



СЪЮЗ
НА ФИЗИЦИТЕ
В БЪЛГАРИЯ

3'20

СВЕТЪТ
СВЕТЪТ
СВЕТЪТ
СВЕТЪТ

НА

ФИЗИКАТА

Корица: Чиния от муранско стъкло

С В Е Т Ъ Т Н А Ф И З И К А Т А

том XLIII, кн. 3, 2020 г.

Издание на Съюза на физиците в България

<http://phys.uni-sofia.bg/upb/>

РЕДАКЦИОННА КОЛЕГИЯ

ГЛАВЕН РЕДАКТОР

Сашка Александрова

ЗАМЕСТНИК-ГЛАВЕН РЕДАКТОР

Ана Георгиева, Мариана Кънева

ОТГОВОРЕН СЕКРЕТАР

Пенка Лазарова

ЧЛЕНОВЕ

Иван Лалов, Евгени Попов,
Питър Таунсенд, Радостина
Камбурова, Борислав Павлов,
Светлен Тончев, Желязка
Райкова, Игорь Масляницын,
Михай Анастасеску, Лилия
Атанасова

РЕДАКЦИОНЕН СЪВЕТ

Александър Г. Петров, Николай В.
Витанов, Чавдар Стоянов,
Николай К. Витанов, Лъчезар
Аврамов, Хассан Шамати,
Евгения Вълчева

ВОДЕЩ БРОЯ: Сашка Александрова

EDITORIAL STAFF

EDITOR-IN-CHIEF

Sashka Alexandrova

VICE EDITOR-IN-CHIEF

Ana Georgieva, Mariana Kuneva

EXECUTIVE SECRETARY

Penka Lazarova

MEMBERS

Ivan Lalov, Evgeni Popov,
Peter Townsend, Radostina
Kamburova, Borislav Pavlov,
Svetlen Tonchev, Zhelyazka
Raykova, Igor Maslyanitsyn,
Mihai Anastasescu, Liliya
Atanasova

EDITORIAL COUNCIL

Alexander G. Petrov, Nikolay V.
Vitanov, Chavdar Stoyanov,
Nikolay K. Vitanov, Lachezar
Avramov, Hassan Chamati,
Evgenia Valcheva

VOLUME EDITOR: Sashka Alexandrova

АДРЕС НА РЕДАКЦИЯТА:

Бул. „Джеймс Баучер“ №5,
1164 София

EDITORIAL OFFICE ADDRESS:

5, James Bouchier Blvd,
1164 Sofia

☎ 02 862 76 60

E-mail: worldofphysics@abv.bg

Предпечатна подготовка: Л. Атанасова

ISSN: 0861–4210

РЕДАКЦИОННО

В странните времена на световната пандемия

Когато си пожелавахме щастлива и успешна 2020 година, не подозирахме пред какви трудности ще се изправи цялото човечество само след броени седмици и какви промени ни предстоят.

По-долу споделяме с читателите трудностите и предизвикателствата пред физичната общност в тези трудни времена, така както ги определя редакционната колегия на *Europhysics News*, списанието на Европейското физично дружество, в уводната статия на броя от април тази година. Същите тези трудности и предизвикателства стоят и пред нашата физична колегия, учени и преподаватели от всички нива на образованието.

В началото на април, по време на написването на тази статия, пандемията Covid-19 все още продължаваше да се разраства. Трудно е да си представим какъв ще бъде светът, когато прочетете тази статия.

Въздействието на кризата е значително за всички както на лично, така и на професионално ниво. Впечатляващите репортажи по телевизията, в списанията и в социалните медии свидетелстват за огромната всеотдайност на работещите на жизненоважни работни места и за трагедията от загубата на човешки животи.

Физичната общност също е засегната и се опитва да се адаптира и да даде подкрепа на обществото, където е възможно. Широко разпространеният опит на физиците за работа от вкъщи, дистанционно участие в големи срещи по физика или представяне на презентации или лекции от разстояние е особено ценен. Обнадеждаващо е колко учители по физика осигуряват онлайн обучение на всички нива. Удивително е колко много млади студенти по физика помагат на училищата да организират дистанционно обучение или да участват в него, като изнасят онлайн демонстрации и лекции за по-млади ученици.

Въпреки че физиката няма доминираща роля във вирусологията и епидемиологията, има много физици, които работят в медицински организации, където се използват техните физични познания за подпомагане на разработването на ваксини или моделиране на сложния многостранен процес на разпространение на вируса сред световното население. Инженери и техници във физичните лаборатории съдействат да се реши недостигът на вентилатори и защитни материали.

Младите учени се притесняват от въздействието на кризата върху кариерата им. Много лаборатории са затворени и конференциите са отложени, отменени или превърнати в онлайн събития. С това ще им бъде трудно да покажат своите постижения. Със сигурност по-възрастните

колеги ще им помагат, когато е възможно, като останат в стабилен контакт от разстояние. За щастие вече се изготвят планове за подкрепа от финансиращи агенции и университети. Най-младите поколения физици заслужават пълната подкрепа на физичната общност в най-широкия смисъл.

В настоящите трудни времена на несигурност и недостиг на опит за *Covid-19* е особено важно да се подкрепя разпространението на научни знания и доверието в учените и научния подход при решаване на непрекъснато възникващите проблеми. Трябва да помним също, че всяко по-нататъшно развитие непременно се базира на фундаменталните знания, не само в областта на вирусологията и епидемиологията.

Надяваме се „Светът на физиката“ да допринася за тази цел. Въпреки трудностите списанието излиза редовно онлайн и абонатите получават своите броеве.

В настоящия брой можете да прочетете за приложението на физичните методи в различни области, на пръв поглед далеко от физиката, като лазерните методи в археометрията за изследване на археологически артефакти от различни материали и епохи, предположения за древните технологии на производство, както и за определяне произхода и предназначението им.

Разказът за ювелирното изкуство на майсторите-стъклари, техните тайни при изработването на цветните стъкла за витражите на храмовете от древния Египет до средновековна Венеция, предвестници на съвременните нанотехнологии, е всъщност разказ за връзката на науката и изящните изкуства.

Ще си спомним за едно постижение на нашата наука – българската космическа одисея, напрегнатата работа по така наречения проект „България-1300“ за изстрелването на българския научен спътник, чрез разказа на един от непосредствените участници. Надяваме се историята на космическата дейност у нас да послужи за вдъхновение на младите физици.

В рубриката „Новини“ можете да прочетете за опита да бъде разгадана 33-годишна мистерия за образуване на неутронна звезда чрез ново изследване с радиоинтерферометъра *ALMA*, за изстрелването на три мисии до Червената планета и за развитието на работата по проекта *ITER*.

За отбелязване на златния 50-ти юбилей на *Physical Review A*, най-престижното списание за оптика, атомна и молекулярна физика и квантова информация, редакторите на списанието избират от архива си три основополагащи статии с голямо значение за развитието на нови направления. Вижте кои са те.

Ще довършим и историята за живота на един от четиримата основатели на квантовата електродинамика – Фрийман Дайсън.

Сашка Александрова,
главен редактор на „Светът на физиката“

ПРИЛОЖЕНИЕ НА ЛАЗЕРНО ИНДУЦИРАНА ПЛАЗМЕНА СПЕКТРОСКОПИЯ (LIBS) В АРХЕОМЕТРИЯТА

Вани Танкова, Кирил Благоев, Галина Малчева

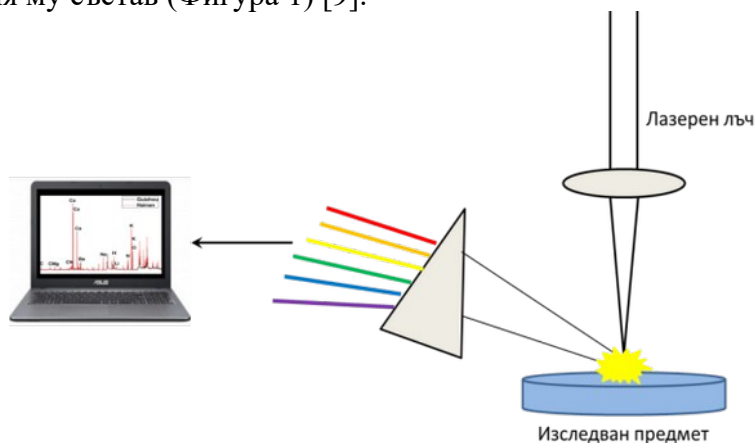
Методът *LIBS*

С развитието на съвременните технологии лазерите навлизат все повече в областта на археометрията и опазването на културното наследство. Прилагането на лазерни технологии в археометрията е сложна задача заради уникалния и деликатен характер на артефактите, а разнообразната природа на изследваните обекти изисква интердисциплинарен подход при тяхното изучаване, в който се обединяват методи от различни сфери на науката: химични, физични, минераложки, геоложки, металургични, заедно с познанията на историци, археолози и реставратори. Една от важните задачи за решаване при изследването на археологически обекти е да се определи елементният състав на материала, от който са направени. На базата на получената информация могат да се правят заключения за произхода на предметите и за древните технологии на изработка.

Съществуват много методи за определяне на състава и концентрацията на елементите в различни материали, като едни от най-разпространените аналитични методи се базират на взаимодействие на лъчение с веществото. Това лъчение може да бъде лазерно лъчение, рентгеново лъчение, а може и да е сноп от електрони. Един от често прилаганите спектрални аналитични методи, в който се използват лазерни източници, е лазерно индуцирана плазмена спектроскопия (*Laser Induced Breakdown Spectroscopy – LIBS*). Този метод е навлязъл като надежден инструмент за спектрален анализ на различни материали, които може да бъдат в твърдо, течно или газообразно състояние. Методът *LIBS* притежава някои характеристики, които го правят предпочитан в областта на археологията. Най-важната от тях е неговият микродеструктивен характер. Тази характеристика е от особена важност, когато се изследват археологически артефакти и трябва да се внимава да не се наруши тяхната цялост. Други особености, които го правят атрактивна аналитична техника, са неговата сравнително проста апаратура и лесното ѝ използване, бързината на провеждане на анализа, необходимостта от малка или никаква предварителна подготовка на изследваната проба, няма ограничение за размера и формата на пробата и възможността за провеждане на анализ на терен. Освен това методът позволява да се прави дълбочинен (послоен) анализ без да се налага разрушаване на изследвания предмет.

Методът *LIBS* намира приложение и в много други области от обществено значение: в индустрията [1, 2], биомедицината [3, 4], екологията и опазването на околната среда [5, 6], криминалистиката [7, 8] и др.

Принципът на лазерно индуцираната плазмена спектроскопия се състои във фокусирането на мощен лазерен импулс върху повърхността на изследвания предмет, което води до нагряване на облъчената повърхност и аблиране на малка част от материала. Аблираният материал продължава да поглъща енергия от лазерния импулс и атомите в него се възбуждат и йонизират. Така се образува плазмен облак, в който се съдържат свободни електрони, атоми, йони и молекули от материала на изследвания предмет. По време и след края на лазерния импулс започва процес на рекомбинация на йоните и електроните, а след това – процес на релаксация. И двата процеса са съпроводени с излъчване на светлина. При рекомбинацията се излъчва непрекъснат спектър, а при релаксацията се излъчват характерните атомни и йонни спектрални линии. Тъй като в плазмата се съдържат частици на елементите, изграждащи предмета, светлината, излъчена от плазмения облак, носи информация за елементния му състав (Фигура 1) [9].



Фигура 1. Принцип на действие на лазерно индуцирана плазмена спектроскопия (*LIBS*)

Целта на проведените изследвания в Института по физика на твърдото тяло е с метода *LIBS* да се изследват археологически артефакти от два различни материала – бронз и пигменти в оцветена мазилка. Изследваните бронзови предмети (Фигура 2) са от няколко археологически обекта в България: праисторическото селище Балей и некропола до него; тракийското ямно светилище при с. Малко Тръново; тракийския скален комплекс „Глухите камъни“ и артефакти от колекцията на Националния археологически институт с музей към БАН. Те представляват предимно накити, сечива, инструменти и оръжия.

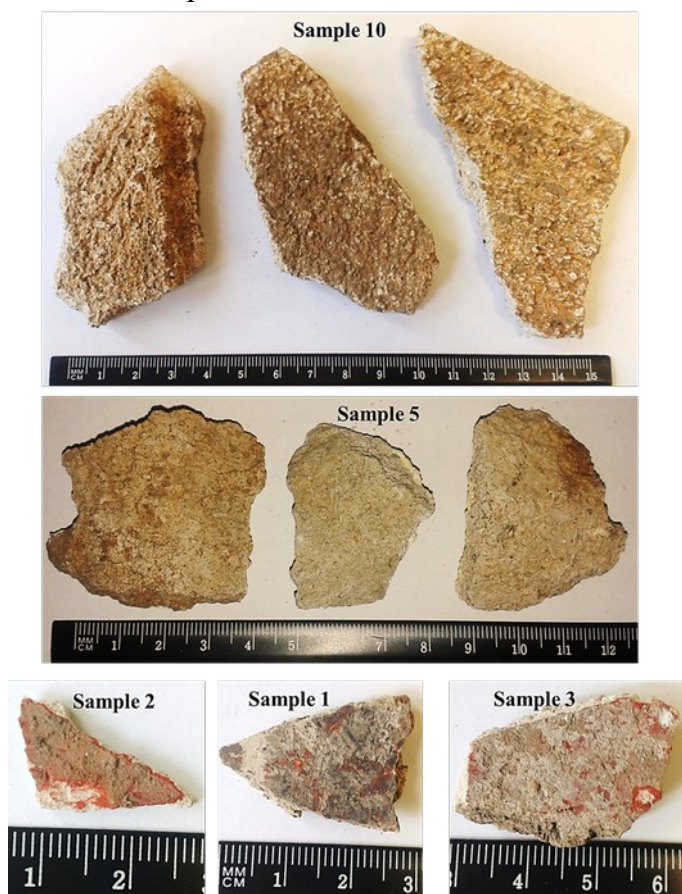


Фигура 2. Част от изследваните бронзови предмети

Изследваните фрагменти от оцветена хоросанова мазилка (Фигура 3) са от няколко тракийски гробници: Мъглижката гробница, Казанлъшката гробница, Шушманец, Хелвеция, Сарафова могила, Александровската гробница, гробницата при Долно Луково, Руженската гробница и кралския дворец в древния тракийски град Севтополис.

В много случаи, за получаване на по-достоверна информация, даден метод се използва в комбинация с други методи. Комбинирането на два или повече метода може да се прави с цел валидиране на резултатите или като взаимно допълващи се методи. Някои от методите, с които *LIBS* най-често се комбинира, са рентгенофлуоресцентен анализ (*X-Ray Fluorescence – XRF*), сканираща електронна микроскопия (*Scanning Electron Microscopy – SEM*), индуктивно свързана плазма с маспектрометрия (*Inductively Coupled Plasma*

Mass Spectrometry – ICP-MS). Бронзовите предмети в настоящото изследване са правени в комбинация предимно с *XRF*.

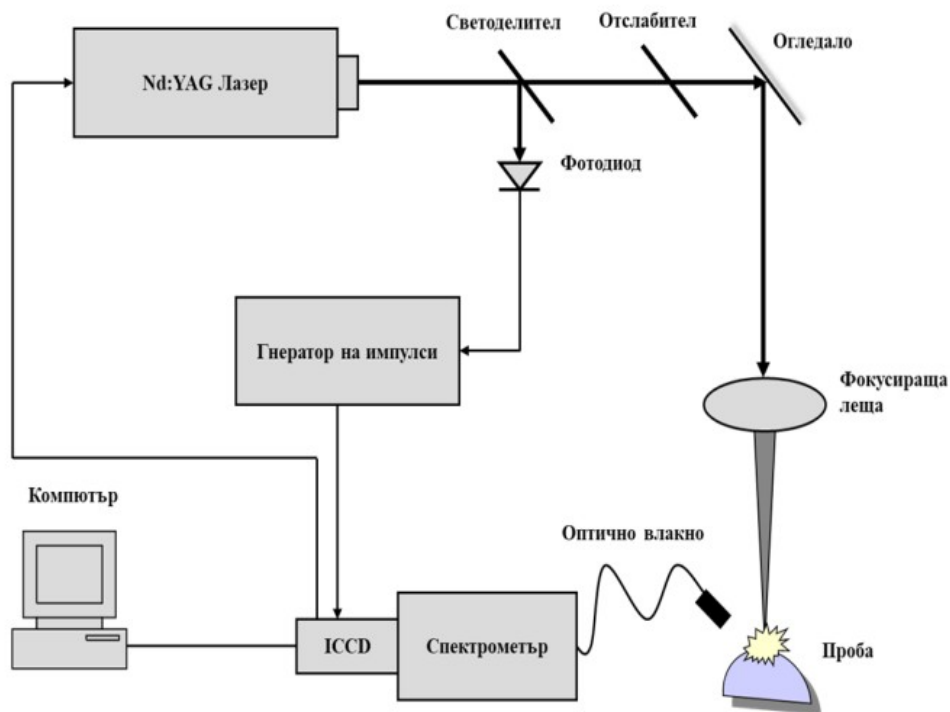


Фигура 3. Част от изследваните фрагменти от мазилки (проби № 1, 2 и 3 – от древния град Севтополис, проба № 5 – от Шушманец, проба № 10 – от Хелвеция)

Експериментална апаратура

Експерименталната установка, с която са проведени изследванията (Фигура 4), се състои от: импулсен Nd:YAG лазер (тип *Quanta Ray GCR-3*), излъчващ на основна дължина на вълната – 1064 nm с продължителност на импулса 10 ns и енергия 750 mJ, работещ в режим на *Q*-модулация; система за регистрация и анализ на спектрите, състояща се от спектрометър тип *Echelle* (*Mechelle 5000*), който покрива диапазона 220 ÷ 850 nm и многоканален *ICCD* (*Intensified charge-coupled device*) детектор (тип *DH-734-T-18F-03*, *Andor Technology*); генератор на импулси (тип Г5-56) за задаване на времето между аблационния лазерен импулс и регистрацията на сигнала (*Delay*) и продължителността на заснемането (*Gate*); оптическа система за насочване на лазерния лъч и контрол на енергията, която се състои от светоделителна

пластина, фотодиод, отслабител на енергия и фокусираща леща с фокусно разстояние $f = 170 \text{ mm}$.



Фигура 4. Блок схема на експерименталната установка

Лазерът се запуска от ICCD камерата. Лазерният лъч преминава през светоделителна пластина и част от него се отклонява към фотодиод, от който се подава сигнал към генератора на импулси. Така се задава началният момент на аблацията. От генератора на импулси се задават *Delay* и *Gate*. Генераторът подава импулс на ICCD детектора и той регистрира сигнал за зададеното време при зададено закъснение спрямо лазерния импулс. Стойностите на *Delay* и *Gate* са подбрани така, че атомните и йонните емисионни линии да бъдат разграничени от непрекъснатото излъчване (континуум) на плазмата и да останат главно атомните спектрални линии, по които се идентифицират елементите в изследваната проба. За тази цел стойностите са избрани да са по $1 \mu\text{s}$. След светоделителната пластина лъчът преминава през отслабителя на енергия. С него енергията се намалява до необходимите пониски стойности. Тези стойности на енергията са подбрани така, че заснетите спектри да са с добро съотношение сигнал/шум, като в същото време да не се поврежда изследваният предмет. След това лъчът преминава през лещата и се фокусира върху повърхността на изследвания предмет, който е разположен върху X-Y-Z транслационна маса. След създаване на плазмения облак светлината, излъчена от плазмата, се събира с оптично влакно с $50 \mu\text{m}$

диаметър. С него светлината се отвежда до системата за регистрация и анализ на спектрите.

Спектрометърът дава възможност за три режима на регистриране на спектрите: спектр, получен от единичен лазерен импулс; акумулиране (спектр, получен при натрупване и усредняване на даден брой лазерни импулси); кинетична серия (серия от няколко спектъра, всеки от които получен чрез акумулиране).

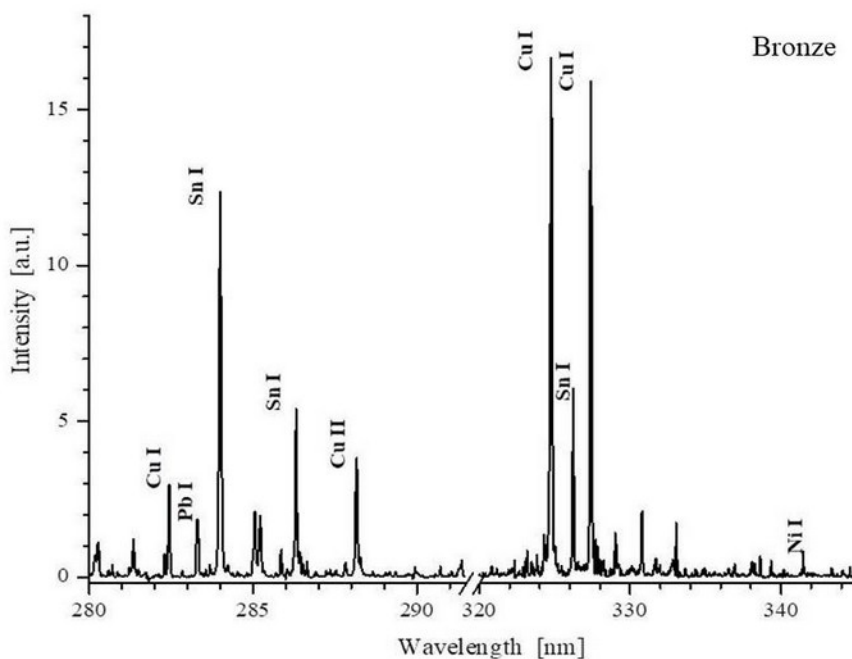
Резултати от изследванията

Бронзови артефакти. Както е известно, бронзът е сплав, състояща се главно от мед с добавка от калай или арсен. Концентрацията на мед варира в граници $70 \div 95\%$. В класическата бронзова сплав концентрацията на калай варира в граници $5 \div 15\%$. Установено е, че при добавяне на калай в такава концентрация към медта пластичността на бронза намалява и се получава по-твърд бронз, който е по-подходящ за леене [10, 11]. За да се подобрят свойствата на сплавта за леене, понякога е добавяно олово. Бронзът може да съдържа и следи от други елементи като желязо, никел, манган и др.

Изследванията на бронзови предмети са правени с енергия на лазерния лъч 10 mJ. Спектрите са заснети в режим „кинетична серия“, т.е. записват се усреднените сигнали от 10 спектъра, всеки от които е резултат от 30 последователни лазерни импулса, приложени в една и съща точка от повърхността на предмета. Кинетична серия се прави, първо, за да намалим статистическата грешка и второ – за да се изберат спектрите, в които интензитетът на спектралните линии остава постоянен. Обикновено първите $2 \div 3$ спектъра от сериите не се включват в анализирането, тъй като те са повлияни от корозията.

Първата аналитична задача е да се определи елементният състав. За определяне на елементите от получените спектрални линии са използвани таблици, дадени в [12]. На Фигура 5 е показана част от типичен емисионен спектр на бронз, получен с лазерно индуцирана плазма. Както се вижда, той съдържа главно спектрални линии на мед, калай и олово.

Резултатите от качествения анализ показват, че всички предмети съдържат главно мед и калай. Един от елементите, определящи механичните свойства на сплавта – оловото, също присъства във всички предмети. Отчетени са и следи от желязо, никел, манган, силиций, калций, антимон, цинк и арсен. Наличието на арсен може да се дължи на присъствието му в рудата. Но също може да е резултат от рециклирането на арсениев бронз. Арсениевият бронз е характерен за Ранната и Средната бронзова епоха и е предшественик на калаения бронз [13 – 15]. Елементи като силиций и калций се допуска, че са попаднали от почвата, в която артефактите са престояли хиляди години.



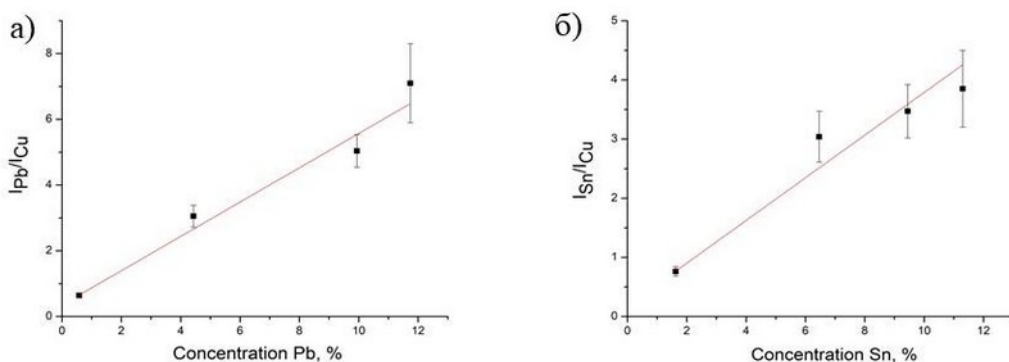
Фигура 5. Част от типичен LIBS спектър получен за един от бронзовите предмети

Когато се прави количествен анализ на метални археологически артефакти, трябва да се вземат предвид два фактора, които могат да повлияят на резултатите от изследването. Единият фактор е корозията на металите. При изследването на бронзови артефакти трябва да се знае, че повърхностният слой съдържа главно медни соли, а много често и съединения на калая. Това е т.нар. патина, която се образува по повърхността на бронзовите предмети. Тя е следствие от химичните реакции между предмета и обкръжаващата го среда. Поради тази причина предварително се прилагат от 20 до 100 почистващи импулса (в зависимост от дебелината на корозионния слой) в точката, в която се прави измерването.

Другият фактор, влияещ на резултатите от количествения анализ, е нехомогенността на сплавта. Нехомогенният характер на сплавта се дължи на недоброто смесване на отделните метали по време на производството. При количественото определяне на елементния състав трябва също да се вземе под внимание, че съставът на плазмата освен от състава на пробата зависи и от термичните и оптични свойства на материала, от който е направена. Това са т.нар. матрични ефекти [16]. Те оказват влияние върху количеството на аблация материал, а следователно и на интензитета на спектралните линии на елементите, от които е съставена пробата. За да се сведе до минимум влиянието на матричните ефекти върху резултатите от количествения анализ, се

използват няколко стандартни образци. Образците се подбират така, че елементният им състав да е сходен с този на изследвания предмет. Използвали сме 4 сертифицирани стандартни образци. Те са произведени от *Bureau of Analysed Samples LTD (BAS), England*.

В проведените изследвания сме се ограничили до определянето на концентрациите на калай и олово, тъй като това са елементите, от които зависят механичните свойства на сплавта. Количественият анализ е извършен, като са построени калибровъчни криви. С помощта на стандартите е построена калибровъчна крива за всеки елемент, чиято концентрация се търси (Фигура 6). По оста x се нанасят концентрациите на елемента, който ще търсим в стандартите. По оста y се нанася отношението на интензитетите на спектралните линии на калай към мед и съответно на олово към мед (I_{Sn}/I_{Cu} и I_{Pb}/I_{Cu}). Това съотношение се прави, за да се избегне влиянието на флукутацията на интензитета на спектралните линии от спектър в спектър.



Фигура 6. Калибровъчни криви за а) калай и б) олово

Спектралните линии, които са подбрани за построяване на калибровъчните криви, трябва да са същите, които се използват за количествения анализ на изследвания обект. Линиите, които са използвани за количественото определяне на калай и олово, са съответно: Sn – 284,0 nm и Cu – 282,4 nm; Pb – 405,8 nm и Cu – 406,3 nm.

От резултатите, получени от количествения анализ, може да се обобщи, че съдържанието на калай и олово в изследваните предмети е между 1,8% и 25,8%, а в повечето предмети варира средно между 8% и 15%. Оловото варира между 0,05% и 3%, като в повечето предмети е под 1%.

Резултатите от количествения анализ с *LIBS* са сравнени с резултатите от *XRF* и показват много добро съвпадение в рамките на грешката.

Фрагменти от хоросанови мазилки. Всички фрагменти от мазилки освен с *LIBS* са изследвани и с комплекс от физични, химични, спектрални и минераложки методи. С помощта на фазов рентгенов дифракционен анализ е установен минералният състав на мазилките. За определяне на химичния и фа-

зовия състав, формата и размерите на градивните частици са използвани сканираща електронна микроскопия и трансмисионна електронна микроскопия (*TEM*). С цел да се получи достоверна информация за структурата и състава на мазилките на молекулно ниво, те са изследвани и с инфрачервена микроскопия (*IRS*), Раманова спектроскопия и електронен парамагнитен резонанс (*EPR*) [17].

Целта на изследването е с *LIBS* да се определи елементният състав на пигментите, използвани за оцветяване на мазилките, и да се провери дали с получените резултати могат да се потвърдят резултатите от анализите с другите методи. На базата на получената информация от нашето изследване биха могли да се правят предположения за древната технология за създаване на пигментирана шукатура върху хоросанова мазилка.

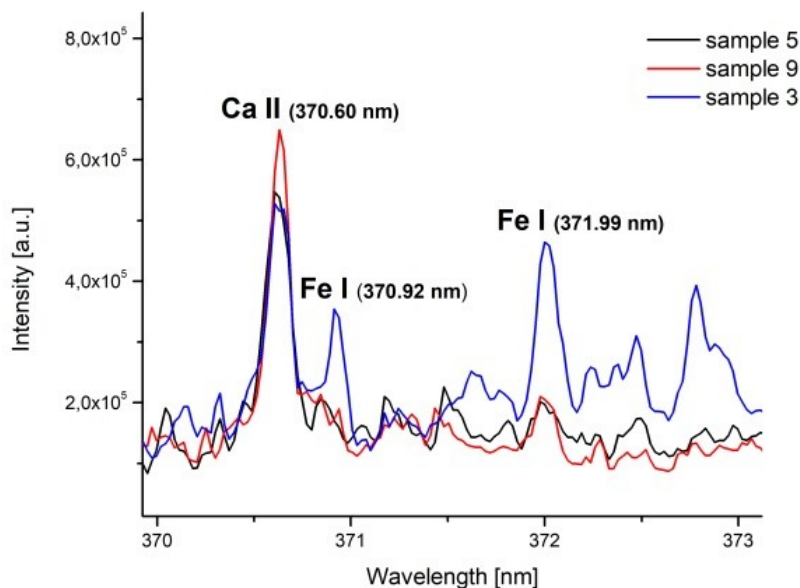
Хоросанът е материал, който е създаден и се използва като един от основните строителни материали още в античността. Употребявал се е като спойващо вещество между каменните блокове, а също и като мазилка на стените. Той се прави главно от вар (основно калциев оксид CaO или калциев хидроксид Ca(OH)_2), пясък и вода.

Анализите на фрагменти от хоросанова мазилка са извършени при условия, различни от тези при анализите на бронзови предмети. Заради порестата структура на мазилките и по-тънкия изследван слой се налага пробите да се облъчват с по-малка енергия. В случая с мазилките енергията е 8 mJ. При изследването на пигменти не е направен количествен анализ поради липса на подходящи стандарти.

Резултатите от елементния анализ с *LIBS* показват, че във всички фрагменти главните елементи са калций, силиций, магнезий, натрий, алуминий, желязо и калий. Установени са също и следи от манган, никел, титан и цинк, а в някои фрагменти – и олово.

Декорирането на стените се е извършвало, като са се нанасяли обикновено три груби слоя хоросан, върху тях са нанасяли около три слоя по-фин хоросан и върху последния фин слой се е нанасял пигментът. Най-използваните цветове за декориране на тракийските гробници са червено, жълто, оранжево, бяло, черно и виолетово. В различните гробници са използвани различни нюанси на червеното, като тези нюанси зависят от минералния състав на пигмента [17].

Според резултатите от *LIBS*-анализа желязото присъства във всички фрагменти, но при тези, които са оцветени в жълто, оранжево и червено, се наблюдава увеличено количество на желязо, като то е най-много в червените мазилки. Като пример за това на Фигура 7 е показана част от *LIBS* спектър, от който се вижда повишено количество на желязо в проба № 3, която е оцветена в червено, в сравнение например с проби № 5 и 9, които са бели.



Фигура 7. Част от LIBS спектър, показващ завишено количество на желязо в предмет № 3

Това може да бъде потвърждение на резултатите от другите методи, според които за жълто, оранжево и червено багрило са се използвали желязосъдържащи минерали [17].

От анализа с LIBS също така е установено наличие на калий, алуминий, магнезий и силиций във всички изследвани мазилки. Това би могло да бъде потвърждение на предположението, че във варовата смес са се използвали минерали като биотит ($\text{K}(\text{Mg,Fe})_3\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$) и мусковит ($\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$) [17].

Знанието за минералния състав на пигментите, използвани за оцветяване на антични мазилки, може да помогне за правенето на предположения за източниците на използваните суровини, за практическите умения на древните майстори и за цветовите характеристики на различните минерали.

Заклучение

Изследването на археологически артефакти изисква прилагането на комплексен мултидисциплинарен подход. Ние сме изследвали значителен брой предмети от различни находища, с което демонстрираме и способността на LIBS за елементен анализ на различни материали. Методите за анализ с техните области на приложение се допълват взаимно, което позволява да се получи максимална информация за изследваните артефакти. Получените резултати с LIBS са сравнени и с резултатите, получени с други методи, като по този начин се проверява достоверността им, което е единственият правилен подход, тъй като възможна грешка в измерванията с един метод може да до-

веде до грешна интерпретация на резултатите. Данните, получени от изследванията, позволяват да се направят предположения за древните технологии на производство, както и за произхода и предназначението на предметите, което осигурява полезна информация за археолози, реставратори и историци.

Благодарности

Това изследване беше частично подпомогнато от Министерството на образованието и науката на България по Национална научна програма „Млади учени и постдокторанти“, одобрена от DCM # 577 / 17.08.2018 г. и от проекта „Траките – генезис и развитие на етноса, културни идентичности, цивилизационни взаимодействия и наследство от древността“ на БАН.

Литература

- [1] R. Noll, C. Fricke-Begemann, S. Connemann, C. Meinhardt, V. Sturm, „LIBS analyses for industrial applications – an overview of developments from 2014 to 2018“, *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 33 (6), 945 – 956, (2018).
- [2] G. Lorenzetti, S. Legnaioli, E. Grifoni, S. Pagnotta, V. Palleschi, „Laser-based continuous monitoring and resolution of steel grades in sequence casting machines“, *Spectrochimica Acta Part B*, 112, 1 – 5, (2015).
- [3] Xian-Yun Liu, Wei-Jun Zhang, „Recent developments in biomedicine fields for laser induced breakdown spectroscopy“, *Journal of Biomedical Science and Engineering*, 1, 147 – 151, (2008).
- [4] L. Sancey, V. Motto-Ros, B. Busser, S. Kotb, J. M. Benoit, A. Piednoir, F. Lux, O. Tillement, G. Panczer, J. Yu, „Laser spectrometry for multi-elemental imaging of biological tissues“, *Scientific Reports*, 4 (1), (2014).
- [5] Nilesh K. Rai, A. K. Rai, „LIBS – An efficient approach for the determination of Cr in industrial wastewater“, *Journal of Hazardous Materials*, 150, 835 – 838, (2008).
- [6] K. Y. Yamamoto, D. A. Cremers, M. J. Ferris, L. E. Foster, „Detection of Metals in the Environment Using a Portable Laser-Induced Breakdown Spectroscopy Instrument“, 50 (2), 222 – 233, (1996).
- [7] M. M. El-Deftar, N. Speers, S. Eggins, S. Foster, J. Robertson, C. Lennard, „Assessment and forensic application of laser-induced breakdown spectroscopy (LIBS) for the discrimination of Australian window glass“, *Forensic Science International*, 241, 46 – 54, (2014).
- [8] M. Tofanelly, L. Pardini, M. Borriani, F. Bartoli, A. Bacci, A. D’Ulvio, E. Pitzalis, M. C. Mascherpa, S. Legnaioli, G. Lorenzetti, S. Pagnotta, G. Cavalcanti, M. Lezzerini, V. Palleschi, „Spectroscopy analysis of bones for forensic studies“, *Spectrochimica Acta Part B*, 99, 70 – 75, (2014).
- [9] D. A. Cremers, L. J. Radziemski, „Handbook of Laser-Induced Breakdown Spectroscopy“, Second edition, Wiley (2013).
- [10] <https://www.britannica.com/technology/bronze-alloy>.
- [11] <https://www.sciencing.com/characteristics-bronze-metals-8162597.html>.
- [12] „Wavelength Tables with Intensities in Arc, Spark or Discharge Tube“, Massachusetts Institute of Technology, with Errata and Certain Revisions, measured and com-

- plied under the direction of George R. Harrison, THE M. I. T. PRESS Cambridge, Massachusetts and London, England, (1969).
- [13] D. A. Scott, J. Podany, B. B. Considine, „Ancient and Historic Metals: Conservation and Scientific Research“, Getty Publications (1994).
- [14] N. H. Gale, A. Papastamatakis, Z. A. Stos-Gale, S. Leonis, „An Early Bronze Age Copper Smelting Site on the Aegean Island of Kythnos“, in: J. E. Jones (Ed.), *Proceedings of the Acta of a British School at Athens Centenary Conference on Aspects of Ancient Mining and Technology*, 23 – 31, Bangor, (1988).
- [15] Z. A. Stos-Gale, „Cycladic Copper Metallurgy“, in A. Hauptmann, E. Pernicka, G. A. Wagner (Eds.), *Proceedings of the International Symposium on Old World Archaeometallurgy*, Der Anschnitt, Beiheft, 7, 279 – 293, (1989).
- [16] B. C. Windom, D. W. Hahn, „Laser ablation – laser induced breakdown spectroscopy (LA – LIBS): a means for overcoming matrix effects leading to improved analyte response“, *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 24, 1665-1675 (2009).
- [17] Г. Нехризов, Г. Авдеев, Е. Тарасова, М. Тарасов, Р. Титоренкова, Н. Петрова, Б. Стамболийска, М. Рогожеров, Д. Янчева, Р. Кукева, П. Марков, Д. Нихтянова, Ц. Димитров, Р. Стоянова, „Сравнителен анализ на пигменти, пигментирани мазилки и строителни материали, използвани при изграждането на тракийски култови съоръжения“, във В. Николов (ред.), „ТРАКИЙСКАТА ДРЕВНОСТ: технологични и генетични изследвания, история и нематериално наследство“, Издателство на БАН „Проф. Марин Дринов“, София (2017).

APPLICATION OF LASER INDUCED BREAKDOWN SPECTROSCOPY (LIBS) IN ARCHAEOLOGY

Vani Tankova, Kiril Blagoev, Galina Malcheva

Laser induced breakdown spectroscopy (LIBS) is a technique that is an alternative of atomic emission spectroscopy and is based on analyzing the atomic spectra emitted by laser induced plasma. This analytical technique provides valuable information about the elemental composition and ingredients concentrations of various materials in liquid, solid or gaseous state. LIBS has some advantages over other analytical methods: fast measurement time, broad elemental coverage, little or no sample preparation needed, etc. These capabilities and the fact that the method is micro-destructive make LIBS preferred in the field of archaeometry where it is of significant importance to not damage the investigated objects. In this paper we present in brief the results obtained from analysis of two of the common archaeological materials: bronze alloys and pigments.

ТАЙНИТЕ НА ВЕНЕЦИАНСКИТЕ СЪТЪКЛАРИ, ОСВЕТЕНИ ОТ СЪВРЕМЕННИТЕ НАНОТЕХНОЛОГИИ

Василка Пенчева

В памет на доцент д-р Вера Хаджимитова

В атмосферата, срещите и разговорите около физиката с колеги по време на конференциите на Балканското физическо дружество, винаги има приятни предизвикателства. На последната, Х-ата Юбилейна балканска конференция, домакин и организатор бе нашият Съюз на физиците в България. При аранжирането на една от постерните сесии, с Вера Хаджимитова проверявахме постерите за евентуални проблеми и срещнахме колеги от Хърватия, които на своя постер докладваха изследванията си над стъклените цветни витражи на старинни църковни храмове. Реставрацията на старинните изделия от стъкло, в т.ч. витражите на храмовете и на сгради – паметници на архитектурата, се оказва твърде специфична дейност. Изискват се задълбочени научни познания за процесите на стареене на стъклото, качествата и технологиите, по които е изработено. За всичко това, все по-често е необходимо да се провеждат целенасочени научни изследвания.

Бяхме впечатлени не само от представата за витражните картини, поразяващи със своето великолепие на цветовете и игра на светлината, а и от характера на изследването в различни негови аспекти. За мен интригуваща бе самата идея, идваща от Средновековието, за добавянето на изключително миниатюрни частици – наночастици според съвременното класифициране, на злато, сребро и други метали при изработването на цветните стъкла за витражите на храмовете, които освен естетическа, са имали и фотокаталитична роля при почистване на въздуха вътре от органични замърсители.

Вера Хаджимитова насочи разговора към неочаквана посока – **цената на свободата и владенето на специални знания и умения**, припомняйки си за Венеция и Музея на стъклото на близкия остров Мурано. Естествено, в дискусиата за „**качествените знания, технологиите и свободата**“ достигнахме и до друга препратка в стъкло-технологиите от края на Х в., в „**затворения за външни посетители**“ град Горки, в бившия Съветски съюз, където колегите ми от Руската академия на науките създаваха новите технологии и произвеждаха силициевите оптични влакна.

Споделеното силно ме впечатли, макар да имах обща представа за прочутото „венецианско“ или „муранско“ стъкло, предмети и бижута от него. Този прекрасен спомен и вълнуващ разказ на Вера Хаджимитова за венецианските майстори на магическото „муранско стъкло“, за които то не е само работа

или занаят, а смисъл на живота им, за тайнствените им знания и умения, за семейната приемственост, почестите, оказвани им от венецианските управници с цената на отнетата им свобода на придвижване и наказание със смърт при опит да издадат знанията си извън общността, ме изкуши да преразкажа този спомен.

Връщането назад във времето, при търсене на първите цветни стъкла, непременно ще спре в Древен Египет, чиито мистични граждани са владеели технологията за получаване и оцветяване на стъклото с много малки частици от метали. Фактът, че много фини частици на различни вещества притежават различни свойства, в сравнение със свойствата на същите, но с по-едромащабна структура, е известен на хората още от древността. Те са практикували, без да подозират, „нанотехнологиите“, предавали са секретите за производство от поколение на поколение, но причините за уникалните свойства на материалите не е известно да са обяснени в древността. До нас информация за тези знания не е достигнала, поради което хората отново търсят и проправят нов път към тези изгубени до наши дни знания [1].

През XIII – XIV в. настъпва разцвет на Венеция, която натрупва богатство от придвижването на хора и стоки към Източните страни и обратно, свързано със събитията около кръстоносните походи. По това време венецианските търговци донасят от Изтока в Европа първите произведения от стъкло. Навярно тези произведения на източното стъklarство толкова силно са впечатлили венецианците, че те не само стават майстори стъклари, но успяват и да надминат учителите си от Изтока.

Принос към развитието на ювелирното стъklarско изкуство във Венеция имат и последствията от Четвъртия кръстоносен поход от 1204 г., за който спомени се пазят и по нашите земи (през 1208 г. рицарите на Латинската империя разгромяват армията на Втората българска държава и изтласкват българите от Тракия), когато кръстоносците превземат и разрушават Константинопол. Прочутите и опитни константинополски майстори стъклари се преместват и получават покровителството на Венецианската република. Настъпват най-плодотворните години в развитието на ювелирното стъklarство във Венеция. Професията на майстора стъklar се превръща в изключително почетна, повишава социалното ниво и дава нов висок статут на практикуващите я. Тази професия вече определя живота на цели семейни кланове [2, 3]. За много кратък период от време венецианските майстори на стъкло успяват да създадат свои технологии за цветно ювелирно стъкло. Цяла Европа се възхищава и признава майсторството на венецианските стъклари, засипва ги с поръчки за разкошни шедьоври и така е до края на XVIII в.

Но едновременно с възхищението започват и настървени опити за кражба на технологиите на венецианското стъкло. Към Венеция се стичат стотици

майстори, които обсаждат местните майстори-стъклари, опитвайки се да откраднат секретите на божественото им изкуство.

Това принуждава правителството на Венеция през 1291 г. да съсредоточи всички работилници за стъкло и украшения на остров Мурано, който принадлежи към венецианския архипелаг от 118 острова. Така възнамеряват да скрият от конкурентите тайните на своите уникални майстори стъклари, а и да контролират пожароопасното, високотемпературно и нуждаещо се от много питейна и солена вода производство. В историята се появява и новото име на **венецианското стъкло – муранско**, емблематично за Венеция [2, 3].



Музеят на стъклото в Мурано

Муранското стъкло е било разрешено да се произвежда само и единствено на острова. По цяла Европа действали агенти на тайната полиция, издирващи избягали майстори на муранско стъкло, преди да издадат тайните за производството му. Заловените ги очаквала смъртна присъда, а семействата им – вечен позор, защото технологиите са семейна ценност и чест. Същата жестока присъда очаквала и търговците на суровината – заготовка за муранско стъкло, създадена по уникалната венецианска технология, придаваща изключително красиви цветове, прозрачност, необикновена фактура и уникална здравина на произведенията [2].

Майсторите стъклари получават изключително щедри привилегии, но в замяна изгубват свободата си за придвижване. Те завинаги губят правото да

напускат остров Мурано. Семействата на майсторите получават по-висок обществен статут, дъщерите им имат право да се омъжват за венециански аристократи. Роднинските отношения на аристократите с известните майстори, производители на муранско стъкло и ювелирни произведения, се считат за изключително престижни.

Управлението на остров Мурано и гилдията на стъklarите създават особено обществен ред, нещо като „държава в държавата“, със свои много строги закони, дори според средновековното разбиране за строгост. Имат свой Върховен съвет, избран от уважаваните граждани в деня на Св. Николай – Сан Микеле, покровител на стъklarите. През този период секат и собствена монета, дори гилдията на стъklarите във Венеция е могла да назначава свой посланик на остров Мурано за урегулиране на спорни въпроси с метрополията [1-3].

Всеки майстор притежава семейна работилница, в сърцето на която се намира „магическата кухня“. В нея се раждат уникалните техники и тънкости на ювелирното стъklarско изкуство. Всеки майстор създава и прилага в работата собствени техники, пазени в строга тайна, и предавани само по наследство от баща на син. Майсторската степен се получава след 15 години успешна работа в стъклопроизводството [2, 3].

Изминалото време, от епохата на възход и блясък на муранското стъкло до съвременността, не е променило традицията за ръчно производство по старите секретни технологии на венецианските стъклари. Не се допуска никакво машинно или конвейерно производство. Благодарение на съхранените стари традиции в производството на прочутото стъкло, е възможно всеки етап от процеса и магията на технологиите да бъдат обяснени чрез съвременното научно анализиране.

Муранските майстори са създали сложна многостепенна техника за пречистване на стъклото, което е изключително важен етап за постигане на поразителна прозрачност и неповторима яркост на цветовете на ювелирните изделия. Към тази техника на пречистване на изходната маса стъкло, държана в строга тайна, всеки майстор добавя и свои уникални рецепти, по които се раждат разновидностите на муранското стъкло – за съжаление, някои от тях безвъзвратно изгубени, което още повече усложнява научното обяснение на старите загадъчни технологии.

Майсторите от онези времена постигат уменията да създават по-тънки от микрони слоеве стъкло, използват унаследяван достъп до тайни знания за свойствата на веществата, с безкрайно търпение и удивителна ловкост създават неподражаеми по форма, здравина и художествен блясък произведения на изкуството. И днес, както и векове назад, основният инструмент на венецианските стъклари е обикновената дълга метална тръба, разширена в края си като вдлъбната ямка. Този край се нагрива в пещта, после майсторът пота-

пя разширената ямка на тръбата в разтопеното стъкло и захваща късче от него. Започва енергично да върти и да духа в тръбата, и да издува стъклен балон, като чрез умело въртене на балона и чрез прищипване с подходящ инструмент, придава желаната форма на стъкления предмет. С този процес започва омагьосването на стъклото, шепнат му се тайни, майсторът е в стихията си и вгражда въздишките си в него [2, 3].

За да се състои целият този процес, началото се крие в пясъчните кариери с подходящата изходна суровина. Една от древните тайни е съставът на муранското стъкло, за което е използван пясък от френската гора Фонтенбло, един от най-чистите откъм примеси кварцов пясък в света [3]. За някои от видовете изделия от муранско стъкло е използвано стриване на кварцов материал от райони на остров Крит, Сицилия, както и на Северна Италия. Съставът на муранското стъкло е от вида калциево натриев силикат, в който SiO_2 заема около 60 – 70%, от общата маса. Качеството силно е зависело и от чистотата на „Левантинската калцирана сода“ (друг от секретите на прочутото стъкло), доставяна от Близкия Изток, Испания и Франция. Видът, качеството и количеството на останалите добавки към изходния състав на матрицата на муранското стъкло, също съкровено пазена тайна на стъklarите, само са подобрявали условията на работата при създаване на шедьоврите от стъкло.



Вази от муранско стъкло – филигранно и „Cristallo“

За създаването на цветните стъкла са добавяни оксиди на цветни и благородни метали. Зеленият цвят постигали с добавка на железен и меден оксид, червен – с оксид на мед, син – с кобалт, рубиновите нюанси – с частици злато. Знаменитото прозрачно венецианско стъкло „Cristallo“, покорило европейските ценители, поражавя с цветната играта на слънчевата дъга, а с добавка на оловен оксид стъклото става млечно бяло – „Lattimo“.



Муранско стъкло милефиори

Прочути постижения на муранските майстори са стъкла от вида: **авантюриново** – невероятно красиво, получено чрез добавяне на миниатюрни частици мед, кристализиращи след високотемпературна обработка в живописни фигури; **мозаечно** – структурата му се състои от пръчици многослойно разноцветно стъкло с красиви напречни сечения от звезди, цветя, кръгове и фантастични форми; **ахатово** – в него разноцветните слоеве стъкло се разполагат в различни плоскости в общата маса на стъклото, подобно на слоевете на ахата; **милефиори** – хиляди цветя, възхитително разцъфнали на повърхността на изделиято и получени от сеченията на преплетени разноцветни стъклени нишки; **кракелаж** – знаменита разновидност муранско стъкло, отличаваща се с характерни, високо художествено създадени дантели от пукнатини в повърхностния слой на изделиято вследствие на рязка температурна промяна; **пулегозо** – получено с особена майсторска техника, създаваща в обема на повърхностния слой на изделиято красиво разположени въздушни мехурчета и неповторимото **филигранно** стъкло, при което външните стени на прозрачни чаши и вази се обвиват с тънки нишки от метал, млечно или ахатово стъкло с причудливи спирали и загадъчни мрежи, изваяни от ръцете на майстора [1 – 3].

Върху вази, чаши, подноси, полилеи и разнообразни ювелирни украшения, изработвани от тези стъкла, с наследените тънкости от старите римски майстори, муранските художници рисуват с емайл и злато картини от живота на боговете и митични създания. За да се съхрани дълговечността и богатството на преливащите цветове на картините, те ги покриват с удивително тънък слой стъкло. През XVI в. венецианското или муранското стъкло достига своето съвършенство, за майсторите стъклари няма тайни в контрола над формите и цветовете на най-качествените произведения на изкуството от стъкло.

И колко впечатляващо много време, и усилия ще отнеме на учените, от тогава до сега да преоткрият тайните на древните майстори стъклари!



Съдове от стъкло авантюрин и полилей от муранско стъкло

Стъклата, специално създавани за изработването на витражите в средновековните храмове и богатите дворци на Европа, са още едно приложение с голяма значимост. В изработването на този вид стъкла са добавяни миниатюрни частици от злато, сребро, мед и други метали, за да се получат ефекти на ярка, с наситени и искрящи цветове светлина, преминала през витражите, за въздигане на религиозната и духовна енергия в храмовете. Завладяващата игра на слънчевата светлина, проникваща през цветните розети и прозорци, има и благородния ефект да пречиства въздуха в храмовете, чрез фотокаталитичен ефект, неутрализиращ микроорганизмите в атмосферата на храмовете и до днес. Ролята на катализатори изпълняват миниатюрните наночастици на благородните метали. Под въздействието на слънчевата светлина те преминават във възбудено състояние и могат да разрушат органичните замърсители при допир с повърхността на стъклата. Според изследователи от Технологичния университет на Куинсланд, Австралия [4, 8], когато златото е раздробено до наноразмерни частици, то става много активно при осветяване със слънчева светлина. Електромагнитните трептения на светлинната вълна резонират с колективните трептения на електроните на златните наночастици. В резултат общото магнитно поле на повърхността на златните наночастици се увеличава стотици пъти и разрушава междумолекулните връзки на органичните замърсители, попаднали във въздуха на храмовете [5, 8].

В наши дни, на базата на същия плазмонен ефект, е възможно резонансно усилване на интензитета на полетата, достигащо няколко порядъка, на определени дължини на електромагнитната вълна. На този ефект се дължат не

само прекрасните, ярки и контрастни цветове на проникващата през стъклата слънчева светлина, но и използването на аналогична на древната, съвременна високо ефективна технология при пречистването на въздуха само със слънчева светлина, нагряваща филтрите с нанозлато [6 – 8].



Витражи в катедралата „Парижката Света Богородица“

Едва сега, с възможностите на съвременните електронна и електронно-силова микроскопия, тайните на древните майстори на стъкло достигат до нас, очароват ни с придобитите знания за свойствата на природните материали и овладените до съвършенство умения, без дори притежателите им да додизират, че са първите достигнали до наномасщабния свят, неосъзнато и на друго ниво, са поставили основите на съвременните умения в нанотехнологиите.



Фото: The Trustees of the British Museum/Art Resource.

Чашата на Ликург, „Наука и живот“ № 7, 2014

Анализ на материал от уникалния експонат, съхраняван в Британския музей – „Чашата на Ликург“ (Ликург – легендарният законодател на Спарта), разкрива съдържанието на древното магическо стъкло, което осветено отвън има маслиновозелен цвят, а осветено отвътре променя цвета си в червен. Стъклото е алкално-силикатно, с малък процент (около 1%) наночастици от злато и сребро и 0,5% манган, с размери от 50 до 100 nm, създадено чрез сложна технология, с което се обясняват магичните му свойства. Благодарение отново на плазмонното възбуждане на електроните (колективното трептене на електронните на металните наночастици), разпределени в стъклото, чашата поглъща и разсейва синьозелената част от видимия спектър. Когато източникът на светлина е отвън, се наблюдава отразена светлина, плазмонното разсейване придава на чашата зелен цвят, а когато източникът на светлина е вътре в чашата, преминалата светлина оцветява чашата в червено, защото стъклото поглъща синята и зелената част на спектъра, според публикация в априлския брой от 2007 г. на „*Scientific American*“.

На съвременните специалисти е известно, че оксидните силикатни стъкла, съдържащи добавки от метални и полупроводникови съединения (различни видове минерали, които са добавяли в стопеното стъкло муранските майстори за постигане на преливащи се цветове), притежават силно изявиени спектрално-луминесцентни свойства. Те са в силна зависимост от размера на формиралите се наноклъстери или наночастици на металите и полупроводниковите материали, получени в хода на редица физикохимични процеси, протичащи при високотемпературната термична обработка на тези синтезирани стъкла. Контролът на средния размер на тези наноструктури се постига чрез изменение на концентрацията на съответните добавки (във вид на гелове, маслено-водни разтвори, емулсии, соли, оксиди) и вариране на температурно-времевите условия на термообработка на изходната стъклomаса [9 – 12]. Според тези условия в стъклата се формират обемни оптични микроструктури, чиито свойства се определят от формата, количеството, разпределението и размера им. Съществен принос към формирането на наноструктурите в стъклата има и осветяването им с естествена (в миналото) или с лазерна светлина (в съвременните технологични производства). При изясняване на свойствата на обемните тела, като междинна връзка с отделните атоми и молекули, все по-важно става значението на наноклъстерите и наночастиците. Поради силната зависимост на спектралните свойства от техните размери и геометрична форма, тяхната роля се оказва важна не само за работата на стъklarите от миналото, но и за съвременните изследователи, производителите на високотехнологични стъкла, за приложенията в ново поколение устройства [13 – 15].

През последните три десетилетия учените от различни специалности обединяват знания и приложни умения в областта на съвременното материа-

лoзнание за създаването на ново поколение материали, включително „дизайнерски стъкла“ със специални и управляеми оптични свойства на базата на различни нановключения в състава им. Високотехнологичните процеси за производство на специалните стъкла вече са научно описани в методи и технологии и програмно се контролират. Бурното развитие на технологиите за синтез на наноматериали през последните десетилетия предостави на изследователи и технолози широк арсенал частици с всевъзможни форми, започвайки от нанопръчици, наносфери, нанотръбички, нановлакна и т.н. [9 – 15], достигайки до забравените екзотични творения на майсторите стъклари от Мурано, като миниатюрните частици „наноориз“ [16], „нанозвезди“ [17], „наноклетки“ [18], „наноколиета“ [19].



Стъклени витражи от съвременни майстори

А за всеки изкушен да се приобщи към вълшебниците, създаващи съвременни образци от муранско стъкло, съществува споделена технология със свободен режим на достъп: (http://www.murano-club.biz/page_4.html).

Литература

- [1] <https://ru.wikipedia.org>
- [2] Carl I. Gable, „Murano Magic: Complete Guide to Venetian Glass, its Hystory and Artists“, Schiffer Publ., 2004, p. 256
- [3] Е. Г. Красильникова, „Венеция“, Москва, 2003, с. 164-170, 208.
- [4] А. В. Шалдин, „Нанотехнологии: назад в будущее“, Химия и жизнь, №1, 2010.
- [5] R. A. Dinich, A. N. Ponyavina, „Effect of metallic nanoparticle sizes on the local field near their surface“, J. Appl. Spectrosc., 2008, v. 75, pp. 832 – 838.
- [6] E. Hao, Georg C. Schatz, „Electromagnetic Fields Around Silver Nanoparticles and Dimers“, J. Chem. Phys. 2004, v.120, pp. 375-366.
- [7] V. Ureibing, M. Vollmer, „Optical Properties of Metal Clusters“, Berlin: Springer-Verlag, 1995, 535 p.

- [8] В. В. Климов, „Наноплазмоника“, Физматлит, Москва, 2009, 480 стр.
- [9] D. P. Perez, „Silver Nanoparticles“, In-Tech., Vukovar, Croatia, 2010, 334 p.
- [10] Sergio G. Rodrigo, „Optical Properties of Nanostructured Metallic Systems“, Springer Heidelberg Dordrecht, London-New York, 2012.
- [11] H. Xu, K.S. Susliu, ACS Nano, v. 4, 2009, pp. 3209.
- [12] С. В. Карпов, В. В. Слабко, „Оптические и фотофизические свойства фрактально-структурированных золей металлов“, изд. СОРАН, Новосибирск, 2003, 265 стр.
- [13] П. А. Образцов, А. Б. Нащекин, и др., „Формирование наночастиц серебра на поверхности силикатных стекол после ионного обмена“, Физика твердого тела, т. 55, вып. 6, 2013, 1180-1186.
- [14] Е. С. Бочкарева, А. И. Сидоров, и др., „Формирование наночастиц щелочных металлов в щелочно-силикатных стеклах при электронном облучении и термообработке“, Журнал технической физики, т. 87, вып.2, 2017.
- [15] A. Tervonen, S. Honkanen, and B. West, „Ion-exchanged glass waveguide technology: a review“, Opt. Eng., 50 (7), 2011, pp. 70-107.
- [16] H. Wang, D. Brandl, *et al.*, „Nanorice: A Hybrid Plasmonic Nanostructure“, Nano Lett., 6 (4), 2006, pp. 827-832.
- [17] C. Nehl, H. Ziao, and J. Hafner, „Optical properties of star-shaped gold nanoparticles“, Nano Lett., v. 6 (4), 2006, pp. 683-688.
- [18] J. Chen, F. Saeki, *et al.*, „Gold nanocages: Bioconjugation and their potential use as optical imaging contrast agents“, Nano Lett., 5 (3), 2005, pp. 473-477.
- [19] G. Ramakrishna, Q. Dai, *et al.*, „Interparticle Electromagnetic Coupling in Assembled Gold-Necklace Nanoparticles“, J. Am. Chem. Soc. 129 (7), 2007, pp. 1848-1849.

THE SECRETS OF VENETIAN GLASSMAKERS ELUCIDATED BY MODERN NANOTECHNOLOGY

Vasilka Pencheva

In memory of Assoc. Prof. Ph.D. Vera Hadjimitova

The paper presents the story of jewellery art of the master glassmakers – from ancient Egypt to medieval Venice, with their secrets in making stained glass windows of temples, being forerunners of modern nanotechnology. This is actually a story about the connection between science and fine arts.



Клон „Космос“ на СФБ
организира

**„Национален форум
за съвременни космически
изследвания“**

21 – 22 октомври 2020 г.



**Физически факултет на
СУ „Св. Климент Охридски“
София**

За регистрация: <https://bulgarianspace.online/forum/>

Предварителна програма: <https://bulgarianspace.online/forumprogram/>

ГОДИШНА НАГРАДА „ПРОФ. Д-Р ЕЛИСАВЕТА КАРАМИХАЙЛОВА“

Наградата е учредена от Гамаконсулт ЕООД в рамките на ежегодния конкурс „Уреди за кабинета по физика“, провеждан от Софийския клон на Съюза на физиците в България, обичайно през месец юни, в сградата на Физическия факултет на СУ „Св. Климент Охридски“.

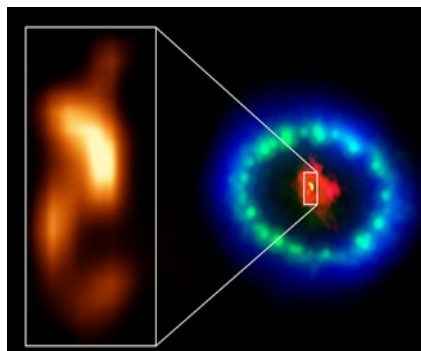
Наградата на стойност 700 лв. е за изработка на уред, методика, опит, нагледно помагало и др. (без компютърни симулации), демонстриращи явление от областта на атомната и ядрената физика и/или тяхно приложение.

Условията за участие са описани на сайта на Софийския клон на Съюза на физиците в България:

<https://sites.google.com/a/bgphysics.eu/bgphysics/deynosti/konkurs-uredi-za-kabineta-po-fizika>

Мистерията на SN1987A

33-годишна мистерия е може би на път да бъде обяснена от ново изследване, проведено с радиоинтерферометъра *ALMA* (*Atacama Large Millimeter Array*). През 1987 г. на 163 000 светлинни години от нас избухна Свръхновата SN1987A в Големия Магеланов облак – галактика сателит на Млечния път. SN1987A е една от най-добре изучените свръхнови поради относителната си близост до нас и за първи път е наблюдавана в целия електромагнитен спектър от наземни и орбитални обсерватории, което позволява изучаване на химичния състав на изхвърления в междузвездното пространство материал и определяне на скоростта, с която той се отдалечава от звездата. Според съвременните представи това, което остава след избухване на свръхнова, е неутронна звезда или черна дупка. Засега обаче директно наблюдение на обекта е невъзможно поради непрозрачността на газово-праховия облак, изхвърлен в междузвездното пространство около компактният обект. Облакът определено се разширява и след време ще стане прозрачен, което ще позволи директни наблюдения, но ще минат години преди това да стане възможно. Така че природата на компактният обект, образуван вследствие на свръхновата, е мистерия. Досега.



Източник: ALMA/NASA/ESA

Нови данни от *ALMA* показват силно нагорещена област във вътрешността на облака, където според теоретични изчисления се намира обектът. Според компютърни модели на SN1987A, неутронна звезда с диаметър 25 km е „изритана“ от мястото на образуване и се отдалечава със скорост от няколко стотин километра в секунда от него. Моделите показват също, че температурата на неутронната звезда от 5 млн. градуса е достатъчна да

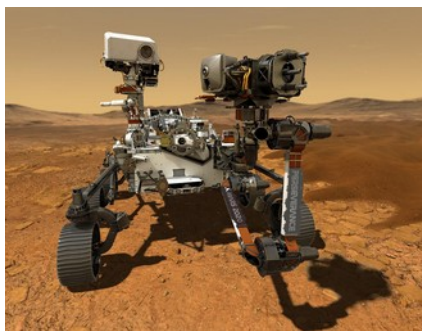
нагрее газово-праховия облак до температурите, наблюдавани от *ALMA*. Хипотезата за образуване на неутронна звезда от SN1987A се подкрепя и от големия поток неутрина, наблюдаван на 23 февруари 1987 г.

Изследванията са публикувани в *The Astrophysical Journal*:

Надпреварата до Марс

През изминалия месец юли станахме свидетели на изстрелването на три мисии до Червената планета.

САЩ: На 30ти юли *NASA* изстреля от космическия център „Кенеди“ във Флорида роувър и хеликоптер на борда на ракета Атлас. На пръв поглед еднотонният шест-колесен роувър *Perseverance* прилича на предшественика си *Curiosity*, който *NASA* изпрати през 2012 г. до кратера Гейл на Марс. Този път обаче, роботът е съоръжен с 23 камери и микрофони, които ще изпращат зву-



Източник: NASA/JPL-Caltech

ци от навлизането в атмосферата на планетата, от кацането и от движението на роувъра. Основната мисия на *Perseverance* ще бъде търсене на следи от живот в кратера *Jezero*, който се предполага е съдържал вода преди милиарди години. Роботът ще прекара една марсианска година, която се равнява приблизително на две земни, в търсене на следи от живот. За разлика от предишните роувъри, този е екипиран с оборудване, позволяващо директно детектиране на живот и фосили. Най-обнадеждаващите находки ще бъдат пакетирани в малки тръби, които ще бъдат събрани от следващи мисии до Червената планета. В допълнение, мисията има за цел да изследва възможностите за генериране на кислород от въглеродния диоксид, който доминира в атмосферата на Марс. Резултатите от тези проучвания са от съществено значение за бъдещите пилотирани полети дотам. *Perseverance* е придружаван от хеликоптера-робот *Ingenuity*. Единствената задача на 1,8 килограмовия дрон е да изследва възможностите за летене в марсианската атмосфера. За първи път летателен апарат ще лети в атмосферата на друга планета от Слънчевата система. Хеликоптерът ще бъде задвижван от две 1,2 метрови



Източник: NASA

витла, направени от карбонови нишки, които, за да поддържат машината в атмосферата стабилна, ще се въртят в противоположни посоки със скорост 2500 оборота в минута, което е приблизително пет пъти по-бързо отколкото при земните хеликоптери. Според плановите на *NASA Ingenuity* ще извърши общо пет полета.

Роботите ще пристигнат на Марс през февруари 2021 г. Следващите мисии до Марс, планирани от *NASA* и *ESA* за 2026 г., ще съберат пробите от *Perseverance*. Според оценките на двете агенции, връщането на събрания материал на Земята ще възлезе на 6 милиарда евро, 2,7 от които са бюджета на настоящата мисия. За да бъдат върнати пробите обаче, трябва да се разработи ракета, способна да излети от повърхността на Марс. Несъмнено сложността на мисията е от ранга на програмата *Apollo*.

ОАЕ: На 20ти юли Обединените Арабски Емирства изстреляха сондата *HOPE* с ракета-носител *H2-A* от японския космически център *Tanegashima*. Очаква се сондата да пристигне през февруари 2021 г. и да остане в орбита около Марс за поне две години. Основната ѝ мисия е да изследва времето и климата на Марс, наблюдавайки дневните и сезонни промени в атмосферата му. Сондата е оборудвана с три инструмента – два спектрометра, работещи



Източник: Emirates Mars Mission

в инфрачервената и ултравиолетовата части на спектъра, и *imager*, който ще изследва долните слоеве на атмосферата в ултравиолетовия и видимия диапазон.

ОАЕ нямат опит в областта на космическото инженерство, но в изпълнение на националната си програмата страната успя само за 6 години да завърши проекта до успешното изстрелване на сондата през юли тази година.

Въпреки че Емиратството можеше да си позволи да купи цялата сонда, голяма част от дейностите по разработването ѝ бяха извършени в страната, което им позволи да развият ноу-хау в областта. Очевидно ОАЕ се стремят да се наредят до малкото страни в света, които имат успешни мисии до Червената планета – САЩ, ЕС, Русия и Индия, но се и надяват *HOPE* да се превърне във вдъхновение за повече младежи, които да развият кариери в областта на високите технологии и науката. Ръст на *STEM* студентите се очаква да спомогне за трансформацията на икономиката на ОАЕ към по-малко зависима от петрола икономика, базирана на познанието. Бюджетът на мисията по груби оценки е около 200 млн. Евро.



Източник: Roman Balandin чрез Getty Images

Китай: На 23ти юли тази година Китай изстреля към Марс *Tianwen-1* с ракетата-носител *Long March 5* – най-тежката китайска ракета. Мисията се състои от орбитална станция, спускаем апарат и роувър, които ще търсят лед на повърхността на Червената планета. *Tianwen-1* е екипиран с 13 научни инструмента – 7 на орбиталната станция и 5 на роувъра.

Инструментите ще изучават магнитосферата на планетата, атмосферата и повърхнинни геологически образувания. Някои от инструментите на *Tianwen-1* са подобни на вече използвани от *NASA* инструменти. Чрез лазерни импулси ще бъдат изпарявани скали за определяне на химичния им състав. Ще бъде използван радар за детектиране от орбита на водно-ледени участъци от повърхността на планетата.

Въпреки скорошния си успех с кацането на обратната страна на Луната, Китай не е осъществил досега кацане на планета с тънка атмосфера, каквато е атмосферата на Марс. За примарсяване на роувъра, *Tianwen-1* е съоръжен със спускаем апарат, оборудван с парашут и забавящ двигател, който ще се задейства на 100 m от повърхността на Червената планета за подбор на мястото на кацане. Апаратът е съоръжен и със система за избягване на препятствия, която ще позволи гладко кацане на повърхността.



Източник: ITER

ITER в нова фаза

Проектът *ITER** навлезе в нова фаза през юли със стартиралото асемблиране на токамака в *Saint-Paul-lez-Durance*, Южна Франция. По съоръжението работи международен екип от Европейския съюз, Индия, Китай, САЩ, Южна Корея и Япония. Строежът се очаква да възлезе на 18,2 млрд. евро. Когато бъде завършен през 2025 г., *ITER* ще започне да генерира супер нагорещена плазма, необходима за стартиране на контролируемия ядрен синтез. В началото това ще бъде кратковременна плазма, която ще бъде създадена и задържана в токамака в продължение на няколко милисекунди. Това е необходима стъпка в изграждането на съоръжението, с която ще бъдат тествани всички магнити на токамака. Крайната цел е получаване на комерсиално изгодна енергия от ядрен синтез.

За разлика от ядрените реактори, при които енергия се получава от деленето на тежките ядра на уран, при ядрения синтез енергия се генерира чрез сливане на две леки ядра до едно по-тежко. Полученото ядро има маса, по-малка от масата на началните продукти. Разликата в масите между началните и крайните продукти се отделя под формата на енергия според прочутата формула на Айнщайн. Тъй като в процеса, като остатъчни продукти се получават предимно стабилни ядра, то ядреният синтез се очаква да генерира практически чиста енергия, която ще помогне на човечеството да се справи с климатичните промени.

*Първоначално наименованието *ITER* е образувано като съкращение от английското название *International Thermonuclear Experimental Reactor* (Международен експериментален термоядрен реактор). Понастоящем то официално не се счита за абревиатура на израза, а се свързва с латинската дума *iter* (път).

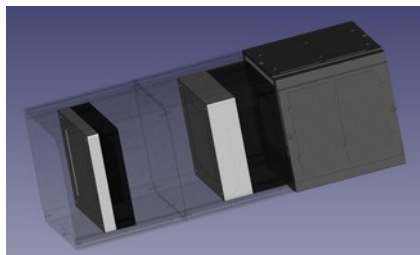
Пускане в действие на АЕЦ *Barakah* в Абу Даби



Източник: ENEC

Това лято ОАЕ влязоха в новинарските емисии и с пускането в действие на ядрената електроцентрала *Barakah*, с което страната стана първата арабска страна член на клуба от 30 държави в света, добиващи енергия от ядре-

ното делене. През юли ректорът беше зареден с ядрено гориво, с което бяха проведени детайлни тестове по план. Очаква се в следващите няколко месеца реакторът, построен от корейската *Korean Energy Power Corp.*, да бъде включен в електропреносната система на страната и да започне да доставя енергия. ОАЕ смятат да пуснат в действие общо 4 реактора до 2023 г., които ще генерират 5,6 GW или една пета от настоящите производствени мощности на страната. Централата на ОАЕ ще възлезе на 25 млрд. евро. Други арабски страни, сред които Египет и Саудитска Арабия, също имат намерения за изграждане на ядрени мощности.



Източник: Ж.Тонева/NDeGRA

Проект NDeGRA

Вторият етап на финансираня от националния Фонд „Научни изследвания“ проект NDeGRA (*Novel Detectors for Gamma-ray Astronomy*) получи зелена светлина и стартира през юли 2020 г. Екипът на проекта си е поставил за цел да развие технология, която да позволява едновременното детектиране на

позицията на взаимодействие на гама-кванти и рентгенови лъчи в обема на детектора, както и енергията на детектираното лъчение. Технологията се очаква да позволи конструирането на компактен телескоп за високо-енергетично електромагнитно лъчение, който ще бъде съвместим с новите технологии в сателитостроенето, възникнали в последните две десетилетия и особено тези, свързани с наносателитите. Тези платформи обаче налагат строги физически ограничения върху полезния товар, което поставя сериозни предизвикателства пред екипа.

Рубриката „Новини“ се списва със съдействието на клон „Космос“.

50 ГОДИНИ *PHYSICAL REVIEW A*: ТРИТЕ НАЙ-ЗАБЕЛЕЖИТЕЛНИ СТАТИИ И КАК ТЕ ВЛИЯЯТ НА ИЗСЛЕДВАНИЯТА ДНЕС

Тази година отбелязваме 50-ия рожден ден на *Physical Review A*, което е най-престижното списание за оптика, атомна и молекулярна физика и квантова информация.

За отбелязване на златния юбилей на *Physical Review A*, редакторите на списанието избират от архива си три основополагащи статии, които са довели до развитие на важни днес области [1]. Интервюирани са някои от водещите автори на тези статии за спомените им, за това какво ги е вдъхновило и



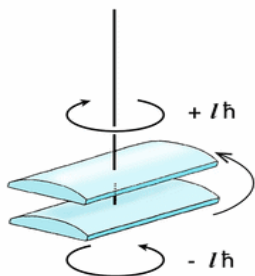
как е започнало всичко. Малко от тях са очаквали резултатите им да направят голямо впечатление и някои дори са преминавали към други научни проблеми. Но тяхната работа е породила идеи, които са вдъхновили едно ново поколение физици. За да се види връзката на миналото с настоящето, са интервюирани и млади изследователи, които споделят, как идеи с десетилетна

давност са прераснали в теми, с които те са решили да градят изследователската си кариера.

1992: „Пръстеновидните модове“ на светлината имат орбитален момент на импулса [2]

(1992: “Donut Modes” of Light Have Orbital Angular Momentum)

„Всичко започна просто като „забавна идея“, казва един от авторите Робърт Спреу от Университета в Амстердам. Преди 30 години, веднъж докато играе футбол около Университета в Лайден, Холандия, след като е получил докторската си степен, през ума му минала мисълта „Може ли светлинен сноп със спирален вълнов фронт да има орбитален момент на импулса (Orbital angular momentum, OAM) подобно на въртящо се колело?“ По принцип светлината с OAM би могла да накара друг обект да се върти.



По време на кафе пауза той обсъжда идеята с Лес Алън (Les Allen), тогава гостуващ учен в Лайден. В статията им от 1992 г. Алън, Спреу и техните съавтори разглеждат лазерно генерирани Лагер-Гаусови (Laguerre-Gaussian)-модове с формата на пръстен. Фазата на пръстеновидния мод се върти спирално

около оста на разпространение като тирбушон и изследователите определят *ОАМ* в снопове с различна степен на спиралност. Те също така предполагат, че спираловидната светлина може да предизвика измеримо усукване на окачена цилиндрична леща при преминаване през нея. На фигурата по-горе е показан моментът на импулса, който Лагер-Гаусовите модове на светлината могат да предадат на цилиндрични лещи.

Експерименталната проверка се оказва проблематична. По-късно обаче, друга група изследователи успява да детектира *ОАМ* на светлината, използвайки малки частици, позиционирани в пространството с помощта на оптични пинсети.

Съществуват два вида моменти на импулса на светлината – спинов момент на импулса и орбитален момент на импулса. Спиновият момент на импулса е свързан със състоянието на спина на фотоните и се отразява на типа на поляризация на светлината (кръгова, елиптична, линейна). Орбиталният момент на импулса е свързан с пространственото разпределение на електромагнитното поле и по-специално, с наличието на спиралност на вълновия фронт. Орбиталният момент на импулса може да взема стойности, кратни на цяло число $\hbar$ (константата на Планк, делена на 2π). Спиралните модове са цел на изследване, тъй като представляват компактен носител на голямо количество данни. Тези модове също позволяват провеждане на нови тестове в областта на квантовата механика и нови начини за манипулиране и контрол на малки обекти. „Никога не бих си помислил, че тази идея ще предизвика такъв отзвук“, казва Спреу. „За моя изненада се появиха толкова много приложения“.

През 2012 г. в докторската си дисертация Жаклин Ромеро (*Jacquiline Romero*) описва едно от тези приложения, което позволява да се изследва квантовото вплитане в повече „измерения“, отколкото би било възможно в обикновена квантова система с две състояния. Ромеро, която сега работи в университета в Куинсланд, Австралия, разказва, че е била заинтригувана от „семейството изящни форми“, които може да образува светлината. „Разглеждам тези форми като азбука за кодиране на информация. Броят на буквите в тази азбука теоретично е безкраен“. По този начин *ОАМ* осигурява уникална база за изследване на явленията на квантовата информация. Според нея статията от 1992 г. представлява едновременно забележителен крайъгълен знак, както и начин да си спомним за Лес Алън, който почина през 2016 г.

2002: Количествено определяне на квантовото вплитане [3]

(2002: *Quantifying Entanglement*)

Десетилетия след като Айнщайн описва квантовото вплитане като „призрачно действие от разстояние“, то продължава да се разглежда като странно, макар и завладяващо, проявление на квантовата теория. Промени дохода в

началото на 90-те години, когато беше направено предположението, че впитането ще позволи квантовото състояние на една частица да бъде прехвърлено, или телепортирано, към друга частица. „Неочаквано впитането се оказва не просто нещо странно, а и нещо полезно“, казва Гифре Видал (*Guifre Vidal*), докторант по това време.

За да се прецени колко полезно е дадено квантово състояние, трябва да се знае степента на впитане и точно това Видал и други теоретици искат да определят количествено. В статията, публикувана през 2002 г., Видал, тогава на пост-докторска позиция в университета в Инсбрук, Австрия, и неговият съавтор Райнхард Вернер (*Reinhard Werner*) от Техническия университет в Брауншвайг, Германия, се съсредоточават върху измерването на степента на впитане, която ще важи за смесени състояния. В сравнение с „чистите“ състояния, които са били разглеждани дотогава, смесените състояния са по-показателни за състоянията, които могат да се получат при експериментите.

По думите на Видал, измерваната величина, известна като „логаритмична отрицателност“, е полезна за експериментаторите, тъй като позволява сравняване на данните по впитането, получени в различни експериментални установки. Отрицателността и до днес се използва за оценка, като например търсене на нови начини за създаване на впитени фотони за квантовите информационни технологии. Но Видал, който сега работи за компанията *X* (предишната *Google X*), определя ценността на измерването на впитането с друг аргумент. Според него, това е довело до мощни математически средства за описание на квантовите системи, наречени тензорни мрежи. Този формализъм оказва влияние върху развитието на квантовата гравитация, квантовата теория на полето, квантовите симулации и изкуствения интелект.

Ян Шперлинг (*Jan Sperling*), теоретик, който наскоро пое ръководство на група в университета в Падерборн, Германия, смята, че статията на Видал и Вернер е повлияла на начина, по който физиците определят уникалните характеристики на една квантовата система, по същество, нейната „квантовост“. Статията също така поставя основите на т.н. „теории на квантовите ресурси“. Така както термодинамиката определя ограниченията на ефективността на един двигател, теорията на ресурсите определя възможностите на квантова система.

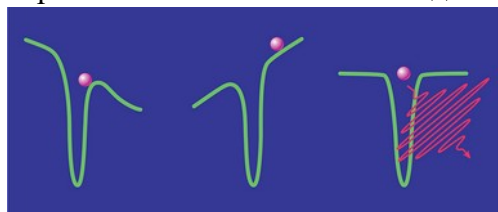
Според Шперлинг фундаменталните и приложно-ориентирани страни на впитането все повече се сближават. „Интересно е да наблюдаваме как основните концепции на квантовата физика са вдъхновили и революционизирали квантовите информационни технологии, които облагодетелстват обществото като цяло.“

1994: Генерация на висши хармонични на светлината при взаимодействие с атоми [4]

(1994: *Creating Higher Harmonics of Light with an Atom*)

Взаимодействието на силна лазерна светлина с атомите може да доведе до генерация на висши хармонични на светлината. Моделите за този процес описват взаимодействието лазер-атом на три етапа.

Ако поставим атом в достатъчно силно лазерно поле, той ще излъчи спектър от светлина с по-високи честоти. Този метод за създаване на висши хармонични се използва за създаване на светлинни импулси с продължителност по-малко от 50 аттосекунди (1 аттосекунда = $1\text{as} = 10^{-18}\text{ s}$), т.е. те са достатъчно къси за изследване на движението на електроните в атома.



Съвременната теория за генерация на висши хармонични (*higher-harmonic generation, HHG*) в силно поле се основава на прости йонизационни модели от началото на 90-те години на XX век. Тези модели описват процеса в три етапа (фигурата по-горе): електронът тунелира извън атома, ускорява се от лазерното поле и накрая рекомбинира с атома, който излъчва светлина с честоти, целочислено кратни на честотата на лазера. Мачей Люенщайн (*Maciej Lewenstein*), който по това време заема пост-докторска позиция, преформулира този три-степенен процес, използвайки квантовата теория. Това постижение, описано в статията през 1994 г., поставя *HHG* на фундаментални основи и позволява по-точно изчисляване на честотния спектър.

Люенщайн, който сега работи в Института по фотоника (*Institute of Photonic Sciences*) в Испания, обяснява трайната в годините популярност на своя труд отчасти с факта, че го е написал разбираемо за експериментаторите, практика, която той е научил от предишната си съвместна работа с нобеловия лауреат Рой Глаубер (*Roy Glauber*). „Той ме тероризираше да променям всяко изречение по пет пъти“, си спомня Люенщайн.

Пробивите в лазерната технология и във възможността да се управлява взаимодействието лазер-атом тласна развитието на *HHG* в силни полета до съвременното ѝ ниво. Провеждат се експерименти с кръгово-поляризовани хармонични, с които може да се изследва хиралността на молекулите. Изучава се *HHG* в твърди тела, където теорията е много по-сложна, отколкото в случая с единичен атом. Именно взаимодействието на мощно лазерно лъчение с твърдотелни среди ще позволи, според Люенщайн, създаването на ефективни източници на кохерентно късовълново лъчение и ще способства за изследване на свръхбързата електронна динамика в кондензираните среди.

Множеството експериментални възможности за *HHG* осигуряват благодатна почва за теоретиците. През 2018 г. в докторската си дисертация в об-

ластта на теоретичната химия Мари Лабей (*Marie Labeye*), сега в *École Normale Supérieure*, Франция, изучава *HHG* в двуатомни молекули, като излъчените хармонични могат да бъдат използвани за изследване на структурата на молекулата. След това тя работи върху опто-оптична модулация, техника за управление на пространствените и спектралните свойства на импулсите на висшите хармонични. Сега, когато се изследва *HHG* в кондензирани среди, тя планира да разшири своя опит и в тази област.

По повод своята 50-годишнина *Physical Review A* публикува и колекция от статии, които съдържат значителни открития или поставят началото на нови области на изследване с важен принос за атомната, молекулярната физика, оптиката и квантовата информация. Сред тях са и три статии, които са част от приноса на авторите им за Нобелова награда за новаторски експериментални методи, които позволяват измерване и манипулиране на индивидуални квантови системи: Серж Арош (*Serge Haroche*) и Дейвид Уайнланд (*David Wineland*), лауреати за 2012 г., и Артур Ашкин (*Artur Ashkin*), един от лауреатите за 2018г.

Литература

- [1] 50 Years of *Physical Review A*: The Legacy of Three Classics, <https://physics.aps.org/articles/v13/24>
- [2] L. Allen, M. W. Beijersbergen, R. J. C. Spreeuw, and J. P. Woerdman, *Orbital angular momentum of light and the transformation of Laguerre-Gaussian laser modes*, Phys. Rev. A **45** 8185 (1992)
- [3] G. Vidal and R. F. Werner, *Computable measure of entanglement*, Phys. Rev. A **65** 032314 (2002)
- [4] M. Lewenstein, Ph. Balcou, M. Yu. Ivanov, Anne L'Huillier, and P. B. Corkum, *Theory of high-harmonic generation by low-frequency laser fields*, Phys. Rev. A **49** 2117 (1994)
- [5] L. Davidovich, M. Brune, J. M. Raimond and S. Haroche, *Mesoscopic quantum coherences in cavity QED: Preparation and decoherence monitoring schemes*, Phys. Rev. A **53** 1295 (1996)
- [6] D. J. Wineland and W.M. Itano, *Laser cooling of atoms*, Phys. Rev. A **20** 1521 (1979)
- [7] J. P. Gordon and A. Ashkin, *Motion of atoms in a radiation trap*, Phys. Rev. A **21** 1606 (1980)

Подбор и превод С. Александрова

50 YEARS OF *PHYSICAL REVIEW A*: THE THREE MOST REMARKABLE ARTICLES AND HOW THEY IMPACT CURRENT RESEARCH

To celebrate the golden anniversary of *Physical Review A*, the journal's editors pick from its archive three seminal papers that connect to flourishing fields today. Some of the lead authors of these papers were interviewed, to share what inspired their thinking and how they remember a field at its inception. Few expected their results to have a huge impact, and some moved on to other subjects. But their work fed into ideas that inspired a new generation of physicists. To connect past to present, several young researchers reveal how decades-old ideas developed into subjects that they decided to pursue for their careers.

Selection and translation **S. Alexandrova**

ERRATUM

В брой 1 от 2020 г. на стр. 31, ред 7 отдолу, е допусната грешка, за което „Светът на физиката“ се извинява на своите читатели. Пасажът: „Лазерът със свръхмощни импулси може да генерира огромно количество енергия, която е 1000 пъти повече от тази, произвеждана от Световната енергийна мрежа“ следва да се чете: „Лазерът със свръхмощни импулси може да генерира огромна мощност, която е 1000 пъти повече от тази, произвеждана от Световната енергийна мрежа“. Редакцияната колегия на списанието изказва благодарност на проф. Б. Арнаудов, който ни обърна внимание за тази грешка.

СПОМЕНИ ЗА БЪЛГАРСКАТА КОСМИЧЕСКА ЕКСПАНЗИЯ: 1967 – 1987 г.

Иван Кутиев

Кратък предговор

Желанието да напиша моите спомени от първите две десетилетия от историята на преките космически изследвания у нас не дойде спонтанно. Много хора, колеги и такива извън бранша, ме подтикваха към това, още повече, че съм останал един от малцината живи свидетели на тези събития, при това в центъра им. Аз още поработвам по отделни проекти, главно европейски, и не можех да отделя време за такава писателска дейност. Но постепенно в мен се настани едно чувство на виновност, че оставям важни неща неразказани и евентуално забравени, че съм в дълг към мои колеги и приятели, които вече ги няма. Така че започнах лека-полека да си припомням случки и събития от онова време и да търся писмени документи за опресняване на паметта. Основният източник на информация ми бяха книгите на акад. Кирил Серафимов и проф. Митко Гогошев.

Историята на космическата дейност у нас се съдържаше главно в кореспонденцията на Националния комитет за изследване и използване на космическото пространство (НКИИКП), докато тази на Централната лаборатория за космически изследвания на БАН (ЦЛКИ) касаше предимно вътрешно-институтската дейност. Разбрах, че със серия от протоколи, цитирам, „за физическо унищожаване на първи или единствени екземпляри/оригинали на документи и материали, носители на класифицирана информация с премахнато ниво на класификация и с изтекъл срок на защита, които нямат историческо, практическо или справочно значение“, между 2012 и 2014 г. е унищожен целият архив на НКИИКП.

Искам да подчертая, че настоящото писание не е история на космическите изследвания в България. Това са едни скромни спомени за времето на първоначалния ни досег с космическите технологии за изследване на околоземния Космос и за стремителната ни експанзия в тази динамично развиваща се научна област.

Програмата за сътрудничество между социалистическите страни в изучаването и ползването на космическото пространство за мирни цели (Интеркосмос) бе учредена през 1967 г. по инициатива на бившия Съветски Съюз. Тя предвиждаше съвместни изследвания в 5 научни направления: космическа физика, космически съобщения, спътникова метеорология, дистанционни изследвания на Земята от Космоса и космическа биология и медицина. Водеща организация в направлението „Космическа физика“ в началото беше Гео-

физичният институт, а впоследствие – специално създадената към Президиума на БАН Група по физика на Космоса.

Международното сътрудничество

Първ, който ни покани за съвместна работа в рамките на програмата Интеркосмос, беше проф. Юрий Галперин от Института за космически изследвания (ИКИ) в Москва. От 1968 г. на борда на съветския спътник „Космос 261“ работеше спектрометър за измерване на нискоенергийни електрони и йони и Галперин предлагаше съвместно да анализираме и интерпретираме данните от прибора им.

През декември 1969 г. бе изстрелян спътникът „Интеркосмос-2“, посветен на йоносферните изследвания. Малко преди това бяхме получили от групата на проф. Константин Грингауз от ИКИ – Москва покана за съвместен анализ на данните от техните прибори на този спътник. Освен анализа на данните от „Интеркосмос-2“ проф. Грингауз предложи една програма за съвместна разработка на сондови прибори за бъдещите спътникови експерименти. Това предложение бе от ключова важност за нашето бъдещо участие в преките изследвания на йоносферата и за развитието на космическите ни изследвания изобщо. На 6 ноември 1969 г. бе създадена Група по физика на Космоса към Президиума на БАН с ръководител акад. Л. Кръстанов именно с тази цел – да разработва прибори за космически експерименти.

През юни 1970 г. след конкурс се преместих от Геофизичния институт в Групата по физика на Космоса като научен сътрудник. Започнах с интерпретацията на данните от йонните уловители на „Интеркосмос-2“ заедно с руските колеги. Спомням си вълнението при първата изчислена от нас йонна концентрация, получена от измерена волт-амперна (В/А) характеристика. От ИКИ – Москва ни изпращаха данните във вид на цифри, напечатани на дълги хартиени ленти. Ние изчертавахме отделните В/А криви на милиметрова хартия и с линейка определяхме линейния участък, пропорционален на йонната концентрация. По него време беше немислимо да пресмятаме на ръка наклона по метода на най-малките квадрати. Ръчно трупяхме базата данни за анализ на разпределението на йоните по ширина, локално време и сезони. Заедно с руските колеги анализирахме данните, пишехме и публикувахме редица статии в наши, руски и западни научни списания. Спътниковите йоносферни измервания през тези години бяха все още откъслечни, така че нашите резултати се приемаха много добре.

Сътрудничеството с групата на проф. Грингауз с пълна сила се развиваше и при инженерите. Под ръководството на Ст. Чапънов се подготвяше първият български спътников прибор П1. Благодарение на по-добрите ни възможности да закупуваме западни електронни елементи в сравнение с руснаците, нашият прибор беше изготвен с по-модерна елементна база от тази на съветската цивилна космическа технология. По същество, ние, физиците, ня-

махме ни най-малък опит в планирането и проектирането на космически експерименти, камо ли в разработката на сензори за съответните прибори. Този опит дойде от руснаците, всъщност нашият прибор П1 е електронният блок на сферичните йонни уловители (по руски – ловушки), изработвани от години в групата на проф. Грингауз. Така че нашите инженери работеха в тясно сътрудничество с руските колеги по хардуера, а ние, със същите руснаци – по физическата интерпретация на данните и йоносферната физика. Във всички страни с развити космически изследвания проектирането и разработките на спътниковите експерименти се ръководеха от учен изследовател – експерт по даден вид измервания. Така бе в СССР, САЩ и всички останали космически страни. При нас обаче преките космически изследвания бяха привнесени, у нас нямаше хора, подготвени в чужди институти, да поемат ръководството на космическите изследвания. Това сигурно звучи пресилено, защото йоносферната наука у нас имаше своята десетилетна история. Но тези изследвания се базираха на наземни методи за измерване (в частност в йоносферата) и не включваха преки спътникови и ракетни измервания.

От горния разказ не стана ясна ролята на Серафимов, фактическият ръководител (формалният беше акад. Кръстанов) на Групата по физика на Космоса, в целия процес на космическо съзряване. Той бе моторът на цялостното развитие. Серафимов по образование е инженер с характерния за инженерите манталитет. Например по повод на качеството на някои графики и фигури в статиите ни, които ние обикновено правехме мърляво, той веднъж каза, че ако не беше учил машинно чертане, щеше да бъде един прост физик. Серафимов поддържаше строгия приоритет на инженерите при разработката на спътниковите експерименти, като се започне от прибора П1, та и по-нататък, макар че това беше и единственото решение, поне в началото. От друга страна, той се разви като учен и доби международна известност.

Отваряне към света

През 1974 г. Групата по физика на Космоса прерасна в Централна лаборатория за космически изследвания (ЦЛКИ). По-високият статут донесе и значително разширение на колектива. За няколко години ЦЛКИ набъбна докъм 100 човека.

Докъм 1975 г. руските колеги от групата на проф. Грингауз останаха почти единствените ни чуждестранни партньори. С тях, а и самостоятелно, обработвахме данни и пишехме статии. Серафимов имаше голям афинитет към публикациите и постоянно ни подтикваше да пишем и публикуваме. За наш късмет имаме възможност да участваме в ежегодните конгреси (*General Assemblies*) на *COSPAR (Committee on Space Research)*, най-важната и престижна международна организация за преките космически изследвания. В тази организация, за разлика от много други такива, ръководството се избираше на паритетен принцип от средата на западните учени и тези от социалисти-

чески лагер. Фактически САЩ и СССР командваха парада и бих казал, че много добре се разбираха. Поради тази причина Серафимов дълги години бе

в ръководството на *COSPAR*.

Покрай участието ни в *COSPAR* и, разбира се, заради резултатите, които представяхме, ние установихме връзка с много западни учени, най-вече такива от САЩ. През следващата, 1976 г., *COSPAR* имаше конгрес във Филаделфия, САЩ, когато американците честваха 200-годишнината от подписването на Декларацията за независимостта в същия град. На конгреса България изпрати солидна делегация от 5 – 6 човека, имаше и един от службите. Тогава със Серафимов бяхме поканени от ръководителя на американската делегация проф. Джонсън да посетим Тексаския университет в Далас и да установим двустранно сътрудничество. Там се запознахме с проф. Бил Хенсън – ръководител на група по космическа



К. Серафимов и аз на конгреса на КОСПАР в Инсбрук, Австрия, 1978 г.

физика и неговия сътрудник Род Хилис. Групата на проф. Хенсън се занимаваше със сондови измервания на спътници – това, с което се занимавахме и ние. За нас беше чест той да предложи съвместно сътрудничество в изучаването на йоносферните процеси. На следващата година това сътрудничество между Тексаския университет и ЦЛКИ беше официализирано с междуправителствено споразумение, от наша страна водено от тогавашното ДКНТП (Държавен комитет за наука и технически прогрес), а от американска от Националната научна фондация на САЩ. По данните на „Интеркосмос 2“ и на американския спътник *OGO 6 (Orbiting Geophysical Observatory)* описахме характеристиките и времевите вариации на т.нар. „преходно ниво“ между йоносферата и плазмосферата, което бе определен принос към изследването на закономерностите в йоносферните процеси.

Космическа експанзия

Паралелно на научната ни експанзия по света, в ЦЛКИ кипеше напрегната работа по подготовката на нови прибори за спътникови експерименти. Инженерната група вече работеше по няколко проекта в рамките на програмата „Интеркосмос“. След прибора П1, работил на борда на „Интеркосмос-8“ през 1972 – 1973 г., нова негова модификация полетя на „Интеркосмос-12“ през зимата на 1974 г., трети прибор П3 пък работи на „Интеркосмос-14“

през 1975 – 1976 г. Следващият спътник, на който работеше поредният прибор П4 – „АУОС-Йоносонд-Интеркосмос-19“, беше вече от ново поколение. АУОС (Автоматична универсална орбитална станция) е триосно стабилизиран в пространството спътник, като една от осите му сочи към центъра на Земята (към надир), втората – по вектора на скоростта, а третата – на изток. На този спътник бе монтиран и първият оптичен прибор, създаден изцяло от старозагорските колеги – фотометъра ЕМО-1. Колегите от Стара Загора поставиха свои прибори на ракетите „Вертикал“, на междупланетната станция „Фобос“ и, разбира се, на българо-съветския спътник „България-1300“. Като споменах за ракетни експерименти, прибори – модификации на П1, извършиха успешни измервания на ракетите „Вертикал-3, 4, 6 и 7“, изстреляни между 1975 и 1978 г. Тежките геофизични ракети „Вертикал“, всъщност пенсионирани мощни военни ракети, достигаха до височина 1500 km и ние получавахме уникални моментни височинни профили на йоносферните параметри. Публикуването на йоносферни профили до такива височини бяха рядкост в литературата, обикновено бяха привилегия на руските учени. Основната информация за височинното разпределение на йоносферните параметри беше получена от американските йоносферни спътници *Atmosphere Explorer*. Тези спътници имаха силно елиптична орбита и в близост до перигея си прекосяваха височинния интервал 200 – 800 km в рамките на двайсестина градуса географска ширина. Получените от ракетите „Вертикал“ моментни профили на плазмените параметри бяха уникални и към тях имаше голям интерес.

Отдавна мечтаехме да разработим собствени датчици за нашите прибори. Това осъществихме през 1978 г. с разработката на оригинален 4-електроден сферичен йонен уловител. В течение на годините от „Интеркосмос 2“ анализирахме В/А характеристики на огромно количество измервания и успяхме да извлечем информация за наличието на молекулни йони (O_2^+ , N_2^+ и NO^+) около перигея на спътника на около 250 km. Нашата идея беше да поставим на датчика нова външна решетка, свързана електрически с корпуса на спътника. За пръв път новият датчик като част от прибора 4ЕЛИ-1 полетя на ракетата „Вертикал-7“ през ноември 1978 г. Следващата негова мисия бе на „България-1300“.

Космическият проект „България-1300“

Идеята да се изготвят прибори за цял спътник по случай подготвяните грандиозни чествания през 1981 г. на 1300-годишнината на българската държава принадлежи на семейство Гогошеви, което я споделя със Серафимов още през лятото на 1975 г.

След височайшото одобрение настана време за подготовка на Програмата на проекта. Подготовката е възложена на Националния комитет за изследване и използване на космическото пространство (НКИИКП), орган към Комитета за наука и висше образование (КНТПВО). Председател на НКИИКП е

акад. Л. Кръстанов, а след неговата кончина през 1978 г. председател става Серафимов, а аз – научен секретар. Цялата 1977 г. мина в подготовка на Научната програма на проекта, която си имаше организационна, финансова и научна част. Освен половината институти на БАН, в Програмата бяха включени и редица министерства: на отбраната, на електрониката и електротехниката, на машиностроенето и металургията, на земеделието, както и някои комитети във връзка с Космоса. Програмата „България-1300“ включваше разработка на приборния състав на българо-съветския спътник „Интеркосмос-България-1300“ (Б-1300) и участие с прибори на съветския спътник „Метеор природа“. Първият спътник бе с чисто йоносферни задачи, а вторият – със задачи за изследване на Земята от Космоса (*remote sensing*). Неофициално назовавахме частта от проекта на втория спътник „България-1300 – 2“.



Макет на спътника Б-1300

Следва продължение в следващия брой.

Статията представя откъси от „Спомени за българската космическа експанзия 1967 – 1987г.“ на Иван Кутиев, публикувани в блога му <https://kosmos-bg.blogspot.com/2020/04/1967-1987.html>

ПРИЛОЖНА ФИЗИКА И КОМПЮТЪРНО МОДЕЛИРАНЕ – МОДЕРНАТА СПЕЦИАЛНОСТ

В рамките на кандидатстудентската кампания 2020 Техническият университет – София представя специалността „Приложна физика и компютърно моделиране“.

През 2018 г. в ТУ – София, в професионалното направление „Общо инженерство“, е открита бакалавърска специалност „Приложна физика и компютърно моделиране“, наследник на съществуващата бакалавърска специалност „Инженерна физика“. Специалността „Приложна физика и компютърно моделиране“ е насочена към задълбочено изучаване на физичната същност на процесите и явленията, чрез които се развиват и реализират модерните фотонни, лазерни, оптични, електронни и нанотехнологии и други области на съвременната техника. Друга основна насока на специалността са компютърното моделиране и симулации, които в наши дни заместват много от скъпите физични експерименти и същевременно позволяват да се получи необходимата за дадена технология информация за свойствата на изследваните обекти и системи и процесите, протичащи в тях. Обучаващите се в специалността усвояват използването на компютърни технологии и професионални софтуерни продукти от високо ниво за решаването на практически задачи с инженерно приложение. Обучението включва и задължителния комплекс от инженерни, езикови, икономически и бизнес знания и умения, нужни за успешна реализация в индустрията.

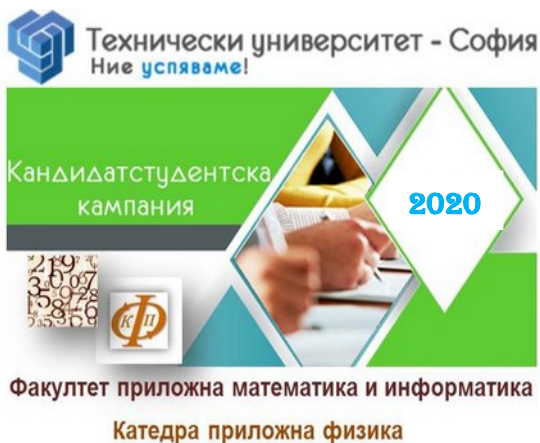


Специалността „Приложна физика и компютърно моделиране“ има за цел подготвянето на специалисти, които да са свързващо звено между фундаменталните знания, научните разработки, компютърното моделиране и симулации и индустриалните им приложения. Такива специалисти имат важна роля в прилагането на иновации и най-нови научни постижения.

Комплексният подход при обучението в предлаганата специалност осигурява на завършилите бакалаври по-голяма мобилност, адаптивност, кариерно развитие и възможност успешно да се впишат в съвременните изисквания на пазарната среда за развитие на индустрията.

Завършилите инженер-физики от специалност „Приложна физика и компютърно моделиране“ са подготвени да се реализират като конструктори, специалисти по проектиране, разработване и експлоатация на продукти във високотехнологични компании в областта на оптичните технологии, фотониката, лазерната техника, материалобработването и микромашинните технологии, световодните комуникационни системи и прибори, на микро- и нанотехнологиите за електронни и оптоелектронни прибори.

Подходящо място за приложение на получените знания и умения може да бъде изследователска работа в институтите на БАН и в университетите, както и позиции на преподаватели в университети, търговски представители или дистрибутори на техника, представители на фирми, занимаващи се с инженерингова дейност.



Повече информация: <http://phys.tu-sofia.bg>

РАЗВИТИЕ НА ИЗСЛЕДОВАТЕЛСКИ УМЕНИЯ У УЧЕНИЦИТЕ ЧРЕЗ ИЗПОЛЗВАНЕ НА ИНТЕРАКТИВНИ МЕТОДИ НА ОБУЧЕНИЕ ПО ФИЗИКА И АСТРОНОМИЯ

Нели Димитрова

В статията се представя проучване на мнение и отношение на учители и ученици към използване на изследователски подход в обучението по *Физика и астрономия* в средното училище. Въз основа на резултатите от проучването се предлагат методически идеи за използване на интерактивни методи на обучение за развиване на изследователски умения у учениците в 7. клас, когато започва изучаването на учебния предмет *физика и астрономия*.

Ключови думи: изследователски умения, учене чрез изследване, интерактивни методи на обучение

Съвременният ученик посреща все повече и повече предизвикателства в ролята си на млад човек, чието работно време е насочено към усвояване на определени знания и умения, които в по-късни етапи от живота му ще му послужат в университета или при професионална реализация. „Държавният образователен стандарт е целта на пътуване на ученика в училище и показва посоката на движение на ученика“ [1, с. 29]. Какво превозно средство ще изберат учителят и ученикът в общото им пътешествие зависи от много фактори. Една от основните цели на обучението по *физика и астрономия* е формиране на изследователски умения, което е постижимо както в класната стая, така и във виртуална образователна среда. Въз основа на дефиницията, че ученето чрез изследване „е съзнателен процес за диагностициране на проблеми, експериментирание и определяне на алтернативи и планиране на експерименти, научноизследователски предположения, търсене на информация, конструиране на модели, обсъждане със съученици, сформирание на ясни аргументи“ [2, с. 272] могат да се разграничат следните умения, които се формират при ученето чрез изследване:

- ✓ За виждане на проблема
- ✓ За задаване на въпроси
- ✓ За изграждане на хипотеза
- ✓ За търсене, систематизиране, класифициране и обобщаване на информация
- ✓ За планиране и извършване на експерименти
- ✓ За аргументиране и защита на теза, хипотеза и за обобщение на получените резултати.

Какви видове учене чрез изследване могат да се разграничат според нивото на самостоятелност на учениците? [3].

Най-простото ниво е **потвърждаващо/верифициращо изследване**. При него на учениците се предоставят както въпросите и процедурите (методите), така и резултатите, които са предварително известни. При него учителят направлява процеса на изследване чрез предоставяне на цялата необходима информация и средства, а ученикът изпълнява. Учителите дават насоки по време на целия процес и насочват учениците към правилните решения и действия.

Следващото ниво се нарича **структурирано изследване**. Целта на обучението на това ниво е да въведе обучаемите в провеждането на изследвания или изграждане на конкретни изследователски умения, както и в събиране и анализиране на данни. При това ниво учителят осигурява необходимата информация за изследвания проблем и подходящия метод, а обучаемите работят върху решението чрез събиране и анализ на съответните данни.

Третото ниво на изследователско обучение се нарича **ръководено изследване**. В това проучване въпросът или хипотезата все още се предоставят от учителя. Обучаемите обаче генерират обяснение, подкрепено от доказателствата, които събират. Учителят дава на обучаемите само изследователския въпрос или хипотеза и обучаемите създават процедурата (метода), за да тестват въпросите/хипотезите и получените обяснения под ръководството и/или с подкрепата на учителя.

Най-изискващото усилия от обучаемите е **отвореното изследване**. В отвореното проучване учениците имат възможност да действат като учени, да поставят въпроси, да проектират и извършват изследвания, както и да представят техните резултати. Това ниво изисква от обучаемите опитни научни разсъждения и компетенции в съответната област. Учителят може да предостави насоки, но самите обучаеми трябва да дефинират хипотезата, метода, решението и неговата аргументация.

Нива на изследване по степен на самостоятелност	Проблем	Процедура	Решение
Ниво 1. Потвърждаващо	Учител	Учител	Учител
Ниво 2. Структурирано	Учител	Учител	Ученик
Ниво 3. Ръководено	Учител	Ученик	Ученик
Ниво 4. Отворено	Ученик	Ученик	Ученик

Таблица 1. Представяне на участието на учител и ученици в различните етапи на изследване

Въз основа на така представените теоретични постановки бе осъществено проучване на отношението на учители и ученици към прилагане на изследователския подход. При проведено интервю на учители по време на обуче-

ния, по-голяма част от тях посочват, че при осъществяване на обучение чрез изследване може да се достигне най-много до трето ниво на самостоятелност. В много редки случаи – и то само за част от учениците, може да се предложи отворено (четвърто) ниво на изследване. За факторите, които учителите определят като значими при избор на ниво на самостоятелност при провеждане на обучение чрез изследване са: възрастта на учениците, етнически произход, познавателни възможности, натрупан опит, специфика на учебното съдържание, материална база. За резултатите, които се постигат при провеждане на такъв тип обучение, учителите посочват на първо място трудности по отношение на развитие на умения за планиране на изследователска дейност, а на второ място – уменията за търсене, систематизиране, класифициране и обобщаване на информация.

Какво мислят учениците по този въпрос?

Бе проведено анкетно проучване на 212 ученици на възраст 16 – 18 години от различни видове училища – професионална гимназия, средно училище и природо-математическа гимназия. Бе изследвано отношение и самооценка към ученето при изследване чрез разработване на проекти [4]. Тази възрастова група бе избрана, тъй като това са ученици, които изучават учебния предмет *физика и астрономия* последна година от задължителната подготовка, и се предполага, че имат натрупан опит в работата по учебни проекти. Резултатите от анкетното проучване показват, че изследваните ученици оценяват както най-успешно развиващи се умения тези, свързани с търсене, отсяване, систематизиране и критично оценяване на информация. На второ място са уменията за представяне на продукта по подходящ начин пред публика. Учениците от средното училище и професионалната гимназия считат, че това, което им дава работата по проекти, са по-задълбочени знания по физика, докато учениците от природо-математическата гимназия смятат, че работата по проекти дава знания и умения, които не се усвояват в училище. Изводът е, че при провеждане на такъв вид обучение учителите още от началото на курса по *физика и астрономия* така трябва да планират изследователската проектна дейност, че постепенно да се развиват умения у учениците – първо, за задаване на въпроси за откриване на проблема и постепенно въвеждане в изследователската дейност. За тази цел много ясно трябва да са регламентирани и съгласувани очакванията и от двете страни в обучителния процес.

За да започне развитието на изследователски умения у учениците, още в 7. клас – класът, в който се осъществява отделянето на учебният предмет *физика и астрономия* като самостоятелен учебен предмет, може да се приложат редица интерактивни методи на обучение, при които присъстват елементи на изследователско обучение, и чрез използването на които ще се мотивират учениците към познавателна дейност. В изложението са представени някои

подходящи за възрастта на учениците методи на обучение в контекста на учебното съдържание по *физика и астрономия* в 7. клас.

➤ *Лавина*

Използва се като метод или техника за събиране на информация „чрез натрупване“ [5]. Учениците се разделят на три групи. На всеки първи ученик от групата се раздава лист със записана на него гатанка. Ученикът записва отговор, прегъва листа и предава на следващия съотборник. Накрая последният отговорил прочита информацията, събрана чрез лавината. Може да се използват гатанки, като целта им е учениците да разпознават природни обекти и явления.

Примерни гатанки за учебното съдържание от темата „Светлина“ в 7. клас:

- ✓ Дълга Неда сянка няма. Що е то? (Реката).
- ✓ Светлина раздавам всеки ден, ала никой не поглежда в мен. Що е то? (Слънцето).
- ✓ Шарена кобилица над река виси. Що е то? (Дъгата).
- *Дискусия* – този метод изисква сериозна предварителна подготовка както на учителя, така и на учениците. За този метод е характерно, че при него може да се стигне до няколко алтернативни решения. Примерни въпроси за дискусия:
- ✓ В баладата „Хаджи Димитър“ Христо Ботев пише: „...гора зашуми, вятър повее“. Защо първо чуваме шуменето на гората, а след това усещаме полъха на вятъра, който е задвижил листата? [6].
- ✓ Във всички човешки дейности се използва енергия. Какви възобновяеми енергийни източници предпочитате да използвате във вашия всекидневен живот?
- *Решаване на казуси*

Учителят представя различни модели на поведение на човека в конкретни ситуации, всяка група ученици избира казус, обсъжда го и предлага решение.

Пример: Вие сте четиричленно семейство и на месец употребявате 600 kWh електроенергия. Инкасаторът, който проверява разхода на електроенергия, ви е обърнал внимание и вашето семейство трябва да реши как да намали разхода на електроенергия у дома.

Друг примерен казус: Вие сте на купон с приятели и слушате много силно музика. Съсед звъни и ви предупреждава, че ако не намалите звука, ще повика полиция. Какво ще направите?

➤ *Дебат*

Метод на обучение, при който се развиват умения за аргументиране на тези. Примерни теми: „За и против йонизиращите лъчения“; „За и против електромобилите“.

➤ *Изграждане на интелектуална карта*

Този метод е подходящ в уроците за обобщение и систематизиране на знанията и уменията на учениците. Например в темата „Светлина и звук“ в 7. клас може да се разделят учениците на две групи и да създадат интелектуални карти с ключови понятия *светлина* и *звук*. При използване на този метод се развиват умения за систематизиране и обобщаване на изучаваната информация от учебното съдържание.

➤ *Техника на разделения постер*

Използва се за създаване на целенасочено усещане за успех чрез сравняване мнението на учениците (резултат от мозъчна атака) с научната обосновка на определен проблем. Подходяща за обобщаване на знания в края на часа или при приключване на тема, раздел от учебния материал [5]. Интересна модификация на тази техника е използването на надути балони, в които е поставено вярното решение на дадена задача. Осъществява се диференцирана групово работа, като всяка група избира число и получава задача и балон със съответния номер. След решаването на задачата се изпуска въздухът от балона и се изважда верният отговор.

➤ *Групово диференцирана работа с използване на флашкарти*

Флашкартите са картонени листчета, на които от едната страна са записани въпроси, а на другата са отговорите. Може да се използват за: състезания; при вътрешнодиференцирана групово работа – ученици с по-големи обучителни възможности съставят задачи на картончетата въз основа на илюстрация, а ученици с по-малки обучителни възможности ги решават; игри – подреждане на пъзел от карти с илюстрации на различни елементи на електрическа верига. По този начин се развиват умения за планиране на дейности (анализ на илюстрация и съставяне на задача), за решаване на задачи, за конструиране на електрически вериги.

➤ *Методът на работните станции*

Подходящ е за развитие на различни по вид умения. На всяка от станциите има разнообразни задания с различна степен на сложност. Задачите трябва да са разнообразни по вид и форма, за да се използват различните сетива. Учениците минават през станциите и работят по съответните задачи. Преминането през станциите се отбелязва от конкретния ученик на специален лист (фиш за напредъка) [7]. Примерни задачи за работни станции:

- ✓ Забийте в лимон железен пирон и парче дебела медна тел, като внимавайте да не се допират. С помощта на щипки (крокодилчета) свържете двата метала към изводите на милиамперметър. Уредът отчита протичане на ток, следователно системата от лимона и двата метала работи като батерия. Повторете опита, като замените лимона с картоф или кисела краставичка. Ще протече ли ток, ако използвате два пирона?

- ✓ На етикета на електрическо одеяло е означено 0,75 А, 220 V. Пресметнете мощността P на одеялото.
- ✓ Много животни издават звуци не с гласа си, а по друг начин. Проучете кой е източникът на звук, когато: лети муха; свири щурче; гърмяща змия е раздразнена.
- ✓ Китовите общуват помежду си с много ниски звуци, които изминават във вода големи разстояния. При такъв „разговор“ звукът закъснява с 67 s. Пресметнете на какво разстояние се намират китовите един от друг. Скоростта на звука във вода е 1500 m/s [8].
- ✓ Прочетете **следния** текст от **учебника** и напишете какво предварително сте знаели по темата, какво научихте от прочетения текст и на кои ваши въпроси не получихте отговор от прочетеното.
- ✓ Създайте интелектуална карта на тема „Светлина“.
- ✓ Предложете план за осъществяване на физичен експеримент, свързан с получаване на небесна дъга.

➤ *Светкавица*

Служи за бърза проверка на знанията или отношението на учениците към даден проблем. Необходимите средства за осъществяване са подходящ предмет, набор от въпроси, които изискват еднозначни отговори. Учителят може да започне часа с техниката „светкавица“, което „събужда“ неговите ученици, като подхвърля лек предмет (например топка за тенис) към конкретен ученик и без да посочва име, задава въпрос с еднозначен отговор. Топката се връща към учителя заедно със съответния отговор. При грешен отговор учителят подава топката на друг ученик със същия въпрос. Продължителността не трябва да бъде повече от 3 до 5 минути. Функциите на тази интерактивна техника са следните: може да се осъществи актуализация на опорни знания; води до повишаване на вниманието и съсредоточеността на учениците, защото всеки от тях може да е следващият, получил топката; не се изключва и аспектът мотивиране към учебна дейност чрез този вид игра. И, най-основното – чрез тази техника учениците развиват умения за оценяване на дадена ситуация или проблем.

Примерни въпроси за изразяване на отношение към екологични проблеми и човешки дейности:

- ✓ Замърсяване ли е, когато слушаме много силно музика?
- ✓ Замърсяване ли е, когато всички ученици от класа говорят едновременно?
- ✓ Полезни ли са йонизиращите лъчения за здравето на човека?
- *Дидактическа игра* – друг интерактивен метод на обучение, чрез който с помощта на игра се развиват изследователски умения.

Подбраната тема за игра е с екологична насоченост „Аз и моят дом“. Класът се разделя на няколко семейства (групи от 3 – 4 човека). Семействата

си избират име. Отделно трима ученици се избират за оценители. Определя се и група на съветниците, които имат за задача да съставят предложения за различни по вид сгради и енергийни източници. Всяко семейство разработва обоснован план за избор на дом и за енергийна ефективност. Предварително се определя цената на всеки вид къща, на избрани алтернативни източници на енергия и на съответния енергиен разход съвместно със съветниците. Всяко семейство получава еднакъв бюджет и се калкулира за колко време тези средства ще се изразходват. Оценителите проверяват плановете на семействата. Печели семейството с най-много идеи и най-добри обосновки за ефективното им прилагане, респективно с най-продължително време на изразходване на бюджета.

- *Работа по проекти* – възможностите за прилагане на този метод на обучение са изключително разнообразни по отношение на теми за проекти:

Учениците да направят проучване на изразходваната електроенергия на месец от тяхното семейство и да предложат план за икономии. Или да направят проучване на изразходвана електроенергия за осветление на родния си град.

Учениците да направят проучване за ергономичните изисквания на изкуственото осветление и да проверят дали техният дом/училище отговаря на тези изисквания.

Друга тема за проект е космическият боклук. Учениците проучват количеството космически отломки, които обикалят в орбита около Земята, техния произход и дават предложения за тяхното намаляване.

Заклучение

Развитието на изследователски умения може да се постига по различни начини, които учителят избира за своите ученици. Интерактивните методи на обучение по своята същност поставят ученика в активна позиция на взаимодействие с образователната среда, т.е. дават възможност за непреднамерено, естествено учене, в което е включено забавление, общуване и удоволствие от извършваните учебни дейности. Така по естествен път може да се развият важни умения за бъдещето.

Литература

- [1] З. Костова, *Нови измерения на ученето: синтез на иновации и традиции*. Пловдив. Макрос. (2017)
- [2] И. Джокин, И. *Проектът Go-Lab и изследователския подход в образованието*. Физика: методология на обучението, том 2 (2014), кн. 4, 272 – 278.
http://physika-bg.org/papers/bpe2014_4_272-278.pdf
- [3] http://uni-sz.bg/truni4/wp-content/uploads/pf/file/PEDAGOGICHESKI_FAKULTET/YEARBOOK_2016/4_RumyanaNeminska.pdf

- [4] Н. Димитрова, *Проучване на нагласите на учениците за прилагане на изследователски подход в обучението по физика и астрономия*. V Есенен научно-образователен форум „Съвременното училище и квалификацията на учителите“, София, 20-21 ноември 2015, Унив. изд. „Св. Климент Охридски“. (2016), 242 – 262
- [5] В. Гюрова и др. *Интерактивността в учебния процес, или за рибаря, рибките и риболова*. София. Агенция Европрес. (2006)
- [6] И. Петков, И. *Книга за учителя. Физика и астрономия, 7. клас*. Варна. САНПРО. (2018)
- [7] А. Панталеева-Кондева. *Методът на работните станции в обучението по математика*. Образование и технологии, №3/2012, 289–291:
http://www.itlearning-bg.com/magazines/Spisanie2012/resources/e-book_2012.pdf
- [8] Д. Мърваков и др. *Тетрадка по физика и астрономия, 7. клас*. София. Просвета. (2018)

DEVELOPMENT OF RESEARCH SKILLS IN STUDENTS THROUGH THE USE OF INTERACTIVE METHODS OF TEACHING IN PHYSICS AND ASTRONOMY

N. Dimitrova

The article presents a study of the opinion and attitude of teachers and students to the use of a research approach in the teaching of Physics and Astronomy in school. Based on the results of the research, methodological ideas are proposed for the use of interactive teaching methods for the development of research skills in students in the 7th grade, where the study of the subject Physics and Astronomy begins.

ДЕСЕТИ РЕДОВЕН КОНГРЕС НА СЪЮЗА НА ФИЗИЦИТЕ В БЪЛГАРИЯ

На 18. 07. 2020 г. във Физическия факултет на Софийския университет „Св. Климент Охридски“ се проведе Десетият редовен конгрес на Съюза на физиците в България (СФБ), който съгласно Устава е висшият отчетен и избран форум на Съюза. На Конгреса беше представен отчет на Ръководството на СФБ за извършената работа. Бяха определени основните насоки на бъдещата дейност и бяха приети решения за периода до следващия конгрес. Проведен беше избор на ново ръководство на СФБ.

През отчетния период дейността традиционно беше посветена на образованието по физика, на проблемите на фундаменталните и приложни изследвания по физика, на популяризацията на физиката, на международната дейност, на връзките с различни правителствени и неправителствени организации у нас и в чужбина – на първо място МОН, Международния съюз по чиста и приложна физика, Европейското физическо дружество, Балканския физически съюз. По редица наболели въпроси на нашето общество СФБ изказа своята професионална и гражданска позиция.

Съюзът отдавна е спечелил позицията на авторитетна национална неправителствена организация, която има сериозно влияние и значение за обединяването и повишаването на авторитета на физическата колегия в България, за развитието на образованието и изследванията в областта на физическите науки, за популяризиране на физиката в обществото.

Общественото и икономическо развитие на страната поставя нови задачи пред физическата колегия, които са свързани с:

- активно участие на физиците в България при формиране на стратегия за научните изследвания и иновациите в страната;
- популяризиране възможностите на физичните изследвания за създаване на модерни производства и нови продукти;
- формулиране, съобразно с тази стратегия, на перспективни научни направления, които да обединят в критична маса учените, занимаващи се с физически науки;
- активна работа за привличане на общественото внимание към важността и проблемите при преподаването на физика и другите природни науки;
- непрекъснати усилия за модернизиране на училищния курс по физика с използване на иновативни подходи, с интересна и разбираема тематика, с лабораторни и компютърни дейности и др.;
- работа за привличане на способни студенти в инженерните и природни специалности и, специално, на млади учители по физика;

- актуализиране на методиката за обучение във ВУ за подготовка на студенти с добри базисни познания по физика, необходими за съвременния инженер, химик, биолог, лекар, и т.н.;

- широко популяризиране на новите открития и идеи във физиката, на постиженията на българските и чуждестранни физици;

- борба за рязко подобряване на финансирането на обучението по физика в университетите и повишаване на заплащането на научния труд в университети и институти до европейските нива. По-долу публикуваме взетите от Конгреса решения за бъдещата работа на СФБ.

Съгласно Устава на СФБ бяха проведени избори за Управителен съвет, чийто състав може да се види на страницата на СФБ.

За председател на СФБ беше избран проф. д.фз.н. Александър Драйшу.

Конгресът избра предишния председател акад. Александър Петров за почетен председател на СФБ.

За главен редактор на списание „Светът на физиката“ беше преизбрана проф. д.т.н. Сашка Александрова.

Редакцията на „Светът на физиката“ поздравява новото ръководство на СФБ и Почетния председател с пожелания за успешна дейност и все така добро сътрудничество със списанието.

Харесайте страницата на списанието във facebook

<https://www.facebook.com/world.of.physics.bg/>

РЕШЕНИЯ НА X КОНГРЕС НА СФБ

18 юли 2020 г.

Подпомагане и подобряване на нивото на образованието по физика

Да се поддържа традицията за организиране на ежегодните Национални конференции по обучението, като на всяка от тях се поставят възникнали проблеми и се търсят решенията на проблемите.

Да се обхващат все по-широки кръгове от подрастващото поколение, включително децата от предучилищна възраст, като към Младежките сесии на конференциите по обучението се включат по-активно студенти и докторанти от ВУ.

Да се засили връзката на образованието със съвременните научни и приложни изследвания по физика, като в конференциите се представят научни доклади, популяризиращи съвременните научни постижения и перспективите за кариерно развитие в съответната област на физиката.

Да се поддържа активен диалог с държавните институции, отговорни за образованието по физика, като се обсъждат периодично с ръководството на МОН и с ректорските ръководства на университетите промените в хорариумите, учебните планове и програми, новите специалности, финансирането на лабораториите и катедрите, както и съгласуване на хорариумите на профилираната програма по *физика и астрономия* XI – XII клас и хорариума по физика в инженерните и медицинските висши училища.

Да се организират ежегодни срещи на ръководството на СФБ с ръководния екип на МОН, за да се дискутират проблемите и целите пред физическите науки и образование и пътищата за тяхното постигане.

Със съдействието на МОН и РУО през м. октомври ежегодно да стартира кампании на отворените врати на кабинетите по физика в училищата за ученици от начален и прогимназиален етап.

УС да участва активно в администрирането на наградата за учители на името на акад. М. Матеев, съвместно с фондация „Св. св. Кирил и Методий“ и търси възможности за учредяването на такава научна награда.

Подкрепа и координация на фундаменталните и приложни научни изследвания, на приложението на физиката в промишлеността, медицината и опазването на околната среда

СФБ да активизира участието си на експертно и организационно ниво при формиране на стратегия за научните изследвания и иновациите в страната и формулиране, съобразно с тази стратегия, на перспективни научни направления, които да обединят учените, занимаващи се с физически науки.

Националният конгрес по физика да се провежда с определената периодичност от 3 години, за да продължи да играе своята важна роля в дейността на СФБ. Следващият Национален конгрес по физически науки да се проведе през м. септември 2021 г. Този конгрес да определя перспективите в развитието на българската физика, като част от Европейското изследователско пространство, и да популяризира възможностите на физическите изследвания за създаване на модерни производства и нови продукти.

СФБ да подкрепя организацията и провеждането на национални и международни научни конференции, семинари и фестивали у нас, като подпомага финансирането им чрез проекти.

Да съдейства за по-доброто финансиране на научните изследвания у нас, чрез подпомагане и участие в създаването на система и на критерии за оценка на научните резултати и проектите за развитие и сътрудничеството в областта на физиката.

Подобряване на връзките с останалите съюзи в областта на природните науки и синхронизация на действията по общи въпроси, свързани с образованието по тези науки, пред МОН.

СФБ да съдейства и участва в укрепването и издаването на *Bulgarian Journal of Physics*, като единственото научно списание в България в областта на физичните науки.

Международно сътрудничество:

Връзките ни с Европейското физическо дружество следва да се развиват и задълбочават, при това не само с Изпълнителния му съвет, но и с бордовете по раздели на физиката, като в УС на СФБ се определят отговорници по отделните научни направления.

Участието ни в Балканския физически съюз да продължи с неотслабваща активност. Да се активизира и използва членството в *IUPAP* за ползотворни връзки в цялостната дейност на световната организация.

Да подпомага участието и подготовката за участие на българските учители по физика, ученици, студенти, докторанти, преподаватели и учени в международните олимпиади и турнири по физика, в европейските програми „Наука на сцената“, „Нощ на учените“, в европейските астрономически програми и др., които дават своето положително и определящо отражение върху цялостната работа на клоновете ни из цялата страна.

Да се продължи подготовката на проекти за финансиране и спонсорство на българското участие в такива международни програми и прояви.

Да се търсят и поддържат активни контакти с български учени, работещи в международни научни центрове и чуждестранни институти и университети, които са готови да подпомагат дейността на СФБ.

УС на СФБ да участва в подбора на учители по физика за посещенията им в ОИЯИ в Дубна и съвместната им работа с руски учители, като се търсят възможности за участието и на ученици.

Събиране на предложения за организиране на Международна конференция под егидата на *IUPAP* в светлината на обявяването на 2022 за Година на базовите науки.

Популяризация на физиката:

Да се изготвя ежегоден календар на редовно провежданите и традиционни дейности на СФБ, като се осигури и включването му в календара на МОН и се поставя на страницата на съюза.

Ежегодно да се разработва, приема и разпространява Национална програма за ученици и студенти с дейности (конкурси, състезания, изложби, концерти ...), формиращи и задълбочаващи интереса им към физиката.

Интернет страницата на Съюза, както и на провежданите с негово участие национални и международни прояви да се поддържа редовно и да се направи по-атрактивна. За тази цел да се привлекат участници в младежките научни сесии, които показват високо ниво на интернет култура.

Да се създадат съвместно с клоновете на СФБ бази с данни за:

- талантиливи ученици с изявени интереси към физиката;
- учители, активно включващи се в дейността на СФБ;
- учени от различни направления на физиката, с възможности за експертна оценка и подготовка на проекти.

Да се подпомагат и популяризират изданията на СФБ, като в тях се публикуват редовно информации за дейността на Съюза.

Със съдействието на МОН и РУО през месец октомври ежегодно да стартира кампании на отворените врати на кабинетите по физика в училищата за ученици от начален и прогимназиален етап.

Организиране и провеждане на общи мероприятия с цел популяризация на физиката в сътрудничество със секция „Физика“ към СУБ.

Да се използват новите комуникационни канали и платформи и социалните мрежи за популяризиране на дейността в областта на образованието по физика.

Организационни въпроси

Клоновете да активизират своята дейност, като:

- привличат нови членове;
- създадат база данни на физиците, работещи на територията на клона, с цел включването им в дейностите на клона;
- работят за привличане и подпомагане на млади учители по физика;
- ежегодно изпращат в УС списък на отчетените членове.

УС на СФБ препоръчва създаването на клонове или секции към университети, институти, лаборатории и големите производствени предприятия, с което целите и идеите на Съюза ще достигнат до възможно повече хора.

Да се подобри организацията по събираемост на членския внос, като всеки клон и секция намери начин да достигне до всеки свой член.

Да се разработи и приеме система от стимули за ученици с подчертан интерес към физиката и техните учители, както и за студенти и преподаватели с активно участие в дейности на СФБ.

Да се въведе тримесечен бюлетин на УС на СФБ, който да включва важни събития от живота на Съюза през периода (срещи в МОН, сключени договори, приети програми, решения от заседанията на УС и т.н.), който да се изпраща до председателите на клоновете, а чрез тях информацията да достига до всеки един член на Съюза.

Всяка от секциите към УС на СФБ да разработи своя програма за следващите 3 години, които да бъдат обсъдени и приети на заседанието на УС, последващо конгреса.

ПОСЕТЕТЕ НАШИЯ САЙТ

wop.phys.uni-sofia.bg

**ВСИЧКИ СНИМКИ И ФИГУРИ СА ЦВЕТНИ В ОНЛАЙН
ВЕРСИЯТА НА СПИСАНИЕТО**

ПРОФ. Д.ФЗ.Н АЛЕКСАНДЪР ДРАЙШУ – ПРЕДСЕДАТЕЛ НА СФБ



Проф. Александър Драйшу е роден през 1961 г. Висше образование завършва през 1987 г. в СУ „Св. Кл. Охридски“ като инженер-физик със специализация „Квантова електроника и лазерна техника“. До 1990 г. е докторант към катедра „Квантова електроника“, като през 1991 г. защитава кандидатска дисертация (сега степен д-р) на тема „Индуцирана фазова модулация и преобразуване на параметрите на лазерно-то лъчение“. През 2001 г. защитава дисертация за степента доктор на физическите науки на тема „Фазова самомодулация и индуцирана фазова модулация в кубични нелинейни среди“.

Кариерата на проф. А. Драйшу е свързана с Физическия факултет на Софийския университет „Св. Климент Охридски“. От 1991 г. е последователно старши асистент и главен асистент, а през 1998 г. е избран за доцент. През 2004 г. е избран за професор.

Проф. А. Драйшу е бил стипендиант на Фондация „Александър фон Хумболт“. Специализирал е в Техническия университет на Грац (Австрия), четирикратно – със стипендии на Дружество „Макс-Планк“ в Макс-Планк Институт по квантова оптика (Гархинг, Германия), трикратно в Австралийския национален университет (Канбера, Австралия), многократно в Института по оптика и квантова електроника на Университет Фридрих Шилер (Йена, Германия).

Проф. А. Драйшу има богат административен опит. До момента на избирането му за председател на на СФБ е заемал следните длъжности: От 2003 г. до 2011 г. и от 2019 г. досега е ръководител на катедра „Квантова електроника“. През 2011 г. е избран за декан на Физическия факултет и остава на тази длъжност два мандата. От 2002 г. е член на Факултетния съвет на Физическия факултет. Член е на Академичния съвет на СУ „Св. Климент Охридски“. От 2005 г. до 2013 г. е бил член и на Научния съвет на Института по електроника – БАН.

Проф. А. Драйшу има богат административен опит. До момента на избирането му за председател на на СФБ е заемал следните длъжности: От 2003 г. до 2011 г. и от 2019 г. досега е ръководител на катедра „Квантова електроника“. През 2011 г. е избран за декан на Физическия факултет и остава на тази длъжност два мандата. От 2002 г. е член на Факултетния съвет на Физическия факултет. Член е на Академичния съвет на СУ „Св. Климент Охридски“. От 2005 г. до 2013 г. е бил член и на Научния съвет на Института по електроника – БАН.

Ръководил е 17 изследователски проекти с Националния фонд за научни изследвания и международни проекти. Участвал е в редица организационни, научни и програмни комитети на международни научни форуми, в научни съвети и научно-експертни комисии.

Преподавателската работа на проф. А. Драйшу и научните му интереси са в областта на квантовата електроника и лазерната техника, по-точно нап-

равленията на линейната и нелинейна оптика, в сингулярната оптика и в оптиката на свръхкъсите импулси. Той води лекционни курсове по линейни и нелинейни оптични вълни, електричество и магнетизъм, нелинейни оптични вълни и солитони, оптични комуникационни мрежи, физика на лазерите – части 1 и 2 и др. През 2011 г. е бил поканен лектор по нелинейна сингулярна оптика на Школата по фотоника „Ернст Аббе“ на Университет Фридрих Шилер (Йена, Германия). Бил е ръководител на над 30 дипломни работи. Проф. Драйшу има шестима успешно защитили докторанти, на които е бил консултант и/или ръководител. Автор и съавтор е на над 225 научни публикации, които са цитирани над 1500 пъти (*SCOPUS ID*: 7003626585; *Web of Science ID*: R-7620-2016).

Проф. А. Драйшу е член на Хумболтовия съюз – България.

АБОНАМЕНТ И РАЗПРОСТРАНЕНИЕ

Абонамент за 1 година (4 книжки) – 20 лв., за членове на СФБ – 16 лв, за ученици, студенти и пенсионери – 10 лв.

Ако желаете да се абонирате – пишете на worldofphysics@abv.bg

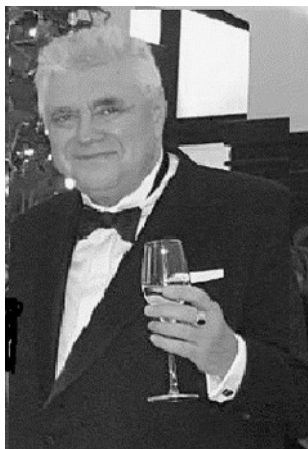
Банкова сметка: Първа Инвестиционна Банка

IBAN: BG91FINV91501215737609; BIC: FINVBGSF

Броеве от списанието можете да намерите на следните места:

- Книжарницата на Математическия факултет на СУ „Св. Климент Охридски“, София 1164, бул. „Джеймс Баучър“ 5,
- Книжарница Технически университет – София, блок 10,
- Съюз на физиците в България, Физически факултет, СУ „Св. Климент Охридски“, София 1164, бул. „Джеймс Баучър“ 5, тел. +359 2 62 76 60, e-mail: urp@phys.uni-sofia.bg
- По време на лекторията „Светът на физиката на живо“.

АКАД. АЛЕКСАНДЪР ПЕТРОВ – ПОЧЕТЕН ПРЕДСЕДАТЕЛ НА СФБ



Акад. Александър Петров е бележит български физик от световна величина. Научните му постижения са в областта на физиката на меката и живата материя, мембранната биофизика, бионанотехнологиите. Той е известен и с неговите преподавателски и организационни дейности у нас и в чужбина.

Научните и иновационните заслуги на акад. Петров са свързани с експерименталното наблюдаване и теоретичното обясняване на шест нови ефекта във физиката на течните кристали, меката и живата материя. Между тях се откроява откритието на биофлексоелектричеството и създаденото учение за ролята на това ново явление във физиката на живата материя.

Тези нови ефекти се прилагат в оптоелектрониката, бионанотехнологиите, мембранната биофизика.

Приносът на акад. Петров за висшето образование у нас се свързва със създадената от него научна школа по физика на живата материя. Той чете лекции и води специализирани курсове по новите научни направления: физика на течните кристали, физика на живата материя и биоелектроника във Физическия факултет и във Факултета по химия и фармация на СУ „Св. Климент Охридски“.

Носител е на множество наши и чуждестранни награди за научноизследователската и преподавателската си дейност.

Комисията по предложенията на Конгреса представи следната мотивация при представянето на акад. А. Петров за избор за Почтен председател на СФБ:

Съществени резултати, постигнати от акад. А. Г. Петров за неговите 3 мандата като Председател на УС на СФБ

1. Възстановил Националния конгрес по физически науки, иницииран преди 30 години. Провел успешно два Национални конгреса (2013) и (2016) при голям интерес от колегията.

2. Председателствувал Балканския физически съюз (2015 – 2018). Организирано провеждането в София на X Юбилейна конференция на Балканския съюз (2018) под патронажа на Президента на Републиката. Конференцията бива посетена от голям брой физици от балканските страни.

3. Организирал провеждането у нас на Международната година на светлината и светлинните технологии 2015 под егидата на ЮНЕСКО и ООН.

4. Укрепил редовните връзки и контактите на СФБ с Европейското физическо дружество (2010 – 2019).

5. Възстановил участието на СФБ в Международния съюз по чиста и приложна физика (2019).

6. Осъществил сключване на споразумение за дългосрочно сътрудничество на СФБ и МОН (2019).

7. По предложение на УС на СФБ и УС на БАН награден (2018) с орден „Св. св. Кирил и Методий“ – огърлие за особени заслуги в областта на образованието и природните науки. Предложението е гласувано единодушно на заседание на УС на СФБ, проведено на 19 февруари 2018 г. (Протокол №2/19.02.18).

Отбелязвайки, че това е първият Почетен председател на СФБ в 122-годишната му история, Редколегията на „Светът на физиката“ поздравява академик Александър Петров с избора му от 10 конгрес за Почетен председател на СФБ и му желае здраве!.

Бъдете с нас още дълги години, академик Петров!

**ПОСЕТЕТЕ УЕБ-СТРАНИЦАТА НА
СЪЮЗА НА ФИЗИЦИТЕ В БЪЛГАРИЯ
НА АДРЕС:**

<http://www.phys.uni-sofia.bg/upb>

80 ГОДИНИ ОТ РОЖДЕНИЕТО НА АКАД. МАТЕЙ МАТЕЕВ

През 2020 г. се навършват 80 години от рождението и 10 години от кончината на акад. Матей Матеев (10 април 1940 г. – 25 юли 2010 г.), учен с международно признание в областта на теоретичната физика, професор по теоретична физика във Физическия факултет на Софийския университет. Той е бил заместник-председател на Балканския физически съюз (1997 – 2003), декан на Физическия факултет към Софийския университет (1983 – 1985), член на Академичния съвет и заместник-ректор на СУ (1985 – 1986), зам.-председател на Държавния комитет за наука и висше образование (1986 – 1989), министър на народната просвета (22 ноември 1990 – 8 ноември 1991). От 1997 до 2003 г. е бил председател на Комисията за сътрудничество на България с Обединения институт за ядрени изследвания (ОИЯИ) – Дубна. Бил член е на Комисията за сътрудничество на България с ЦЕРН и на Съвета на ЦЕРН и научен представител на страната в периода 1999-2000 г. Активното включване на България в експерименталната и теоретична работа на тази международна организация е основна заслуга на акад. Матеев. Носител е на орден „Св. Св. Кирил и Методий“ – първа степен за големите му заслуги към България в областта на образованието и науката. От 2001 г. до смъртта си през 2010 г. той е председател на Съюза на физиците в България.

В памет на бележития физик с международно признат авторитет акад. Матей Матеев, радетел на българската наука и образование и любим преподавател на поколения студенти по физика, публикуваме словото на проф. Христо Попов, произнесено на конференцията „Атомната и ядрената физика в образованието“ (София, 2011 г.).

ЗА АКАД. МАТЕЙ МАТЕЕВ – ЧОВЕКА, УЧЕНИЯ, ПРЕПОДАВАТЕЛЯ, ОБЩЕСТВЕНИКА

Христо Попов

Тези, които миналата година на днешната дата участваха в ловешката конференция, помнят честването на 70-годишния юбилей на председателя на Съюза на физиците в България акад. Матей Матеев. Кой можеше да предположи, че днес, точно година след това, ще посвещаваме работата си на неговата памет...! Справедливостта изисква дейността му: неговите резултати като учен, ръководител и организатор на научните изследвания, като преподавател и просветен деятел, общественик и държавник, да бъдат коментирани и оценявани от хора с поне сходна на неговата позиция в обществото и приноси с мащаби като неговите, които в много отношения съществено надхвърлят рамките на страната. Същевременно е ясно, че може би е рано за подобни оценки – твърде скорошна е загубата, твърде силна – болката от нея.

Знам, как следва да се говори в подобни случаи, но няма да следвам канона. Няма да говоря за Матей Матеев като бивш ръководител на катедра „Теоретична физика“, декан на Физическия факултет, заместник-председател на Държавния комитет за наука и технически прогрес (ДКНТП), министър на просветата, главен редактор на *Bulgarian Journal of Physics*, нито като председател на Съюза на физиците в България или активен член на ръководствата на Балканския и на Европейския физически съюз. Заради споменатите две причини единственото, което ще се помъча да направя в негова памет, е да разкажа за някои от неговите човешки качества, за да разберат и тези, които не го познаваха, защо му посвещаваме конференцията. Ще споделя просто *с какво ме удивляваше човекът Матей Матеев*.

Смятам, че право за това ми дава онзи почти половин век, през който работихме в една катедра и станахме приятели. Именно това обаче сега ми създава определен дискомфорт – не мога да говоря за него като за академик Матеев, като за професор Матеев или като за академик, професор, доктор на физическите науки, Матей Матеев. За мене той беше и си остава Матей, непрежалимия Маг. Затова, когато по-долу го наричам с тези имена, не приемайте това като неуважение към паметта му.

Качествата, с които Маг будеше у мен удивление, не са подредено множество, така че, когато изреждам първо, второ и т.н., това не е степенуване по важност или по някакъв друг признак.

На първо място, ще спомена някои качества на Матей, които се проявяваха най-ярко в отношенията му с хората. Тези отношения се характеризираха преди всичко с една абсолютна **добронамереност**, **доброжелателност** и **отзивчивост**. Маг притежаваше удивителната способност да вниква в хорските

проблеми и огромното желание да помогне за решаването им. Не съм сигурен дали оценката *стотици* за броя на хората, на които той е оказал помощ от най-различен характер, не е ниска – най-вероятно техният брой е наистина по-голям. Свидетел съм как той, в качеството си на ръководител на българското землячество в Дубна, съдействаше за решаване проблемите на нашите сътрудници в ОИЯИ – като се започне от най-дребни битови проблеми за получаване по-подходяща квартира, за продължаване срока за работа и се стигне до въпроси за кариерното израстване на хората. Неговата добронамереност се проявяваше и в това, че въпреки огромната си заетост, намираще възможност да отдели време за изслушване на всеки, обърнал се към него. **Вниманието**, което Маг обръщаше на хората, потърсили при него съвет или помощ, е пословично. Заварвал съм го да изслушва в кабинета си както хора, които го убеждават, че могат от закона на Нютон за гравитацията да изведат законите на електродинамиката, така и хора, които „доказват“ обратното – че от уравненията на Максвел следва законът на Нютон. И въпреки че тези obsessed от идеите си хора явно му губеха времето, той смяташе за нормално и необходимо да им отдели време и внимание, да ги изслуша. Това би могъл да направи само много широко скроен човек, човек, притежаващ изключителни добронамереност и отзивчивост.

Подобно внимание той отделяше и на нас – неговите колеги. Не помня случай, когато влизайки в кабинета му ей така, просто за едно „Здравей!“, да не ме е поканил да седна, интересувайки се как съм, с какво се занимавам и т.н. И това – при положение, че на монитора пред него стои списък от десетки имейли, които чакат спешен отговор... Той нито веднъж не каза: „Извинявай, сега съм претрупан, намини по-късно!“.

Широката му кройка като човек се проявяваше и в това, че неговата позиция в обществото не влияеше върху отношенията му с хората. Така, и докато беше заместник председател на Държавния комитет за наука и технически прогрес преди 1989 г., и като министър на образованието след 1989 г., за всички, които преди се обръщаха към него с „Маг“, той си остана предишният, отзивчив за всичко Маг, без с нищо да покаже, че високото му обществено положение и новите и големи ангажменти налагат да отделя по-малко внимание на всекидневното дребнотемие. И обратно, когато по силата на т.нар. „Закон Панев“ престана да бъде ръководител на катедрата и загуби възможност да се кандидатира за подобни и по-високи университетски постове, той не се озлоби и запази всички приятелства, включително и тези, които имаше измежду политическите си противници.

Второто качество, с което Матей ме удивляваше, бе неговата изключителна **комуникативност** и способност да убеждава. Разбира се, съществена роля за развиване на тези качества е играла неговата семейна среда. Роден, израсъл и възпитан в семейство от софийския интелектуален елит, той има

възможност както да придобие една широка култура, така и отрано да изучи езици, които по-нататък ще улеснят неговата разностранна международна дейност. Тези качества му позволяваха еднакво лесно да контактува с хора по цялата йерархична стълбица на обществото – от най-ниското до най-високото стъпало. Маг имаше свой подход към всички за всичко!

Благодарение на тези качества, благодарение на способността си да защитава тезите си, да бъде настойчиво убедителен в контактите си, той, един изявен деец от лявото политическо пространство, успя да убеди две десни правителства въпреки финансовите проблеми, въпреки съпротивата на някои среди от БАН, все пак да подкрепят членството на България в ЦЕРН. Това всъщност бе една от първите реални стъпки по пътя ни към интегриране в европейските структури и заслугата на Матей за осъществяването ѝ е трудно да се надцени. Разбира се, успехът на тази негова мисия се дължи не само на личните му качества и на познанствата, които имаше в международните научни среди – преди всичко той правилно бе преценил посоката на развитие, ролята на различни фактори в България и извън нея и това му позволи да избере точния момент за действие.

На трето място, Матей ме удивляваше с огромната си **работоспособност**. Съчетана с неговата организираност, тя му позволяваше едновременно да извършва, да съчетава съвсем различни по характер дейности: научна, преподавателска, обществена, административна, политическа... сигурно пропускам нещо съществено. За научните му постижения ще чуем на научната конференция, посветена на неговата памет. Тъй като за мен са по-близки проблемите на образованието, а и като имам предвид състава на аудиторията, ще си позволя по-подробно да напомня някои резултати, които Маг постигна в тази сфера – сфера, чието значение той оценяваше високо, разбираше проблемите ѝ и влагаше много усилия за решаването им. Ако трябва да спомена приносите му в реформирането на образователната система като цяло, на първо място, разбира се, трябва да посоча Закона за народната просвета, разработен под негово ръководство и приет през 1991 г., докато той бе министър на просветата. Ще си позволя да припомня и в каква обстановка бе министър – това бе бурното време на учителска стачка, когато под прозорците на министерския му кабинет се събираха подписи под искане за оставката му!!! Въпреки всичко, въпреки 37-те изменения и допълнения, въпреки днешната съвсем различната обществено-икономическа обстановка у нас, този закон и до днес, вече 20 години, ръководи средното образование. За да оценим мащаба и значението на този факт е достатъчно да направим сравнение със сегашната ситуация: вече 3 – 4 години две правителства се мъчат да прокарат през Народното събрание нов Закон за училищното възпитание и образование, който да замени стария, и още не са успели да го направят!

Особено ангажиран бе Матей с проблемите на обучението по природонаучните дисциплини и в частност – с това по физика. Него го болеше от непрекъснатия спад на резултатите от това обучение, от непрекъснатото пропадане към дъното в международните класации за постижения на нашите ученици. Обучението по физика в училище, обучението на учителите по физика и положението на учителите в обществото бяха негова постоянна грижа, грижа, която проявяваше и на нашите конференции, и като председател на Съюза на физиците в България, и в многобройните си срещи с ръководството на Министерството. За съжаление, в това отношение не само той, цялата ни физична колегия не успя да направи съществен пробив.

Първият ангажимент на Матей с конкретните проблеми на обучението по физика в средното училище бе преди 15 години, когато за пръв път се заговори сериозно за създаване на държавни образователни изисквания за учебно съдържание. Тогава той оглави дейността на голяма група – почти 30 души, от университетски физици, от специалисти в БАН и от специалисти по методика на обучението по физика не само от София, но и от страната, които създадоха първия проект за ДОИ – един обемист труд, който потъна в бездънните чиновнически чекмеджета на Министерството. След това започна поредната реформа на образователната система, от Запад запристигнаха специалисти да ни учат как трябва да изглеждат ДОИ, учебните програми и изискванията за матурите, а Министерството смени подхода и въведе и до днес продължаващата практика: да възлага създаването на подобни важни документи на малобройни групички, в които работата по същество се извършва от 1–2 души с всички отрицателни последици от това.

С проблемите на обучението по физика в училище Маг се занимаваше не само в качеството на политик, администратор и общественик – с тях той се ангажира и пряко като физик. Тук мога да бъда още по-конкретен. Преди приблизително 10 години бяха приети действащите и сега учебни програми за профилирана подготовка по физика и астрономия. И обърнете внимание на факта, че докато за 9., 10. и 11. клас има по няколко учебника, учебникът за 12. клас е единствен, безалтернативен – учебникът на издателство „Просвета“. Това не е случайно – още тогава бе ясно, че учебник за профилирана подготовка по физика и астрономия в 12. клас е стока, практически непродваема, т.е. от него издателствата (а и техните автори) нямат никаква печалба. За авторите създаването на подобен учебник бе особено трудно, тъй като заради характера на материала „няма от къде да се преписва“ – редица теми от програмата или въобще дотогава не бяха влизали в учебниците, или не бяха застъпвани на толкова високо равнище. (Друг е въпросът, че от днешна гледна точка създаването на учебни програми с толкова високо равнище може да изглежда грешка – за това Матей няма никаква вина!). И само издателство „Просвета“ пое риска да издаде учебник за 12. клас – повече от съображения

за престиж, отколкото заради икономическа изгода. Матей, без никога дотогава да е писал за средното училище, пое ангажимент да развие две от най-трудните теми в програмата, темите за елементарните частици, които бяха най-близки до научните му интереси. И той, въпреки липсата на опит, се справи блестящо със задачата си. Той посвети много време и усилия на тази дейност и всеки може да се убеди в резултата: изпод перото му излязоха няколко десетки страници, отличаващи се с убедителност, последователност и яснота при излагане на най-сложните и най-съвременни постижения в тази физична област.

Учудване у мен будеше **предаността** на Маг **към**, както и **широките му интереси в науката** – от физиката на високите енергии, през астрофизиката, та до високотемпературната свръхпроводимост. Предаността към науката, на която той бе изцяло отдаден до последния си ден. На възраст от 60 – 70 години мнозина вече заменят научните занимания с нещо друго – или по-спокойно, или по-доходно. Не и той – влезте в кабинета му и днес и вижте с какво все още е изписана черната дъска! Около него винаги имаше по-млади сътрудници, той постоянно участваше на различни международни конференции, пътуваше до Дубна, до ЦЕРН, при него често гостуваха чуждестранни учени, с които работеше активно. И за разлика от житейските ситуации, в които той проявяваше гъвкавост, склонност към компромиси, политичност, Маг нито веднъж не си позволи да снижи критериите си по отношение на разликата между наука и псевдонаука. И където усетеше агресивна псевдонаука, я бореше безкомпромисно!

При това Маг бе не просто ерудиран учен – той бе организатор на научните изследвания. За ролята му за осъществяване членството на България в ЦЕРН вече стана дума. Не бива да забравяме обаче, че именно когато той бе заместник-председател на ДКНТП се създаде Фонд за научни изследвания – първият пробив от преди четвърт век към една съвременна система за финансиране на науката.

Учудвах се и на способността на Маг да поема отговорност и, проявявайки гражданска смелост, да овладява и най-сложни ситуации. Като пример ще припомня една позабравена история от преди почти четвърт век, от времето на горбачовската перестройка, когато партийната върхушка у нас се „снишаваше, докато отmine бурята“ и малцина вярваха, че нещо може да се промени. Та тогава, на поредна университетска отчетно-изборна партийна конференция през 1987 г., две години преди началото на промените у нас, четирима университетски преподаватели, виждайки приближаващия провал на обществено-политическата система, извършиха нещо „нечувано“ – направиха изказвания против линията на политбюро на БКП. Разбира се, реакцията „отгоре“ бе светкавична – четиримата преподаватели бяха изхвърлени от Университета, а партийната организация се оказва, меко казано, в състояние

на безтегловност. В тази извънредно сложна и нажежена ситуация, когато на всичко отгоре се подготвяше тържествено честване на вековния юбилей на Университета, начело на организацията трябваше да застане човек, който да може поне малко да успокои страстите. И такъв човек се оказа Маг! Той не се побоя да стане университетски партиен секретар и като такъв успя да предотврати разрастване на репресиите, изгонените преподаватели постепенно бяха върнати на работа и се осигуриха условия за едно относително спокойно честване на 100-годишнината на Университета. Разбира се, и главницата, и лихвите за тази си дейност Маг плати по-късно по споменатия вече „Закон Панев“.

Възпитан в духа на левите идеи, Маг им остана верен. За разлика от мнозина, той не срещна на нож промените след 1989 г. и впрегна всичките си усилия за съчетаването на онова положително, което остана като резултат от преди, с изискванията на новите, демократичните времена.

Маг съчетаваше в себе си две на пръв поглед противоположни качества – той в много отношения бе едновременно и традиционалист, и новатор. Така, като ръководител на катедрата, успя в голяма степен да запази положителните страни от духа на онзи традиционен академизъм, създаван десетилетия и поддържан от неговите предшественици – акад. А. Дацев и проф. Ив. Златев. Същевременно, за разлика от тях, в научната дейност той въведе духа на сътрудничеството¹, а като преподавател реорганизира и модернизира курса по квантова механика според съвременните изисквания. И можем само да съжаляваме, че плодът от дългогодишния му труд заедно с друг наш колега – доц. Ал. Донков, учебникът по квантова механика, излезе твърде късно и нито един от двамата съавтори не успя да се порадва на резултата от този труд.

Не мога да не спомена и удивлението, което предизвикваше у мен Маг със своята смелост, проявявана в най-обикновен, човешки, а не в граждански, политически или някакъв друг смисъл. Той, който не можеше да се оплаче от липса на здравословни проблеми, въпреки 68-те си години, се реши да отиде и да изкара цяла смяна на нашата полярна станция в Антарктида! И отиде, и работи успешно, а с какъв възторг само разказваше за видяното и преживяното там – той, засега най-възрастният и с най-високи научни степени и звания наш антарктик!

Дотук се помъчих да разкажа за онези качества на Матей, които имат пряко отношение и влияние върху общественото значимите му дейности. За качествата му, които се проявяваха най-вече в семейния и в приятелските му

¹ За по-младите колеги ще поясня какво имам предвид зад термина „традиционна академичност“. Примерно, на времето традиция у нас беше повечето професори да работят самостоятелно – акад. Дацев в нито една своя публикация няма съавтори, а същевременно отказваше и да става съавтор в работи, очевидно инициирани и изработени под негово ръководство (бел. авт.).

кръгове не остана време. А без тях образът на един екстрове́рт, на една безспорно разностранна и харизматична личност като него, би бил непълен. Искаше ми се да разкажа за Маг – съпруга и бащата, за Маг – къщовника, за Маг – любителя на природните красоти (морски и планински), на ските и на сърфа, ценителя на изисканото блюдо, напитка, за Маг – душата на компанията... Той обичаше живота и го живееше пълноценно. За съжаление – не може да остареє!

Не знам дали успях поне отчасти да опиша обаятелния човек Матей Матеев, една личност, от която струеше финес – финесът, на който човек не може да се научи нито в училище, нито на улицата – той се култивира в семейната среда. Разбира се, всичко казано дотук е пречупено през очите на само един човек. Вярвам обаче, че мнозинството хора, които са имали досег с него, са го виждали и възприемали като мен. Искá ми се колкото може повече хора и колкото може по-дълго да живеят със спомените за Матей – те ще ги правят по-добри и ще им помагат по-лесно да посрещат житейските предизвикателства!

ПОСЕТЕТЕ НАШИЯ САЙТ

wop.phys.uni-sofia.bg

**НА НЕГО МОЖЕТЕ ДА ОТКРИЕТЕ ВСИЧКИ БРОЕВЕ НА
„СВЕТЪТ НА ФИЗИКАТА“ ОТ 1991 Г. ДОСЕГА**

ИЗВАДКИ ОТ ЕСЕТА НА УЧЕНИЦИ ОТ НАЦИОНАЛНИЯ КОНКУРС НА ТЕМА: „БЕЛЕЖИТИ БЪЛГАРСКИ ФИЗИЦИ“

II част

Пенка Лазарова

В настоящия брой продължаваме да публикуваме подбрани извадки от есетата на участниците в конкурса. Докато в предишния брой „героите“ на есетата бяха български учени със световна известност, този път учениците са посветили есетата си на своите учители, които според тях заслужават също-то признание. Редакционната колегия на „Светът на физиката“ напълно споделя това мнение.

Класацията на журито в трите възрастови групи: ученици (5 – 8 кл.), (9 – 12 кл.) и студенти, можете да видите на сайта на СФБ:
<http://upb.phys.uni-sofia.bg/conference/NK/48NK.html>.

Белослава Тодорова – 10 кл.

СУ „Николай Катранов“ – Свищов

Научен ръководител: Елена Илиева

Моят учител по физика

...Щом някой чуе думата учител, веднага се сеща за строгите учители, които са му преподавали. За да бъдеш добър учител, преди всичко трябва да бъдеш добър човек. В днешно време много от учениците нямат свой любим учител. Много малка част от тях пък могат да признаят, че имат такъв...

...физиката стана моят любим предмет. Изучавах го с удоволствие. Може би зависи от учителя. За да си добър учител, не е нужно просто да завършиш педагогика. Трябва да имаш талант. Учениците доказват какъв учител си всъщност... Мисля, че ние успяхме да ви докажем, че сте най-добрият...

Анна Аврамова – 9 кл.

АЕГ „Гео Милев“ – Русе

Научен ръководител: Павлинка Ангелова

Моят учител по физика

Да си учител по физика е призвание. Моята учителка ми помогна да заобичам този предмет така, както и тя го обича. С физиката направих живота си по-разбираем и интересен...

...Физиката е всичко, което ни заобикаля. Във всяко едно действие има физика – природни явления, домашните задължения, дори и най-обикновената игра по волейбол в училищния салон. До миналата година никога не съм се замисляла как стават някои неща, просто никога не съм се сещала, че толкова елементарни домашни изобретения може да са чиста физика...открих толкова много приложения на нещата, за които чета в учебника... Ето този интерес предизвика у мен госпожата! Да откривам, чета и уча нови неща!

50% от един предмет е учителят, който го преподава. От личен опит разбрах, че един учител може да те накара да намразиш, но и да заобичаш неговата наука. За моя огромна радост моята учителка предизвика у мен второто чувство. Обичам и нея, и физиката!

Ирене Календжиева – 11 кл.

ППМГ „Васил Левски“ – Смолян

Научен ръководител: Милка Хаджиева

Моят учител по физика

Учител? Какво всъщност е значението на това понятие? Учителят не е просто посредник между авторите на учебника и учениците, а задачата му не е само да налее знанията в главите им, а да ги вдъхнови и да им покаже колко интересна и полезна е науката.

Тя увеличаваше учениците си, разкривайки им необятния свят на науката. Тя преподаваше урока така, сякаш разказваше приказка. Превръщаше сухата материя в едно неповторимо преживяване. Умееше да превръща науката в магия и всеки експеримент в едно малко чудо, оживяващо пред очите ни...

Всеки учител трябва да притежава творчески способности, за да провокира детския интерес и любознателност, а това сякаш ѝ беше в кръвта.

Да бъдеш учител е изкуство, а тя беше най-вдъхновяващия художник, творил някога в съзнанието ми.

Лейля Ахмед Хаж Омар – 10 кл.

Езикова гимназия „Пейо Яворов“ – Силистра

Моят учител по физика

Всеки има учител, който го вдъхновява по един или друг начин. Казват, че учителите са важни толкова, колкото и лекарите. Добрият доктор може да спаси живота на човек, но преподавателите могат да достигнат до сърцето на ученик, да го вдъхновят и да го направят по-добър.

В моята гимназия учим физика на български и английски и в часовете ни присъстват две учителки. Това се дължи на факта, че ние сме по нова иновативна програма „Заедно в час по физика“. Не е лесно, но с преподаватели ка-

то моите не е и трудно. Те винаги измислят начин да ни е интересно, приятно и разбираемо. Учениците вземаме пример от тях как да работим в екип, защото те го правят всеки час... знаят, че можем повече от това, което показваме. Вярват, че всеки един от нас има потенциал да постигне нещо мащабно и значително. Правят всичко възможно, за да развием потенциала и да покажем какво можем. Те не само ни преподават, но и ни учат за неща, които може да срещнем в ежедневието си. Винаги са усмихнати, мили, готови да ни помогнат и посъветват. Те не само са учители, но и хора, които можем да наречем приятели... Не бих заменила преподавателките си за нищо на света. Те достигнаха до моето сърце и ми показаха, че мога много повече от това, което показвам. Благодарна съм, че са ми учителки и част от моя живот.

Иван Иванов – 11 кл.

ПТГ „Доктор Никола Василиади“ – Габрово

Научен ръководител: д-р Христина Денева

Моят учител по физика

...Не може да се отрече – физиката е сложна материя за повечето хора – за мен също, но когато урокът започне, ученикът може да научи толкова много за себе си, за учителя, че да поиска да покаже добри резултати, дори и само за да изрази огромното си уважение към човека, посветил живота си на науката. Но не в някоя тиха лаборатория, сам със своите знания и разработки, а в класната стая... В тази трудна среда моят учител с нестихващ ентузиазъм ни показваше как да извървим този път по-лесно, да, със строгостта на родител, но всички знаем колко любов се крие зад нея... В тези часове осъзнах, че ако искам да успея, да развия своите силни страни, ще имам нужда от дисциплина и ще трябва да положа също толкова труд, колкото в това, чието усвояване ме затруднява.

Не е минал и ден, в който да не се сблъскам с физичните величини и явления и с ползата от уроците по физика в чисто човешки план. Едва ли има дума, с която човек може да изрази отношението си към някой толкова важен за мен човек, затова аз казвам просто: „Благодаря Ви!“ на моя Учител по физика.

Ева-Мария Пседерска – 11 кл.

АЕГ „Гео Милев“ – Русе

Моята учителка по физика

Госпожата влиза,... започва да разказва урока и аз сякаш се пренасям в друг свят. Свят, в който падат ябълки и се раждат нови закони, които господстват над нас. В един момент обсъждам опита на Юнг със самия Томас Юнг,

посрбвайки чаша чай. Връщам се в реалността, за да реша задачата на дъската и после пак се потапям в моя образователен блян.

Този път разказът ме отнася при кулата Пиза и аз виждам развитието на опит пред очите ми. Разтърквам си очите и звънецът огласява стаята отново, този път знак за края на моето пътешествие. Събирам моя багаж от натрупани знания и излизам, въодушевена от този час.

Моята учителка по физика може всичко. Тя успява да ни вдъхновява, иска да сме упорити и никога не ни отказва помощ. В нейна чест аз няма да спра да мечтая, да летя в облаците – винаги имайки предвид закона за гравитацията.

МЪДРИ ДЕФИНИЦИИ

Физиката е сериозна наука, нали? Ето отговори на тестови въпроси от изпити по физика. Макар че отговорите предизвикват усмивка, някои от тях не са лишени от смисъл. В тях по-скоро прозира непознаване на езика на науката, неумение да се формулира ясна мисъл, както и слаби познания на българската граматика и правопис (Оригиналният правопис е запазен).

Пълната механична енергия е енергия, при която консервативните енергии не се променят с времето в затворен механизъм.

Закон за запазване на пълна механична енергия: мех. енергия не се създава, нито пък се спира (престава), може да се предава от тяло на тяло, но никога не се губи. Механична система от праволинейни и консервативни сили.

Първи закон на Нютон: Тяло при контакт с друго тяло не може да се съпротивлява и не остава в покой. Отнася се за сили и запазване на импулса.

$F = m \cdot a$ [N] Силата е правопрпорционална на масата по работата.

$F_T = mv - mv_0$ Силата на триене е равна на масата по мощността извадена от масата умножена по 0.



СПИСАНИЕ „СВЕТЪТ НА ФИЗИКАТА“ СЪЮЗ НА ФИЗИЦИТЕ В БЪЛГАРИЯ

Списанието „Светът на физиката“

е издание на Съюза на физиците в България, което публикува оригинални и обзорни статии във всички области от физиката.

ПОСЕТЕТЕ НАШИЯ САЙТ

wop.phys.uni-sofia.bg

АБОНИРАЙТЕ СЕ

Абонамент за 1 година (4 броя) – 20 лв. За членове на СФБ – 16 лв.

За ученици, студенти и пенсионери – 10 лв.

Ако желаете да се абонирате, пишете на worldofphysics@abv.bg

Цена за 1 книжка – 5 лв.

СТАНЕТЕ НАШИ АВТОРИ

Може да изпращате статии за публикуване в списанието като прикачени файлове на същия адрес.

Броевете на списанието можете да намерите на сайта ни

wop.phys.uni-sofia.bg

и на адрес:

Съюз на физиците в България, Физически факултет
СУ „Св. Климент Охридски“

бул. „Джеймс Баучер“ 5, София 1164

Тел. + 359 2 62 76 60, e-mail: upb@phys.uni-sofia.bg,

както и по време на ежемесечната ни лектория

„Светът на физиката на живо“

в Софийска градска библиотека

ИЗ РАННИТЕ ГОДИНИ НА ФРИЙМАН ДАЙСЪН (1923 – 2020)

От пансиона в Уинчестър до квантовата електродинамика, 1936 – 1952
(част II)

Иван Тодоров

Фрийман Дайсън през собствения му поглед: историята на неговия решаващ принос към създаването на съвременната квантова електродинамика (КЕД), разказана чрез откъси от писма до родителите и сестра му и с коментарите към избраните му статии. Последният раздел е посветен на създаването на теорията на пренормировките и на удивително прецизното експериментално потвърждение на КЕД.

На гребена на вълната. Вдъхновение, не оправдало надеждите

„Пролетта на 1949 г. беше висшата точка на моя живот като учен, когато, през няколко омайващи седмици, се радвах на статуса на рок звезда“. Годината започва с дописването на втора, още по-голяма и трудоемка статия: *С-матрицата в квантовата електродинамика* (пратена за печат през февруари 1949 г. и приета и публикувана също тъй бързо, както и първата). В края на януари в Ню Йорк се провежда годишната среща на Американското физическо дружество, на която традиционно се събират физиците от цялата страна. „Първия ден седях в средата на салона напред, редом с Файнман. Излезе да говори младеж от Колумбия; познавам го смътно. Той беше пресметнал нещо, използвайки нашите с Файнман методи, но не се задоволи да съобщи този факт, а непрекъснато се позоваваше на „красивата теория на Файнман и Дайсън“. Като го каза за пръв път, Файнман се обърна към мен и произнесе на висок глас: „Е, Док, и ти си вътре!“ (*Well, Doc, you're in*). След това, когато младият човек повтаряше своята фраза, Файнман продължи да прави подигравателни забележки за забавление на седящите наоколо. По-късно Файнман сам говори за своята работа и предизвика такава врява с клоунадите си, че аудиторията му гласува двойно повече от определеното време“. (Обръщението „Док/тор/“ е част от шегата: Фрийман не е губил време да защитава докторска дисертация; през 1951 г. Бете полага усилия да му издейства професура в Корнел без *PhD.*). На втория ден Опенхаймер изнася своята президентска реч на тема: „Полета и кванти“, дава „много добро историческо резюме на перипетиите на теорията“ и завършва „с ярки похвали“ за работата на Дайсън, която „сочи пътя за непосредственото бъдеще, даже и ако не изглежда

достатъчно дълбока да ни води по-далеч“. Фрийман става център на внимание; участниците, които искат да чуят от първоизточника новото евангелие се сменят един друг. „Превръщам се наистина в голяма звезда и още отгоре... Вярвам, че съм достатъчно мъдър, да се радвам на този успех, без да го оставя да ме превземе“. Но Дайсън е бил все пак „превзет от успеха“. Колеги си спомнят, че той се е държал понякога арогантно през този период. А малко след конференцията, той пише на Бете: „Съжалявам, че разговорът ни в Ню Йорк така се изостри. Като дойда в Корнел ще мога да изслушам Вашите аргументи по-спокойно“. Наистина, трудно се устоява на ласкателства, покани за лекции и колоквиуми, които се сипят отвсякъде: „Скоро ще трябва да наема секретарка“, шегува се той [5, §9.13, с. 550]. Както е писано, който е безгрешен, пръв да хвърли камък.

Всяка година Американското физическо дружество има голямо събиране в столицата и по-малки срещи на други места. Пленарен доклад на срещата във Вашингтон е висока чест. „1 май 1949. Срещата във Вашингтон трая три дни и беше много успешна. За щастие, моят доклад беше първия ден и след като мина, можех да се видя с всички безброй приятели, надошли там. Като работещ в най-модния клон на физиката, бях поставен да говоря в най-голямата аудитория, грандиозно чудовище с огромни позлатени колони, издигащи се до куполообразния блестящ син покрив. Имаше добре работеща система от високоговорители, така че нямаше нужда да крещя. Около половин час преди началото влязох да огледам мястото; видът му така ме притесни, както никоя от предишните ми агонии, в Чикаго и другаде, не предвещаваеше. В течение на последния половин час бях в ужасно състояние, цял изпотен, с чувството, че няма да мога даже да стана от мястото си. Сериозно мислех да съобща на водещия заседанието, че съм се разболял и няма да мога да говоря. Не знам защо стана така; може би бях изтощен от кумулативния ефект на умората през последните два месеца. Първоначално имах намерение да напиша изцяло текста на доклада си, но от мързел или липса на време не бях го направил и разполагах само с обичайните си груби бележки. Не знам как преживях този половин час, докато чух да бие звънецът за моята лекция. Влязох клатушкайки се в залата и се запътих към трибуната, докато Раби ме представяше. Когато той свърши, настана мъртва тишина; бях готов да припадна, но непонятно как, инстинктът за говорене пред аудитория победи инстинктивния ужас. Без да мисля, скочих на трибуната, вместо да се кача по стъпалата отстрани. Веднъж там, почнах да говоря и когато се опомних, бях стигнал до средата на доклада си и се чувствах отлично. Карах малко по-бързо от необходимото и свърших няколко минути преди предвиденото време, но тъй като беше пет и половина и краят на дълъг ден, грешката се оказа в правилна посока. След доклада Опи се качи при мен, стисна ми ръката и ми

каза, че съм бил много добър; същото направиха други, чиято похвала е по-ценна, защото беше спонтанна“.

Външното признание не винаги е пропорционално на трудността и дълбочината на постигнатото. Дайсън изпитва това при следващия голям проект, с който се заема още преди да изпрати за печат статията си за S-матрицата. „22 януари 1949. ...Тази седмица, като освободих ума си от втората работа, почнах отново да мисля по фундаментални въпроси. Втората статия все още се отнася до физика извън ядрото. Сега, след като придадох на теорията такава мощна и удобна за ползване форма, реших да атакувам с тези методи и атомното ядро. Почти веднага се получиха окуражаващи резултати“. Всъщност, Дайсън започва да развива общи квантово полеви методи (Хамилтонова динамика, оператори на Хайзенберг), разработвайки трудни идеи в стил на Швингер. Надява се, че това ще му позволи да третира и силните (мезон-нуклонни) взаимодействия. Усилено работи в тази насока през учебната 1949 – 1950 г. в Бирмингам при Пайерлс, изнася лекции по този подход през лятото на 1950 г. в Мичиган, като илюстрира теорията с приложение към Лембовото отместване. Съобщава на Бете: „Имам много красив нов метод за пресмятания в електродинамиката; той позволява да се сметне просто и общо променения Швингеров оператор на тока, подобно на елементите на S-матрицата. Така става възможно да се проведе пренормировка в произволен порядък, включвайки и свързани състояния“ ([5, с. 560]). През есента, отново в Принстън, той пише на своите: „Тези дни работя много усилено... Върви бавно. Избрал съм много труден проблем“. Ноември 1950 г. той почва да пише голяма статия за *Physical Review*. В края на месеца писането се сблъсква със сериозна криза: „Открих си съществена грешка, поправката на която ми зае 24 часа неистова работа. Сега отново всичко е наред и този път, сигурен съм, за постоянно“. Малко преди Коледа той е радостно възбуден: „Вчера ми се отдаде неочаквано да реша оставащите проблеми в работата. Това е чуден късмет. Сега всичко е готово и мога да дам резултатите на студенти или на други, които са готови да ги използват. Няма нужда да мисля повече за тези проблеми. Просто ще седна и ще напиша още една дълга статия. Изпитвам огромно удоволствие от цялата работа. Това е истински пробив, който ще тласне напред цялата теория на излъчването след задръжка от две години. Но това ще заеме около шест месеца преди да стане ефективно. Новият метод е твърде сложен и на хората ще им трябва доста време, за да го асимилират. Хора, които четеха последната ми статия, се отнасят почтително, но са объркани. Това е вярно дори за Опи“. Обратно в Бирмингам, Дайсън пише заключителната статия *Методът на пренормировки в квантовата електродинамика* (МПКЕ), „триумфално резюме на предходните три дълги статии“; представя я в *Proc. Royal Society* в знак на благодарност за получената поддръжка.

Четирите статии, плод на двегодишни вълнения и вдъхновени усилия, са посрещнати с гробно мълчание. „На хората“ не им стигат нито 6 месеца, нито година, за да разберат и оценят най-дълбоката и оригинална работа даже на добилия известност автор. В интервю с историка на физиката Силван Швебер от ноември 1984 г., 34 години след събитията, Дайсън говори с меланхолия: „Има нещо тъжно в цялата програма за разпространяване на методите на S -матрицата към операторите на Хайзенберг. Програмата беше замислена, за да може да се сметне нещо в теорията на силната връзка, на взаимодействията на мезони и нуклони. Апаратът, който разработих за разделяне на ниските и високите честоти¹, беше за мен огромен триумф. Наистина мислех, че това ще е важно, както и всичко, което бях правил, за да можем най-после да използваме мезонната теория, реално да пресмятаме процеси с голяма константа на връзката. Изглеждаше така, че ако може да се отдели частта с високите честоти, теорията ще бъде сходяща. Стимулт не беше философски, всичко беше замислено като инструмент за пресмятане“ [5 с. 563].

В автобиографичните бележки и коментарите към избраните си научни статии, писани след още едно десетилетие, Дайсън започва безжалостно към себе си: „Рудолф Пайерлс ме посрещна като член на неговия факултет в Бирмингам и ми даде всички привилегии, които никога не бе поискал за себе си. ...Идеята беше той да поеме рутинните ежедневни грижи, а аз да имам свободата и времето да правя важни открития във физиката. Разбира се, нещата не тръгнаха, както бяха планирани. Най-блестящото откритие във факултета на Пайерлс през двете години, които прекарах в Бирмингам, бяха общите комутационни съотношения в релятивистичната теория на полето (Пайерлс, 1952). Откритието беше негово, не мое. Помня изненадата и възторга, когато той ми разказа за него в градината на своята къща... През моите две години аз се борех с два нерешени проблема на квантовата електродинамика: проблема за разпространяване на теорията до силните взаимодействия и проблема за математична съгласуваност. Резултатът от борбите ми е отразен в две (от избраните) статии. Статията МПКЕ е резюме на три дълги работи, в които се опитвах безуспешно да реша двата проблема. Това, което всъщност постигнах, беше преформулировка на Квантовата теория на полето (КТП), в която високочестотните и нискочестотните взаимодействия са ясно разделени. Надеждата беше, че даже в теории с големи константи на връзката високочестотните взаимодействия ще бъдат достатъчно слаби, за да се опишат със сходящи степенни редове. ...Когато те се направят безвредни, нискочестотните няма да съдържат безкрайности и ще могат да се третират строго математически. Това беше амбициозна програма. Тя започна успешно, с построение отново в стил на Безикович, на аналитичната машина за разделяне на

¹ Формулата на Планк $E = h\nu$ ни учи, че високите честоти ν съответстват на големи енергии E .

високите и ниските честоти във всички аспекти на КТП. След като постигнах това елегантно разделяне с двугодишен напрегнат труд, се почувствах достатъчно уверен да публикувам МПКЕ, резюме на постигнатото и оптимистично скициране на работата, която още оставаше“.

Тези трудни за разбиране от съвременниците статии предхождат работите по групата на пренормировките на Щюкелберг и Петерман (1953), Ландау и др. (1954), Гел-Ман и Лоу (1954), Боголюбов и Ширков (1955), които стават популярни след работите на Кен Уилсън от 1969 – 1974, удостоени с Нобелова награда през 1982 г. (виж подробности в [5, с. 563 – 564]). Това не е единствен случай, когато по-сложни работи даже на прочути физици остават недооценени. Нобеловият лауреат Джулиан Швингер напуска Американското физическо дружество, след като отказват да публикуват негови статии „извън главното течение“ от 1989 г. (виж [6 §17 – 18]).

Оптимизмът на Дайсън за сходимостта на реда на високочестотните взаимодействия не се оправдава. Това се изяснява по време на срещите на Дайсън с Паули в Цюрих през лятото на 1951 г. Две години по-рано „бях посрещнат от Маркус Фирц, професор по физика в Базел. Влязохме заедно в стая, в която Волфганг Паули говореше на немски пред група почтително слушащи. ...Паули разказваше как Швингер дошъл в Цюрих и ясно обяснил новата американска физика, не като безсмислиците, които пише Дайсън. В този момент Фирц ме бутна напред и каза: „Професор Паули, позволете да Ви представя професор Дайсън“. Паули отговори: „О, това няма значение, той не разбира немски“, и продължи речта си. Впоследствие Паули винаги ме третираше с голямо уважение и станахме добри приятели. ...През лятото на 1951 г., завършил престоя си в Бирмингам, ...бях неофициален гост за три месеца в Института по теоретична физика на Цюрихската политехника. Институтът беше почти празен през летните месеци, но Паули идваше всеки ден в стаята си и се радваше да има някой, с когото да приказва. Следобед често казваше: „Хайде да се разходим“ и ме водеше из града, като спираше във всяко кафене за сладолед. Тези разходки с Паули бяха наслада. Той беше в необичайно спокойно настроение и ме забавляваше с истории из своя живот, както и със сериозни дискусии по физика. Като му разказах за своята програма да направя КТП съгласувана, той се отнесе скептично. Предупреждаваше многократно: „Ако редът е разходящ, всичките ти усилия ще отидат на вятъра“. Така се случи, че когато веднъж се разхождах сам из Цюрих, внезапно ми просветна просто разсъждение, което показва, че както и да разделям ниските и високи честоти, редът е винаги разходящ. Паули остана много доволен, когато му разказах за своя аргумент: „Да, аз усещах в костите си, че твоето построение не може да работи“. Така моята програма да направя КТП съгласувана с чисто математически манипулации, без нова физика, завърши безславно“ ([2, с. 15]). Коментарът към същата работа, писан след още 20 го-

дини, звучи по-светло: „Почувствах се по-скоро щастлив, отколкото натъжен, да видя своята голяма програма срината толкова лесно. Беше далеч по-добре сам да видя нейното слабо място, отколкото друг да ми го посочи по-късно. Сега можех да напиша кратка статия (*Разходимост на теория на пертурбациите в КЕД*, кратко – РТП), в която да обясня, защо идеята не върви и да благодаря на Паули за помощта му“. Всъщност, програмата е изпреварила своето време. „След време, новата физика, за която апелирах в РТП, се появи... квантовата хромодинамика (КХД – теория на кварки и глюони), като теория на силните взаимодействия. Сега знаем, че има основна разлика във високочестотното поведение на КЕД и КХД. КХД има свойството, наречено асимптотична свобода, което значи, че взаимодействията стават по-слаби при високи честоти. Обратно, нейното отсъствие означава, че взаимодействията стават по-силни при високи честоти. Възможно е, следователно, програмата в МПКЕ, която не върви в КЕД, да успее в КХД. Аргументът в РТП, който показва разходимостта на реда в КЕД, използва специфични свойства на електромагнитното поле и не е приложим за КХД“.

Но Дайсън не се връща повече към тези въпроси. По думите на историка ([5, с. 567]), „След това той никога не вложи същата енергия и посветеност в някоя физическа програма. По негови думи, *Глунаво беше да влагам толкова усилия в нещо, което излиза, че не е важно*“.

КЕД: от Дирак до Дайсън и до аномалния магнитен момент на електрона

Първата четвърт на XX век бе свидетел на две революции в нашия светоглед: Теорията на относителността, която обединява пространството и времето в една 4-мерна картина и свързва геометрията на пространство-времето с движението на електромагнитните вълни (Специалната теория) и с гравитационното поле (Общата теория); и квантовата теория, която разкрива странни свойства на вълни/частици на фотони и електрони. През последващите 50 години физиците разширяват кръга на микроявления и частици. За тяхното разбиране е нужна КЕД и по-общо – КТП, която да съчетае Специалната теория на относителността с квантовата теория. Първосъздател на КЕД е мълчаливият син на англичанка и швейцарец, Пол Дирак. Като студент по инженерство в родния Бристол той слуша лекции по Теория на относителността. Спомня си и след 60 години, как го е поразила формулата $ds^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2 - c^2 dt^2$ и особено знакът минус пред квадрата на cdt (интервала време dt по скоростта на светлината c). Характерното за този израз е, че той остава *инвариантен* (непроменен) при преобразования на Лоренц, които съответстват на равномерно праволинейно движение и смесват времето t с координатите x, y, z . Щом се появява матричната квантова механика на Хайзенберг, Дирак почва да мисли за нейно релативистично обобщение. Две години по-късно, 1927, той пише статията *Квантова теория на излъчване и поглъ-*

щане на радиацията, която полага основите на КЕД като теория на частици. Следващата година, 1928, той предлага релативистичното уравнение на електрона (*уравнение на Дирак*, изписано на неговата паметна плоча в Уестминстерското абатство). Това уравнение предсказва съществуването на „антиелектрон“ – *позитрон*², открит през 1932 г. Става ясно, че двойки частица-античастица могат да се раждат при високи енергии, така че КЕД е всъщност теория на безброй много частици. Най-съществената отличителна черта на релативистичната квантова механика е, че при нея броят на частиците не се запазва. През 1929 – 1930 г. Хайзенберг и Паули публикуват *Квантова електродинамика на вълновите полета* – полева формулировка на КЕД (еквивалентна на Дираковата – и двете описват системи с безброй много степени на свобода, но дават различен поглед). Ферми развива трети, удобен за приложенията подход в началото на 1930-те години. При него електроните се разглеждат като частици, а фотоните – като електромагнитно поле. Бете има късмет да специализира при Ферми (има с него и съвместна работа, 1932). През 1933 – 1934 г. Ферми развива теорията на бета-разпада, дала начало на теорията на слабите взаимодействия, втората КТП (след КЕД), намерила опитно потвърждение.

Скоро във всеки от подходите се проявява сериозна трудност. При опит за пресмятане на поправки към първото приближение се получава безкрайност – разходящ интеграл. Това навява песимизъм у създателите на теорията. Хайзенберг сравнява настроението през 1930-те години с това през 1923 – 1924 г., в навечерието на създаването на квантовата механика: „През 23 – 24 г. знаехме, че има трудности, но имаме чувството, че сме близо до решението, като преди да стигнем в пристанището; а в следващия период като че ли сме излезли в открито море, пак трудности, но не знаем накъде“ ([5 §2.5.2 с. 112]). Новото идва, когато физици, върнали се в лабораториите с усъвършенствана апаратура от Втората световна война, започват да правят измервания, които изискват *крайни* (малки, но не нулеви) поправки към уравнението на Дирак.

От 2 до 4 юни 1947 г., грижливо подбрана група от 23 изтъкнати физици се събира под патронажа на Американската национална академия на Шелтър Айлънд, в уединен хан на 1 – 2 часа път с автобус и ферибот от Ню Йорк, за да обсъди главните проблеми на физиката. „Това беше първата сериозна среща на физици, играли водеща роля във Втората световна война и върнали се към мирни изследвания. Конференцията в Шелтър Айлънд изпълни своето предназначение: тя определи посоката на развитие на физиката за следващи-

² „Най-големият от всички големи скокове във физиката на XX век“, по думите на Хайзенберг; удивителната история на предсказанието и откритието на антиматерията е предадена увлекателно и авторитетно в [7].

те 30 години“ [8]. Главен предмет на обсъждане е експериментът на Лемб³ и докторанта му, Ръдърфорд. Той използва микровълнова спектроскопия, развита през войната, измерва фината структура на енергийните нива на водородния атом и показва разцепване на първите две възбудени нива, които би трябвало да съвпадат по теорията на Дирак. Опитът показва, че нивото $2S_{1/2}$ е с 1000 MHz по-високо от $2P_{1/2}$ (с грешка от порядъка на няколко процента). Някои участници в конференцията (Вайскопф, Опенхаймер) предположиха, че ефектът се дължи на квантовите флуктуации на електромагнитното поле, което действа на електрона в атома. Знаеше се, че КЕД дава безкрайна собствена енергия и, следователно, е безполезна. Физиката беше стигнала до задънена улица. Хендрик Крамерс (виж [9]), единственият участник, дошъл от Европа, даде новата идея, наречена *пренормировка*. Той отбеляза, че наблюдаемата енергия на електрона е, според КЕД, сума от две ненаблюдаеми величини: „голата енергия“, т.е. енергията на „невзаимодействащ електрон“ и енергията на взаимодействие с полето на фотона. Идеята за пренормировката е да се освободим от голата енергия и да я заменим с наблюдаемата. Крамерс се надява, че с елиминирането на голата енергия безкрайната собствена енергия ще се съкрати и пресметнатата разлика на енергиите ще обясни Лембовото преместване: „Единственият участник на конференцията, който знаеше как може да реализира тази идея, беше Бете. Той съобрази, че релятивистичните поправки в случая не са съществени и още във влака от Ню Йорк до Корнел направи сметката и получи резултат 1040 MHz, близък до наблюдавания... Утвърждаването на предсказанията на КЕД като най-точно проверените от всички природни закони е голям триумф на науката на XX век. Ние дължим този триумф главно на визията на двама души – Уилис Лемб и Ханс Бете“ [8].

В своята духовна щедрост Дайсън не е оставил място за решаващата стъпка, в която сам участва: построяването на последователна релятивистична и калибровъчно инвариантна КЕД, която отваря път за пресмятания с произволна точност на физически ефекти. Бете наистина познава водородния атом както никой друг; грубата нерелятивистична оценка на ефекта, която той прави и разпраща на 9 юни на участниците в конференцията, разчупва кората от скептицизъм на корифеите и показва, че странно звучащата идея за пренормировките може да провърви и води до разумно приближение. Това е предварителен резултат, който дава кураж за трудната работа, която предстои. Няколко групи предприемат релятивистичното пресмятане на Лембовото отместване (Крол и Лемб, Вайскопф и Френч). Но този ефект е специфичен: той се отнася до електрон в свързано състояние, в Кулоновото поле на

³ Willis Lamb (1913 – 2008) мотивира и подготвя 10 години *теоретично и експериментално* този крайно труден опит. *Някой се опитваше да ми каже нещо* (Лемб, син на дълбоко религиозна майка, [5 §5.3]).

протона. Чист електродинамичен ефект с участието само на електрон и фотон дава прецизното измерване на магнитния момент на електрона (от Куш и Фоли), за което разказва Раби на конференцията; то също дава отклонение от уравнението на Дирак. На пресмятането на този ефект е посветена кратката статия на Швингер от края на 1947 г., използваща неговата версия на КЕД. Както споменахме, друга версия, развиваща идеите на Дирак, Фок и Подолски (1932), е предложена от Томонага, 1943. Когато японците научават за опитите в лабораторията на Раби, те също пресмятат новите ефекти.

Дайсън, имал шанс да се запознае лично с подходите на Швингер и Файнман, се среща, постфактум в Принстън и с Томонага: „24 юни 1950. Имах щастието да срещна Томонага, най-неуловимият от триъгълника Томонага-Швингер-Файнман. Той е очарователен човек, както е често с истински добрите. Разговаряше с мен три часа с много хумор и разбиране. В четвъртък имах още по-голям късмет да го намеря във влака, като пътувах за Ню Йорк, така че имахме още един дълъг разговор. Повече няма да го видя, тъй като той заминава за Сан Франциско, откъдето се качва на кораб за Япония. Направи ми силно впечатление със своята отвореност и с бързото схващане на идеи. Той е по-способен както от Швингер, така и от Файнман, да разговаря за идеи, различни от неговите. А има достатъчно свои също... Разбира се, той е обсаден в Япония от студенти, изискващи помощ и съвет, даже повече отколкото аз съм в Англия. Решил съм непременно да прекарам едно лято, когато не се чувствам задължен да дойда да ви видя в Европа, в Япония при Томонага, да го държа в течение за това, което става във външния свят. Междупрочем, когато отидох да го посетя, видях на бюрото му копие от Новия Завет. Имахме толкова много физика, за която да говорим, че не отворих дума на тази тема. Но останах с впечатление, че той е изключително себеотрицателна личност“.

Двете статии на Дайсън от 1949 г. стават основен наръчник за пресмятания в КЕД. Макар че Файнман публикува своите за диаграмния метод същата година, Дайсъновите работи са използвани – и цитирани – повече от Файнмановите в течение на 15 години (виж предговора на Кайзер в [10]). Това не е случайно. Нобеловият лауреат Джъннин Янг пише през 1983 г.: „Статиите на Томонага, Швингер и Файнман не завършиха програмата за пренормировките, тъй като те се ограничаваха в своите пресмятания с най-ниските приближения. Дайсън беше човекът, който се зае с въпроса за високите приближения и доведе програмата докрай. В две пионерски работи той посочи и реши основните проблеми на този много труден анализ. Той реализира програма, която превръща адитивни изваждания в мултипликативна пренормировка. За да се убедим, че това работи, се изисква твърде нетривиално доказателство. Той въведе понятията примитивна разходимост, скелетни диаграми, препокриващи се разходимости. С тяхна помощ, с последователен и

проницателен анализ, той доведе докрай доказателството за пренормируемост на КЕД. Неговото възприятие и сила са ослепителни“ ([5 §9.11, с. 529]).

Върнал се като професор в Корнел през есента на 1951 г., Дайсън поема курса за докторанти по квантова теория (четен дотогава от Файнман, който е заминал в Калифорнийския технологичен институт). Повече дори от статиите от 1949 г. Дайсъновите лекции [10, 11] дават пълна модерна инструкция, как да се работи с КТП и с пренормировки. Бете, който се е редувал с Файнман да чете този курс през последните години, бързо определя Дайсъновата версия като модел отсега нататък (Кайзер [10]). Трима докторанти от курса подготвят хектографирани копия от лекционните записки за слушателите. За лекциите се разчува и вън от Итака и почват да постъпват молби за копия от записките и от други университети. Половин век по-късно, след излизането на много учебници по КТП, Дайсъновите записки продължават да се пазят като съкровище в частни библиотеки на физици. През 2006 г. стават достъпни и в електронния архив.

През 1965 г. Нобеловата награда за „фундаментална работа по КЕД“ е присъдена на Швингер, Томонага и Файнман. Дайсън е останал извън борда – резултат от догматичното ограничение на броя на лауреатите до трима. Неръководно признание му дава самата природа.

Физическият ефект, най-точно измерен и пресметнат (чрез висшите поправки в реда на пертурбациите – по рецептата на Дайсън), е аномалният магнитен момент на електрона, $g-2$. Сагата за тези трудни измервания и за не по-лесните пресмятания, които възкресяват аналитичните методи и идеи на Ойлер отпреди 250 години, е разказана в [12]. Съвременният герой на аналитичните пресмятания на $g-2$ е Стефано Лапорта от Болоня – от най-стария университет в Европа. Героят на числените сметки е Тоичиро Киношита в Корнел, с когото (както и с другия голям японски теоретик, Намбу, останал да работи в Америка) Дайсън се запознал на Коледа, 1952 г. (младите японци „проявили интерес към старомодните обичаи на Запада“). В коментар към писмото си от 30 декември 1952 г., Дайсън пише: „Киношита прекара живота си в тласкане на пресмятанията в КЕД до все по-висока точност, едва успявайки да се равнява с нарастващата точност на експерименталните резултати. През 1952 г. теорията и експериментът се съгласуваха до два десетични знака. Ние всички очаквахме, че ще се появи несъгласие, когато теорията и експериментът достигнат по-голяма точност. През 2013 г. Киношита дойде на празнуването на моя 90-ти рожден ден в Сингапур да докладва за последното сравнение, което показва, че теорията и опитът още са в съгласие – с точност 11 десетични знака. И досега ми се струва чудо, че нашата импровизирана теория, която очаквахме бързо да бъде заменена, е още жива. След 60 години на строга проверка природата продължава да танцува по нашата мелодия“.

Цитирана литература

- [2] Freeman Dyson, *Selected Papers of Freeman Dyson with Commentary*, AMS, Providence, 1996.
- [5] Silvan Schweber, *QED and the Men Who Made it: Dyson, Feynman, Schwinger and Tomonaga*, Princeton Univ. Press, 1994; see Chapt. 9: Freeman Dyson and the Structure of QFT, pp. 474-575.
- [6] K.A. Milton, In appreciation of Julian Schwinger: from nuclear physics and quantum electro-dynamics to source theory and beyond, *Physics in Perspective* **9** (2007) 70-114; arXiv:physics/0610054, see §17 and §18.
- [7] Graham Farmelo, Did Dirac predict the positron? *Contemporary Physics* **51**:2 (2010) 97-101.
- [8] Freeman Dyson, Hans Bethe and quantum electrodynamics, *Physics Today*, October 2005, pp. 48-50; and in: *Hans Bethe and His Physics*, G.E. Brown, C-H. Lee (eds.) World Sci. 2006, pp. 157-163.
- [9] Иван Тодоров, Две срещи: Крамерс и Хайзенберг, *Светът на физиката* **31** (2008) 48-53
(виж също: *Наука, личности, преживяно*, Унив. изд. Св. Климент Охридски, 2014, с. 167-176).
- [10] F. Dyson, *Advanced Quantum Mechanics*, Second Edition, World Scientific, 2011, also contains a transcription of Dyson's 1954 Les Houches lectures; forward by David Kaiser, prefaces by D. Derbes.
- [11] Freeman Dyson, *1951 Lectures on Advanced Quantum Mechanics*, quant-ph/0608140.
- [12] I. Todorov, From Euler's play with infinite series to the anomalous magnetic moment, arXiv:1804.09553 [math.HO]; in: *Quantum Theory and Symmetries with Lie Theory and Its Applications in Physics*, V. Dobrev editor, Vol. 1, Springer, 2018, pp. 55-78.

FREEMAN DYSON (1923-2020): THE EARLY YEARS

From Winchester College to Quantum Electrodynamics, 1936-1952

(part II)

Ivan Todorov

Freeman Dyson through his own eyes: the story of his great contribution to the creation of modern QED, told mostly in terms of excerpts from the letters to his family and from the commentaries to his selected papers. A concluding section is devoted to the inception of renormalization theory and to the amazingly precise tests of QED.

ПРОФЕСОР Д.ФЗ.Н. АНДРЕЙ АПОСТОЛОВ (1935 – 2020)



На 3 април 2020 г. ни напусна проф. д.фз.н. Андрей Василев Апостолов, почетен член на Съюза на физиците в България и дългогодишен преподавател във Физическия факултет.

Професор Андрей Апостолов е роден на 13 декември 1935 г. в София. Завършва езиковата гимназия в Ловеч (1954) и физика – производствен профил, във Физико-математическия факултет на Софийския университет (1959).

От 1960 г. е хоноруван, а от 1961 г. – редовен асистент по опитна физика. През 1971 г. е избран за доцент, а през 1979 г. за професор по физика на твърдото тяло в Софийския университет. Професор е на Националния университет на Заир (1974). Кандидат е на физико-математическите науки (1969) и доктор на физическите науки (1975).

Проф. Апостолов е специализирал в Гренобълския център за ядрени изследвания при световноизвестния Нобелов лауреат акад. Неел (1963 – 1964), в Лаборатория по физика на метала, Гренобъл, и във Френския национален център по ниски температури (1967 – 1968). През 1974 – 1975 г. е главен технически съветник и директор на мисия на ЮНЕСКО в Заир (Демократична република Конго). От 1972 г. е представител на България и член на Научния съвет на Международната лаборатория по силни магнитни полета и ниски температури, Вроцлав, Полша. Председател е на Националния комитет по кристалография (1992 – 2002) и член на Националния комитет за технологично развитие (1995 – 1999).

Целият му живот е отдаден на науката. Като университетски преподавател проф. Апостолов дълги години разработва актуални проблеми на висшето образование: извънаудиторната работа на студентите, подготовката на учителски кадри, обучението по физика във висшите училища, спецификата на колежанското образование. Бил е ръководител на катедра „Физика на твърдото тяло“ и зам. ректор на Софийския университет.

Проф. Апостолов оставя след себе си повече от 170 научни статии, учебници и книги, както и 7 авторски свидетелства и патенти. През 2007 г. издава мемоарната си книга „... И физик на този свят“, чието заглавие е достатъчно красноречиво.

Трудно е да се опише професионалния му път в няколко реда. Трудно е да се изброят студентите, на които е помогнал и които е изучил. Трудно е да се измерят постиженията му. За това свидетелстват и множеството награди,

които са му присъдени: Почетен член на Съюза на физиците в България (1986); орден „Кирил и Методий“, I степен (1982); Златен знак „За високо техническо равнище“ (1984); Награда „Акад. Никола Обрешков“ за значителен принос в математическите и физическите науки“ (1984); звание и значка „Почетен изобретател“ (1984); почетен знак „Барелеф на Климент Охридски“ (1985); звание и медал „Заслужил деятел на техниката“ (1987); медал „100 години Софийски университет“ (1988); медал „Св. Климент“ – I степен (1995); Почетен медал „Св. Климент Охридски“ със синя лента (2000); „Почетна грамота“ за благороден принос към утвърждаване на модерната българска държавност (2013).

Във всички тези звания, награди, медали се открояват думите „почетен“ и „заслужил“. Загубихме не само безупречен професионалист, но и всеотдаен приятел и колега.

Поклон пред светлата му памет!

ИЗИСКВАНИЯ КЪМ ПОСТЪПВАЩИТЕ МАТЕРИАЛИ

Статии до редакцията се изпращат на адрес: worldofphysics@abv.bg. Като прикачени файлове изпратете текста, фигурите и pdf версия на цялата статия. Получаването им се потвърждава с обратен е-мейл. Ако не сте получили потвърждение до 10 дни, съществува възможността Вашата статия да не е получена и следва да изпратите файловете отново.

Редакционната колегия може да откаже да публикува или да върне за корекции статиите, които, по преценка на представящия редактор или на главния редактор, не отговарят на основните изисквания за научност, оригиналност и стил на изложението.

Материали, които вече са публикувани някъде, или са под печат в друго списание, няма да бъдат публикувани. Публикуването на представените материали се определя от препоръките на рецензентите.

Редакторите могат да редактират ръкописите, когато това е необходимо.

Публикуването в това списание е безплатно за авторите.

УКАЗАНИЯ КЪМ АВТОРИТЕ

Статиите да не надхвърлят 10-15 страници (включително със снимки, таблици, фигури). За текста на статиите може да се използва *Word* или *Writer*.

1. Текстът да няма специално оформление (освен болд, курсив и главни букви):

- да е **без колони**, да няма **нищо в табличен вид** (освен ако не става въпрос за таблици);

- за **отстъп** при нов ред да се използва *First line Indent*, а не табулация;

- разделянето, примерно на формула и след нея номер, да става с табулация, а не с многобройни интервали;

- да не се използват интервали като средство за някакво оформление.

2. Задължително целият текст да е **редактиран и коригиран** (да няма печатни и правописни грешки).

3. **Фигурите и снимките** да са на отделен файл с отбелязано място в самия файл за местоположението им. Ако са от интернет, да бъдат с резолюция поне 250 пиксела. Ще са цветни в онлайн версията на списанието.

4. **Използваната литература** трябва да съдържа източници, достъпни за проверка. Правилата за изписване са дадени на интернет страницата на списанието.

5. Допълнителна информация – **информация за автора** на статията: име, длъжност, месторабота, академично звание, научна степен, контакти; **резюме, заглавие и име** на автора на английски.

НА ВНИМАНИЕТО НА БЪДЕЩИТЕ ВЕЛИКОДУШНИ И ЩЕДРИ СПОМОЩЕСТВОВАТЕЛИ НА СП. „СВЕТЪТ НА ФИЗИКАТА“

БАНКОВА СМЕТКА НА СФБ
IBAN: BG91FINV91501215737609
BIC: FINVBGSF
ПЪРВА ИНВЕСТИЦИОННА БАНКА

Корица: Чиния от муранско стъкло (снимка: С. Лалковски).

НАШИТЕ АВТОРИ:

Сашка Александрова – проф. д.т.н., Технически университет, София;
Вани Танкова – гл. ас. д-р, Институт по физика на твърдото тяло, БАН;
Кирил Благоев – проф. д.фз.н., Институт по физика на твърдото тяло,
БАН;

Галина Малчева – доц. д-р, Институт по физика на твърдото тяло, БАН;
Василка Пенчева – доц. д-р, Институт по електроника, БАН;
Стефан Лалковски – доц. д-р, Софийски университет „Св. Климент
Охридски“;

Иван Кутиев – проф. д.фз.н., Национален институт по геофизика, геодезия
и география, БАН;

Нели Димитрова – доц. д-р, Софийски университет „Св. Климент
Охридски“;

Христо Попов – проф. д.п.н., Софийски университет „Св. Климент
Охридски“;

Пенка Лазарова – Съюз на учените в България;

Иван Тодоров – акад., Институт за ядрени изследвания и ядрена
енергетика, БАН.

СЪДЪРЖАНИЕ

CONTENTS

РЕДАКЦИОННО

НАУКА

– В. Танкова, К. Благоев, Г. Малчева –
Приложение на лазерно индуцирана плаз-
мена спектроскопия (*LIBS*) в
археометрията

ЛЮБОПИТНО

– В. Пенчева – Тайните на
венецианските стъклари, осветени от съв-
ременните нанотехнологии

НАУЧНИ НОВИНИ

ГОДИШНИНА

– 50 години *Physical Review A*: Трите най-
забележителни статии и как те
влияят на изследванията днес

ИСТОРИЯ

– И. Кутиев – Спомени за българската
космическа експанзия: 1967 – 1987 г.

ФИЗИКА И ОБУЧЕНИЕ

– Н. Димитрова – Развитие на изследова-
телски умения у учениците чрез използва-
не на интерактивни методи на обучение
по физика и астрономия

СЪЮЗЕН ЖИВОТ

– Десети редовен конгрес на Съюза на
физиците в България

– Решения на X конгрес на СФБ

– Проф. д.фз.н Александър Драйшу –
председател на СФБ

– Акад. Александър Петров – почетен
председател на СФБ

ЮБИЛЕЙ

– 80 години от рождението на акад. Матей
Матеев

– Х. Попов – За акад. Матей Матеев – чо-
века, учения, преподавателя, общественни-
ка

МЛАДИ ИЗСЛЕДОВАТЕЛИ

– П. Лазарова – Извадки от есета на уче-
ници от националния конкурс на тема:
„Бележити български физици“

PERSONALIA

– И. Тодоров – Из ранните години на
Фрийман Дайсън (1923 – 2020) (част II)

IN MEMORIAM

– Професор д.фз.н. Андрей Апостолов

EDITORIAL 189

SCIENCE

– V. Tankova, K. Blagoev, G. Malcheva –
Application of Laser Induced Breakdown Spec-
troscopy (*LIBS*) in Archaeometry 191

CURIOUS

– V. Pencheva – The secrets of Venetian
glassmakers elucidated by modern
nanotechnology 203

SCIENCE NEWS 215

ANNIVERSARY

– 50 Years of *Physical Review A*: The three most
remarkable articles and how they impact current
research 220

HISTORY

– I. Kutiev – Memories of the Bulgarian space
expansion: 1967 – 1987 226

PHYSICS AND TEACHING

– N. Dimitrova – Development of research skills
in students through the use of
interactive methods of teaching in physics
and astronomy 234

UNION LIFE

– X regular congress of the Union of Physicists
in Bulgaria 242

– Decisions of X Congress of UPB 244

– Prof. D.Sc. Alexander Draishu – Chairman
of UPB 248

– Acad. Alexander Petrov – Honorary
Chairman of UPB 250

JUBILEE

– 80 years since the birth of Acad. Matey
Mateev 252

– H. Popov – Of Acad. Matey Mateev – person,
scientist, teacher, public person 253

YOUNG RESEARCHERS

– P. Lazarova – Excerpts from students'
essays of the national contest on
remarkable Bulgarian physicists 260

PERSONALIA

– I. Todorov – Freeman Dyson (1923 – 2020):
the early years (part II) 265

IN MEMORIAM

– Professor D.Sc. Andrey Apostolov 276