CSIC, Calle Serrano 113b, 28006 Madrid, Spain

We theoretically investigate quantum parameter estimation in quantum chaotic systems. Our analysis is based on an effective description of quantum ergodic systems in terms of a random matrix Hamiltonian. Based on this approach we derive an analytical expression for the time evolution of the quantum Fisher information (QFI), which we find to have three distinct timescales. Initially, the QFI increase is quadratic in time, characterising the timescale over which initial information is extractable from local measurements only. This quickly passes into linear increase with slope determined by the decay rate of the measured spin observable. When the information is fully spread among all degrees of freedom, a second quadratic timescale determines the long-time behaviour of the QFI. We test our random matrix theory prediction with the exact diagonalization of a non-integrable spin system, focusing on the estimation of a local magnetic field by measurements of the many-body state. Our numerical calculations agree with the effective random matrix theory approach and show that the information on the local Hamiltonian parameter is distributed throughout the quantum system during the quantum thermalization process.

Квантова информация на Фишер в ергодни квантови системи - подход със случайни матрици

Венелин П. Павлов¹, **Йоана Р. Чорбаджийска¹**, Чарли Нейшън²,
Диего Порас³, Петър А. Иванов¹

¹ЦКТ, ФзФ, СУ „Св. Климент Охридски“, бул. „Дж. Баучър“ №5, 1164 София, България

²Department of Physics and Astronomy, University College London, London WC1E 6BT, United Kingdom

³Institute of Fundamental Physics IFF-CSIC, Calle Serrano 113b, 28006 Madrid, Spain

Ние изследваме теоретично чувствителността към изменението на параметри в ергодни квантови системи. Мярка за различимост на две състояния е квантовата информация на Фишер, която задава горната граница на класическата информация на Фишер. В основата на анализа ни е моделирането чрез случайна матрица от Гаусов ортогонален ансамбъл на Хамилтониана на системата. Такъв подход може да даде добро описание за неинтегруеми квантови системи.

Получаваме аналитичен резултат за еволюцията във времето на квантовата информация на Фишер. Резултатът е проверен числено, а също и за модел на спинова верига. Наблюдаваме квадратична зависимост от времето, която бързо преминава в линейна. Когато информацията се разпространи напълно по степените на свобода, квадратичната зависимост се възстановява и тя определя следващата еволюция на квантовата информация на Фишер.

Comparing robustness of Grover and QRW search algorithms with multi-phase matching

Hristo Tonchev*, Petar Danev

*Institute for Nuclear Research and Nuclear Energy, Bulgarian Academy of Sciences,
72 Tzarigradsko Chaussée, Sofia, 1784, Bulgaria*

There are many different quantum search algorithms. Two such examples are Grover's search algorithm and quantum random walk search. Compared to the best classical search algorithms, both quantum algorithms could find the wanted element quadratically faster. They are object of extensive study, not only because of their speed, but they are also used as subroutines of other algorithms and find application in the cryptography. Compared to each other, they have different advantages and disadvantages.

Grover's algorithm is historically the first quantum search algorithm. In its original form it is probabilistic, but there are some modifications that can make the algorithm deterministic. The algorithm uses only the qubits that are necessary to write the database to be searched and doesn't require additional qubits. It can be used for search in a graph-like database where all elements are connected with each other through an edge.

Quantum random walk search algorithm is probabilistic quantum search algorithm, that can be used to search in a graph with an arbitrary topology. Probability to find solution depends on the topology of the searched structure. Unlike the Grover's algorithm it requires additional qubits.

In this talk, firstly we will briefly introduce Grover's algorithm. Next, we will show one of the modifications based on generalized Householder reflections that make the algorithm deterministic (phase matching). It will be shown how the probability of finding a solution changes with modification of the algorithm that use multiphase matching. Quantum random walk search algorithm in the case of Hypercube will be discussed. A variation of the algorithm that uses generalized Householder reflection with additional phase multiplier for construction of the walk coin will be discussed and we will investigate how its probability to find solution changes with change of the phases. A modification of the algorithm with multiphase matching will be shown. At the end we will compare the robustness of both algorithms with and without multiphase matching.

Acknowledgments: This work was supported by the Bulgarian Science Fund under contract KP-06-N58/5 / 19.11.2021.

References:

- [1] H. Tonchev, P. Danev, Robustness of different modifications of Grover's algorithm based on generalized Householder reflections with different phases, Results in Physics, Vol 59, Issue 107595 (2024)
- [2] H. Tonchev, P. Danev, Robustness of Quantum Random Walk Search with multi-phase matching, arXiv:2404.05084 [quant-ph] (2024)

Сравнение на стабилността на алгоритмите за търсене на Гровер и КТСР при ползване на много-фазово съгласуване

Христо Тончев*, Петър Данев

*Институт за Ядрени Изследвания и Ядрена Енергетика, БАН,
72 Цариградско шосе, София, 1784, България*

Съществуват много квантови алгоритми за търсене. Два примера за такива алгоритми са алгоритъма на Гровер за търсене и квантовия алгоритъм за търсене със случайна разходка (КТСР). Сравнени с най-добрите класически алгоритми, и двата квантови алгоритъма намират търсения елемент квадратично по-бързо. Те са обект на интензивно изучаване също и защото се ползват като компоненти на други квантови алгоритми и криптографски протоколи. Всеки от двата алгоритъма има различни предимства и недостатъци.

Исторически, първият квантов алгоритъм за търсене е този на Гровер. В своята оригинална форма той е вероятностен, но съществуват негови модификации които го правят детерминистичен. Алгоритъмът използва само кубитите, необходими да се запише базата данни, в която се търси, и не изисква допълнителни кубити. Може да се използва за търсене в база данни представена като граф, в който всички елементи са свързани един с друг чрез ръб.

КТСР е вероятностен квантов алгоритъм, който може да се използва за търсене в граф с произволна топология. Вероятността да се намери търсеният елемент зависи от топологията на обхожданата структура. За разлика от алгоритъма на Гровер, КТСР изисква допълнителни кубити.

В тази презентация, първо накратко ще представим алгоритъма на Гровер, заедно с негова модификация, базирана на обобщеното Хаусхолдерово отражение (ОХО), която прави алгоритъма детерминистичен (фазово съгласуване). Ще бъде показано как се променя вероятността да се намери решение при модификация на алгоритъма, която използва много-фазово съгласуване. Ще се разгледа КТСР в случая на хиперкуб. Ще бъде обсъден вариант на алгоритъма, който използва за конструиране на монетата на придвижване ОХО с допълнителен фазов множител. Ще се покаже как вероятността му да намери решение се променя с промяната на фазите, както и при модификация на алгоритъма с многофазово съгласуване. Накрая ще се съпостави стабилността на двата алгоритъма с и без многофазово съгласуване.

Благодарности: Тази работа е финансирана от Фонд „Научни изследвания“ по договор КП-06-N58/5 / 19.11.2021.

References:

- [1] H. Tonchev, P. Danev, Robustness of different modifications of Grover's algorithm based on generalized Householder reflections with different phases, Results in Physics, Vol 59, Issue 107595 (2024)
- [2] H. Tonchev, P. Danev, Robustness of Quantum Random Walk Search with multi-phase matching, arXiv:2404.05084 [quant-ph] (2024)

Fast high-fidelity composite gates in superconducting qubits

Hristo G. Tonchev¹, Boyan T. Torosov², Nikolay V. Vitanov¹

¹Center for Quantum Technologies, Department of Physics,
Sofia University, James Bourchier 5 blvd., 1164 Sofia, Bulgaria

²Institute of Solid State Physics, Bulgarian Academy of Sciences, 72 Tsarigradsko chaussée,
1784 Sofia, Bulgaria

We present a method for quantum control in superconducting qubits, which overcomes the Fourier limit for the gate duration imposed by leakage to upper states. The technique utilizes composite pulses, which allow for the correction of various types of errors, that naturally arise in a system. We use our approach to produce complete and partial population transfers between the qubit states, as well as two basic single-qubit quantum gates. Our simulations show a substantial reduction of the typical errors and a gate speed-up by an order of magnitude. Three different independent verifications are made to justify these claims.

Бързи и висококачествени композитни гейтове в свръхпроводящи кубити

Христо Г. Тончев¹, Боян Т. Торосов², Николай В. Витанов¹

¹Център за квантови технологии, Физически факултет, СУ "Св. Климент Охридски",
бул. „Джеймс Баучър“ №5 Лозенец, София 1164

²Институт по физика на твърдото тяло, Българска академия на науките, бул.
“Цариградско шосе” 72, 1784 София

В статията представяме метод за квантов контрол в свръхпроводящи кубити, който преодолява границата на Фурие за продължителност на гейтовете, наложена от загубата на населеност към по-горни нива. Техниката използва композитни импулси, които позволяват коригиране на различни видове грешки, възникващи естествено в системата. Използваме подхода, за да произведем пълни и частични трансфери на заселеността между основните състояния на кубита, както и два фундаментални единични квантови гейта. Симулациите ни показват значително понижаване на типичните грешки и ускорение на имплементацията на гейтовете с цял порядък. Извършваме три различни независими проверки, за да потвърдим твърденията си.

IV НАЦИОНАЛЕН КОНГРЕС ПО ФИЗИЧЕСКИ НАУКИ

07-09.10.2024 г.

Секция 10 **История на физиката**

Председател: проф. дфн Иван Лалов (ФзФ- СУ, СФБ)

Координатор: г-жа Пенка Лазарова (СФБ)

Устни доклади

1. **С. Александрова:** „Списание „Светът на физиката“ – история, автори, аудитория“
2. **П. Лазарова:** „Проф. Петър Пенчев – пионер в изследванията на радиоактивността у нас“
3. **И. Петров:** „Божествената Емили – жена, отдадена на науката и философията“

Постерни доклади

1. **Г. Камишева:** „Датиране древната история на българите“

The Journal „World of Physics“ – history, authors, audience

Sashka Alexandrova
Technical University-Sofia, Department „Applied Physics“

The journal "The World of Physics" is an edition of the Union of Physicists in Bulgaria (SFB), which publishes original scientific, review and popular scientific articles in full text in all areas of physics. Topics include current issues in the field of physical sciences, applications in modern technology, the history of physics, the relationship of physics to other sciences such as chemistry, biology, mathematics, medicine, philosophy, etc. Topics related to education and qualification of teachers from higher and secondary level in physics, good practices, activities of the SFB in holding scientific conferences and schools, awards to our and foreign scientists, information about new books published in our country and abroad are also included.

A distinctive feature is the nature of the edition as an interesting and useful almanac at the academic level, aimed at a wider physics audience, including physicists engaged in research in various fields, teachers in schools and universities, students of natural and technical sciences, students of classes with a nature-mathematics profile.

Списание „Светът на физиката“ – история, автори, аудитория

Сашка Александрова
Технически университет-София, катедра „Приложна физика“

Списанието „Светът на физиката“ е издание на Съюза на физиците в България (СФБ), което публикува оригинални научни, обзорни и научнопопулярни статии в пълен обем във всички области от физиката. Темите включват актуални въпроси от областта на физическите науки, приложенията в модерните технологии, историята на физиката, връзката на физиката с други науки като химия, биология, математика, медицина, философия и др. Място намират и въпроси, свързани с образованието и квалификацията на преподавателите от висшето и средното образование по физика, добри практики, дейности на СФБ по провеждане на научни конференции и школи, награди на наши и чужди учени, информация за нови книги, издадени у нас и в чужбина.

Отличителна черта е характерът на изданието като интересен и полезен алманах на академично ниво, насочено към по-широка физична аудитория, включваща физици, занимаващи се с изследователска дейност в различни области, преподаватели в училищата и университетите, студенти по природни и технически науки, ученици от класове с природо-математически профил.

**Prof. Petar Penchev –
a Pioneer in Radioactivity Research in Bulgaria**

*Penka Lazarova
Union of the Physicists in Bulgaria*

Prof. Petar Penchev (1873 – 1956) is one of the pioneers of higher education and scientific research in physics in Bulgaria, a pioneer in the research of the radioactivity of Bulgarian mineral, drilling and other waters and gases. He develops new methods and devices for studying the radioactivity of thermal springs both in the laboratory and on site.

He graduated in physics and chemistry in the Sofia University (1884). Takes positions as assistant in physics (1895), associate professor (1919) and professor of experimental physics (1923 – 1938) at the Faculty of Physics and Mathematics of Sofia University, as well as Part-time Research Associate in the Institute of Physics with Atomic Scientific Experimental Center (IP with ASEC) at BAS (1948 – 1956).

In the University, he reads the new for his time courses on units and measurement methods, on electrical phenomena in gases, on photography and on radioactivity.

Prof. Penchev is the first Bulgarian to promote Einstein's Theory of Relativity. He is a founding member of the Physico-Mathematical Society and a member of the first editorial committee of its journal.

He is a recipient of the Order of „St. Alexander“, IV degree (1929). For his scientific achievements and works on the radioactivity of mineral and cold springs in Bulgaria, he was awarded with the highest honor of his time, Laureate of the Dimitrov Prize (1953).

Проф. Петър Пенчев – пионер в изследванията на радиоактивността у нас

*Пенка Лазарова
Съюз на физиците в България*

Проф. Петър Пенчев (1873 – 1956) е един от първостроителите на висшето образование и научните изследвания по физика у нас, пионер в изследванията на радиоактивността на българските минерални, сондажни и други води и газове. Разработва нови методи и апарати за изследване на радиоактивността на термалните извори както лабораторно, така и на място.

Завършва Висшето училище в София, специалност физика и химия. Заема позиции на асистент по физика, доцент и професор по експериментална физика във Физико-математическия факултет на Софийския университет, както и на нещатен научен сътрудник във ФИ с АНЕБ при БАН. Чете новите за времето си курсове по единици и измерителни методи, по електрични явления в газовете, по фотография и по радиоактивност. Проф. Пенчев е първият българин – пропагандатор на Теорията на относителността на Айнщайн. Член-основател е на Физико-математическото дружество.

Носител е на орден „Св. Александър“, IV-та степен (1929). За научните му постижения и трудове върху радиоактивността на минералните и студените извори в България е отличен с най-голямото за времето си отличие Лауреат на Димитровска награда (1953).

Divine Émilie— woman of science and phylosofer

Ilya Petrov

Perhaps there is no so emotional and erudite at the same time person in the history of science, as Marquise du Châtelet had been. For most of the people she is known as Voltaire's mistress, but she also translated Newton's *Principia* and published the first textbook on modern physics, where algebraic notations and elements of calculus were included. Her approach to the scientific methods and the adoption of *vis viva* as a true force in bodies' motion play a significant role not only in the early Kant philosophy, but raised a famous controversy lasting almost a century and resulted in contemporary understandings of energy and momentum. This is a talk for du Châtelet live and achievements.

Божествената Ёмили — жена, отдадена на науката и философията

Иля Петров

В историята на науката може би няма друга личност, толкова емоционална и толкова ерудирана, колкото е г-жа маркиза дьо Шатле. За широката публика тя е любовницата на Волтер, но в същото време тя е преводачът на Нютоновата „Принсипия“ и автор на първия учебник по съвременна физика, включващ елементи на алгебра и анализ. Нейното разбиране за научен подход и значението на *vis viva* играят съществена роля не само в ранната философия на Кант, но и задават тема за спор, продължил близо век, и в крайна сметка довел до разбирането на ролята на импулса и кинетичната енергия в механиката. Презентацията е разказ за нейния живот и дело.

Bulgarians Ancient History Dating*G. Kamisheva¹, M. Ivanova**¹Institute of Solid State Physics, Bulgarian Academy of Sciences*

Bulgarian ancient history is a debatable topic today. According geographical location, Bulgaria is situated on the Balkans, where three different by their culture nationalities – Arabs, Greeks and Bulgarians touch each other. Each of them presents Bulgarian history from his own point of view. In that reason, there are many different versions about ancient history of the Balkans.

It is considered that Bulgarian territory is among the earliest settled areas in Europe. More and more evidences about the ancient origin of Bulgarians are emerging in these days. The evidences are various. Such are discovered by archaeologists and ethnographers from all over the world. They correspond also with our folklore and traditions in a definite way.

The history of Bulgarian lands has divided into five periods. We will investigate two of them – prehistory and antiquity. The present work aims to propose a new hypothesis. It includes new dating and arguments found in Bulgarian folklore, traditions and church history.

Датиране древната история на българите*Ганка Камишева¹ Мария Иванова**¹Институт по физика на твърдото тяло при БАН*

Древната българска история е спорна тема. По своето географско положение България се намира на Балканите, където се допират три много различни по своята култура древни народи – араби, гърци и българи. А всеки народ тегли исторически чергата към себе си, поради което съществуват различни версии за древната ни история.

Смята се, че територията на днешна България е сред най-рано заселените райони в Европа. В днешни времена се откриват все повече доказателства за древния произход на българите. Доказателствата са разнообразни. Отрити са и продължават да се откриват такива от археолози и етнографи от цял свят. Те по категоричен начин кореспондират и с фолклора и бита ни.

Историята на българските земи е разделена на пет периода. Ние ще разглеждаме два от тях – праистория и античност. Настоящата работа има за цел да предложи нова хипотеза. Тя е подкрепена с нова датировка и аргументи, които намираме в българския фолклор, традиции и църковна история.

IV НАЦИОНАЛЕН КОНГРЕС ПО ФИЗИЧЕСКИ НАУКИ

07-09.10.2024 г.

Секция 11

**Физическите науки, иновациите и индустрията в
България**

Председател: проф. д-р П. Витанов (СФБ)

Координатор: доц. д-р Стефан Вълков (ИЕ-БАН)

Устни доклади

1. **И. Бъчваров:** „Преодоляване на технологичните бариери в Yb-лазерни усилватели на свръх къси импулси за научни и технологични приложения“
2. **М. Ганчев:** „Дизайн и инженеринг на перовскитни фотоелементи“
3. **Н. Веселинов:** „Изкуствен спътник на Земята – космически хабитат“
4. **С. Спасова:** „Отлагане и изследване на тънкослойни неорганични материали от вида на медните халогениди-бромид, йодид (CuBr, CuI) за приложение в перовскитни фотоволтаични преобразуватели“
5. **В. Ставров:** „Нова технология за ускорено производство на прототипи на пиезорезистивни микросензори“

Постерни доклади

1. **М. Горанова:** „Изследване на исландски шпат от България за приложение за оптични елементи“
2. **С. Вълков:** „Повърхнинна модификация на високо-демпфериращи сплави чрез сканиращ електронен сноп“

**Преодоляване на технологичните бариери в Yb-лазерни
усилватели на свръх къси импулси за научни и технологични
приложения**

Иван Бъчваров

*Физически факултет, Софийски университет, бул. Джеймс Баучер 5, София,
Център за био и нано фотоника Джон Атанасов (JAC BNP), София, България.*

Откакто Yb-лазерните среди бяха създадени в края на 90-те години на миналия век като ефективна алтернатива на Ti:сапфира за разработване на фемтосекундни лазери, беше постигнат голям напредък в получаването на ултракъси импулси с рекордно високи енергии или средни мощности. Въпреки това, през последните три десетилетия продължителността на импулса на системите за усилване на чирпирани импулси (CPA), легирани с Yb, е ограничена в диапазона 180–300 fs, въпреки наличието на широколентови (> 50 nm) легирани с Yb материали. Ние представяме нов подход, който има за цел да преодолее технологичните ограничения в Yb CPA лазерните системи [1]. Прилагайки този подход, базиран на ефекта на разширяване на честотната лента на нетното усилване в квантово тринивна лазерна среда, ние демонстрираме 97 fs импулси с 2,7 mJ енергия при 1 kHz с дължина на вълната 1038 nm в Yb: CaYAlO₄ CPA лазер. Освен това показваме, че лесно да компресируем нелинейно тази продължителност на импулса, намалявайки я до 58 fs. Предложената разработка демонстрира пробив в получаването на високоенергийна, Yb-система за свръх къси импулси, която е значително по-компактна, по-лесна за поддръжка с нарастваща надеждност и има мащабируемост в енергия и средна мощност, което я прави способна да се конкурира с достъпните в момента Ti: Сапфирени fs-лазери [2-3]. Тази иновация ще има широко въздействие върху биомедицинските приложения, науките за материалите и нанотехнологиите, както и върху образованието и обучението на студенти и млади учени в нова и конкурентна област. Ще представим внедряването на тези лазери в нов тип спектрометър за измерване времевото изменение на абсорбция (TA), който притежава уникален времеви прозорец, 1E6 пъти по-голям от наличните в момента.

Тази работа е част от проект METAFast (№ 899673), финансиран от Хоризонт 2020 на Европейския съюз и грант HEPHAESTUS (DO1-173) от българската Национална пътна карта за изследователска инфраструктура.

- [1] L. Petrov, et al., Opt. Express 31, 18765-18772 (2023)
- [2] L. Petrov, et al, "High Performance Ytterbium Regenerative Amplifier Based on Yb:CALYO with High Energy 100 fs Pulses," CLEO/Europe 2023 Paper Ca_10_5 (Optica Publishing Group, 2023)
- [3] L. Petrov, et al., "Net gain bandwidth broadening in Yb:CaAlYO₄ amplifiers: a prospect for 20-100 fs multi-mJ laser pulses," CLEO USA.2024

**Breaking Through Technological Barriers in ultrafast Yb-laser
Amplifiers for Science and Technology Applications**

Ivan Buchvarov

*Physics Department, Sofia University, 5 James Bourchier Blvd., Sofia, Bulgaria
John Atanasov Center for Bio and Nano Photonics (JAC BNP), Sofia, Bulgaria*

Since Yb-laser media were established in the late 1990s as an effective alternative to Ti:sapphire for ultrafast laser development, a lot of progress has been made in getting ultrashort pulses with record-high energies or average powers. However, for the past three decades, the pulse duration of Yb doped chirped pulse amplification (CPA) systems has been limited to the 180–300 fs range, despite the availability of broadband (>50 nm) Yb doped materials.

We have presented a new approach that aims to overcome the technological limitations in the Yb-CPA laser system [1]. Implementing this approach based on the net gain bandwidth broadening effect in a quasi-tree level laser material, we demonstrate 97 fs pulses with 2.7 mJ energy at 1 kHz at 1038 nm in the Yb:CaYAlO₄ CPA laser. We can easily nonlinearly post-compress this pulse duration, reducing it to 58 fs. The proposed development demonstrates a breakthrough in obtaining a high-energy, extremely short pulse Yb-system that is significantly smaller, easier to maintain with increasing reliability, and has scalability in energy and average power, making it capable of rivaling the currently accessible Ti:Sapphire fs-lasers [2-3]. This innovation will have a broad impact on biomedical applications, materials sciences, and nanotechnology, as well as on the education and training of graduate and undergraduate students and young scholars in a highly novel and competitive field. We will discuss a demonstration of these lasers' implementation in a new type of transient absorption (TA) spectrometer, which boasts a time window 1E6 times larger than those currently available in the commercial market.

Acknowledgement: This work is part of the METAFast project (no. 899673) funded by the European Union's Horizon 2020 and HEPHAESTUS grant (DO1-173) of the Bulgarian National Roadmap for Research Infrastructure.

- [1] L. Petrov, et al., Opt. Express 31, 18765-18772 (2023)
- [2] L. Petrov, et al, "High Performance Ytterbium Regenerative Amplifier Based on Yb:CALYO with High Energy 100 fs Pulses," CLEO/Europe 2023 Paper Ca_10_5 (Optica Publishing Group, 2023)
- [3] L. Petrov, et al., "Net gain bandwidth broadening in Yb:CaAlYO₄ amplifiers: a prospect for 20-100 fs multi-mJ laser pulses," CLEO USA.2024

Дизайн и инженеринг на перовскитни фотоелементи

Владимир Дулев, Станка Спасова, Александър Бенковски, Васил Паланковски, Румен Стойков, Екатерина Радева, Христоско Диков, Зоя Ненова, Максим Ганчев

¹ Централна Лаборатория по Слънчева Енергия и Нови Енергийни Източници -
Българска Академия на Науките

² Laboratory for Thin Film Energy Materials: Department of Materials and Environmental
Technology, Tallinn University of Technology, Tallinn

В последните години се разви стремително нова технология от хибридни перовскитни фотоволтаични преобразуватели, която бързо достигна водещи ефективности за лабораторни образци (над 27 %) и дава перспективи за широко индустриално приложение, основано на елементарни технологии, като отлагане от разтвори и с възможности за надграждане върху съществуващи структури, като тандеми върху силициевите, с ефективности за момента около 34 %. Хибридните органометални перовскити се явяват развитие на концепция, базирана на природни светочувствителни субстанции, внедрени във фотоволтаични прибори, като Багрилно - сенсibiliзираните слънчеви фотоелементи и тя се разви като водеща в съвременните тънкослойни технологии за фотоволтаици. Покрай изключителните си показатели на приборите на тяхна база се наблюдават и някои проблеми при тяхната експлоатация, свързани с деградация и отчетливо стареене, което налага търсенето на нови съединения с подобна структура и свойства, но с неорганичен характер. Като такива се оказват халкогенидите на антимона, бисмута, калая (Sb_2Chal_3 , $\text{Chal} = \text{Se}, \text{S}; \text{Bi}_2\text{S}_3, \text{SnS}$) и техните смесени системи ($\text{(Sb,Bi)}_2\text{Se}_3$; Cu_3SbS_3 , Cu_2SnS_3 , а също така и високостабилните халкогенидни перовскити BaZrS_3 , SrZrS_3 и техните смесени системи. При разработването на прибори с тези съединения се налага и търсене на нови съпътстващи материали със селективни свойства за оптимално разделяне на генерираните носители и минимизиране на рекомбинационните процеси и загуби в ефективността. Тук са представени някои подходи за получаване на тънкослойни материали, подходящи за селективно извеждане и транспорт на носителите в перовскитни фотоволтаични преобразуватели и изследвания на техните електрофизични свойства. Като Електрон – Транспортен Материал (ETM) са изследвани структури от Sn:ZnO , а като селективни носители на положителни носители (HTM) са изследвани смесени халогениди на медта (Cu(Br,I,CNS)). Показан е подход за дефиниране на енергетичните диаграми на състави от съединението Sn:ZnO и път за инженерингова оптимизация на тънкослойни структури за фотоелементи.

Изкуствен спътник на Земята - космически хабитат

*Захари Златков, Кристиан Алексиев, Димитър Ружев, Радина Николова,
Недислав Веселинов*

Технически университет - София, Катедра "Въздушен транспорт"

В този документ се разглежда процесът по създаването и първите проведени тестове на изкуствен спътник на Земята, имащ за цел да имитира обитаемо помещение намиращо се на небесно тяло различно от Земята. Подробно е описан технологичният процес по производството на изделието. То представлява сфера с диаметър 200 мм от полимерен композитен материал с армировка от въглеродни вълкна. Двете части на сферата се затварят херметично с помощта на гумено уплътнение, което е и обект на проведените тестове. Сферата е тествана в условията на вакуум, където показва достатъчна конструкционна якост и загуби в херметичност едва 18 hPa/h.

**Отлагане и изследване на тънкослойни неорганични материали
от вида на медните халогениди - бромид, йодид (CuBr, CuI) за
приложение в перовскитни фотоволтаични преобразуватели**

*Станка Спасова¹, Екатерина Радева¹, Владимир Дулев¹, Александър Бенковски¹, Румен
Стойков¹, Максим Ганчев¹, Катя Игнатов²*

¹Централна лаборатория по слънчева енергия и нови енергийни източници

²Химикотехнологичен и металургичен университет

Тънки слоеве от медни халогениди бяха отложени с цел тяхното потенциално приложение като селективно проводящи слоеве на положителни носители в перовскитни фотоелементи със стандартна архитектура.

Бяха приготвени стабилни разтвори на CuBr и CuI в диметил сулфоксид с различни съотношения между тях, с цел получаване на нови смесени псевдобинарни композити. От получените разтвори чрез центробежно ротиране бяха получени тънки слоеве с различни дебелини. Бяха изследвани аналогични образци, получени чрез вакуумно изпарение върху стъклени и кварцови подложки. Резултатите от сканиращата електронна микроскопия показват формиране на плътни хомогенни слоеве с глобуларна структура, с едрина на зърната около 50 nm и дебелина около 300 nm. Оптичните спектри на филмите показват повече от 80% прозрачност във видимия диапазон и изчислената ширина на забранената зона на отложените слоеве е около 2,98 eV. Измерената отделителна работа на образците варира между 4,7 - 5,3 eV.

Нова Технология за Ускорено Производство на Прототипи на Пиезорезистивни Микросензори

Емил Томеров¹, Галина Ставрева¹, Владимир Ставров¹

¹АМГ Технолоджи ООД, Инд. Зона Микроелектроника, Ботевград

Технологията се отнася до пълния цикъл за създаване на полупроводникови прибори: от оригинална идея, през специфични конструкции на Микро Електро Механични Системи (МЕМС) с вградени пиезорезистори, доставка на маски за фотолитография, прототипно производство на микроприборите, до първи по рода си демонстратори [1]. Част от създадените до момента над 300 оригинални микросистеми, превъзхождат многократно по параметри (до x100, дори повече) функционални аналози. Прилагането на такива оригинални МЕМС, е позволило реализацията на нови комбинирани аналитични уреди и съответни методи за авангарди изследвания в материалознанието [2], науките за живота [3] и индустрията.

В момента, цикълът за създаване на прототип на МЕМС от формулиране на идеята, през доставка на маски за фотолитография, производство с над 250 обработки и тестване на прототипи, е около 26 седмици. Времето за серийно производство на такива изделия, е между 9 и 13 седмици. В същото време, за достигане до масовото производство и прилагане на приборите, е необходимо изпълнението на голям обем допълнителна изследователска и развойна дейност. За целта са необходими множество прототипи с контролируемо вариращи параметри [4].

Ето защо, една изключително перспективна иновация, е създаването на технология, позволяваща гъвкаво и контролируемо производство на прототипи на пиезорезистивни МЕМС прибори, за рекордно кратки срокове.

Затова, целта на настоящото изследване е срокът от възникване на идеята до създаване готов прототип за тестване, да бъде съкратен до 4 седмици (6 - 7 пъти по-къс).

Литература

- [1] В. Ставров, Патент № 66488, “Метод за Получаване на Прибори за МЕМС с Електрически Елементи върху Страничните им Стени”(2011)
- [2] <http://www.fusionscope.com/>
- [3] L. Banchelli, et al, Investigating a Detection Method for Viruses and Pathogens Using a Dual-Microcantilever Sensor, Micromachines 2024, 15(9), 1117
- [4] M. Villani, et al, Resonance Frequency Tuning of Piezoresistive Cantilever Arrays, Proc. 2024 IEEE International Conference 3M-NANO, China

Изследване на исландски шпат от България за приложение за оптични елементи*Маргарита Горанова**Институт по физика на твърдото тяло „Акад. Георги Наджаков“ - БАН*

Исландският шпат, известен като оптичен калцит е материал с определена прозрачност и двойно лъчепречупване. Намира приложение във физическата оптика, в астрономията, в оптоелектронната индустрия. Използва се за поляризационни призми и микроскопи, колориметри, фотометри, теснолентови интерференционно-поляризационни филтри и други оптични елементи. Оптичният материал се намира в някои участъци от кристала исландски шпат, а други участъци съдържат дефекти или са непрозрачни.

Изследвано е пропускането на светлината през исландски шпат, за да се оцени доколко отговаря на техническите изисквания за качество и какви дефекти в структурата, които не могат да се елиминират, биха възпрепятствали приложението на материала. След анализ на резултатите от комплексни изследвания на исландски шпат, се избират подходящи методи за обработка, които позволяват да се отстранят дефектите в кристала, за да се получат оптични елементи като призми, поляризатори, лещи и др. Използвани са спектрометри, профиломер, тензиометър за измерване на контактен ъгъл. Техническите изисквания за качество са свързани с оптическата нееднородност и разсейване на светлината по време на измерване, поради включения, което ограничава използването му като поляризатор; разсейването на светлината е свързано и с дифракция - това води до изкривяване на вълновите фронтове и влошава качеството на резултата от измерването. С подходящи методи на обработка се получава оптичен калцит за работа в UV област на спектъра, във VIS област на спектъра и в NIR област на спектъра [1].

Измерен е образец с дебелина 2,5 mm границите на спектралното пропускане на минерала от 1 μm до 3 μm и е установено съвпадение на формата на спектъра с референтния спектър, който има дебелина 2,4 mm.

Получените резултати са допълнение към изследванията на образци оптичен калцит от други райони на България и основа за оценка на възможностите за механична обработка по определена технология за приложение за нови елементи за оптоелектронната индустрия.

Литература:

[1] Скоропышев, А. В, Кукуй, А. Л, Исландский шпат, Издательство „Недра“, Ленинград, 1973

Благодарности: Тази работа е подкрепена от българското Министерство на образованието и науката, Национален фонд „Научни изследвания“, грант № КП-06-H57/5 (2021). В тези изследвания е използвано оборудване на Разпределената научна инфраструктура ИНФРАМАТ, част от Националната пътна карта на България за научна инфраструктура, подкрепена финансово от Министерство на образованието и науката.

Study of Icelandic spar from Bulgaria for application for optical elements*Margarita Goranova**Institute of Solid State Physics "Acad. Georgi Nadjakov" - BAS*

Icelandic spar, known as optical calcite, is a material with a certain transparency and birefringence. It is used in physical optics, in astronomy, in the optoelectronic industry. It is used for polarization prisms and microscopes, colorimeters, photometers, narrowband interference-polarization filters, and other optical elements. The optical material is found in some areas of the Icelandic spar crystal, and other areas contain defects or are opaque.

The transmission of light through Icelandic spar was investigated to assess whether it met the technical quality requirements and what defects in the structure that could not be eliminated would hinder the application of the material.

After analyzing the results of complex studies of Icelandic spar, appropriate processing methods are selected that allow to eliminate defects in the crystal in order to obtain optical elements such as prisms, polarizers, lenses, etc. Spectrometers, profilometer, tensiometer are used to measure contact angle.

The technical quality requirements are related to optical heterogeneity and light scattering during measurement, due to inclusions, which limits its use as a polarizer; Light scattering is also associated with diffraction - this leads to distortion of wavefronts and degrades the quality of the measurement result. With appropriate processing methods, optical calcite is obtained for operation in the UV region of the spectrum, in the VIS region of the spectrum and in the NIR region of the spectrum[1].

The results obtained are an addition to the studies of optical calcite samples from other regions of Bulgaria and a basis for assessing the possibilities for machining using a certain technology for application for new elements for the optoelectronic industry.

References:

[1] Skorpyshv, A.V., Kukuy, A. L., Icelandic spar, Nedra Publishing House, Leningrad, 1973

Acknowledgements: This work is supported by the Bulgarian Ministry of Education and Science, National Science Fund, grant No KP-06-H57/5 (2021). Research equipment of Distributed Research Infrastructure INFRAMAT, part of Bulgarian National Roadmap for Research Infrastructures, supported by Bulgarian Ministry of Education and Science was used in this investigation.

Повърхнинна модификация на високо-демпфериращи сплави чрез сканиращ електронен сноп

Стефан Вълков^{1,2}, Георги Котларски¹, Мария Орманова^{1,2}, Борислав Стоянов², Стоян Пършоров³, Иван Пършоров³

¹ *Институт по електроника «Акад. Е. Джаков» - Българска Академия на Науките*

² *Технически университет - Габрово*

В тази работа представяме резултати относно влиянието на повърхностната обработка с електронен лъч върху кристалографска структура на Co-Cr-Mo сплави. По време на електроннолъчевата модификация, мощността на лъча бе систематично променяна от 500 до 750 W. Структурата на модифицираните проби, както и на нетретирания образец бе изследван чрез сканираща електронна микроскопия и рентгеноструктурен анализ. Резултатите показват, че прилагането на електроннолъчевата модификация довежда до трансформация във фазовия състав, от двуфазна ϵ и γ до еднофазна гама структура. Също така, резултатите показваха, че при всички използвани мощности на електронния сноп се наблюдава преимуществена кристалографска ориентация към (111) кристалографска равнина. В настоящата работа, получените резултати за фазовия състав и преимуществената кристалографска ориентация се обсъждат по отношение на практическите приложения на Co-Cr-Mo сплавите.

Благодарности: Това изследване е финансирано от Фонд «Научни изследвания» - МОН, договор № КР-06-N 67/7.

IV НАЦИОНАЛЕН КОНГРЕС ПО ФИЗИЧЕСКИ НАУКИ

07-09.10.2024 г.

Секция 12 **Образованието по физика**

Председател: доц. д-р Мая Гайдарова (ФзФ-СУ)

Координатор: доц. д-р Иван Бодуров (ПУ)

Устни доклади

1. **М. Филипова:** „Квантовите технологии и изкуственият интелект. Преобразуване на STEM обучението и значението на квалификацията на учителите“
2. **М. Гайдарова:** „Компетентностният подход в обучението по физика“
3. **С. Костадинова:** „Интердисциплинарни уроци по физика и математика: основни дефиниции, методи и подходи“
4. **Н. Стаменов:** „Наука в руло тоалетна хартия“
5. **Ф. Кунис:** „Усъвършенстване на обучението по физика чрез изкуствен интелект: настоящи приложения и бъдещи хоризонти“

Постерни доклади

1. **Р. Драганова-Христова:** „Възможности на образователния дизайн за проектиране на STEAM базирано обучение по физика и астрономия VII клас“
2. **Е. Писанова:** „Дизайн на концептуална карта за идентифициране и коригиране на мисконцепции на учащи относно корпускулярно-вълновия дуализъм на светлината“

Quantum Technologies and Artificial Intelligence. Transforming STEM Education and the Importance of Teacher Qualification

Mariana Filipova, PhD Candidate, ULSIT

Kalin Angelov, PhD, SU "St.Kliment Ohridski"

Quantum technologies and artificial intelligence are expected to influence STEM education and its innovative pathway. To achieve the desired progress, the importance of training teachers needs to be taken in mind. With global technological advancements and scientific discoveries, the necessity to innovate the educational content and teaching methods becomes gradually inevitable. This report points out the necessity for teachers to be prepared to teach the mentioned new technologies, as they play a key role in keeping students alongside of current trends and challenges in the modern world. The aim of the study is to explore how training educational specialists in such areas as quantum technologies and AI can improve the quality of education, preparing students for future careers in the quickly developing STEM fields. The paper includes proposals, guidelines, and examples of how new technologies can be integrated in the education of school-aged students. In addition, it examines how teachers can take advantage of these innovations to transform the learning process into something more engaging and productive.

Квантовите технологии и изкуственият интелект. Преобразуване на STEM обучението и значението на квалификацията на учителите

Марияна Филипова, Докторант, УниБИТ– София

д-р Калин Ангелов. СУ „Св. Климент Охридски“ - ДИУУ

Квантовите технологии и изкуственият интелект ще повлияят STEM обучението и иновативните тенденции в него. За постигане на желаня прогрес е нужно да се вземе предвид важноста на обучението на учители в тази област. Със световния технологичен напредък и откритията в науката, необходимостта от актуализация на образователното съдържание и обучителните подходи стават все по-неизбежни. Докладът поставя в център нуждата учителите да бъдат подготвени да преподават тези нови технологии, тъй като те играят ключова роля в привеждането на учениците в крак с актуалните тенденции и предизвикателства на съвременния свят. Целта е да разгледаме как обучението на педагогическите специалисти в области като квантови технологии и AI може да подобри качеството на образованието, подготвяйки учениците за бъдещите професии в бързо-развиващите се STEM области. Разработката включва предложения, насоки и примери за това как новите технологии да бъдат интегрирани в обучението на децата в училищна възраст. Също така разглеждаме как учителите да се възползват от горепосочените иновации, за да бъде променен учебния процес към по-интригуващ и ползотворен.

The competence approach in physics education

Maya Gaydarova¹, Ivelina Kotseva¹, Fabien Kunis¹

¹ Faculty of Physics, SU „St. Kliment Ohridski“

Abstract

Competencies are ultimate learning goals in the middle course. According to the 2006 European Framework of Reference, they are eight in number, one of which is competence in natural sciences and mathematics. They are interconnected and are achieved through the formation of subject and cross-subject competences in the various individual subjects.

The report makes connections between the different types of competences that are tested by the international comparative measurement PISA, analyzes how they imply each other, giving examples. An analysis is made of the latest framework for key competences in natural sciences, which has undergone changes over the years of comparative studies.

Authors' tasks from the science key competency competitions are shown and the competencies they test are discussed. A methodology for developing such tasks and relevant guidelines for evaluating achievements are proposed.

Keywords: physics education, key competences, natural sciences, mathematics, mathematical and reading literacy

Компетентностният подход в обучението по физика

Мая Гайдарова¹, Ивелина Коцева¹, Фабиен Кунис¹

¹Физически факултет, СУ „Св. Климент Охридски“

Абстракт

Компетентностите са крайни цели в обучението в средния курс. Според Европейската референтна рамка от 2006 г. те са осем на брой, една от които е компетентност по природни науки и математика. Те имат връзки помежду си и се постигат чрез формиране на предметни и междупредметни компетентности в различните отделни предмети.

В доклада се правят връзки между различните видове компетентности, които се проверяват от международното сравнително измерване PISA, анализира се как взаимно се предполагат, като се дават примери. Прави се анализ на последната рамка за ключови компетентности по природни науки, която търпи промени в годините на провеждане на сравнителните изследвания.

Показват се авторски задачи от състезанията по ключови компетентности по природни науки и се обсъждат компетентностите, които проверяват. Предлага се методика на разработване на такива задачи и съответните ръководства за оценяване на постиженията.

Ключови думи: обучение по физика, ключови компетентности, природни науки, математика, математическа и четивна грамотност

Interdisciplinary lessons in physics and mathematics: basic definitions, methods, and approachesStoyanka Kostadinova ^{1,2}, Гинка Експер¹¹Faculty of physics and technologies, Plovdiv University Paisii Hilendarski, Plovdiv²Private secondary school „Druzha, Plovdiv

Nature is complex, it changes and there are a vast number of interconnections. Knowledge on the nature cannot be limited to a single scientific field, to one and only school subject, respectively. From one side, the rise of global problems, such as climate change, air pollutions, strong city urbanization require new approaches to find innovative and sustainable solution. From the other hand, the rapid development of the new digital technologies and artificial intelligence pose a challenge to life as we know it now. The application of these technologies for a positive change in the way and quality of our lives depends on the knowledge on them. Unfortunately, digital technologies can also generate false information, and the person of the future must be capable of critical analysis to recognize the truth.

The complex issues and new situations, in which future generations will be placed, can only be addressed through an interdisciplinary approach in education.

Although different definitions of interdisciplinarity are given in the scientific literature [1,2], in summary it can be said that interdisciplinarity as a teaching approach can be defined as a methodology in which the knowledge, methods and concepts from different disciplines are integrated to solve complex problems.

The practical implementation of interdisciplinary lessons requires the inclusion of the main characteristics of the interdisciplinary approach [3]:

- Integration of knowledge;
- Synergy;
- Solving complex problems.

The present report discusses the various definitions of interdisciplinarity, and ideas for methods and approaches in the implementation of interdisciplinary lessons will be presents.

Literature

- [1] A. F. Repko, R. Szostak, *Interdisciplinary research: process and theory* (4th edition), Sage Publications, ISBN-10: 1544398603 (2020)
- [2] W. H. Newell, W. J. Green, Defining and teaching interdisciplinary studies, *Improving College and University Teaching*, 30(1), 23–30 (1982) doi: 10.1080/00193089.1982.10533747
- [3] Y. Lenoir, A. Hasni, Interdisciplinarity in primary and secondary school: issues and perspectives, *Creative Education*, 7, 2433-2458 (2016) doi: 10.4236/ce.2016.716233

Интердисциплинарни уроци по физика и математика: основни дефиниции, методи и подходиСтоянка Костадинова ^{1,2}, Гинка Експер¹¹Физико-технологичен факултет, ПУ „П. Хилендарски“, гр. Пловдив²Частно средно училище „Дружба“ гр. Пловдив

Природата е комплексна, тя се променя и в нея съществуват разнообразни взаимовръзки. Знанието за нея не може да се ограничи с една наука, респективно един училищен предмет. От една страна възникналите в нашето съвремие глобални проблеми като изменението на климата, замърсяването на въздуха и силната урбанизация на градовете изискват нови подходи за намиране на иновативни и устойчиви решения. От друга страна бурното развитие на новите дигитални технологии и изкуствен интелект представляват предизвикателство за живота такъв, какъвто го познаваме. Прилагането на тези технологии за положителна промяна в начина и качеството на живота ни зависи от знанието за тях. За съжаление чрез дигитални технологии може да се генерират и фалшива информация, като човекът на бъдещето трябва да е способен на критичен анализ за разпознаване на истината.

Сложните за решаване въпроси и новите ситуации, в които ще бъдат поставени идните поколения могат да бъдат адресирани само чрез интердисциплинарен подход в обучението.

Макар в научната литература да са дадени различни дефиниции за интердисциплинарност [1,2], в обобщение може да се каже, че интердисциплинарността като преподавателски подход представлява методология, в която знанията, методите и концепциите от различни дисциплини се интегрират, за да бъдат решени сложни проблеми. Практическата реализация на интердисциплинарни уроци изисква включването на основните характеристики на интердисциплинарния подход [3]:

- интеграция на знанията;
- синергия;
- решаване на комплексни проблеми.

В настоящия доклад се дискутират различните дефиниции за интердисциплинарност, представят се идеи за методи и подходи при реализиране на интердисциплинарни уроци.

Литература

- [1] A. F. Repko, R. Szostak, *Interdisciplinary research: process and theory* (4th edition), Sage Publications, ISBN-10: 1544398603 (2020)
- [2] W. H. Newell, W. J. Green, Defining and teaching interdisciplinary studies, *Improving College and University Teaching*, 30(1), 23–30 (1982) doi: 10.1080/00193089.1982.10533747
- [3] Y. Lenoir, A. Hasni, Interdisciplinarity in primary and secondary school: issues and perspectives, *Creative Education*, 7, 2433-2458 (2016) doi: 10.4236/ce.2016.716233

Science in a toilet paper roll*Nasko Stamenov¹**¹National High School of Science and Mathematics*

The need of specialized laboratory classrooms is a hurdle to the full fledged teaching of STEM. There are many solutions currently used and proposed. In the last years improved finance towards building the so called STEM centers somewhat alleviates the problem but so often are done by catalogue without taking in account the exact needs of the given school. At the other side of the solutions spectra are the low budgeted experiments – phenomena could be shown using cheap materials, this can be done directly (normal experiment but with improvised materials), or indirectly (cheaper model of something expensive). In this oral report the author aims to familiarize his colleagues with a series of experiments with mainly toilet paper (and few other items found in supermarkets), showing phenomena in physics, chemistry and materials science. Not only these experiments are financially viable but by varying the extent of the discussion on them, they can be used in any level of education in natural sciences. Another positive side is that the mundanity of the materials allows every student to participate, and active participation greatly improves formation and retaining of knowledge.

Наука в руло тоалетна хартия*Наско Стаменов¹**¹НПМГ*

Необходимостта от обособени лабораторни кабинети винаги е възпрепятствала пълноценното обучение по природни науки. Много решения се предлагат и използват. В последните години увеличаването на финансирането за изграждането на т. нар. STEM центрове допринася за решаване на проблема, но често тези центрове са правени „по каталог“, а не са съобразени с конкретните нужди на съответното училище. В другата част на спектъра са нискобюджетните решения – с помощта на евтини материали да се покаже даден феномен от науката, било то директно (същият експеримент, но с импровизирани материали), или индиректно (нискобюджетен модел на скъп експеримент). С този доклад авторът иска да запознае колегията със серия експерименти, за които са необходими само тоалетна хартия (и някои материали, лесно намиращи се в смесените магазини), показващи основни понятия от физиката, химията и материалознанието. Освен, че тези експерименти са изключително достъпни от финансова гледна точка, варирайки сложността на дискусиата върху тях, те могат да бъдат използвани във всички етапи на обучението по природни науки. Друга положителна черта е, че достъпността и безопасността на материалите позволяват всеки участник в серията експерименти да е активен такъв – в реална учебна среда всеки ученик може да изпълни сам експериментите, което неимоверно подобрява усвояването на знания.

Enhancing Physics Education Through Artificial Intelligence: Current Applications and Future Horizons

Fabien Kunis¹, Ivelina Kotseva¹

¹Faculty of Physics, Sofia University St. Kliment Ohridski

In recent years, there has been a significant increase in publications in the world's databases in which physics education is connected in different ways to artificial intelligence (AI). This research explores how AI can be integrated into physics education. For this purpose, current applications have been studied and potential future directions for development have been sought. Through a literature review and bibliometric analysis, key trends in the use of AI in physics education have been identified.

Leading applications include intelligent learning systems, adaptive learning platforms, automated assessment systems, and AI-powered virtual labs. These tools have shown measurable improvements in student engagement, conceptual understanding, and problem-solving skills. Deep learning and natural language processing techniques are becoming more and more common.

We foresee an increasing role for emerging trends such as AI-powered personalized learning paths, embedded real-time misconception detection systems in learning systems, and advanced simulation environments for visualizing complex physical phenomena. However, challenges remain in the areas of privacy, algorithmic correctness and bias, and integration with traditional teaching methods.

This research highlights the potential of AI in physics education, while emphasizing the need for continued interdisciplinary collaboration between AI and cognitive science researchers on the one hand, and physics educators on the other hand, to fully realize this potential.

Keywords: physics education, artificial intelligence, intelligent tutoring systems, adaptive learning, bibliometric analysis.

Усъвършенстване на обучението по физика чрез изкуствен интелект: настоящи приложения и бъдещи хоризонти

Фабиен Кунис¹, Ивелина Коцева¹

¹Физически факултет, СУ „Св. Климент Охридски“

През последните години има значително увеличение на публикациите в световните бази данни, в които обучението по физика се свързва по различни начини с изкуствения интелект (ИИ). Това изследване проучва как ИИ може да бъде интегриран в обучението по физика. За целта са проучени текущите приложения и са потърсени потенциални бъдещи насоки за развитие. Чрез преглед на научната литература и библиометричен анализ са идентифицирани ключови тенденции в използването на ИИ в обучението по физика.

Сред водещите приложения са интелигентните системи за обучение, адаптивните платформи за учене, автоматизирани системи за оценяване и виртуалните лаборатории, задвижвани от ИИ. Тези инструменти са показали измерими подобрения в ангажираността на учениците, в концептуалното разбиране и в уменията за решаване на проблеми. Все по-разпространени стават техниките за дълбоко обучение (deep learning) и обработка на естествен език (natural language processing).

Прогнозираме засилваща се роля на нововъзникващи тенденции като персонализирани пътеки за обучение, задвижвани от ИИ, внедрени системи за откриване на погрешни схващания в реално време в системите за обучение и усъвършенствани симулационни среди за визуализиране на сложни физични явления. Въпреки това остават предизвикателствата в областта на защитата на личните данни, алгоритмичната коректност и пристрастност и интеграцията с традиционните методи на преподаване.

Това изследване подчертава потенциала на ИИ в обучението по физика, като същевременно акцентира върху необходимостта от продължаващо интердисциплинарно сътрудничество между изследователи в областите на ИИ и когнитивните науки, от една страна, и преподаватели по физика, от друга страна, за пълното реализиране на този потенциал.

Ключови думи: обучение по физика, изкуствен интелект, интелигентни системи за обучение, адаптивно обучение, библиометричен анализ

Educational Design Opportunities for Designing STEAM-Based Learning in 7th Grade Physics and Astronomy

Ruska Draganova-Hristova^{1,2}, Assoc. Prof. PhD. Snejana Iordanova², Principal Asst. Eng. Chem. Hristivlina Zhecheva³

¹*Bacho Kiro Primary School, 20, F. Totio, BG-5000 Veliko Tarnovo, Bulgaria*

²*Faculty of Physics, Sofia University, 5, J. Bourchier, BG-1164 Sofia, Bulgaria*

³*University "Prof. Dr. Asen Zlatarov", BG - 8010 Burgas, Bulgaria*

Abstract: This research communication addresses the issue of designing STEAM-based learning in physics and astronomy using the capabilities of educational design. The experiential nature of the subject requires the creation of an appropriate learning environment in the context of a learning experiment with strong cognitive, operational and affective aspects.

Design possibilities are presented for topics in the 7th grade physics and astronomy curriculum. For this purpose, general models of educational design in the context of STEAM-based learning and educational experimentation at school are specified. Learning activities and conditions for achieving expected results are described, according to the State Educational Standard (SES). The good pedagogical practices of the Bulgarian pedagogical school of natural science are upgraded and updated in terms of the current understanding of the design of STEAM-based learning in Bulgarian schools.

Keywords: physics and astronomy, educational design, STEAM-based learning

Възможности на образователния дизайн за проектиране на STEAM базирано обучение по физика и астрономия VII клас

Руска Драганова-Христова^{1,2}, доц. д-р Снежана Йорданова², гл. ас. инж. хим. Христивелина Жечева³

¹*ОУ „Бачо Киро“, гр. Велико Търново*

²*СУ „Св. Климент Охридски“*

³*Университет „Проф. д-р Асен Златаров“, гр. Бургас*

Резюме: Научното съобщение разглежда въпроса за проектиране на STEAM базирано обучение по физика и астрономия с използване възможностите на образователния дизайн. Експерименталната същност на учебния предмет изисква създаване на подходяща образователна среда в условията на учебен експеримент със силно изразени когнитивни, дейностни и афективни аспекти.

Представени са възможности за проектиране на теми от учебното съдържание по физика и астрономия VII клас. За целта са конкретизирани общи модели на образователен дизайн в условията на STEAM базирано обучение и учебно експериментиране в училище. Описани са учебни дейности и условия за постигане на очаквани резултати, съгласно Държавния образователен стандарт (ДОС). Добрите педагогически практики, на българската педагогическа школа по природни науки, са надградени и актуализирани от гледна точка на съвременните разбирания за проектиране на STEAM базирано обучение в българското училище.

Ключови думи: физика и астрономия, образователен дизайн, STEAM базирано обучение

**Дизайн на Концептуална Карта за Идентифициране и Коригиране
на Мисконцепции на Учащи относно Корпускулярно-Вълновия
Дуализъм на Светлината**

*Екатерина Писанова, Нина Герева, Желязка Райкова
Катедра „Образователни технологии“, Физико-Технологичен факултет, ПУ „П.
Хилендарски“*

Концепцията за дуалността вълна-частица играе централна роля в обяснението на квантовите явления. Тя често се цитира като символичната бариера, която трябва да бъде преодоляна, за да се развие абстрактно мислене, необходимо за разбирането на тези явления. Научни изследвания показват, че голяма част от трудностите на учащите при разбирането на тази концепция се дължат на техните субективни представи, които са несъвместими с научните идеи (мисконцепции). Следователно, необходимо е изследване на мисконцепциите и обновяване на дидактическите инструменти, използвани при преподаване на концепцията за корпускулярно-вълновия дуализъм. В тази статия е представен списък на мисконцепции за корпускулярно-вълновия дуализъм на светлината, които са идентифицирани и описани в научната литература. Ние предлагаме дизайн на концептуална карта за корпускулярно-вълновия дуализъм на светлината, която може да се използва както като учебен ресурс, така и като инструмент за идентифициране на мисконцепции на ученици от различни образователни нива (задължително и разширено обучение по физика в средното училище и обучение по физика и инженерство в бакалавърски програми). Тази статия и литературата, цитирана в нея, могат да се използват като основа за педагогически изследвания на концептуалните затруднения на учениците относно корпускулярно-вълновия дуализъм на светлината.

Ключови думи: корпускулярно-вълнов дуализъм на светлината, формиране на концепции, мисконцепции, концептуална карта